



UNIVERSIDAD
DE PIURA

REPOSITORIO INSTITUCIONAL
PIRHUA

DISEÑO DE PROCESO Y DE PLANTA PILOTO PARA FABRICACIÓN DE BRIQUETAS DE ASERRÍN

Marcos Eduardo García Alama

Piura, enero de 2014

FACULTAD DE INGENIERÍA

Área Departamental de Ingeniería Industrial y de Sistemas

García, M. (2014). *Diseño de proceso y de planta piloto para fabricación de Briquetas de Aserrín*. Tesis de pregrado en Ingeniería Industrial y de Sistemas. Universidad de Piura. Facultad de Ingeniería. Programa Académico de Ingeniería Industrial y de Sistemas. Piura, Perú.



Esta obra está bajo una [licencia](#)
[Creative Commons Atribución-](#)
[NoComercial-SinDerivadas 2.5 Perú](#)

Repositorio institucional PIRHUA – Universidad de Piura

UNIVERSIDAD DE PIURA
FACULTAD DE INGENIERÍA



**DISEÑO DE PROCESO Y DE PLANTA PILOTO PARA FABRICACIÓN DE
BRIQUETAS DE ASERRÍN**

Tesis para optar el Título de
Ingeniero Industrial y de Sistemas

MARCOS EDUARDO GARCÍA ALAMA

Asesor: Mgtr. Eduardo Alonso Sánchez Ruiz

Piura, Enero 2014

A:

Mis padres por saber guiarme en la vida.

Mis hermanos por brindarme su ayuda en todo momento.

Ofelia por estar siempre a mi lado y dar su apoyo incondicional.

Prólogo

En los últimos años el gobierno peruano ha buscado incentivar la investigación y el desarrollo de la micro, pequeña y mediana empresa, brindando recursos económicos no reembolsables para que empresarios busquen innovar sus productos ya existentes, mejoren sus procesos de fabricación con nuevos materiales o hagan más productiva su empresa. El fin último del estado es lograr hacer más competitiva la empresa peruana ante un entorno globalizado que cada día exige productos de mejor calidad e innovadores. Además, busca que la empresa e instituciones de categoría investigadora tales como las universidades, institutos y centros de investigación trabajen en conjunto para mejorar la calidad de los proyectos de innovación y estos se fundamenten bajo estudios científicos válidos que sirvan para su replicabilidad en empresas del mismo sector.

Esta iniciativa del estado hizo posible que el gerente general de la empresa a la que denominaremos “Maderera del Norte”, apoyado por un equipo de investigadores de la Universidad de Piura, participe y ejecute un proyecto de innovación, del que se extrae el diseño del proceso y de la planta piloto, con el objetivo de transmitir a otras empresas del sector estudios de referencia que les ayude con el procesamiento de los desperdicios maderables.

Agradezco al equipo del proyecto que hizo posible la participación en la convocatoria del FINCyT, la planificación y la ejecución del proyecto.

Resumen

En el presente trabajo se desarrolla el diseño del proceso de fabricación de briquetas a partir de aserrín, y se realiza un diseño del *layout* de la planta piloto requerido para dicho proceso. Para ello, se ha recopilado los procesos y procedimientos que siguen empresas internacionales y nacionales que elaboran briquetas de distintas materias, para luego, adaptar el proceso y los procedimientos al contexto del sector maderero de la Región Piura. Por otro lado, el diseño del *layout* estuvo ligado a los requerimientos y restricciones de Maderera del Norte, empresa en la que se implementó la planta piloto y por lo que se procuró esquematizar el *layout* de manera muy general, de tal manera que pueda ser replicable en otras empresas al igual que el proceso y los procedimientos diseñados.

Es importante resaltar que el presente trabajo es parte de un proyecto de innovación presentado, aceptado y financiado por el FIDECOM y ejecutado por la empresa Maderera del Norte y UDEP. También es importante señalar que del proyecto se han derivado distintas investigaciones puntuales del rubro energético, ambiental, social, comercial y técnico de las que se han presentado 2 artículos en distintos congresos: 1 nacional y 1 internacional.

Índice

Introducción	1
Capítulo 1: Marco Teórico.....	3
1.1. La empresa Maderera del Norte.....	5
1.1.1. Proveedores	5
1.1.2. Compras	7
1.1.3. Empresa.....	8
1.1.4. Distribución.....	10
1.1.5. Clientes.....	10
1.2. El bosque seco y la tala ilegal de Algarrobo.....	11
1.2.1. El bosque seco de la Costa Norte del Perú.....	11
1.2.2. La tala ilegal	13
1.2.3. La tala ilegal de algarrobo	14
1.3. Las briquetas	16
1.3.1. Forma, tamaño y color	18
1.3.2. Densidad.....	18
1.3.3. Humedad	19
1.3.4. Composición química.....	19
1.3.5. Poder calorífico	19
1.4. La idea y sus factores de influencia	20
1.4.1. La deforestación	20
1.4.2. Biocombustibles	21

Capítulo 2: Proceso de Fabricación de Briquetas	23
2.1. Antecedentes	24
2.1.1. A nivel mundial	25
2.1.2. A nivel nacional	26
2.2. Características técnicas de las briquetas	28
2.3. Diseño del proceso de fabricación	30
2.4. Protocolo de procedimientos de producción	36
2.5. Maquinaria, equipos y materiales a adquirir	39
2.5.1. Maquinaria	39
2.5.2. Equipos	46
2.6. Impactos del proceso	49
2.7. Medidas de mitigación	51
Capítulo 3: Diseño de la Planta Piloto	53
3.1. Análisis del área donde se implementará la planta piloto	53
3.2. Distribución de las áreas en el terreno	54
3.3. Condiciones e infraestructura de las áreas asignadas	55
3.4. Diseño de la distribución de maquinaria	56
3.5. Diseño del sistema de succión de aserrín	56
Conclusiones.....	59
Bibliografía.....	63
Apéndices.....	69
Apéndice A: Mapa del patrimonio forestal nacional	71
Apéndice B: Análisis y resultados energéticos de laboratorio (UNALM)	75
Apéndice C: Ficha técnica de montacargas	79
Apéndice D: Ficha técnica de ventilador de succión	83
Apéndice E: Ficha técnica de briquetadora	87
Apéndice F: Plano general de maderera y asignación de planta piloto	91
Apéndice G: Plano de distribución de áreas de trabajo en la planta piloto	95
Apéndice H: Plano de distribución de maquinaria en las áreas de trabajo	99
Apéndice I: Plano de esquematización y distribución del sistema de succión	103
Apéndice J: Plano de corte trasversal de la planta piloto	107

Introducción

Actualmente el manejo de residuos en el sector maderero ha tomado mayor interés, con el fin de hacer más productivas las empresas de este rubro. Variados son los productos que se generan a partir de los desechos maderables pero aún queda gran cantidad de remanentes de madera, por lo que las empresas se ven obligadas a desecharlos en los ríos o incinerarlos al aire libre causando problemas ambientales.

Maderera del Norte es una empresa productora de pallets de la región Piura; su gerente, como otros tantos del sector, en busca de hacerla más productiva optó por darle valor agregado a los residuos maderables que produce su planta. De esta manera surge la idea de fabricar briquetas de aserrín (desecho maderable).

Con el apoyo del estado peruano, a través de fondos no reembolsables asignados para proyectos de innovación, y un equipo de investigadores de la UDEP, el gerente de Maderera del Norte inicio la etapa de pre-inversión de su proyecto la cual contempla tres fases según el SNIP (Sistema Nacional de Inversión Pública): perfil, pre-factibilidad y factibilidad.

El presente trabajo se centra netamente en el diseño del proceso y del *layout* de la planta piloto que determinará la validez de la fase de pre-factibilidad. Así, en el capítulo 1 se desarrolla el marco teórico que se desglosa en: la empresa, la tala ilegal, las briquetas y la idea y sus factores de influencia, puntos que convergen en el desarrollo del proyecto como elementos de interés a tomar en cuenta.

El capítulo 2 recoge algunas experiencias internacionales y nacionales, tanto prácticas como teóricas, que sirven de referencia y base para estandarizar y adecuar el proceso y los procedimientos a seguir para lograr la fabricación de briquetas a partir de aserrín en la empresa Maderera del Norte, pero, que a su vez, sean flexibles y permitan la adaptación y replicabilidad en otras empresas del mismo sector. Además, incluye sugerencias de la

maquinaria y equipos que pueden ser adquiridos para cada una de las etapas del proceso. Así como también, incluye los impactos ambientales, sociales, tecnológicos y económicos y las medidas de mitigación correspondientes que se pueden originar por la fabricación de briquetas de aserrín.

Por último, el capítulo 3 desdobra el *layout* de la planta piloto, especificando desde la ubicación de la planta piloto en el terreno de la empresa Maderera del Norte, hasta la distribución de la maquinaria puesta en planta. También, se incluye las condiciones ambientales y de infraestructura de cada zona definida y el esquema general del sistema de succión de aserrín.

Capítulo 1

Marco Teórico

Según la publicación de las Naciones Unidas, “Situación y perspectivas de la economía mundial 2012”, la economía en el mundo se encuentra al borde de otra crisis importante. El crecimiento de la producción se ha desacelerado considerablemente durante los años 2011 y 2012, y en el actual 2013 se prevé que el crecimiento será anémico (Naciones Unidas, 2012).

Los problemas que acosan a la economía mundial son múltiples e interconectados. Los desafíos más urgentes son afrontar la crisis del empleo y evitar el descenso continuado del crecimiento económico, especialmente en los países desarrollados; ya que en estos, la tasa de desempleo sigue siendo alta y bordea el 9%, y el crecimiento de los ingresos se ha estancado, la falta de demanda agregada entorpece la recuperación económica en el corto plazo. Aún más, como cada vez más trabajadores se encuentran desempleados durante un largo período, las perspectivas de crecimiento en el mediano plazo se ven también afectadas por la pérdida paulatina de habilidades y capacitación de los trabajadores (Naciones Unidas, 2012).

Ante un escenario tan complejo que viven actualmente los países americanos y europeos ante la crisis mundial, la economía peruana continúa creciendo con paso firme, contrariamente a lo vivido por otras naciones. En el Perú, la crisis mundial ha sido amortiguada y muestra un crecimiento relativamente sostenido frente a otros países gracias a la actividad de las MYPES (micro y pequeña empresa) que aportan un alto porcentaje del PBI¹ y una alta concentración de la PEA²; este último índice acoge al 59.6% (PRODUCE, 2012) de los trabajadores en todo el país.

¹ Aporta más del 50% del PBI (Gestión, 2013).

² Lo equivalente a 9.1 millones de empleados por la MYPE.

En la región Piura, se estima una concentración del 3,9% del total de las MYPES del país en el 2011. Concretamente, Piura es la cuarta región con mayor actividad empresarial MYPE después de Lima (48,1%), Arequipa (5,7%) y La Libertad (5,2%) (PRODUCE, 2012). Su actividad económica se concentra en los sectores de: manufactura, comercio, servicios, agricultura, pecuario, pesca, construcción e hidrocarburos (Alvarado, Alama, Palacios, & Arroyo, 2013); orientados generalmente a la extracción de recursos naturales y exportación de productos con escaso valor agregado.

En la región Piura la extracción de recursos naturales en la gran mayoría de casos es ilícita. Entre las actividades de extracción más crítica por su informalidad tenemos la tala, que hoy en día pone en riesgo de extinción el ecosistema de la región norte del país con la extracción incontrolada del algarrobo³ que es la especie que da vida a nuestro árido desierto del norte. Según informes periodísticos, Piura pierde grandes extensiones de bosque anualmente debido a la tala ilegal; la madera extraída de esta actividad se convierte en carbón vegetal y/o leña que finalmente son utilizados por cadenas de restaurantes, pollerías, panaderías, avícolas, ladrilleras, familias que poseen cocina a carbón o leña, etc.

La tala ilegal de bosques se ha convertido en un problema no solo ambiental, sino también económico y social, que afecta a todos y cada uno de los habitantes de la región, del país y del mundo. Además, a este problema se adiciona la crisis del petróleo, puesto que su extracción ocasiona gran cantidad de contaminantes y a la vez tiene categoría de recurso no renovable lo que hace que las grandes naciones busquen fuentes de energías producibles, que no afecten el medio ambiente, que sean rentables para los productores y accesibles para los consumidores, poniendo en tela de juicio distintas alternativas de solución siendo una de ellas la fabricación de briquetas.

Las briquetas son un producto hecho a base de desechos maderables (aserrín principalmente), que mediante un proceso de compresión compactan las partículas de aserrín formando un producto con propiedades caloríficas adecuadas para su utilización en los distintos sectores donde se requiere fuentes de energías caloríficas. Estudios realizados en nuestro país, por ejemplo en el Cuzco, han desarrollado pruebas de elaboración de briquetas a partir de desechos orgánicos como cáscara de plátano, papa entre otros.

Un problema de tala ilegal y un producto a base de desechos maderables (aserrín) han sido la combinación perfecta que han impulsado al nacimiento de la idea propuesta por el gerente de una empresa maderera a la que se le denominará “**Maderera del Norte**”.

En el presente capítulo se desarrollará de forma detallada e individual los siguientes temas:

- La empresa Maderera del Norte.
- La tala ilegal del algarrobo.
- Las briquetas.
- La idea y sus factores de influencia.

Los cuales fundamentan el marco teórico del presente trabajo de investigación.

³ Nombre técnico *Prosopis pallida*.

1.1. La empresa Maderera del Norte

La empresa Maderera del Norte es una entidad privada cuya actividad principal es la fabricación de pallets (parihuelas) con o sin tratamiento térmico: NIMF15 (SENASA, 2009) y el servicio de transporte de carga⁴. Además, de forma circunstancial, realiza venta de madera y elabora bins y estructuras.

Cuenta con un extenso local ubicado en la ciudad de Sullana donde se realizan las actividades correspondientes a la fabricación y tratamiento de su producto principal (pallets), y que además sirve de cochera para las unidades de transporte. La empresa se estableció en su propio local en octubre del 2009. Años anteriores operaba en un local alquilado, que se tuvo que dejar por las limitaciones de espacio que ofrecía para las operaciones de la empresa, obligando a la gerencia a mejorar la infraestructura y a extender sus instalaciones, trasladándose al local actual.

Para la descripción de la empresa tomaremos el modelo logístico que se muestra en la figura 1.1, que nos ayudará a comprender de manera sencilla las diferentes áreas.

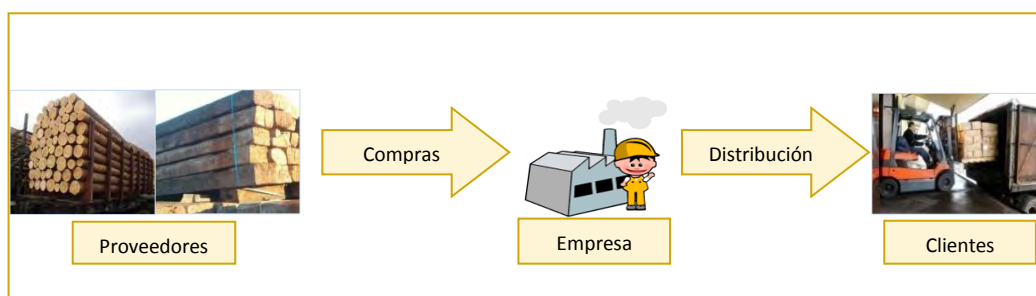


Figura 1.1. Modelo logístico.
Fuente: Elaboración propia.

1.1.1. Proveedores

Proveedores de materia prima.- El gerente de la empresa Maderera del Norte mantiene un único proveedor de materia prima con el cual ha trabajado desde hace 9 años. La exclusividad de compra se debe a:

- La calidad de sus productos.
- El crédito que ofrece.
- Su bajo costo (los bajos costos han sido logrados gracias a un acuerdo entre el gerente de la empresa maderera y el proveedor por compras a gran escala).
- La gran capacidad de abastecimiento que posee.
- Su excelente infraestructura.
- Su liquidez.
- Su formalidad.

La empresa proveedora de materia prima se encuentra ubicada en Satipo (Junín), abastece a la empresa Maderera del Norte solo con un tipo de madera, *Brosimun sp*⁵. La experiencia

⁴ El alcance del proyecto, antecedente de la tesis, se centra en la actividad manufacturera.

⁵ Nombre científico de la especie maderable conocida como Congona.

adquirida a través de los años con otras especies de madera, ha demostrado que la especie *Brosimum sp* extraída de la selva peruana, es de buena calidad⁶ y adecuada para el producto que la empresa Maderera del Norte fabrica.

El proveedor actual no es ajeno a la competencia pues en años anteriores han existido ofertantes (importadores y nacionales) que ofrecen madera (de otra calidad o de otros tipos, por ejemplo: pino) a menor costo que el actual proveedor, pero, se han dejado de lado por motivos de informalidad, falta de responsabilidad en la entrega, retrasos, bajos stocks, baja liquidez, etc.

Proveedores de suministros primarios.- Se ha considerado como suministros primarios los siguientes productos:

- Clavos en rollo.
- Grapas.

Siguiendo los criterios de elección del proveedor de materia prima, se ha optado por la exclusividad de un solo proveedor para los suministros primarios, prefiriéndose al proveedor por la calidad de sus productos y el crédito que ofrece.

El proveedor de suministros primarios se encuentra en Chorrillos (Lima).

Proveedores de equipos y materiales.- Para esta clasificación, se considera como equipos y materiales:

- Sierras.
- Herramientas tales como gafas, cascos, martillos, clavadoras, etc.
- Combustible (petróleo y gas).

Con lo que respecta a sierras se tiene a un único proveedor por ser un importador que trae sierras de última tecnología.

Las clavadoras tienen un proveedor y es el mismo al que suministra grapas y clavos. El gas tiene un único proveedor (Repsol) y para los equipos y materiales restantes se tienen distintos proveedores entre los que se pueden nombrar a:

- Maestro Ace Home Center.
- Grupo Quiroga.
- Acrimsa Sullana.
- Ferretería Barba.
- Estación de Servicios Kike.
- Víctor Raúl Quiroga Purizaca.
- Costana, etc.

⁶ El gerente de Maderera del Norte considera que la calidad del producto maderable se define por sus características físicas: densidad, dureza, flexibilidad, etc.

1.1.2. Compras

Siguiendo el esquema logístico de la figura 1.1, el nexos que un proveedor y una empresa son las compras.

El encargado de la mayoría de compras es el gerente y él es quien decide ¿qué?, ¿cuándo?, ¿cuánto? y ¿dónde se compra?, son pocas las veces en que el administrador toma decisiones de esta índole, habitualmente se le consulta al gerente antes de hacer cualquier compra.

Para la compra de materia prima (madera) se tiene en cuenta dos épocas bien marcadas durante el año:

Época de campaña, que abarca los meses de noviembre a febrero, dado que las empresas agroindustriales, en esta época, exportan mango y uva, siendo los principales motores del incremento de demanda de pallets.

Época normal, incluye los meses de marzo a octubre; consideradas la época baja en la que sólo permanecen los productores de plátano.

Para la materia prima (madera) no se tiene un régimen de compra fijo, es decir, que la compra de madera depende de lo que el gerente crea conveniente comprar por su experiencia y por la época del año en la que se encuentre.

En época de campaña se sufre de desabastecimiento de dicha materia debido a las siguientes razones:

- Falta de liquidez de la empresa Maderera del Norte en los meses de aprovisionamiento.
- Falta de proveedores de respaldo.
- Incertidumbre de la demanda para las campañas de fruta.
- Falta de proyecciones de demanda por parte de los clientes (realizan pedidos a último momento).
- Factores climáticos que impiden la obtención de madera en la selva peruana lo cual dificulta al proveedor seguir abasteciendo.

Como es consecuente, por las diversas razones de desabastecimiento el gerente recurre a entidades financieras para solventar su inversión en materia prima (se compra para reservar, preparándose para época de campaña), debido a que el capital con el que cuenta la empresa es insuficiente para cubrir la demanda de pallets en campaña. Por tal razón, meses antes a la campaña, el gerente hace las gestiones necesarias para pedir créditos y poder comprar madera con anticipación.

Las empresas financieras con las que se trabaja hasta el momento son:

- BCP.
- Caja Sullana.
- Scotiabank.
- Banco Financiero.

Además de la madera se tienen compras por otros conceptos tales como: clavos, grapas, combustible (petróleo y gas), repuestos para maquinaria, sierras, martillos, cascos, etc., pero en estos productos no se tienen dificultades pues se pueden conseguir fácilmente.

1.1.3. Empresa

Almacén.- La empresa cuenta con un área amplia para el almacenamiento de materia prima, junto a dicha área se encuentra pavimentado el almacén de productos terminados en el cual se almacena cantidades mínimas de pallets debido a la variedad de modelos que requieren los clientes.

Se tiene una sección donde se almacenan los suministros y repuestos, separado de los almacenes anteriores puesto que se requieren condiciones de almacenamiento distintas.

Para los desperdicios (madera trozada, doblada, rajada, aserrín) se utiliza parte del área sin acondicionamiento donde se van acumulando para luego venderlos como leña sin darles ningún valor agregado.

Existen condiciones ambientales que se deben cumplir para el almacenamiento de la materia prima, como por ejemplo se debe evitar la humedad que es el causante del hongo y el moho en la madera.

Las condiciones de almacenamiento de los productos terminados casi no presentan dificultades pues se tiene un ambiente ventilado y aislado mediante mayas para evitar el ingreso de insectos degradantes de la madera.

Y para los suministros que demandan de poco espacio, no se requieren condiciones especiales para su almacenaje, lo único que se considera es poseer un stock alto.

Producción.- La producción de la empresa se centra básicamente en la fabricación de pallets (parihuelas), estos son elaborados con maquinaria tradicional con algunos arreglos tecnológicos (sierras de última generación).

Las especificaciones y características del producto (pallet) son proporcionadas por el cliente mediante la entrega de la caja tipo en el que se colocará el producto a apilar (por ejemplo caja de mangos) y las dimensiones del contenedor a cargar; con estos elementos, el gerente o administrador diseñan el modelo de pallet a fabricar.

La empresa Maderera del Norte tiene una capacidad instalada es de 900 pallets por día. Actualmente la empresa opera a su máxima capacidad. La producción se rige por los pedidos que anota el administrador en una pizarra por prioridad de entrega para cumplir con todos los pedidos en el tiempo solicitado.

La producción actual de aserrín promedia las 4 toneladas diarias y depende de la época del año en que se encuentre. Otros desperdicios como tablas rajadas, tablas dobladas, madera picada o cortes sobrantes no tienen un valor exacto de volumen, puesto que no se lleva un control de la cantidad de madera utilizada al inicio del proceso. Además esto depende de diversos factores como: el estado físico de la madera, la humedad, el tratamiento que le dan los obreros, etc.

Ventas.- Habitualmente es el gerente el que toma los pedidos de los clientes pues cuando ellos no se comunican con el administrador o con el mismo gerente, es el propio gerente quien se comunica con los clientes y pregunta si desean algún pedido, esto para evitar que la producción diaria no se desequilibre y se eviten pedidos de último momento.

Cuando un cliente hace un pedido el gerente toma en cuenta los siguientes criterios para su atención:

- Estado de endeudamiento del cliente.
- Si el nivel de pedidos no supera la capacidad máxima de producción.
- La fecha de entrega del pedido.

Si todos los criterios anteriores están conformes, se programa la producción del pedido con días de anterioridad o para el mismo día de entrega dependiendo de la magnitud del pedido.

Al finalizar la fabricación, días después o en el instante, dependiendo de la fecha de entrega, se envía el producto a las instalaciones del cliente para luego enviarle, al siguiente día, la factura.

Las ventas pueden ser al contado o al crédito a 15 o 30 días después de la entrega.

La cobranza de las facturas a crédito está a cargo de finanzas y se pueden realizar mediante transferencia interbancaria, efectivo o cheques.

Personal.- La empresa Maderera del Norte tiene personal compuesto por: obreros y administrativos.

Los contratos del personal obrero son realizados por el administrador y los contratos del personal administrativo son realizados por el gerente.

En época de campaña se contrata un aproximado de 20 obreros eventuales para poder cumplir con los pedidos que demandan los clientes.

Los pagos son realizados por el administrador y varía dependiendo si es para obreros o administrativos según como se muestra en la figura 1.2.

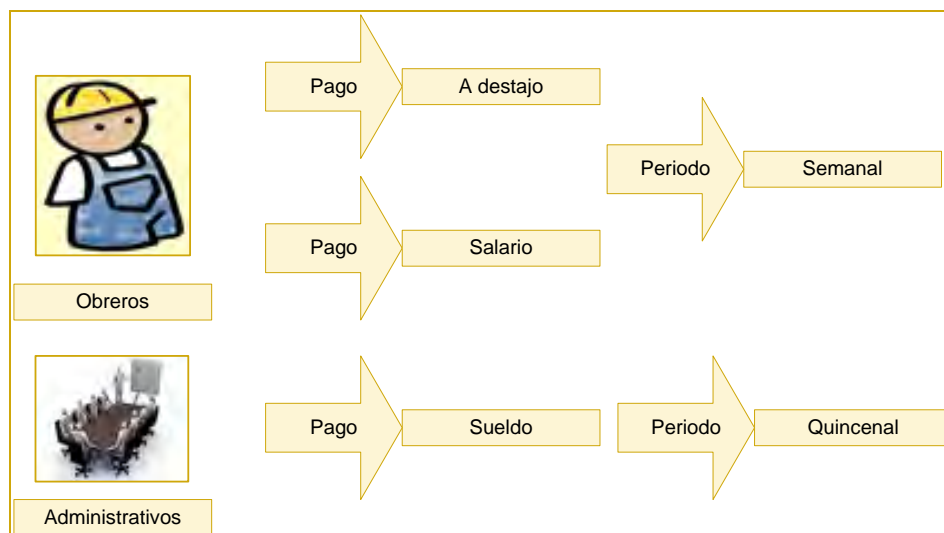


Figura 1.2. Esquema de pagos.

Fuente: Elaboración propia.

Mantenimiento.- El mantenimiento de maquinaria está a cargo del jefe de mantenimiento y en promedio se realiza cada 3 años en lo que respecta al cambio de piezas. Además, la maquinaria es renovada cuando el costo de reparación supera o iguala el 50% de su costo total.

Los desembolsos de efectivo por concepto de mantenimiento son administrados por el gerente, si en caso no se encontrase, el administrador entrega los desembolsos previa comunicación al gerente. El administrador normalmente se encarga de gastos menores de mantenimiento y los comunica posteriormente al gerente.

1.1.4. Distribución

Continuando con el esquema logístico presentado en la figura 1.1, la actividad que articula empresa - clientes es la distribución.

La empresa Maderera del Norte cuenta con 02 unidades de transporte exclusivos para la reparto del producto terminado (pallets), además posee dos montacargas para la descarga de materia prima, despacho de producto terminado y traslado de desperdicio (aserrín) a la zona de almacén de materia prima.

1.1.5. Clientes

En gran parte son los clientes los que hacen llegar sus pedidos directamente al gerente; sin embargo, el encargado de hacer efectivos dichos pedidos es el administrador.

Para realizar la ejecución de un pedido, el cliente debe enviar una orden de compra en muestra de seriedad de solicitud de pedido. Con la orden de compra se tiene la seguridad del pedido y se inicia la programación de la producción. Para aquellos que no emiten órdenes de compra, se les toma el pedido vía telefónica y para asegurar la seriedad del pedido se pide un adelanto del 50% del costo total de facturación del pedido.

La empresa Maderera del Norte clasifica a sus clientes en dos tipos:

- Los que realizan pedidos sólo por campaña (clientes eventuales) como: productores/exportadores de uva y productores/exportadores de mango.
- Los que realizan pedidos todo el año (clientes permanentes) como: productores/exportadores de plátano.

Clientes eventuales.

- Categoría mango
 - FLP.
 - NORAGRO.
 - EMPAFRUT.
 - AGROMAR.
 - ECO NATURAL.
 - AGRO EMPAQUE.
- Categoría uva
 - PEDREGAL.
 - AGRILAP.
 - ECOACUICOLA.

Clientes permanentes.

- Categoría plátano
 - BIO COSTA.
 - PRONATUR.
 - GRUPO HUALTACO.
 - ASOCIACIÓN BOSS.

1.2. El bosque seco y la tala ilegal de Algarrobo

1.2.1. El bosque seco de la Costa Norte del Perú

La Costa Norte del Perú encierra el mayor potencial forestal de la región (ver figura 1.3). Extensiones relativamente significativas de bosques productivos con características homogéneas en cuanto a su composición florística, le otorgan este calificativo. Estos bosques en el mapa forestal del Perú se tipifican como manglares, bosque seco denso, bosque seco tipo sabana y chaparral. La parte central y sur presentan condiciones mayores de sequedad, existiendo grandes extensiones desérticas. Sin embargo, en determinadas áreas se encuentran asociaciones atmosféricas que rompen la continuidad del paisaje desértico y, a pesar de haber estado sujetas a talas indiscriminadas y sobre pastoreo, conservan sus valores escénicos manteniendo aún sus características de suelos forestales (FAO, 1981).

A lo largo de toda la región norte de la costa peruana se han encontrado más de un millón de hectáreas de tierras aptas para uso forestal (matorral arbustivo), las cuales adicionadas a los bosques productivos homogéneos (manglares, bosque seco denso, bosque seco tipo sabana y chaparral) le dan un gran potencial forestal a la costa norte peruana (FAO, 1981).



Figura 1.3. Mapa forestal de la Costa Norte.

Fuente: Malcolm Allison (Malcolm Allison, 2011).

El bosque seco abarca una franja costera de 100 a 150 km de ancho, desde el Golfo de Guayaquil hasta la cuenca media del río Chicama; lo que incluye, por tanto, las regiones de: Tumbes, Piura, Lambayeque, y el norte de La Libertad, así como el piso inferior del valle del Marañón donde las precipitaciones son bajas debido a que la cordillera andina impide el paso de las nubes. El clima que presenta esta zona es tropical, seco y cálido. El terreno es árido, cambiante, con la preponderancia de arenoso, salino y arcilloso. Es una formación natural típica de la costa norte en la que predominan especies vegetales como el algarrobo y el ceibo que se han adaptado a las duras condiciones del desierto. Entre 23 °C y 24 °C es la temperatura promedio durante el año.

El bosque seco tiene una extensión aproximada de 3 235 012 hectáreas (MINAM & MINAG, 2011), de las cuales 67% se encuentran en la región Piura. Estas últimas equivalen al 4,4% del total de áreas que contienen componentes forestales en el Perú.

Las principales formaciones vegetales del bosque seco son: el bosque seco, la sabana, el bosque de galería y **los bosques de algarrobo**, estos últimos de gran importancia en la eco-región⁷, pues controla el avance de los desiertos y las dunas, provee de abono orgánico al agro y brinda alimentación a los hombres y al ganado.

Los bosques de algarrobo de la costa norte (ver figura 1.4) están distribuidos en las regiones de Lambayeque, Piura y Tumbes, constituyendo las principales formaciones vegetales de la costa peruana; con una extensión de 1 800 000 hectáreas, albergan

⁷ Área geográfica caracterizada por tener condiciones similares en clima, suelos, hidrología, flora y fauna, en estrecha interdependencia, perfectamente delimitables y distinguible de otra.

aproximadamente a 35 mil familias y en ellas se realizan actividades básicamente ganaderas, agrícolas, apícolas de recolección de vainas de algarroba y de extracción de leña (Ruiz, 2005).



Figura 1.4. Bosque de algarrobo.
Fuente: Biocromatica (Heredia & Molina, 2011).

1.2.2. La tala ilegal

El mapa forestal del Perú (**ver Apéndice A**) señala que la superficie del territorio nacional es de 128 521 560 hectáreas, de los cuales 114 300 630 hectáreas tienen componentes forestales, es decir, el 88,94% del territorio nacional (MINAM, 2011). A pesar de esto, año tras año este alto porcentaje de componentes va declinando debido a la tala ilegal.

Pero, ¿qué es la tala ilegal?, Si bien no existe una definición específica en ninguna de las normas nacionales de la materia (Ley 27308, 2000), en el derecho se entiende que todo lo que está permitido por la ley es posible y lo que está prohibido por la ley es ilegal. Adicionalmente hay que tener presente que: “no todo lo ilegal es siempre sancionable, como tampoco no todo lo legal es siempre sostenible, y que la tala legal tampoco implica manejo forestal” (Pautrat & Lucich, 2006). La tala ilegal debe ser entendida como una actividad que se realiza en contravención a las normas legales existentes. Es una violación a una prohibición absoluta de tala, así como a los procedimientos establecidos para la tala.

La tala ilegal, como cualquier otro delito ecológico, constituye un problema de comportamiento social con repercusiones económicas, sociales y por supuesto ambientales, que amenaza los esfuerzos esenciales y prioritarios del Estado de velar por la conservación, protección y administración de los bosques naturales, así como por la producción, el aprovechamiento sostenible y fomento de la industria forestal. En el interés de cumplir con dicho fin, las legislaciones forestales establecen una serie de prohibiciones con sus respectivas acciones sancionables y punibles, por toda acción humana que contravengan la normatividad forestal, las que en esencia constituyen el concepto de tala ilegal. Por lo tanto la tala ilegal no constituye la violación a una sola prohibición o regulación forestal, sino que constituye cualquiera de una serie de acciones que vulneran la legislación forestal (Campos, Villalobos, Camacho, Gómez, & Rodríguez, 2001).

La tala ilegal (en mayor escala respecto a las demás actividades), la habilitación de nuevas zonas agrícolas y el sobrepastoreo del ganado han producido la destrucción de más del

23% de bosques entre Piura y Huancabamba. Según informes, 10 hectáreas de algarrobo de las zonas desérticas de Piura se talan al mes (Manrique, 2010) y en los últimos 30 años se han deforestado 543 872 hectáreas de bosque (Meier, 2011).

Muchos han sido los esfuerzos realizados por el estado peruano, el gobierno regional y entidades particulares para mejorar, fortalecer y sobre todo crear conciencia en la población y evitar la devastación de nuestros bosques.

El estado peruano promulgó la ley 27308 que defiende los recursos forestales y la fauna silvestre del país, se decretó santuario histórico El Bosque de Pomac (2001) que es parte del Bosque Seco Ecuatorial, también se llevó a cabo el proyecto Algarrobo ejecutado por el Instituto Nacional de Recursos Naturales (INRENA) y que tuvo una duración aproximada de 12 años. La policía ecológica, el ministerio público y la administración técnica de control forestal y de fauna silvestre decomisan día a día toneladas de carbón y leña proveniente de la tala ilegal.

El gobierno regional de Piura, por su parte, creó el “Programa Regional de Manejo Sostenible de los Bosques Secos” (NORBOSQUE-PIURA).

La Universidad de Piura a finales de la década de los 90 inició su programa de mejoramiento genético, además desde el 2001, la Unidad de Proyectos Ambientales y Desarrollo Integral (UPADI) de la misma Universidad, viene ejecutando proyectos de desarrollo en el distrito de Tambogrande. Así tenemos el proyecto “Conservación y aprovechamiento integral de la algarroba como medio para la mejora de la calidad de vida y la nutrición infantil”, que tuvo como objetivos mejorar la calidad de vida de los niños de la zona de Locuto (Tambogrande), así como atender a niños en estado de desnutrición a través de un programa de complementación alimenticia, basado en productos derivados de la algarroba, financiado por el fondo de las américas (Ruiz, 2005).

1.2.3. La tala ilegal de algarrobo

El Algarrobo (ver figura 1.5), especie vegetal que nace y crece en el árido desierto del norte peruano, brinda sus bondades biológicas (abono, madera y frutos) a los moradores y a la fauna propios de la zona. Sus condiciones ambientales de crecimiento lo hacen singular ante otras especies. Soporta altas temperaturas y necesita de muy poca agua para subsistir generando vida en las áridas tierras y evitando la desertización y la salinización de la costa norte del país. El algarrobo pertenece a la familia de las leguminosas. Cuenta con una gran capacidad para vivir en el desierto debido a su habilidad para captar nitrógeno y agua por sus largas raíces. Su tronco retorcido alcanza hasta 18 metros de altura y 2 metros de diámetro, con largas ramas flexibles, algunas de ellas espinosas. Su principal producción de frutos se da en los meses de diciembre y marzo y vuelve a dar fruto entre los meses de junio y julio, aunque en menor cantidad (Basurto, 2013).



Figura 1.5. Algarrobo.

Fuente: Elaboración propia. Tomada en el Campus de la Universidad de Piura sede Piura.

A pesar de que el algarrobo proporciona la mayor fuente de nitrógeno en las zonas áridas y que a los diversos componentes de su fruto se le atribuyen propiedades nutritivas y medicinales, por la variedad de aminoácidos, vitaminas (principalmente C y E), minerales (potasio) y su alto contenido de azúcar (sacarosa), según el programa “**Norbosque**” del Gobierno Regional de Piura, en Piura anualmente son depredadas 18 mil hectáreas de bosque seco como consecuencia de la tala ilegal destinado básicamente para la producción de carbón y leña, producto que termina principalmente en ladrilleras, avícolas, restaurantes (parrilleros y de brasas), panaderías y familias de bajos recursos que usan cocinas de leña y/o carbón (ver figura 1.6).



Figura 1.6. Sectores comerciales que usan leña o carbón como combustible.

Fuente: Elaboración propia.

La informalidad y la clandestinidad en que se desarrolla la producción y comercialización del carbón dificultan el registro oficial. Las últimas estadísticas que manejan las instituciones piuranas indican que en el 2010 solo se produjeron 6 531 m³ (Pajares, 2012).

Para determinar la dimensión real del problema, la Gerencia de Recursos Naturales del Gobierno Regional de Piura elaboró un estudio que calcula la demanda actual de carbón vegetal que existe en el Perú y, a partir de eso, determina el volumen de madera requerido para satisfacerla.

Solo en Lima, se estima que existen 2 500 establecimientos que venden pollo a la brasa, los cuales consumen anualmente 800 000 sacos de carbón (de unos 60 kilos). Esto demanda convertir 200 000 m³ de madera en carbón (Pajares, 2012).

Si una hectárea de bosque seco norteño tiene en promedio 30 m³ de madera, y si asumimos que únicamente la mitad de este carbón, madera de otras regiones, principalmente la selva, es utilizada para la fabricación de un carbón de menor calidad que se mezcla con el carbón de algarrobo, proviene de Piura, el resultado es alarmante: 13 333 hectáreas de bosque de algarrobo son necesarias para satisfacer esta demanda anual (Pajares, 2012).

El ingeniero Miguel Puescas, especialista de la Administración de Control Forestal y Fauna Silvestre de Sullana, afirma que la producción formal de carbón en Piura solo representa el 30% de la producción real.

Puescas sostiene que si bien es necesario contar con un plan de manejo de bosque aprobado por el INRENA y una autorización para el aprovechamiento forestal, los distribuidores de carbón, prácticamente toda la producción piurana se destina a Lima, suelen recurrir al mercado negro con la finalidad de conseguir precios inferiores.

1.3. Las briquetas

Según el diccionario de La Real Academia de la Lengua Española, Briqueta (Del fr. *briquette*, y este del neerl. medio *brick*) es un conglomerado de carbón u otra materia en forma de ladrillo (RAE, 2001).

El término "briqueta" es un término confuso, puesto que la briqueta puede estar fabricada con uno o más materiales compactados (desechos de biomasa). La materia prima de la briqueta puede ser biomasa forestal, biomasa residual industrial, biomasa residual urbana, carbón vegetal o simplemente una mezcla de todas ellas (García, Marcos, & Fernández, 1997).

Generalmente, las briquetas (ver figura 1.7) están hechas con materia residual, como madera, cascarilla de arroz, bagazo de caña de azúcar, residuos de pulpa de papel, papel, cascara de coco, residuos de algodón, cartón, carbón, etc. (Olivares, 2011)



Figura 1.7. Briquetas.
Fuente: Dipiu (DIPIU).

La briqueta más utilizada es la fabricada a base de aserrín, también conocida como leñeta, no utilizan ningún tipo de aglomerante ya que la humedad y la propia lignina de la madera funcionan como adhesivo natural (Olivares, 2011).

Las briquetas o leñetas son una fuente de energía calorífica renovable, clasificadas como bioenergía sólida que sirve como combustible (biocombustible) en calderas, hornos, parrillas, cocinas, etc. Estas leñetas compactas son utilizadas para calefacción, cocina y uso industrial como ladrilleras, cementeras, metalurgias, secadores, tostadores y demás procesos que consumen grandes cantidades de madera (Olivares, 2011). Es un producto renovable y ecológico, que generalmente se produce en forma cilíndrica o de ladrillo pero que podría adoptar otras formas similares como plaquetas o discos dependiendo el uso que se le fuese a dar. Otras formas usuales son las de prisma cuadrado o prisma hexagonal hueco.

Las briquetas son 100% naturales, algunas se hacen de desperdicios forestales tales como el aserrín, la viruta, chips, ramas, restos de poda, raleo fino, etc., estos mismos desperdicios son molidos, secados a un 10% de humedad y luego se compactan por medios mecánicos (Olivares, 2011).

Las briquetas de aserrín poseen mayor poder calorífico que la leña tradicional (**ver Apéndice B**), encienden más rápido, no desprenden humos ni olores y su uso evita la tala indiscriminada de árboles (Olivares, 2011), algarrobo principalmente. Por lo tanto, las briquetas son un perfecto sustituyente de la leña con claras ventajas físico/químicas/energéticas, por sus formas y características heredadas de la materia prima de la cual está constituida.

Las características que se mencionan a continuación se centralizarán en las briquetas obtenidas con biomasa forestal, procedentes de residuos forestales (podas, claras, clareos, etc.) o de industrias de primera o segunda transformación de la madera. No se hará referencia a las briquetas de carbón vegetal. Las principales características físico/químicas de las briquetas son (Marcos, 1994):

1.3.1. Forma, tamaño y color

La forma de las briquetas puede ser muy variable y depende de la maquinaria utilizada en su obtención. Sin embargo, casi todas las briquetas fabricadas en la actualidad son de forma cilíndrica. También, una forma común de las briquetas es la de sección octogonal con un hueco redondo en el centro, con esta forma de briketa se consigue una ignición más rápida; esto puede resultar ventajoso o perjudicial (dependiendo del objetivo buscado). Otra forma es la sección rectangular, ligeramente redondeada en las cuatro esquinas lo que impide la desintegración con los golpes. Este tipo de briketa arde más despacio pero se almacena mucho mejor pues ocupan menos volumen a igualdad de peso que el tipo cilíndrico o el de prisma octogonal hueco (Marcos, 1994).

El tamaño de las briquetas varía dependiendo del uso que se le dará y la máquina briketadora que se usará para fabricarlas. La máquina define el grosor (ancho de la briketa mientras que el productor definirá el largo de la briketa. Para industria el largo varía entre 30 y 100 cm, para productores de uso menor el largo estará entre 10 a 50 cm y para el sector familias el largo será entre 2 a 6 cm.

El color de la briketa es igual al del aserrín utilizado aunque lo ideal y lo más llamativo para los clientes es asemejar el color de la briketa al de la leña para que así en las chimeneas parezca que arda leña.

Gracias a la forma y tamaño de la briketa, inferior al de la leña, es que se puede manejar con pala y cargarse en calderas en las que sustituye al carbón mineral (Marcos, 1994), carbón vegetal o leña. Generalmente la briketa está pensada para uso doméstico, en chimeneas o calderas individuales.

1.3.2. Densidad

Otra de las características de la briketa es que presenta mayor densidad que otros combustibles elaborados a base de residuos maderables lo cual facilita su transporte, manipulación y almacenamiento; resultando una ventaja al comparar las briquetas con otros combustibles forestales.

El objetivo final del proceso de briketado es obtener un producto final de mayor densidad que los productos iniciales. A mayor densidad la briketa ocupa menos volumen (a igualdad de peso) que la leña por lo tanto su manipulación será más sencilla.

Los factores que influyen en la densidad de la briketa son de dos tipos (Marcos, 1994):

1. La materia prima empleada. Cuanto mayor sea la densidad de la materia prima mayor será la densidad del producto final. Si la materia prima es madera debemos indicar que por lo general las maderas de las frondosas⁸ (encina, robles, haya, castaño, entre otros) son más densas que las maderas de las coníferas⁹ (pinos,

⁸ Categoría botánica de la clasificación de los tipos de árboles, que se caracterizan por tener flores, es decir, estructuras reproductivas con periantio, también llamados árboles de madera dura.

⁹ Categoría botánica de la clasificación de los tipos de árboles, que se caracterizan por que albergan estructuras reproductivas en forma de conos, también llamados árboles de madera blanda.

abetos, cedros). Con la corteza ocurre algo parecido siendo más densas las cortezas de frondosas que las de coníferas.

2. La presión ejercida por la prensa en el proceso de fabricación. Las presiones de compactación son variables, dependiendo de la maquinaria empleada, a mayor presión, mayor densidad lograda en el producto final.

Para determinar la densidad de la briqueta deben realizarse ensayos de laboratorio. Una forma empírica para calcular el valor aproximado de la densidad de la briqueta basta con evaluar la relación de su masa (en una balanza) y su volumen (cálculos geométricos).

1.3.3. Humedad

La humedad de la briqueta es una característica que está en función del proceso de secado que sigue el aserrín. Este proceso de secado puede ser al ambiente o mediante horno. Para el proceso de briquetado que sufre la materia prima se suelen utilizar partículas con una humedad menor del 12% (García et al., 1997), además, este proceso de prensado (briquetado) quema un mínimo de humedad de las partículas; al final la humedad de la briqueta resulta ser de 8 - 10% a la salida de la prensa. Posteriormente puede ocurrir que:

- Si, las briquetas son envasadas en bolsas plásticas, ya no absorben humedad del ambiente y su humedad sólo aumenta levemente debido al aire encerrado en la bolsa plástica.
- Si, las briquetas están al aire libre éstas pueden absorber humedad del ambiente debido a que la madera es higroscópica. Sin embargo durante el proceso de briquetado se genera calentamiento en la superficie lateral exterior que produce un baquelizado en la briqueta. Este proceso origina que en el exterior de la briqueta aparezca una fina “película plástica”, de color más o menos negruzco, que impide la absorción de humedad al interior del producto.

Esta característica es muy importante debido a que el poder calorífico de cualquier biocombustible forestal disminuye al aumentar la humedad del mismo.

1.3.4. Composición química

La composición química elemental de las briquetas condiciona el poder calorífico. La composición química de briquetas dependerá del material utilizado. Si se emplean aditivos, se deberá tener en cuenta la composición química de los mismos (Marcos, 1994).

Lo ideal es conocer los porcentajes (en peso) de madera, corteza y aditivos empleados, así como la humedad a la que se manipulan estos productos. Conocidos estos porcentajes puede evaluarse de forma aproximada la composición química de las briquetas (Marcos, 1994).

1.3.5. Poder calorífico

El poder calorífico es la característica fundamental de un combustible el cual lo define como tal. Altos poderes caloríficos indican buenos combustibles y bajos poderes caloríficos señalan malos combustibles. El poder calorífico depende fundamentalmente de la composición química del combustible (Barahona, 2011).

Para el caso de las briquetas, el poder calorífico está en función del material del cual está compuesto. Suponiendo que la briqueta está compuesta de madera sin aditivos, entonces su poder calorífico será igual al de la madera que la conforma.

Análisis realizados en las briquetas (**ver Apéndice B**) indican que el poder calorífico de las briquetas es mayor a 4 300 kcal/kg.

1.4. La idea y sus factores de influencia

La fabricación de briquetas a partir de aserrín nace de la necesidad de resolver un problema de desechos maderables (aserrín, viruta y astillas); estos desechos se venden sin ningún valor agregado o simplemente se descartan produciendo un gasto para las empresas madereras y contaminación al medio ambiente.

El gerente de la empresa Maderera del Norte encontró una oportunidad en los desechos maderables que produce su empresa que, actualmente, se venden a ladrilleras recibiendo un pago muy bajo respecto al costo real; es por esto que el gerente buscó una forma de dar un valor agregado a los desechos y generar rentabilidad.

Además del problema de los desechos generados en la maderera existen otros factores (directos) que refuerzan y conllevan a mejorar la idea de fabricar briquetas, dichos factores se describen en los siguientes puntos:

1.4.1. La deforestación

Un factor directo que incidió en la idea de fabricar briquetas es la deforestación de los bosques. Esta actividad que generalmente es ilícita, ha perjudicado sustancialmente el medio ambiente. En la región Piura la deforestación se ha dado en los bosques de algarrobo con la depredación de grandes extensiones de los mismos (ver figura 1.10).



Figura 1.8. Deforestación de bosques.
Fuente: Natural (ABC, 2011).

La deforestación es una actividad degenerativa de bosques que trae como consecuencia impactos que repercuten en el medio ambiente entre los que podemos mencionar (Pautrat & Licich, 2006):

- Pérdida del valor económico del bosque mediante la extracción selectiva de especies de alto valor comercial. La desvalorización maderable y la percepción del valor de mercado del bosque en su conjunto facilita la transformación o cambio de uso del suelo, siendo más vulnerable a la conversión del bosque en áreas agrícolas o ganaderas.
- Degradación de la calidad biológica de los bosques. Fragmentación de bloques de áreas boscosas. Pérdida de biodiversidad: a nivel de paisaje, ecosistemas, especies y diversidad genética. Reducción de poblaciones de especies endémicas y/o amenazadas.
- Alteración de procesos ecológicos de mediana y gran escala (alteraciones de ciclos hidrológicos y cambio climático, patrones de sucesión de bosques, dispersión y polinización de semillas, migraciones, entre otros).
- Alteración del paisaje, erosión y salinización del suelo y pérdida de servicios ambientales. Colmatación de los cauces de los ríos y quebradas.

1.4.2. Biocombustibles

En diferentes estados del mundo ha surgido y se ha acrecentado un interés por diversificar la matriz energética, introduciendo nuevas alternativas de combustibles para ampliar la gama de los ya existentes. Este interés ha cobrado nuevo impulso ante la escalada de precios internacionales del crudo en el período 2004-2008. Asimismo, los gobiernos han impulsado diferentes iniciativas para variar la matriz energética y reducir la dependencia de los hidrocarburos líquidos (ECLAC, 2009); ante estas iniciativas, el gobierno peruano dio la ley de promoción de los biocombustibles en el 2003 y cuyo reglamento fue aprobado en el año 2005, el cual establece que a partir del 2008 en la selva, y el 2010 en todo el Perú, sea obligatorio que la gasolina contenga un 7.8% de bioetanol (CIPCA & RAAA, 2010)

La ley de promoción de biocombustibles establece la constitución del “Programa de Promoción del uso de los Biocombustibles” (PROBIOM). Y por su parte la actividad privada ha constituido la “Asociación Peruana de Productores de Azúcar y Biocombustibles” (APPAB) a la que pertenecen los 10 ingenios azucareros más importantes del país (CIPCA & RAAA, 2010).

En el caso particular de la región Piura, las empresas privadas que ya están operando, o iniciando operaciones, en el cultivo de la caña y consiguiente producción de bioetanol, son principalmente: MAPLE, CAÑA BRAVA (Palma del Espino) y COMISA (CIPCA & RAAA, 2010).

Por otro lado el anterior gobierno regional de Piura también dejó proyectos de higuierilla para la producción de biocombustibles, al igual que la UNP que en el 2012 ha realizado el proyecto denominado “Análisis de los impactos agroindustriales, socioeconómicos a partir de la instalación, manejo e industrialización de cultivos nativos energéticos en la Región Piura: Piñón (*Jatropha curcas*) e Higuierilla (*Ricinus comunis*)” (Pineda, 2011).

Por su parte, Maderera del Norte pretende contribuir a la producción de biocombustibles a través de la elaboración de briquetas de aserrín, puesto que se presentan como otra fuente de energía renovable, con emisiones de dióxido de carbono neutro, elaborado a partir de residuos generalmente maderables y como reemplazo a los hidrocarburos líquidos en los sectores de la economía donde se necesite de fuentes de energía caloríficas.

En resumen se tiene que:

- La deforestación trae como consecuencia la reducción de fuentes generadoras de oxígeno, la reducción de extracción del dióxido de carbono de la atmósfera depreda especies silvestres, migración de la fauna de la zona así como también extingue ecosistemas.
- Los biocombustibles nacen como alternativa de energía reemplazante de los hidrocarburos, con efectos menos nocivos que estos últimos y cumplen con el objetivo de ser renovables.

Los factores antes mencionados consolidaron de manera directa la idea de utilizar el desperdicio de los aserraderos (aserrín y viruta de madera) para compactarlo y, posteriormente, servir como alternativa de energía que las familias de bajos recursos puedan usar en sus cocinas de carbón y/o leña para la preparación de sus alimentos diarios. Además, dichos factores fijaron los efectos y consecuencias que debe producir el producto (briquetas) elaborado a partir de los desperdicios maderables, esto es: reducir la tala ilegal y la deforestación, aminorar la acumulación de dióxido de carbono, crear un producto que reemplace y reduzca el uso de leña o carbón para las actividades económicas alimentarias y aprovechar los desperdicios de manera adecuada generando beneficios económicos y ambientales.

Capítulo 2

Proceso de Fabricación de Briquetas

En una sociedad de permanentes cambios, que exige productos innovadores y tecnológicamente desarrollados, precisa de empresas que dediquen parte de sus presupuestos en Investigación y Desarrollo (I&D) para la elaboración de nuevos productos o mejora de los productos ya existentes.

Como es de suponerse, la elaboración o mejora de un producto implica un análisis, que en parte, se consolida en las etapas de la fase de pre-inversión; estas etapas son tres: perfil, pre-factibilidad¹⁰ y factibilidad; y en ellas se desarrolla, evalúa y analiza los diferentes factores técnicos, comerciales, ambientales y sociales en los que podría incidir o afectar la producción del bien o servicio. Dicho análisis se desarrolla en el concepto habitual de lo que se identifica como I&D, ingeniería, proyectos, etc. Específicamente su meta es preparar todos los elementos que harán posible la elaboración del producto que es el fin de la empresa, desde el diseño del mismo producto, del proceso de operación, de la localización óptima de la empresa y de su distribución interna.

La producción y comercialización de briquetas en el Perú, y específicamente en Piura, requiere de un análisis previo de pre-factibilidad, puesto que no se tienen antecedentes regionales y escasamente se han encontrado algunos antecedentes nacionales. La falta de investigación categoriza a las briquetas de aserrín como un nuevo producto en la región norte de nuestro país (Piura).

Maderera del Norte es una empresa fabricante de pallets con muchos años en el mercado maderero, y experimenta la introducción de un nuevo producto (briquetas) del cual no se tiene más que el conocimiento empírico de lo que se desea desarrollar. Es por tanto que

¹⁰ Etapa suprimida en el 2011 y adicionada a la etapa de factibilidad con el fin de agilizar los estudios preliminares de los proyectos.

este capítulo se dedicará a la definición de aquellos condicionamientos técnicos generales que deben tenerse en cuenta para fabricar el producto mencionado, tomando como base la fabricación del mismo realizada en otros países y en la zona selva de nuestro país.

2.1. Antecedentes

Aunque no se tienen datos exactos desde cuando se inició con la fabricación de las briquetas de aserrín y viruta (desperdicios maderables), existe abundante información en artículos y diferentes bases de datos electrónicas que describen algunos indicios de elaboración de briquetas (de otros materiales distintos a los desperdicios maderables). Por ejemplo, las primeras fabricaciones industrializadas de briquetas de carbón se dieron en el año de 1920, por el fabricante de autos Henry Ford en conjunto a la asesoría de su buen amigo Thomas Alba Edison y su pariente E. G. Kingsford (Barbosa, 2009). Ford conoció un proceso para convertir los restos de madera y aserrín que quedaban en su fábrica del coche modelo T en briquetas de carbón. Y aunque Ford y sus colaboradores son conocidos como los inventores de las briquetas de carbón a partir de las virutas de madera, quien en realidad tiene la patente es Ellsworth Zwoyer el cual patentó la idea en el año de 1897 (Barbosa, 2009).

Ford empezó a fabricar asadores y briquetas de carbón para regalarlas a sus clientes por la compra de sus vehículos modelo T y A. Fue ahí, el momento en que Ford se dio cuenta de una nueva oportunidad de negocio, construyendo una fábrica de carbón con el nombre de Ford Charcoal. Fue en el momento en que Ford pretendió fabricar briquetas de carbón para vender cuando Kingsford le compró la fábrica a Ford cambiando el nombre de la compañía a Kingsford Charcoal. Actualmente Kingsford Products Company sigue siendo el mayor fabricante de carbón de los EE.UU (Barbosa, 2009).

Con el ejemplo anterior se puede verificar fácilmente que las briquetas no son un producto nuevo, ya que desde 1920 se ha fabricado este producto, incluso, en niveles industriales. Desde entonces, se ha ido investigando sobre las briquetas; su composición, características, propiedades, etc. Esto ha generado una gran expectativa en el rubro de los combustibles debido a que se ha logrado mezclar una variedad de desperdicios para su elaboración.

Actualmente las briquetas de mayor fabricación están elaboradas a base de carbón y/o aserrín porque presentan mayores ventajas ecológicas y energéticas que las fabricadas por residuos sólidos orgánicos u otros productos de desperdicio.

A nivel mundial y nacional un sin número de empresas, que al igual que Henry Ford, han transformado sus desperdicios en productos con valor agregado a través de la compresión de los desechos de fabricación logrando mejorar la operatividad y los costos de procesamiento de sus productos principales.

Diferentes experiencias se recogen de empresas de distintos rubros y entre ellas podemos mencionar:

2.1.1. A nivel mundial

Molinos El País S.A.- Empresa paraguaya dedicada principalmente a la fabricación de arroz parbolizado¹¹ y arroz blanco. Entre los productos que ofrece se tiene las briquetas elaboradas a base de cascarilla de arroz (*briquetas* de cáscara de arroz El País). Aquí una descripción de dicho producto:

El *briquete* es un producto ecológico, con alto poder calorífico, baja humedad (entre 5 % a 8%), y alta densidad de compactación. La uniformidad y la regularidad térmica, resulta en mayor rendimiento, disminuye considerablemente la polución, conservando así el medio ambiente (Molinos El País, 2009). Es un producto que está sustituyendo a la leña con mucho suceso y con innumerables ventajas:

- Mantiene un calor constante.
- Disminuye los residuos.
- Posee mayor temperatura y más llamas.
- Alto poder calorífico y de brasas.
- Reducción del espacio físico utilizado para el stock.
- Ayuda a conservar el medio ambiente.
- Es utilizado en calderas industriales, hornos de panaderías, pizzerías, piscinas térmicas, clubes, hoteles, lavanderías y residencias, para fogatas y restaurantes.

El *briquete* llegó para auxiliar a la naturaleza; 1 000 kilos de *briquetas* corresponden a 3 árboles adultos. Además las cenizas pueden ser utilizadas en huertas, jardines, jarrones con flores, etc. El *briquete* tiene mayores condiciones en relación a otros combustibles y se encuadra a las normas ISO 14 000, pues su extracción no degrada el medio ambiente.

Los *briquetas* consisten en la compactación de las cáscaras del arroz a través de una prensa. El volumen de las cascarillas sueltas se comprime de 10 a 1 aproximadamente, formándose así las briquetas. Según estudios realizados los *briquetas* alcanzan energías caloríficas de hasta 3 veces más que la leña vegetal.

Dutch Plantin.- Es el mayor productor de turba y otros productos de coco en el mundo, con más de diez centros de producción ubicados en Asia, África y Países Bajos y una experiencia de más de 20 años en el rubro de la innovación de productos de coco. Entre los principales productos que procesa se tienen las briquetas elaboradas en base a la turba de coco¹² (*cocopeat briquettes*).

Dutch Plantin suministra la turba de coco en bloques y briquetas. Estas briquetas son fáciles de usar puesto que sus dimensiones son adecuadas para su manipulación y uso, con medidas de 20x10x7 cm. Cuando este producto es humedecido con agua su volumen se incrementa, hinchándose y aumentando hasta diez veces su volumen inicial. Se ofrece variedades en este mismo producto dependiendo de los gustos del cliente, puede escoger la turba de coco lavada, protegida (con aditivos) o sin lavar. Las briquetas pueden ser envueltas individualmente de ser necesario (Dutch Plantin, 2011).

¹¹ El arroz parbolizado es un tipo de arroz que se obtiene después de realizar un proceso de cocción húmedo y secado del arroz con cáscara.

¹² La turba de coco es un subproducto producido a partir de la cáscara peluda o capa exterior de un coco.

Briec (COVAERSA).- Covaersa es la primera empresa a nivel mundial en fabricar y patentar briquetas de cáscara de almendra en su factoría de Crevillente (Alicante) - España. Covaersa desarrolla, a través de la marca Briec, la fabricación, venta y distribución de briquetas de cáscara de almendra. Las briquetas Briec se diferencian del resto de biomásas de una manera altamente destacada. Covaersa trata la biomasa con tecnología y personal altamente cualificado para la elaboración de sus briquetas Briec (Briec, 2011).

Las briquetas Briec son bloques sólidos y consistentes compuestos de cáscara de almendra compactada sin aditivo alguno, poseen una alta densidad, sus dimensiones aproximadas de 24x8x11 cm y tienen un grado muy bajo de humedad.

Mencionamos sus ventajas técnicas:

- Alto poder calorífico: 5,47 kWh/kg.
- 1 kg de briqueta equivale a 1,7 kg de madera.
- 1 briqueta de 2,2 kg equivale a 1 l de gasoil¹³.
- Bajo nivel de humedad (2% aprox.).
- Alta densidad (1 200 kg/m³).
- 1 m³ de briquetas equivale a 4 m³ de leña.

Beneficios prácticos:

- Permiten una fácil manipulación.
- No producen olores, humos ni chispas.
- No tienen aglutinantes ni aditivos.
- Producen escaso volumen de cenizas (1,51%).
- Es un producto 100% ecológico y natural.
- Son limpias y de tamaño homogéneo.

2.1.2. A nivel nacional

Briquetas Corinay.- Corporación Industrial Nanay S.A.C. - CORINAY es una empresa industrial productora, comercializadora y exportadora de Briquetas de aserrín, constituida en el año 2007 con el fin de aprovechar los residuos maderables del proceso de la industrialización de la madera.

La empresa CORINAY está ubicada a orillas de la laguna Rumococha en el río Nanay - Iquitos. Es la primera empresa en el Perú en la fabricación de Briquetas (leña ecológica) en forma industrial con una capacidad instalada de 5 000 toneladas/año.

Descripción del producto ofrecido: es un combustible sólido compuesto solamente de aserrín y viruta de madera, fabricado a partir de un proceso de secado y comprimido a alta presión y libre de adhesivos químicos. Sustituye perfectamente a la leña evitando la deforestación de los bosques (CORINAY, 2008).

¹³ El gasoil es un derivado del petróleo utilizado, generalmente, en motores diésel. Se obtiene de la destilación del petróleo crudo.

Características de las briquetas de aserrín:

- Dimensiones aproximadas: cilindro de 90 mm de diámetro x 270 mm de largo y/o en rodajas del mismo diámetro en espesores variados de 12 mm hasta 20 mm.
- Humedad: 14-16%.
- Densidad: 1 190 kg/m³.
- Poder calorífico: 3 700 kcal/kg aproximadamente.
- 1 m³ de nuestra briqueta sólida de aserrín es comparable aproximadamente a 3 barriles de petróleo en términos de poder calórico.

A pesar de que en el mercado nacional existen empresas que fabrican briquetas, estas, aún no son conocidas debido a la falta de difusión de este producto. En el Perú, se sigue investigando diferentes opciones de materiales (desperdicios) que pueden servir para la elaboración de este combustible que proporciona ventajas ecológicas y una solución a la utilización de los desperdicios evitando acumulaciones de desechos que generan contaminación y acrecientan directa o indirectamente el efecto invernadero.

De las distintas investigaciones realizadas podemos mencionar las siguientes:

- Reducción de NO_x con briquetas de carbón – Avelina García García¹⁴.

Objetivo.- Analizar la eliminación de NO_x¹⁵ con una alternativa novedosa a las que actualmente se están usando o investigando (SCR¹⁶, SNCR¹⁷, procesos combinados de SO_x¹⁸ de NO_x) contribuyendo, por tanto, al desarrollo de tecnologías de uso limpio de carbón, dentro de la vertiente de depuración de gases de combustión, y otorgar valor añadido al carbón mineral de origen español, que es el principal componente de las briquetas.

- Briquetado de lignitos con aditivos. Seguimiento físico-químico del proceso – Jesús Blesa Moreno¹⁹.

Objetivo.- Conseguir un mayor conocimiento de la físico-química del briquetado de los carbones de bajo rango dedicando especial atención a los enlaces aglomerante - materia carbonosa que se generan durante el curado y que contribuyen decisivamente a la fortaleza de las briquetas.

- Estudio técnico para la obtención de briquetas de fácil encendido a partir de carbón de la cascarilla de palma africana y su producción en la empresa TYSAI S.A. – Joe Ralph Hernández Avilés²⁰.

¹⁴ Tesis Doctoral – Universidad de Alicante – Alicante – España.

¹⁵ Los óxidos de nitrógeno son un grupo de gases compuestos por óxido nítrico (NO) y dióxido de nitrógeno (NO₂).

¹⁶ Reducción catalítica selectiva

¹⁷ Reducción no catalítica selectiva

¹⁸ Los óxidos de azufre son un grupo de gases compuestos por trióxido de azufre (SO₃) y dióxido de azufre (SO₂).

¹⁹ Tesis Doctoral – Instituto de Carboquímica – Zaragoza – España.

²⁰ Tesis de grado – Escuela Superior Politécnica de Chimborazo – Riobamba – Ecuador.

Objetivo.- Desarrollar el estudio técnico para la obtención de briquetas de fácil encendido a partir de carbón de cascarilla de la palma africana y su producción en la empresa TYSAI S.A.

- Investigación de alternativas energéticas y mejoramiento de hornos de producción de ladrillos y tejas de barro en el municipio de la Paz Centro, León. Nicaragua – Solórzano Arce y Rodríguez Rivera²¹.

Objetivo.- Mejorar la eficiencia en el uso de la leña y presentar opciones de utilización de otros combustibles en el proceso de cocción de los ladrillos y tejas de barro, específicamente en el municipio de la Paz Centro, departamento de León, Nicaragua.

- Briquetas de residuos sólidos orgánicos como fuente de energía calorífica en cocinas no convencionales – Valderrama, Curo, Quispe, Llantoy & Gallo²².

Objetivo.- Determinar factores esenciales en la elaboración de las briquetas: composición, humedad, densidad y granulometría.

- Evaluación de mezclas y aglutinantes en la elaboración de briquetas de biomasa – Álvarez, Romero, Fundora, Mencia²³.

Objetivo.- Exponer los resultados de una investigación referente al uso del carbón de paja de caña como fuente alternativa de energía en aplicaciones sociales.

2.2. Características técnicas de las briquetas

Las características técnicas básicas que deben poseer las briquetas son:

- **Nombre del producto.** Briquetas de aserrín.
Conglomerado de aserrín compactado en forma cilíndrica (generalmente), que se usa como combustible para cocinas a carbón y/o leña²⁴.
- **Composición.** Viruta, aserrín y astillas de madera.
Principal producto de desperdicio generado por la fábrica de pallets, “Maderera del Norte”, y/o aserraderos de la región norte del país.
- **Humedad.** Entre 8% y 10%.
La humedad es una característica que determina el porcentaje de agua contenida en un producto. Desde el punto de vista energético, la humedad influye de manera directa en el poder calorífico, cuanto mayor es la humedad presente en un cuerpo

²¹ Informe final - Proyecto Regional Centroamericano de Apoyo a la Promoción y Ejecución de Proyectos Nacionales para Microempresarios (PROMICRO) y Programa Nacional de Apoyo a la Microempresa (PAMIC) – León – Nicaragua.

²² Informe – Centro de Desarrollo e Investigación en Termo-fluidos CEDIT.

²³ Universidad Carlos Rafael Rodríguez de Cienfuegos & Universidad de Camagüey – Cuba. – 8° Congreso Iberoamericano de Ingeniería Mecánica.

²⁴ Definición según Capítulo 1 - Sección 1.3.

menor es el poder calorífico proporcionado dado que mayor es la cantidad de agua a evaporar y como la evaporación consume calor, el calor utilizable es menor.

- **Poder calorífico.** Mayor a 4 300 kcal/ kg.
La madera de algarrobo es un excelente combustible. Presenta, en promedio, los siguientes valores de poder calorífico: leña, 3 700 kcal/kg (Piura) y 4 300 kcal/kg (Arequipa) (Swisscontact, 2009); carbón, 6 600 kcal/kg (Gonzales, 2008). Para que la briqueta sea atractiva al mercado al que se va a dirigir debe poseer un poder calorífico mayor al presentado por la leña de algarrobo, de esta manera, se presentaría como ventaja energética frente a la leña.
- **Color.** Color madera.
Debido a que la briqueta se elabora a base de solo aserrín de madera el color característico que adoptará el producto es el color típico de la madera del cual es fabricado; en Maderera del Norte su utiliza la congona que posee un color blanco amarillento a pardo claro. El producto no será pintado, barnizado o untado con ningún recubrimiento que pueda dar un color agradable al público puesto que esto puede generar gases tóxicos para la salud y/o dañinos para el medio ambiente.
- **Olor.** Característico a la madera.
A consecuencia de no utilizar ningún aditivo o compuesto químico como aglomerante, el olor del producto es propio al de la madera del que está elaborado. Es posible que el producto obtenga olor no distintivo e inodoro puesto que los olores de la madera, debido a su volatilidad, se hayan evaporado en el proceso de secado.
- **Forma.** Cilíndrica.
La forma de la briqueta depende en su totalidad de la máquina briquetadora que su utilice para su fabricación, las variaciones de la forma que pueda adoptar el producto de la forma principal es secundario y dependerá del uso para el cual esté diseñado.
- **Dimensiones.** Largo y diámetro variables.
La dimensión de diámetro está sujeta al diseño de la máquina briquetadora, generalmente esta dimensión es fija aunque en algunas máquinas puede ser regulable. La dimensión de largo también dependerá de la máquina briquetadora entre mayor sea la fuerza de compresión mayor podrá ser el largo de la briqueta. Para ambas dimensiones, los valores adoptados dependerán exclusivamente del sector de mercado al cual se dirigirá; de esta forma podremos encontrar diámetros desde los 20 mm hasta 100 mm y largos desde los 10 mm hasta los 400 mm.
- **Densidad.** 1 000 kg/m³.
La densidad de la briqueta dependerá de dos factores fundamentales:
Primero, la densidad de la materia prima empleada, a mayor densidad en el aserrín mayor será la masa de briqueta por unidad de volumen.
Segundo, la etapa de briquetado, a mayor presión ejercida por la máquina briquetadora mayor cantidad de materia compactada por unidad de volumen se obtendrá.

- **Contenido de cenizas.** Menor o igual al 0,5%.

El contenido de ceniza para un combustible determinado se define como el residuo que queda después de su combustión en condiciones normalizadas y se expresa en porcentaje del peso de combustible consumido. La ceniza es el residuo obtenido después de la incineración de la materia orgánica hasta que queda libre de carbón, y representa el contenido de material mineral presente en esa materia.

En la tabla 1 se exponen las características técnicas de las briquetas a fabricar, con esta información se podrá elaborar la ficha técnica que servirá como fundamento base para estudios en laboratorios.

Tabla 1: Características técnicas de la briqueta

Característica		Valor
Nombre del producto		Briqueta de aserrín
Materia Prima		Aserrín de madera
Procedencia		Perú
Humedad		8% - 10%
Poder calorífico		4 300 kcal/kg
Color		Madera
Olor		Característico
Forma		Cilíndrica
Dimensiones	Largo	120 mm
	Diámetro	60 mm
Densidad		1 000 kg/m ³
Porcentaje de ceniza		0,5%

Nota: Todos los valores descritos deben corroborarse con las pruebas de validación respectivas realizadas en laboratorio. Estos valores servirán de base para la ficha técnica de las briquetas.

2.3. Diseño del proceso de fabricación

El proceso de fabricación de briquetas es diverso, adaptable y modificable a las distintas realidades de las empresas que inicien su elaboración. Puede seguirse un proceso de fabricación rudimentario o un proceso de fabricación industrializado dependiendo del objetivo trazado.

A continuación se describe proceso básico de producción de briquetas para una pequeña empresa maderera.

Proceso de fabricación de briquetas

1° Etapa: Almacenamiento de materia prima.

El aserrín obtenido en el corte de madera (zona de producción de pallets) se recoge a través de un sistema de succión, compuesto por una red de tuberías dispuestas en cada máquina de corte, y un motor de succión que extrae de cada una de ellas el polvo de aserrín y la viruta producida; transportando a través de las tuberías el aserrín hasta el almacén de materia prima. La adquisición de materia prima a través de proveedores también podrá ser colocada en el almacén de materia prima a través de montacargas. La figura 2.1 muestra gráficamente la primera etapa del proceso.

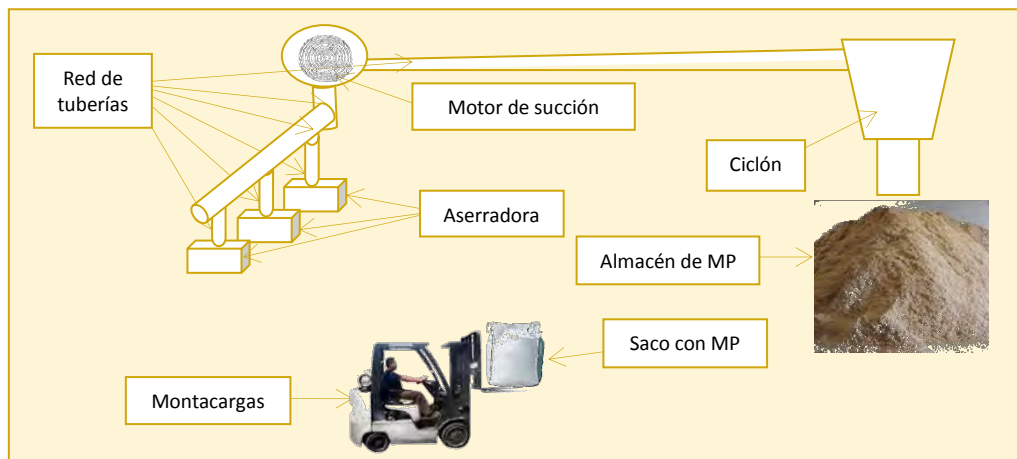


Figura 2.1. Etapa de succión, traslado y almacén de materia prima.

Fuente: Elaboración propia.

2° Etapa: Homogenizado de materia prima (molienda).

Esta etapa del proceso es necesaria siempre y cuando el grano del aserrín exceda el milímetro de dimensión (Arpi & Calderón, 2010). Normalmente esta actividad de homogenizado o uniformización de granos se realiza cuando se usa viruta, astillas o pequeños trozos de madera; esto con el fin de lograr un compactado ideal, sin grumos ni vacíos.

La etapa de homogenizado de materia prima se realiza mediante un molino de trituración, ya sea de rodillos o de martillos, en el que aserrín, viruta o astillas de la madera obtienen una dimensión máxima de 1 milímetro.

El aserrín dispuesto en el almacén de materia prima se traslada a través de una rampa dispuesta de pequeños depósitos contenedores de aserrín, dichos contenedores son cargados por personal obrero con palas en el almacén de materia prima. La rampa traslada el aserrín desde el almacén de materia prima hasta la parte superior del molino (tolva) donde se recepcionará y se homogenizará en línea. En la figura 2.2 se representa gráficamente la segunda etapa del proceso.

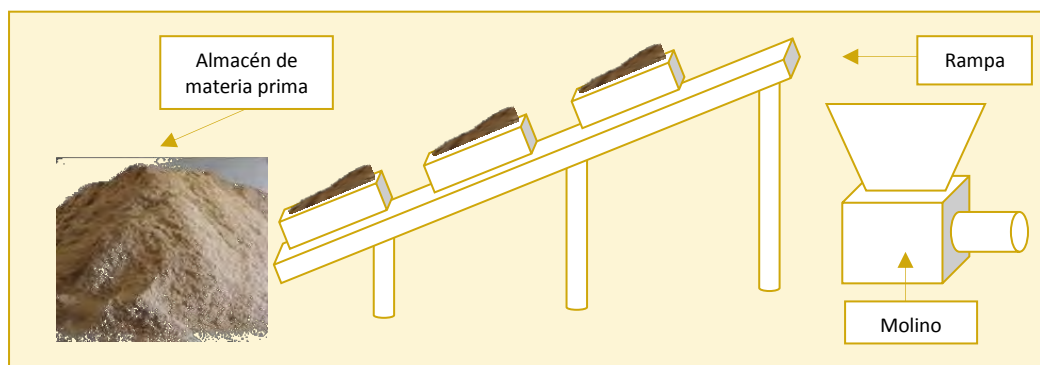


Figura 2.2. Etapa de homogenizado de materia prima (molienda).

Fuente: Elaboración propia.

3° Etapa: Secado.

Al igual que la etapa anterior (etapa de molienda), el secado es un proceso no primordial dentro del proceso de fabricación de briquetas siempre y cuando el ambiente de la zona sea cálido y seco tal como se presenta en la zona norte del país (regiones de Piura y Tumbes). Cuando el ambiente es propicio el porcentaje de humedad del aserrín llega a los valores deseados ($H \leq 10\%$) evitando esta etapa de secado.

A la salida del molino se conecta una tubería implementada con un motor que succiona el aserrín y lo conduce hacia el horno secador de partículas. El aserrín colocado en el horno pasa por un conjunto de resistencias en las que se logra absorber la humedad contenida en las partículas de aserrín. Con este proceso obtenemos que la humedad del aserrín llegue a valores entre el 8% y 10%, valores que son ideales para el briquetado.

La única ventaja de utilizar el secado es poder lograr niveles de humedad mucho más bajos que los logrados de forma natural obteniendo un producto de mayor facilidad para su encendido. Además, este proceso es útil en zonas donde predomina el clima húmedo y frío. En la figura 2.3 se muestra la tercera etapa del proceso.

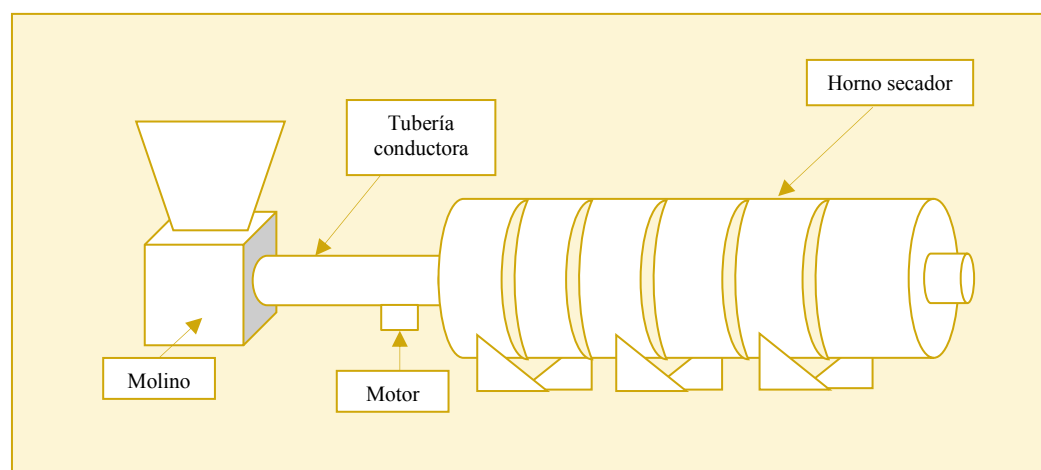


Figura 2.3. Etapa de secado.

Fuente: Elaboración propia.

4° Etapa: Briquetado.

El briquetado es la etapa fundamental dentro de todo el proceso de fabricación de briquetas.

Una vez que el aserrín sale del horno de secado cae sobre una tolva que está sobre una rampa que traslada el aserrín seco hacia la tolva de la máquina briquetadora. Cuando el material ya se encuentra en la tolva de la máquina briquetadora, inicia la transformación del aserrín en briqueta. La compresión hidráulica que ejerce la máquina sobre el aserrín compacta las partículas formando un conglomerado sólido, en este punto el contenido de lignina en los gránulos, propio de la madera, favorece la unión de las partículas sin necesidad de agregar algún tipo de aglutinante, conservando en el producto sus propiedades ecológicas. En la figura 2.4 se refleja la etapa de briquetado.

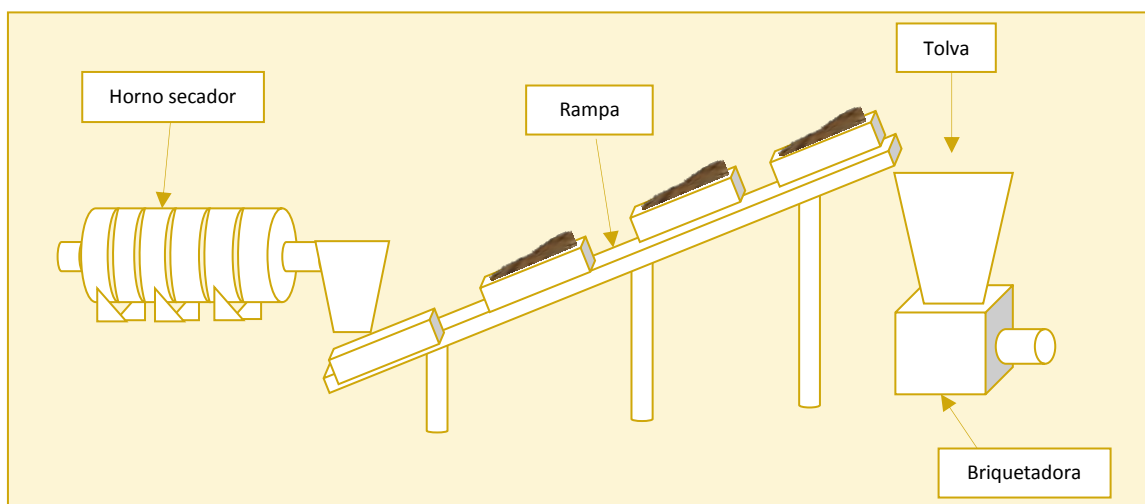


Figura 2.4. Etapa de briquetado.

Fuente: Elaboración propia.

5° Etapa: Corte.

Después de la etapa de briquetado, el aserrín compactado (briqueta) sale por un conducto cilíndrico, propio de la máquina briquetadora. Unido al conducto cilíndrico se encuentra un tubo que conduce la briqueta hasta una cizalla o sierra eléctrica que automáticamente cortará el producto a la medida deseada, cayendo en una canastilla de recepción. Para una mejor visualización de lo descrito véase la figura 2.5 que se muestra a continuación.

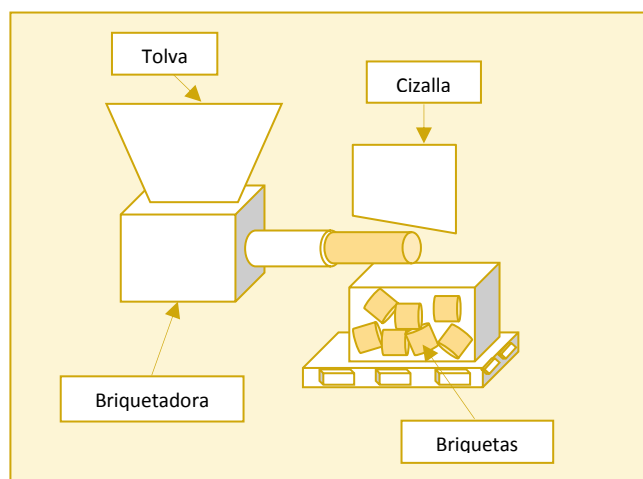


Figura 2.5. Etapa de corte.
Fuente: Elaboración propia.

6° Etapa: Empaque.

Un obrero trasladará la canastilla, donde cayó la briqueta cortada, hasta la mesa de empaque. En esta etapa las briquetas se colocarán sobre una mesa donde los obreros envasarán en bolsas o sacos, dependiendo el nicho de mercado al cual se dirige el producto, para luego colocarles la etiqueta respectiva y guardarlas en cajas (en caso de las bolsas) y/o almacenarlos. En la figura 2.6 se refleja la etapa de empaque.

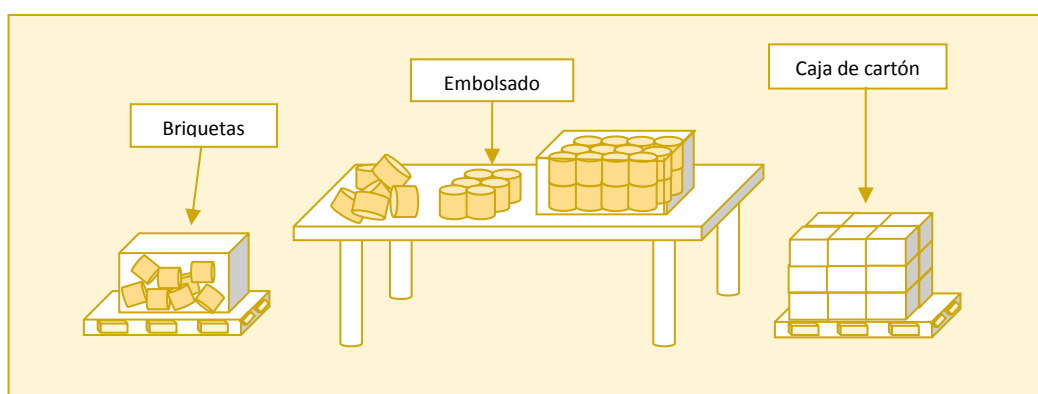


Figura 2.6. Etapa de empaque.
Fuente: Elaboración propia.

7° Etapa: Almacenamiento de producto terminado (PT).

En esta última etapa del proceso de producción, el producto terminado dispuesto en cajas o sacos se apila sobre pallets y luego es llevado con ayuda de montacargas al almacén respectivo. El almacén de producto terminado posee las características ambientales necesarias para mantener el producto en perfectas condiciones hasta el momento de su distribución. En la figura 2.7 se grafica la etapa de almacenamiento de producto terminado.

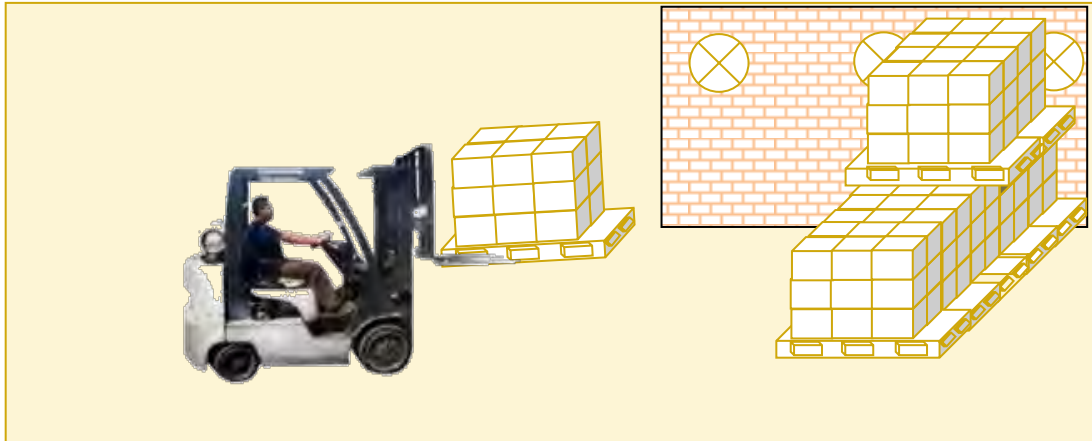


Figura 2.7. Etapa de Almacenamiento de producto terminado.
Fuente: Elaboración propia.

Diagrama de flujo del proceso de producción de briquetas

En la figura 2.8 se definen gráficamente el proceso de producción de briquetas las flechas del diagrama definen el sentido de avance de las etapas de producción.

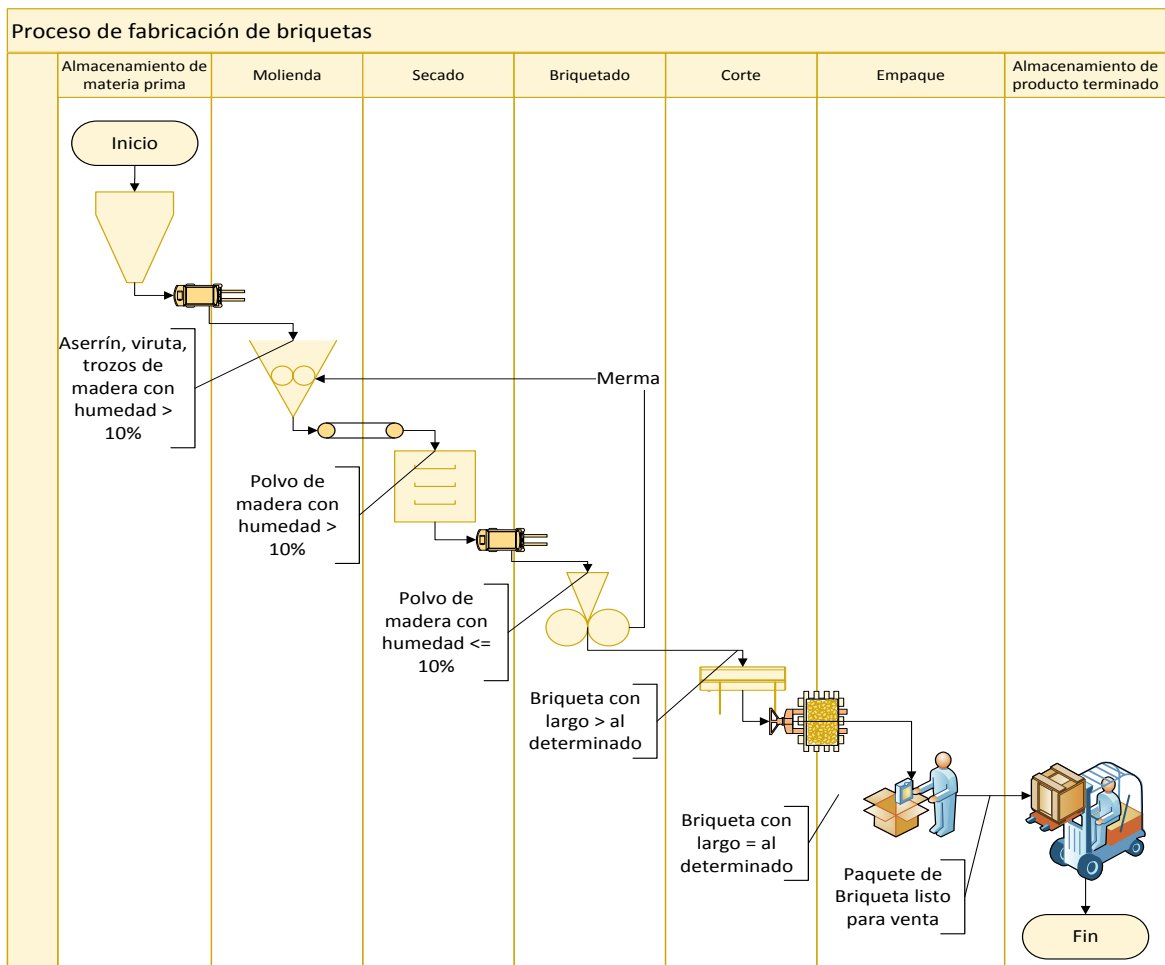


Figura 2.8. Diagrama de flujo de producción de briquetas.
Fuente: Elaboración propia.

2.4. Protocolo de procedimientos de producción

El objetivo del protocolo es el de proporcionar los procedimientos y/o actividades que guiarán al personal obrero durante el proceso de producción (descrito en la sección 2.3), para lograr la fabricación de briquetas de aserrín.

Los pasos que se describen a continuación representan actividades generales dentro del proceso de producción y pueden ser reemplazables por otros que se adapten a la realidad de la empresa en que se desee aplicar. Finalmente, estas actividades no son definitivas ni restrictivas, y podrían ser fácilmente ajustables en la práctica a las distintas condiciones de la empresa.

Paso 1: Almacenamiento de la materia prima.

Se dispone el aserrín en la superficie destinada para ello, esto se realiza succionando el aserrín desde las máquinas aserradoras hacia el almacén de materia prima a través de un sistema de succión o con montacargas. A este punto el aserrín cuenta con una humedad mayor al 10%.

Paso 2: Traslado de aserrín desde almacén de materia prima hasta molino.

El aserrín dispuesto en el almacén de materia prima, con porcentaje de humedad mayor al deseado ($H > 10\%$), será trasladado con ayuda de una faja transportadora hacia la tolva del molino, esta faja transportadora será manejada electrónicamente y cargada manualmente por personal obrero, para fijar la cantidad apropiada de aserrín sobre la tolva del molino. La actividad del traslado puede ser realizada con montacargas, llenando sacas con el aserrín y llevándolas con el vehículo hacia la tolva del molino para ejecutar la actividad de molienda de aserrín.

Paso 3: Molienda de aserrín.

Una vez que se ha cargado la tolva del molino con la cantidad apropiada de aserrín, el obrero da arranque al motor del molino para proceder a la Molienda del aserrín. El molino cuenta con una serie de rodillos o martillos internos dispuestos adecuadamente para ofrecer granos de calibres similares y acordes para el proceso siguiente. La molienda se hace necesaria cuando se tiene granos de aserrín, viruta, trozos de madera o astillas que puedan superar la dimensión permitida por la máquina que procesará el aserrín.

Paso 4: Traslado de aserrín desde molino hasta horno de secado.

Una vez que se ha procesado el aserrín u otros desechos maderables en el molino, se procede al traslado de las partículas obtenidas hacia el horno en donde se llevará a cabo el proceso de secado. El traslado se puede realizar a través de una tubería conectada a la salida del molino, implementada con un motor de succión que el obrero activará manualmente para iniciar la succión del aserrín. O también puede ser trasladado con montacargas a través de sacas, para esto, se necesita de un obrero que recepcione el aserrín saliente del molino en las sacas.

Paso 5: Secado de la materia prima.

Una vez que se ha cargado el horno con el aserrín adecuado, se inicia con el proceso de secado de materia prima con el fin de reducir la humedad a valores menores o iguales al 10% ($H \leq 10\%$) logrando obtener un producto con mayor facilidad de encendido. El horno está acondicionado por un conjunto de resistencias dispuestas a lo largo del mismo, prestando el calor necesario para absorber la humedad en exceso de las partículas de aserrín. El paso anterior de molienda ayuda a reducir el tiempo y temperatura de secado, puesto que al tener granos más pequeños el flujo de calor entre granos es más eficiente. Por tanto, el proceso anterior (molienda) es un factor determinante a tener en cuenta para el proceso de secado. El proceso de secado culmina cuando la humedad obtenida en el aserrín es menor o igual a 10%; este valor debe ser indicado por el horno.

Otra forma de lograr reducir la humedad del aserrín es al natural (aire libre) y depende de que la zona en donde se realice este proceso tenga un ambiente cálido y seco tal como se presenta en la costa norte del país (región Piura – Tumbes). El ambiente de la costa norte del país es apropiado para este proceso puesto que las temperaturas alcanzadas ayudan a reducir la humedad del aserrín hasta en un 10%, punto ideal para iniciar la fabricación de briquetas. En otras localidades de distintas condiciones ambientales tendrían que realizar este proceso a través de hornos de secado.

El secado se hace necesario siempre y cuando la humedad de la materia a procesar sea mayor al 10%, en este caso se necesita del proceso de secado sea por medio de horno o a la intemperie dependiendo de la realidad de la empresa y de las condiciones ambientales.

Paso 6: Traslado de materia prima desde horno hasta la máquina briquetadora.

Cuando el aserrín ha obtenido una humedad del 10% o menor, en el proceso de secado, se procede a su traslado desde el horno hacia la máquina briquetadora. La operación de traslado se puede realizar de manera automatizada, a través de una rampa transportadora que lleva el aserrín saliente del horno hacia la tolva de la máquina briquetadora o también de manera manual, mediante montacargas a través de sacas que son llenadas de manera manual por un obrero a la salida del horno.

La rampa es manejada por personal obrero de manera manual para controlar la cantidad de aserrín colocado en la tolva de la briquetadora y no exceder de materia prima la tolva lo que puede causar obstrucción en la línea de proceso. El aserrín sobrante se direcciona hacia un almacén temporal donde se depositará por lapsos de tiempo cortos dando lugar a un procesamiento en línea.

Paso 7: Briquetado del aserrín.

Con la carga adecuada de aserrín en la tolva de la máquina briquetadora, un obrero procede a su arranque para iniciar con el proceso de briquetado. El funcionamiento de la máquina es a través de corriente eléctrica y su mecanismo es por compresión hidráulica, la presión depende de la máquina que se usará y consta de: la tolva de carga que incluye un aspa móvil en la parte inferior, una cámara de compresión dispuesta de un pistón hidráulico y el cilindro de salida. Todos estos elementos se sincronizan a través de un tablero de mando, compuesto por un sistema electrónico que envía señales de apertura y cierre a la cámara de

compresión donde se extrae la cantidad necesaria de aserrín a ser procesado, esta extracción es ayudada con el movimiento del aspa móvil de la tolva. Una vez llena la cámara de compresión, el pistón presiona el aserrín hasta compactarlo para luego abrir el cilindro de salida y expulsar la briqueta elaborada. En esta parte del proceso la lignina presente en los granos de aserrín juega un papel importante puesto que ayuda a evitar el uso de aglomerantes, obteniendo de esta manera un producto libre de químicos perjudiciales para el medio ambiente

Es preciso señalar la presencia de un obrero en todo momento para detener la maquina en caso se obstruya por exceso de aserrín colocado en la tolva. Además es importante anotar que el obrero que manipule la máquina cuente con los implementos de seguridad adecuados.

Paso 8: Corte de briqueta.

A la salida de la máquina briquetadora se puede o no conectar un tubo conductor, esto dependerá del sistema de corte de la briqueta.

El corte de la briqueta puede ser manual o mecánico. En el corte manual, el obrero se encuentra en espera de la briqueta, en la salida de la briquetadora, para realizar el corte manual según el tamaño especificado, esto producirá un alto nivel de error en el tamaño de la briqueta puesto que el corte realizado dependerá de la destreza del operario. En el corte mecánico, se hace necesario el uso del tubo conductor que se instala a la salida de la máquina briquetadora, la función del tubo es dirigir la briqueta hacia la cizalla de corte que está manipulada por un obrero. Una vez que la briqueta llega a un tope determinado el obrero acciona la cizalla y realiza el corte, para este caso el nivel de error en el corte es mucho menor. La longitud de briqueta depende del mercado al cual se dirigirá y esto será determinado por el empresario.

Al costado del obrero encargado del corte de la briqueta o bajo la cizalla de corte se encuentra un depósito (canastilla o caja) donde se irán colocando las briquetas cortadas para ser llevadas a la mesa de empaque.

Paso 9: Empaque.

Después del corte de la briqueta, el obrero lleva la canastilla llena de briquetas a la zona de empaque.

En el proceso de empaque, las briquetas son colocadas en bolsas herméticas en grupos de 6 unidades y su etiqueta respectiva (1,2 kg. aproximadamente). Una vez que se sella la bolsa se coloca en cajas de cartón (10 bolsas de 6 unidades) y se embalada para su almacenaje y posterior despacho. O también, las briquetas son colocadas en sacos plastificados cubiertos internamente con una bolsa donde se colocarán entre 50 y 100 unidades, dependiendo del tamaño de la briqueta a empacar, y se cerrarán con rafia o hilo de saco. Una vez que se sella el saco se almacena para su posterior despacho.

Paso 10: Almacenaje de briquetas.

Una vez que las briquetas se han empacado, las cajas o sacos se apilan en pallets y se transportan al almacén de producto terminado mediante montacargas. El almacén de

producto terminado (PT) está acondicionado adecuadamente en un ambiente seco y fresco para evitar el contacto con la humedad y el deterioro del producto. Esta actividad es la última del protocolo y cierra la línea de producción.

Consideraciones

- La zona de producción de briquetas deberá estar implementada adecuadamente con sistemas electrónicos distribuidos correctamente y contralados desde un tablero principal donde se repartirá los potenciales, frecuencias y amperajes necesarios para el correcto funcionamiento de los equipos y maquinarias que intervienen en el proceso.
- La empresa maderera debe tener en cuenta que las actividades descritas son referenciales y que pueden ser fácilmente reemplazadas o adaptadas a la realidad de la empresa.
- El uso de tecnología o maquinaria depende netamente del presupuesto que desee invertir la empresa.
- Los valores señalados de humedad o peso son ideales pero referenciales no son restrictivos ni absolutos, se puede fabricar briquetas con valores de humedad mayores a los señalados. Así como también pueden obtenerse pesos mayores por empaque.

2.5. Maquinaria, equipos y materiales a adquirir

La variedad de maquinaria, equipos y materiales que se pueden utilizar para la implementación de una planta piloto de fabricación de briquetas es enorme y acorde a las distintas posibilidades de financiamiento y restricciones de infraestructura que poseen los empresarios.

Para el proceso diseñado en la sección 2.3 y el protocolo de la sección 2.4 del presente capítulo, se utilizarán los siguientes elementos²⁵:

2.5.1. Maquinaria

- Montacargas FG25ST-16 (ver Apéndice C)

Características:

▪ Marca:	KOMATSU
▪ Modelo:	BX50
▪ Motor:	Nissan
▪ Modelo de motor:	K25
▪ Capacidad:	5 000 libras (2,267 toneladas).
▪ Combustible:	Gas / Gasolina.
▪ Transmisión:	2 Cambios (adelante y reversa)

²⁵ Los elementos indicados en la tesis son referenciales. Dichos elementos pueden ser reemplazados o adaptados según las condiciones de la empresa maderera.

En la figura 2.9 se muestra un modelo de montacargas que se adapta a las necesidades de la Maderera del Norte.



Figura 2.9. Montacargas.
Fuente: Komatsu (KOMATSU, 2010).

- Ventilador centrífugo presión media-alta (**ver Apéndice D**)

Características:

▪ Marca:	VENTILATORE
▪ Modelo:	PRU PRU/T
▪ Temperatura máx.:	60 °C
▪ Ventilador de refrigeración:	300 °C
▪ Caudal:	360 ÷ 180000 m ³ /h
▪ Presión:	50 ÷ 780 kg-f/m ²

La figura 2.10 muestra un tipo de ventilador que soporta el flujo de aserrín producido por la zona de producción de pallets de la Maderera del Norte (entre 2 y 6 toneladas diarias).

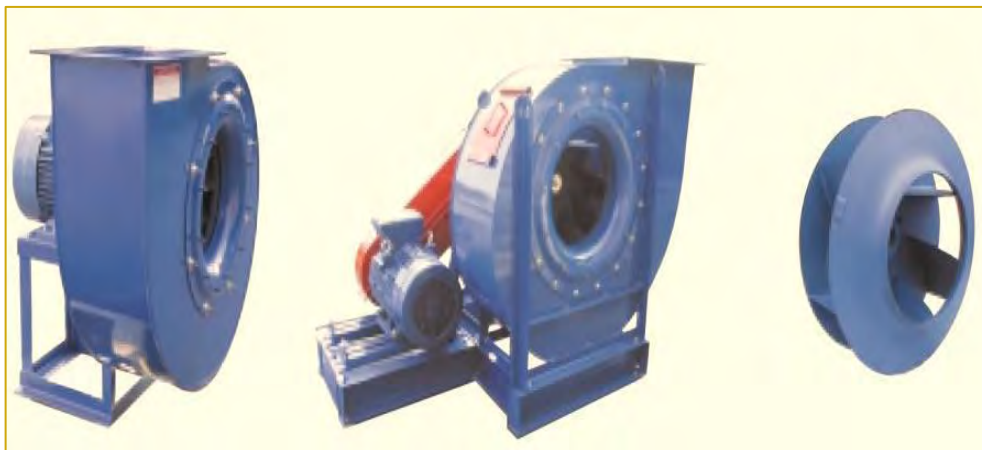


Figura 2.10. Ventilador de centrífugo.
Fuente: Coral (CORAL, 2011).

- Molino triturador

Características:

▪ Marca:	FRANSSONS
▪ Modelo:	HK G-26
▪ Entrada:	260 mm ϕ
▪ Motor:	45-55 kW
▪ Peso:	1700 kg
▪ Criba ²⁶ :	5-20 mm

En la figura 2.11 se observa un molino de martillos referencial que cumple con los requerimientos necesarios para procesar la materia prima.

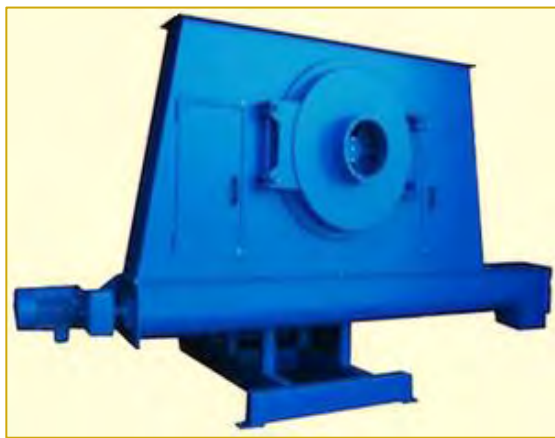


Figura 2.11. Molino triturador.
Fuente: Franssons (Franssons, 2012)

- Horno secador

Características:

▪ Marca:	ZHONGDA
▪ Modelo:	HGJ-I
▪ Capacidad:	de 250 a 400 kg/h
▪ Energía:	4 kW
▪ Peso:	1200 kg

La figura 2.12 muestra el sistema completo de un secador de partículas maderables adaptable al proceso de producción de briquetas.

²⁶ Es un utensilio de plancha metálica agujereado que se usa para limpiar unos granos de otros.

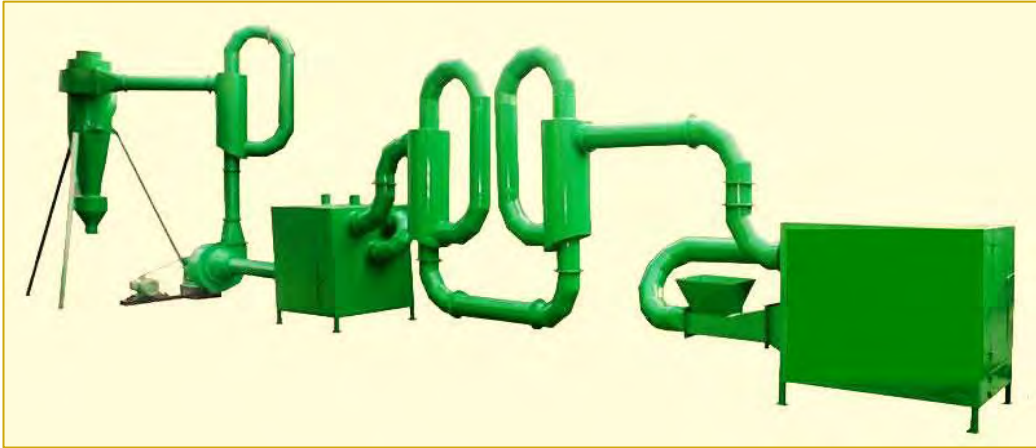


Figura 2.12. Horno secador.

Fuente: Maosheng (Maosheng Machinery Equipment Co., Ltd., 2012).

- **Briquetadora (ver Apéndice E)**

Debido a que la etapa de briquetado es la de mayor relevancia en el diseño del proceso de fabricación de briquetas, es necesario profundizar en la maquinaria correspondiente a esta etapa. Por ello, se describirán brevemente algunas características generales correspondientes a las diversas máquinas briquetadoras que pueden ser útiles para el proceso.

Existen varios tipos de máquinas briquetadoras pero son tres los más utilizados, estos son: las de tornillo sinfin, hidráulicas o neumáticas y las de rodillos. Además, hay que tener en cuenta si el proceso considera el uso de aglutinantes o no, puesto que esto determinará la complejidad del proceso, el costo, la máquina que se debe adquirir y la cantidad de energía a utilizar.

También, cabe resaltar que se puede fabricar briquetas de manera artesanal con prensas manuales, pero para el caso de Maderera del Norte esta forma de fabricación es poco práctica debido a los altos volúmenes de aserrín que se desean procesar.

Las máquinas de briquetado generalmente constan de una tolva alimentadora, un sistema de dosificación regulable, una cámara de compactación, un canal de enfriamiento y un sistema de corte para dar la longitud deseada (PERMER, 2007).

En general, puede decirse que los equipos hidráulicos se emplean cuando se pretende trabajar con materiales de baja calidad y la briqueta a obtener no tiene requerimientos muy estrictos, el costo es más reducido. Por otro lado los sistemas por extrusión, si bien son de costo más elevado, dan como producto una briqueta con características superiores, apta para cualquier uso como combustible.

Para el caso de Maderera del Norte, la máquina briquetadora adquirida es del tipo hidráulica y no usa aglutinante alguno para la compactación, lo cual hace que se obtenga un producto ecológico 100%.

A continuación se detallan las características y la descripción general de la máquina briquetadora:

Características

- Máquina hidráulica
- Dimensiones de briqueta 60 mm Ø
- Motor de 5,5 kW IE-2 (alta eficiencia)
- Producción de 15/70 kg/h
- Tolva cilíndrica de 1 000 mm Ø
- 7 ciclos/min
- 3 cilindros
- 1 mordaza en monobloque sin tirantes
- Longitud de briqueta máximo de 60 mm
- Dispositivo de precalentamiento temporizado, para situaciones de trabajo con clima rígido
- Cabeza roscadora
- Manómetro electrónico de presión de la bomba
- Visor
- Dispositivo de fin de ciclo
- Sonda sensor
- Sonda para medir el nivel del aceite y la temperatura
- Cuadro eléctrico con PLC Touch screen SEIMENS
- Voltaje 400V – 50 Hz
- Manual de uso y manutención
- Llaves de servicio

Descripción

- | | |
|----------------|---------|
| ▪ Marca: | PRODECO |
| ▪ Modelo: | E60-ECO |
| ▪ Fabricación: | Italia |
| ▪ Altura: | 1510 mm |
| ▪ Longitud: | 1700 mm |
| ▪ Profundidad: | 1170 mm |
| ▪ Peso: | 650 kg |

La briquetadora es un compactador hidráulico cuya función es la de reducir el volumen de los desechos de producción, por tanto, permite compactar distintos materiales: todo tipo de aserrín, ligero o pesado, con una humedad mín. - máx. 8% - 14%, arenilla y corteza de corcho, poliestireno, polipropileno, poliuretano, goma, plástico, desperdicios de hilados, o pelusas de fibras naturales textiles sintéticas o mixtas, polvo de esmerilado o desperdicios del apelmbrado de pieles, papel, cascaras de café, etc.

Limitaciones

La instalación de la maquina debe realizarse por personal especializado y se debe contar con un variador de frecuencia y un transformador debido a la diferencia de frecuencia y voltaje en el que trabaja la máquina.

El aserrín debe estar en el rango de humedad indicado en las características, de no ser así, la máquina se detendrá automáticamente para evitar atascamiento, en este caso es necesario sacar todo el aserrín de la tolva y cambiarlo por uno de humedad adecuada.

La máquina está diseñada para trabajo continuo de 8 horas; durante las pruebas piloto, la máquina no presento problemas de detención salvo por el problema de la humedad del aserrín pero fue solucionado con el cambio del mismo por uno con humedad adecuada. Si la máquina se detuviese a pesar de colocar el aserrín con la humedad adecuada, se debe recurrir al servicio técnico para que se realice la revisión con personal especializado.

Durante la producción se observó que la producción real fue de 60 kg/h equivalentes a unas 300 briquetas aproximadamente y que las briquetas defectuosas fueron causa de la humedad del aserrín.

Accesorios

Dentro de los accesorios recomendados se tiene:

- Rompebriquetas. Fijado al manguito de la briquetadora, permite cortar a medida la briqueta en salida.
- Ensacadora automática. Capacidad de 8 sacos de 300 mm Ø y altura de 600 mm Ø. Altura de 930 mm, diámetro 1 300 mm, motor de 0,37 kW. Permite ensacar las briquetas producidas.
- Grupo de refrigeración aceite agua. Mantiene la temperatura del aceite en condición ideal. Para briquetadoras más grandes y más pequeñas que trabajan varias horas seguidas.

La figura 2.13 muestra la máquina briquetadora adquirida por la empresa Maderera del Norte para la producción de briquetas. Esta máquina es solo para una producción a escala piloto pudiéndose encontrar máquinas de mayor capacidad en el mercado europeo y asiático.



Figura 2.13. Briquetadora.
Fuente: Prodeco (PRODECO, 2009).

- Máquina de corte

Características:

▪ Marca:	BOSCH
▪ Modelo:	GKS 190 PROFESSIONAL
▪ Potencia absorbida:	1 050 W
▪ Velocidad de giro en vacío:	4 800 rpm
▪ Peso:	3,8 kg
▪ Diámetro de la hoja de sierra:	184 mm
▪ Profundidad de corte (90°):	66 mm

La figura 2.14 muestra un tipo sierra disco adaptable a un banco para realizar cortes con exactitud. Para el proceso de corte también podría adaptarse un sistema de tubos para cortes, no tan precisos, o guillotinas automáticas.



Figura 2.14. Máquina de corte.
Fuente: Bosch (Bosch, 2012).

2.5.2. Equipos

- Kit básico de seguridad

Componentes:

- Lentes
 - Marca: 3M
 - Característica: Lente de seguridad antiempañante

La figura 2.15 muestra el equipo de la referencia.



Figura 2.15. Lentes de seguridad.
Fuente: Sodimac Homecenter.

- Respirador
 - Marca: STARPLAST
 - Uso: Protege contra partículas no tóxicas

La figura 2.16 muestra el equipo de la referencia.



Figura 2.16. Respirador.
Fuente: Sodimac Homecenter.

- Guantes
 - Marca: STARPLAST
 - Usos: Demoliciones, albañilería, trabajo forestal, uso de herramientas eléctricas, trabajos al aire libre

La figura 2.17 muestra el equipo de la referencia.



Figura 2.17. Guantes.

Fuente: Sodimac Homecenter.

- Tapón de oídos
 - Marca: STAR MOP
 - Características: Tapón libus

La figura 2.18 muestra el equipo de la referencia.



Figura 2.18. Tapones de oídos.

Fuente: Sodimac Homecenter.

- Botas de seguridad
 - Material del producto: Bota de cuero box calf
 - Características: Antideslizante, dieléctrica, resistente a 22 kV

La figura 2.19 muestra el equipo de la referencia.



Figura 2.19. Botas de seguridad.
Fuente: Sodimac Homecenter.

- Casco
 - Marca: 3M
 - Característica: Ultraliviano, suspensión de 6 puntos para amortiguar mejor los impactos

La figura 2.20 muestra el equipo de la referencia.



Figura 2.20. Casco de seguridad.
Fuente: Sodimac Homecenter.

- Ropa de seguridad
 - Características: Con cinta reflectante 360° en mangas y piernas, delantero y espalda
 - Material del producto: Tela gabardina de alta resistencia

La figura 2.21 muestra el equipo de la referencia.



Figura 2.21. Overol de drill.
Fuente: Sodimac Homecenter.

Materiales

Los materiales de menor relevancia para el proceso de producción pueden ser reemplazados por otros elementos que no se nombren en la siguiente lista:

- Sacas para el transporte de aserrín
- Sierras circular para máquina de corte
- Bolsas plásticas para envasado de briquetas para el sector familias
- Sacos para el envasado de briquetas para el sector empresas
- Pala punta con mango de madera y metal
- Etiquetas
- Cajas de cartón para almacenamiento de briquetas

2.6. Impactos del proceso

Un proceso de fabricación no tiene impactos por sí solo debido a que es una esquematización o representación gráfica de una serie de actividades sincronizadas que generan un bien o servicio; no obstante, bajo el enfoque de dirección de proyectos, el desarrollo e implementación, como proyecto, de dicho proceso generará impactos de índole ambiental, social, tecnológico y económico a partir del bien o servicio producido.

Del producto resultante del proceso de producción de briquetas llevado a la práctica como parte de esta investigación, se espera que dé como resultados los siguientes impactos:

Ambientales

- Reducir la deforestación. La idea principal de producir briquetas es elaborar un producto que sustituya la leña con mayores ventajas físicas, químicas y energéticas.
- Mitigar la emisión de gases de efecto invernadero. Las briquetas de aserrín son un producto elaborado solo de partículas de madera (aserrín) que al quemarse emiten el CO₂ contenido en la propia madera, este CO₂ es absorbido por otro árbol²⁷ que convierte gran parte del dióxido de carbono en O₂ mediante la fotosíntesis creando un ciclo cerrado de emisión y recepción de gases, generando un efecto neutro sobre la atmósfera.
- Impulsar el uso de biocombustibles. La producción de briquetas no solo es un aliciente para crear un producto sustituyente de la leña, sino que también pretende incentivar la investigación de fuentes de energía limpias, renovables y sustituyentes de los hidrocarburos, logrando ampliar la gama de posibilidades de combustibles e independizar el consumo excesivo de, hasta ahora, la única fuente de energía económica, el petróleo.

Sociales

- Sensibilizar en el uso de biocombustibles. Según el INEI (2011) en la región Piura hay aproximadamente 56% de familias que usan la leña y/o el carbón como combustible, esto contamina el aire dentro de las casas y produce daños a la salud de los integrantes tales como problemas respiratorios, el problema se ocasiona debido a la falta de un sustituto que mitigue los efectos contaminantes del humo que se desprenden de estos combustibles, por tanto, las briquetas prometen ofrecer unas características de acuerdo a un estilo de vida sostenible mejorando la salud en los hogares.
- Crear conciencia en las familias. Las briquetas dan una solución de energía limpia en contra posición a la leña (principalmente) y el carbón. Las distintas ventajas como la reducción de la contaminación del aire, no perjudicial para la salud, cuidado del medio ambiente y evitar la tala del algarrobo son el incentivo para dar a conocer a las familias que sí hay forma de evitar la destrucción de los ecosistemas que nos dan vida y que se puede optar por productos energéticos beneficiosos para todos.

Tecnológico

- Ampliar la gama de biocombustibles en la región. La producción de briquetas tendrá como impacto ofrecer una nueva forma de combustible a partir de desechos. La difusión de este proceso no solo incentivará al sector maderero sino también a otros sectores con el fin de crear nuevos biocombustibles que ayuden a equilibrar el uso excesivo de los hidrocarburos y que presenten mejores ventajas energéticas.
- Incentivar la I&D. El proceso de producción de briquetas no solo abre posibilidades de mejora para los aserraderos sino que además debe ayudar a optimizar la producción de empresas de otros rubros incentivándolos a investigar sobre sus propios desechos que producen, analizando factores tecnológicos para saber la factibilidad de procesamiento.

²⁷ El aserrín que se obtiene para la fabricación de briquetas proviene del corte de madera de bosques controlados que se fiscalizan según la ley forestal.

Económico

- Optimización de producción. La producción de briquetas busca optimizar la producción de los aserraderos dando valor agregado a lo que en un principio se consideraba como un desperdicio desechable convirtiéndolo en un desperdicio aprovechable que genere rentabilidad a las empresas que lo fabriquen.
- Competitividad de las empresas. La revalorización económica de los desperdicios de madera, convertirían a las empresas (aserraderos) más competitivas en mercado nacional puesto que mejorarán su productividad, sus costos, su rentabilidad y su mercado.

2.7. Medidas de mitigación

El desarrollo e implementación del proceso de producción de briquetas espera que dé como resultados los impactos prescritos en la sección 2.6.

Realizando un análisis de cada actividad del proceso no se encuentra impacto negativo de índole ambiental, social, tecnológico o económico, y al contrario, los impactos que se esperan son favorables y positivos. Todo esto nos hace definir que desarrollar e implementar el proceso de producción de briquetas cumple con todos los requisitos de factibilidad que un proyecto debe tener para lograr la viabilidad respectiva.

En conclusión, no hay medidas de mitigación debido a lo positivo de los impactos de las distintas categorías (ambiental, social, tecnológico y económico).

Capítulo 3

Diseño de la Planta Piloto

En este último capítulo se diseñará la planta piloto según las necesidades y realidades de la empresa Maderera del Norte, en la cual se ha asignado un área para el desarrollo e implementación de la misma.

Por otro lado las empresas del sector pueden tomar como referencia las consideraciones que se describen en el presente capítulo para adaptarlas a sus propias necesidades y realidades, de tal manera que sirva de guía para ser replicado en otras empresas afines.

3.1. Análisis del área donde se implementará la planta piloto

Para la implementación de la planta piloto se deberá tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- El lugar destinado a insertar la maquinaria y almacenes de la planta debe tener un ambiente seco.
- No debe pasar ninguna conexión de agua o desagüe por la zona de implementación de la planta.
- La zona destinada para la planta piloto debe ser amplia (aprox. $24\text{ m} \times 16\text{ m} = 384\text{ m}^2$) y debidamente acondicionada con la maquinaria a utilizar.
- El perímetro y techo de la planta deben ser cerrados para evitar la expansión del aserrín y por ende la contaminación de los alrededores.

Maderera del Norte ha designado un área aproximada de 384 m^2 dentro del área total de la empresa, la finalidad, es la de aprovechar el desperdicio de la zona de producción de

pallets generando una nueva línea de productos que de valor agregado a un producto de desecho. Para la designación del área de la planta piloto, aparte de las consideraciones descritas anteriormente, el gerente ha tenido como referencias lo siguiente:

- Posición de la zona de fabricación de pallets.
- El área disponible en su planta.
- La extensión de un sistema de succión desde la zona de fabricación de pallets hasta la zona de fabricación de briquetas.
- Futuras ampliaciones de la zona de fabricación de pallets.
- Proyecciones de implementación de otras unidades de fabricación y almacenamiento.

El esquema básico de la asignación de la zona de la planta piloto se visualiza en el plano 1 (ver Apéndice F).

3.2. Distribución de las áreas en el terreno

El área de 384 m² ha servido para la distribución de las siguientes áreas:

- a) **Almacén de materia prima.**- En esta área se almacenará el aserrín generado en la zona de producción de pallets. El área de este almacén comprende un área de 192 m², con una capacidad nominal de 796 m³ y capacidad real de 597 m³. El área cuenta con un desnivel de 1,2 m de profundidad debido a que se requiere de un mayor espacio volumétrico para almacenar el aserrín, de esta manera, se logra obtener mayor capacidad de almacenamiento para una misma área asignada.
- b) **Zona de fabricación.**- La zona cuenta con un área de 42 m² en donde se instalará la maquinaria necesaria para la fabricación de briquetas descrita en el capítulo 2 sección 2.5, la distribución de dicha maquinaria será detallada en la sección 3.4 de este capítulo.
- c) **Zona de empaque.**- Equipada con una mesa de 1,5 m de ancho por 2 m de largo en un área de $5 \times 3 = 15 \text{ m}^2$, esta zona será provista con los suministros necesarios (cajas, bolsas, cintas de embalajes, selladoras, etiquetas, etc.) para envasar y embalar adecuadamente las briquetas.
- d) **Zona de almacén de producto terminado.**- Un área de $5 \times 5 \text{ metros} = 25 \text{ m}^2$ asignada para depositar el producto embalado. Una vez que las briquetas se embalan en caja se apilan sobre pallets para guardarlas en almacén hasta su posterior distribución.
- e) **Zona de punto de descarga de ciclón.**- Área destinada a implantar el ciclón de descarga del sistema de succión. Aquí cae el aserrín proveniente de la zona de producción 1 y es llevado a través de rampa hacia el almacén de materia prima. La zona comprende un área de $4 \times 3 \text{ metros} = 12 \text{ m}^2$ en la que sólo se posicionará el ciclón y la rampa de traslado.
- f) **Zona de tránsito.**- Es la zona por donde transitará el montacargas ya sea para almacenar materia prima, almacenar producto terminado o retirar producto terminado. El área asignada para esta zona es de 55 m² y solo se incluye la zona de rodadura del montacargas.
- g) **Zona libre.**- Es la zona en la cual se instalarán elementos de seguridad tales como extintores y es de libre tránsito para los obreros. Esta zona comprende un área de

43 m² y es la suma de las áreas libres de maquinaria y áreas asignadas y no asignadas a equipos de seguridad.

El plano básico de la distribución de las áreas asignadas dentro de la planta piloto se puede observar en el plano 2 (ver Apéndice G).

3.3. Condiciones e infraestructura de las áreas asignadas

En la sección 3.2 se ha designado cada una de las áreas a ocupar dentro de la planta piloto. Esta sección estará dedicada a especificar las condiciones ambientales y de seguridad que se deben tener presentes para el correcto funcionamiento de la maquinaria y el buen estado de la materia prima y producto terminado.

- a) **Almacén de materia prima.-** Este almacén debe ser un ambiente totalmente seco libre de humedad, no necesariamente cerrado si es que el clima natural de la zona en la que se ubica la planta piloto es cálido y seco. El tema de la humedad es esencial para el almacén de materia prima, puesto que se desea tener la menor humedad posible contenida en el aserrín para un mejor procesamiento del mismo. Si el ambiente del almacén es húmedo se hará necesario el uso exclusivo de un horno secador. Además, por otro lado, por temas de seguridad se debe mantener instalaciones eléctricas fiables para evitar los cortos circuitos que puedan generar chispas y éstas ocasionen incendios no controlados, así como también se debe contar con un sistema contra incendios habilitado para reducir cualquier indicio de fuego.
- b) **Zona de fabricación.-** Para esta zona el ambiente debe ser libre de elementos líquidos que puedan afectar el procesamiento del aserrín. El funcionamiento de la maquinaria debe ser solo electrónico y se debe evitar en lo posible el uso de hidrocarburos. Las conexiones eléctricas así como el cableado debe estar protegido y dirigido por canaletas aislantes respectivamente. Además, se debe poseer un tablero de control energético que distribuya la energía eléctrica a toda la maquinaria y que sirva de puente de emergencia si se necesitase desconectar toda la maquinaria por alguna falla en la línea de producción.
- c) **Zona de empaque.-** El área de empaque no debe estar muy separada de la salida de la maquina briquetadora para evitar el gasto de tiempo por traslado. Esta área debe estar implementada de una mesa fija dotada de los materiales y equipos adecuados para el envasado y embalaje de las briquetas. Las cajas, bolsas y etiquetas serán adecuadas para evitar que el producto adhiera humedad durante su almacenamiento y traslado hasta su uso con el cliente final.
- d) **Zona de almacén de producto terminado.-** Esta zona es de suma importancia mantenerla totalmente cerrada para evitar el deterioro de las briquetas. La distribución del producto dentro de esta zona debe ser separado de las paredes, puesto que el frío y la humedad que pueda contener facilite el deterioro de las cajas contenedoras de las briquetas. También, se debe mantener el ambiente fresco y seco y evitar las conexiones eléctricas peligrosas.
- e) **Zona de punto de descarga de ciclón.-** Área de alto riesgo de asfixia debido a la caída de las partículas de aserrín. Generalmente esta zona queda restringida al tránsito de los obreros salvo por temas de reparación o manipulación de la rampa, para este caso se apagará el sistema de succión para realizar el mantenimiento

respectivo. Además, el área debe estar encerrada con malla o alguna red fina que evite la dispersión de las partículas a los alrededores de esta zona.

- f) **Zona de tránsito.-** Área de tránsito libre del montacargas. En esta zona se debe respetar el uso de los implementos de seguridad, así como también el tráfico lento del montacargas para evitar accidentes.
- g) **Zona libre.-** Área de libre tránsito de los operarios de producción. Se debe respetar el uso de los implementos de seguridad en todo momento.

3.4. Diseño de la distribución de maquinaria

La maquinaria a distribuir en la zona destinada para la planta piloto son:

- Sistema de succión de aserrín
- Rampa de almacenaje de materia prima
- Molino triturador
- Secador u horno de secado
- Rampa de traslado
- Máquina briquetadora
- Cizalla de corte
- Montacargas

Todos estos elementos deberán distribuirse correctamente en la zona de la planta piloto designada en la sección 3.1 de este capítulo, procurando mantener la facilidad de transporte y la optimización de los tiempos de producción.

En el plano 3 (ver **Apéndice H**) se muestra la distribución de maquinaria dentro de cada una de las áreas asignadas dentro de la planta piloto.

3.5. Diseño del sistema de succión de aserrín

El diseño y la implementación de un sistema de succión de residuos maderables (polvo, aserrín, viruta), se hace indispensable y necesario dentro de la planta piloto por las siguientes razones (Serrano, 2006):

- Es imprescindible para el bienestar y la seguridad de los trabajadores, protegiéndoles de afecciones en las vías respiratorias, alergias y otras enfermedades.
- El incremento en la vida útil de la maquinaria, el logro de la calidad del producto y de la seguridad industrial.
- Cuando la planta está ubicada en una zona urbana, da lugar a problemas para los pobladores, tanto por la contaminación como por el ruido que se genera cuando las máquinas no tienen adaptado un sistema de extracción eficiente y efectivo.
- Con la instalación de un sistema de extracción, se facilita la venta de los desechos, que van a estar almacenados en un silo, propiciándose mayor facilidad en el transporte, lo que redundará en ingresos económicos adicionales.

El sistema de succión se convierte en un elemento importante dentro de la producción de briquetas por las razones antes mencionadas y por la eficiencia en la productividad de las briquetas.

Para el caso particular de la Maderera del Norte, el sistema de succión es un sistema que absorbe el aserrín procedente de las máquinas de corte, trozado y laminado que se encuentran en lo que se denomina “zona 1 de producción”²⁸. El aserrín se recoge a través de una red de tuberías conectadas a cada máquina y se reúnen en un motor (ventilador)²⁹ que a su vez se conecta a un ciclón de recepción por medio de una línea de tubos conductores que van desde la zona 1 de producción hasta la zona de almacén de materia prima de la planta piloto.

En el plano 4 (**ver Apéndice I**) se presenta la esquematización y distribución del sistema de succión colocado en la empresa Maderera del Norte.

La implementación del sistema de succión debe considerar las siguientes condiciones:

- El tubo de conexión entre motor y ciclón debe contemplar una altura aproximada de 5 metros y una extensión de 72,32 metros.
- Se debe medir la capacidad del motor de succión para asegurarse que es lo suficientemente potente para transportar el aserrín los 72,32 metros de longitud.
- La cantidad de aserrín aproximada a mover por día varía dependiendo el nivel de trabajo de la zona 1 de producción, esta normalmente oscila entre 2 y 6 t/día (8 horas laborales); si se considera que el aserrín tiene un volumen específico de 150 kg/m³ (Miliarium, 2008) lo que da un rango entre los 13 y 40 m³/día (8 horas laborales), lo que equivaldría a trasladar hasta un máximo de 5 m³/hora.
- El sistema de succión debe contener un ciclón o punto de descarga en su extremo final para evitar el esparcimiento de las partículas de aserrín fuera del almacén de materia prima.
- Cada máquina productora de aserrín debe contener una tubería flexible conectada y ésta a su vez debe unirse a una red de tuberías que se conectan al motor de succión.

En el plano 5 (**ver Apéndice J**) se muestra un corte transversal de la planta piloto donde se observa claramente parte del sistema de succión y parte de las zonas designadas.

²⁸ Zona de fabricación de pallets. Ver Apéndice F

²⁹ Figura 2.10 del capítulo 2

Conclusiones

1. Una de las principales desventajas de las Micro y Pequeñas Empresas (MYPES) es la falta de inversión por parte de sus gerentes en tema de Investigación y Desarrollo (I&D), haciéndolas vulnerables al mercado globalizado. Para contrarrestar estos efectos negativos el estado peruano busca dinamizar las inversiones en I&D e incentivar a las MYPES a explorar nuevas alternativas de negocios a través fondos no reembolsables (FIDECOM – <http://www.innovateperu.pe>). Estos fondos financian ideas innovadoras que busquen mejorar procesos o crear nuevas líneas de producción y los cuales han sido aprovechados por el gerente de Maderera del Norte para acrecentar su potencial en el sector maderero.
2. El estado peruano busca incentivar la relación empresa - universidad y/o centros de investigación, con el fin de aumentar las investigaciones y tener proyectos de innovación sólidos, confiables y sobretodo con fundamento científico. Por esto Maderera del Norte se alió a un equipo de docentes e investigadores de la UDEP para llevar a cabo la ejecución del proyecto.
3. La tala ilegal de algarrobo, el interés por aumentar las alternativas de combustión a través de los biocombustibles y el gran volumen de desechos maderables (aserrín) producidos por Maderera del Norte han sido los factores indicados para que el gerente de la empresa ideara la forma de mejorar su competitividad, productividad y rentabilidad a través de la elaboración de **briquetas de aserrín**.
4. Las briquetas de aserrín son un biocombustible 100% ecológico, que brinda energía calorífica al quemarse y que se obtiene de la compactación de los residuos maderables tales como aserrín, trozos de madera, viruta y astillas. Estos residuos se obtienen de la industria maderera que trabaja bajo las leyes forestales y que es supervisada por el estado para controlar la deforestación.
5. Los análisis realizados a las briquetas en el laboratorio del departamento académico de industrias forestales de la UNALM nos indican una ventaja energética de la briqueta

de aserrín con un poder calorífico de 4 728 kcal/kg respecto a la leña de algarrobo que llegó a un valor de 4 618 kcal/kg.

6. Las briquetas de aserrín presentan ventajas físicas respecto a la leña. Estas son: fácil transporte, permiten una adecuada manipulación, son fáciles de empaquetar puesto que su volumen es reducido, de rápido encendido y al no tener aglomerante se hace fácil el trozado o corte.
7. El parámetro teórico de densidad considerado para las briquetas es de 1 000 kg/m³, este valor ha sido tomado de las hipótesis planteadas por el proyecto del que deriva la tesis. Con las pruebas realizadas se comprobó que este valor no se logró por los siguientes factores:
 - La baja densidad de la materia prima (aserrín de congona, madera usada en la Maderera), por la tanto, a igualdad de factor de compresión, la densidad del producto final también lo será.
 - La baja presión ejercida por la prensa en el proceso de fabricación. Las características mecánicas de la máquina briquetadora la clasifican dentro de las de “bajas presiones”, por lo tanto, la compresión del aserrín no permite alcanzar los valores inicialmente propuestos.

Este parámetro influye directamente en el peso del producto, que es un factor importante para las actividades de transporte y almacenamiento. El volumen no se ve influenciado por este parámetro.

8. Se ha demostrado con base científica, a través de los estudios de laboratorio de la UNALM, que las briquetas son un producto ambientalmente adecuado (ecológico) puesto que sus porcentajes de azufre son de 0% ppm y 0,15% ppm de cloro frente a un 0,03% ppm y 0,33% ppm que presenta la leña de algarrobo respectivamente. Es decir, que las briquetas son una alternativa de combustible que no presenta efectos nocivos para el medio ambiente.
9. Socialmente, las briquetas de aserrín son un producto aceptado por el sector de familias de bajos recursos, gracias a las ventajas que presenta como por ejemplo: las bajas emisiones de humo que produce y el encendido rápido por la baja humedad (10%).
10. El proceso de producción de briquetas que han empleado empresas internacionales depende de la materia prima que procesan, sin embargo las etapas del proceso que realizan son similares en casi todas, con uno o dos procesos adicionales, pero que hace posible la estandarización del proceso para poder replicarlo en otras empresas del sector maderero.
11. El proceso para la fabricación de briquetas que se ha diseñado en el presente trabajo tiene como determinante la máquina briquetadora puesto que se convierte en el cuello de botella del proceso y fija la capacidad productiva.
12. Los elementos como maquinaria, equipo y materiales usados en las distintas etapas del proceso de fabricación pueden ser fácilmente reemplazados por elementos de menor costo y que se adapten mejor a las necesidades de la empresa maderera que las implemente. La maquinaria descrita en el diseño del proceso solo es referencial y se adapta en gran parte a la empresa Maderera del Norte.

13. Todas las etapas descritas en el diseño del proceso son adaptables al entorno e incluso podrían ser no indispensables en una línea de producción, excepto, el paso de briquetado el cual es irremplazable y único. Los pasos de molienda y secado pueden ser obviados dependiendo de la máquina briquetadora que se tenga y del ambiente en el que se trabaje. Para el caso de Maderera del Norte no fueron necesarios debido a que la dimensión de la partícula de aserrín era adecuada y las altas temperaturas de la zona permitían obtener una humedad de aserrín menor o igual al 10%.
14. La etapa de briquetado de aserrín es restrictiva respecto a la etapa pero no a la maquinaria puesto que la máquina puede ser fácilmente reemplazada por otra de mayor o menor capacidad y con otras características.
15. La distribución de la maquinaria que se utilizará en cada etapa del proceso de fabricación, ha sido adecuadamente organizada sobre el terreno y se muestra en el plano 3.
16. La planta piloto no requiere de mucho espacio para ser implementada. Para la empresa Maderera del Norte tan solo fueron necesarios 384 m^2 ($24 \text{ m} \times 16 \text{ m}$) y la ventaja es que la planta piloto fácilmente puede producir a escala comercial sin necesidad de ampliaciones.
17. Las consideraciones de espacios designados dentro de la planta piloto debe tener en cuenta la maquinaria, además de las zonas de seguridad y las zonas de tránsito del personal debidamente señaladas.
18. La deficiencia de implementar la planta piloto es el tamaño del almacén de la materia prima puesto que el aserrín ocupa gran cantidad de espacio. Esto puede ser fácilmente manejado realizando un desnivel del terreno logrando mayor capacidad volumétrica de almacenaje.
19. Técnicamente el proceso de fabricación de briquetas en la región Piura es factible; su estudio debe ser profundizado para entrar a detalle; respecto a las capacidades, entradas, salidas, mermas, condiciones de temperatura, finura de la materia prima; en cada etapa descrita.
20. El diseño de planta a escala piloto puede ser fácilmente ampliado a escala industrial tomando como referencia el presente trabajo de investigación.
21. Mediante los diferentes esquemas presentados en cada plano, desde la ubicación de la planta piloto dentro del terreno hasta el detalle de la distribución de la maquinaria, se puede recrear a través de software el diseño de la planta a nivel civil.

Bibliografía

- Adex: Exportaciones de mypes cayeron 14% en lo que va del año. (2013, Diciembre). Gestión. Recuperado de <http://gestion.pe/empresas/adex-exportaciones-mypes-cayeron-14-lo-que-va-ano-2083016>
- Alvarado Tabacchi, M., Alama Salazar, R., Palacios Patrón, B., & Arroyo Labán, K. (2003). Banco Central de Reserva del Perú – Sucursal Piura. Situación económica de Piura. Agosto 2013. Piura.
- Álvarez, R., Romero, C., Fundora, P., & Mencia, V. (2007, octubre). Evaluación de mezclas y aglutinantes en la elaboración de briquetas de biomasa. Artículo presentado en el 8° Congreso Iberoamericano de Ingeniería Mecánica, Cusco. Recuperado de <http://congreso.pucp.edu.pe/cibim8/pdf/06/06-69.pdf>
- Arpi Trujillo, J., & Calderón Toral, C. (2010). Diseño de una máquina pelletizadora en base a la disponibilidad de residuos madereros de la ciudad de Cuenca para su aprovechamiento energético. (Tesis pregrado, Universidad Politécnica Salesiana). Recuperado de <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/832>
- Barahona Baldeon, L. (2011). Poder calorífico de la briqueta vegetal. Recuperado de http://biblioteca.uns.edu.pe/saladocentes/us_lista_archivos_de_curso.asp?idc=23&ids=12&tipo=G&txt=xyz&id_cd=449&page=1
- Barbosa, F. (2009). Ford, Briquetas, Asadores.... Recuperado de <http://cein.inaoep.mx/panchon/index.php?topic=135.0>

- Basurto Rodríguez, L. (2013). Algarrobo. *Prosopis Pallida*. Recuperado de <http://taninos.tripod.com/algarrobo.htm>
- Blesa Moreno, J. (2002). Briquetado de lignitos con aditivos. Seguimiento físico-químico del proceso. (Tesis de doctorado). Universidad de Zaragoza, Zaragoza, España.
- Bosch. (2012). Herramientas eléctricas Bosch para la construcción y la industria. Recuperado de <http://www.bosch-professional.com/es/es/gks-190-23333-ocs-p/>
- BRIEC. (2011). Briquetas Ecológicas Crevillent. Recuperado de <http://briquetasbriec.com/ES/index.php>
- Campos Arce, J. J., Villalobos Soto, R., Camacho Calvo, M., Gómez Flores, M. & Rodríguez, C. M. (2001). La tala ilegal en Costa Rica. Un análisis para la discusión. Turrialba: Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza.
- CIPCA & RAAA. (2010). Situación de Biocombustibles en el Departamento de Piura. Piura. Recuperado de http://www.raaa.org.pe/files/observatorio/diagnostico_piura.pdf
- CORAL. (2011). Recuperado de http://euronet5.eurob.it/contenuti/coralengineering_com/image/thumb/PRA-PRAT_e_PRU-PRUT.pdf
- CORINAY. (2008). Briquetas Corinay. Recuperado de <http://www.corinay.com/>
- DIPIU. (s.f.). Línea completa para la producción de briquetas. Recuperado de http://www.di-piu.com/impianti-bricchetti-legno_es.html
- Dutch Plantin. (2011). Innovación en productos de coco. Recuperado de <http://www.dutchplantin.com/sp>
- ECLAC (UN Economic Commission for Latin America and the Caribbean). (2009). La crisis de los precios del petróleo y su impacto en los países centroamericanos. Report No. LC/MEX/L.908, June 18. Mexico City: UN Economic Commission for Latin America and the Caribbean
- Franssons. (2012). Molinos de finos HK. Recuperado de <http://www.franssons.com/es/productos-y-servicios/Molinos-de-finos-HK.html>
- García Benedicto, L., Marcos Martín, P., & Fernández López, C. (1997). Biocombustibles sólidos y líquidos forestales (pp. 189 – 194). Recuperado de <http://www.secforestales.org/buscador/pdf/2CFE06-031.pdf>
- García García, A. (1997). Reducción de NOx con briquetas de carbón. (Tesis de doctorado). Universidad de Alicante, Alicante, España.
- Gonzales Mora, H. E. (2008, 23 de octubre). La madera como fuente de energía en el Perú. Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú.

- Heredia, D., & Molina, J. (2011, 02 de marzo). Un copetón entre los algarrobos “el rufo del Grupo”. Recuperado de <http://biocromatica-exp.blogspot.com/2011/03/un-copeton-entre-los-algarrobos-el-rufo.html>
- Hernández Avilés, J. R. (2011). Estudio técnico para lo obtención de briquetas de fácil encendido a partir de carbón de la cascarilla de palma africana y su producción en la empresa TYSAI S.A. (Tesis pregrado, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo). Recuperado de <http://dspace.esepoch.edu.ec/bitstream/123456789/1740/1/85T00188.pdf>
- KOMATSU. (2007). BX 50 specifications. Recuperado de <http://www.blakleyequipment.com/brochures/FG30%20BX50P.pdf>
- Ley 27308. Ley Forestal y de Fauna Silvestre. Congreso de la República del Perú (2000).
- Malcolmallison. (2011). Bosque seco ecuatorial: crisol de culturas que debe preservarse. Recuperado de <http://malcolmallison.lamula.pe/2011/04/13/bosque-seco-ecuatorial-crisol-de-culturas-que-debe-preservarse/malcolmallison/>
- Manrique, M. (2010, 07 de abril). Piura pierde 14 mil hectáreas de bosque seco anualmente como consecuencia de la tala ilegal. El Comercio. Recuperado de <http://elcomercio.pe/ciencias/planeta/piura-pierde-14-mil-hectareas-bosque-seco-anualmente-como-consecuencia-tala-ilegal-noticia-458003>
- Maosheng Machinery Equipment. (2012). Recuperado de http://hongdamac.en.alibaba.com/product/561973072-212886267/2012_Good_quality_sawdust_dryer_for_wood_chips.html#
- Marcos Martín, F. (1994, septiembre). Pélets y Briquetas. AiTiM (pp. 54 – 62). Recuperado de http://www.infomadera.net/uploads/articulos/archivo_2293_9990.pdf
- Meier, M. (2011, 19 de septiembre). Tala ilegal destruyó más del 23% de bosques entre Piura y Huancabamba. El Comercio. Recuperado de http://elcomercio.pe/ciencias/planeta/tala-ilegal-destruyo-mas-23-bosques-entre-piura-huancabamba_1-noticia-1305037
- Miliarium. (2008). Peso específico y ángulo de rozamiento interno de diversas materias. Recuperado de http://www.miliarium.com/Prontuario/Tablas/NormasMV/Tabla_2-2.asp
- Ministerio de la Producción – PRODUCE. (2011). MYPE 2011. Estadísticas de la Micro y Pequeña Empresa. Recuperado de <http://www.produce.gob.pe/remype/data/mype2011.pdf>
- Ministerio de Planificación Federal, Inversión Pública y Servicios. Secretaría de Energía - PERMER. (2007). Estudio de evaluación de los recursos de biomasa en las provincias de Misiones y Corrientes. Localización y estudio de factibilidad de la

- instalación de un proyecto de generación. Recuperado de http://energia.mecon.gov.ar/permer/PERMER_Biomasa.pdf
- Ministerio del Ambiente – MINAM, & Ministerio de Agricultura – MINAG. (2011). El Perú de los Bosques. Recuperado de <http://sinia.minam.gob.pe/index.php?accion=verElemento&idElementoInformacion=1218>
- Ministerio del Ambiente – MINAM. (2011). Mapa del Patrimonio Forestal Nacional. Recuperado de <http://sinia.minam.gob.pe/index.php?accion=verMapa&idElementoInformacion=1056&idformula=>
- Molinos el País. (2009). Recuperado de <http://www.molinoselpais.com.py/es/index.html>
- Naciones Unidas - UN. (2012). Situación y perspectivas de la economía mundial 2012. Recuperado de http://www.un.org/en/development/desa/policy/wesp/wesp_archive/2012wesp_es_s.p.pdf
- Norma Internacional para Medidas Fitosanitarias N° 15. Directriz de la convención internacional de protección fitosanitaria. SENASA (2009).
- Olivares Olivares, L. (2011). Proyecto: “Recuperación de la poda de las parras para compostaje y briquetas para hornos”. XIV Concurso del Fondo de Protección Ambiental 2011. Villaseca, Chile.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura - FAO. (1981). Proyecto de evaluación de los recursos forestales tropicales (en el marco del Sistema Mundial de Vigilancia del Medio Ambiente - SINUVIMA). Los recursos forestales de la América tropical (M-36 ISBN 92-5-301066-5 - Segunda Parte: resúmenes por país). Recuperado de <http://www.fao.org/docrep/007/ag293s/ag293s28.htm>
- Orihuela Romero, C. E., & Albán Contreras, L. E. (2012). Estudio de identificación, priorización, evaluación e integración de la valorización económica de los servicios ecosistémicos en los procesos de planificación y de inversión pública de la Región Piura, p 11. Piura, Perú.
- Pajares, J. (2012, 20 de noviembre). La tala ilegal deforesta más de 13 mil hectáreas de algarrobos al año en Piura. El Comercio, p. A10.
- Pautrat, L., & Licich, I. (2006). Análisis preliminar sobre gobernabilidad y cumplimiento de la legislación del sector forestal en el Perú. Recuperado de <http://www.spde.org/documentos/publicaciones/tala-ilegal/CAP-V.pdf>
- Pineda Milicich, R. (2011, 15 de febrero). Soberanía Alimentaria Piura. Comisión de seguimiento, estudio y análisis de las inversiones en biocombustibles y agua en

Piura, y sus implicancias en la biodiversidad, la seguridad alimentaria, la desertificación y cambio climático. Recuperado de <http://gruposoberaniaalimentaria.blogspot.com/p/mesa-biocombustibles.html>

PRODECO. (2009). Prodeco S.R.L. Recuperado de <http://www.prodeco-srl.com/it/catalog/serie-standard/25887-15811-150348/2-bricchettatrice-e60-eco.aspx?view=1>

Proyecto Gran Simio lanza una expedición al Amazonas para estudiar la deforestación. (2011, noviembre). ABC Natural. Recuperado de <http://www.abc.es/20111108/natural-enbreve/abci-gran-simio-amazonas-201111081103.html>

Real Academia Española. (2001). Diccionario de la lengua española (22.a ed.). Madrid, España: Autor.

Registro Estatal de Emisiones y Fuentes Contaminantes. PRTR-España. (2012). NO_x (ÓXIDOS DE NITRÓGENO). Recuperado de <http://www.prtr-es.es/NOx-oxidos-de-nitrogeno,15595,11,2007.html>

Registro Estatal de Emisiones y Fuentes Contaminantes. PRTR-España. (2012). SO_x (ÓXIDOS DE AZUFRE). Recuperado de <http://www.prtr-es.es/SOx-oxidos-de-azufre,15598,11,2007.html>

Ruiz Campoverde, A. F. (2013). Red de centros rurales de derivados de la algarroba en Tambogrande. (Tesis pregrado, Universidad de Piura). Recuperado de http://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/123456789/1206/ING_434.pdf?sequence=1

Serrano Montero, R. (2006). Recomendaciones para el mejoramiento de los sistemas de extracción neumáticas de residuos de madera. KURÚ: Revista Forestal. Recuperado de <http://www.tec-digital.itcr.ac.cr/servicios/ojs/index.php/kuru/article/viewFile/516/443>

SODIMAC. (2013). Sodimac Homecenter. Recuperado de <http://www.sodimac.com.pe/homecenter>

Solórzano Arce, & Rodríguez Rivera. (2001). Investigación de alternativas energéticas y mejoramiento de hornos de producción de ladrillos y tejas de barro en el municipio de la Paz Centro, León, Nicaragua.

Swisscontact, MINAM, Asociación de Comunicadores Sociales, & Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación – COSUDE. (2009). Guía de buenas prácticas ambientales para ladrilleras artesanales. Plan A Limpiar el Aire de Arequipa. Recuperado de <http://www.ucsm.edu.pe/SIAR/siar/images/Doc%20Tec%20pdf/090526%20GBPA Ladrilleras.pdf>

Valderrama, A., Curo, H., Quispe, C., Llantoy, V., & Gallo, J. (2007). Briquetas de residuos sólidos orgánicos como fuente de energía calorífica en cocinas no convencionales. Revista de Investigación CEDIT (vol. 02, 2007). Recuperado de http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtual/publicaciones/rev_redit/2007_V02/pdf/a04v2.pdf

Apéndices

Apéndice A

Mapa del patrimonio forestal nacional

MAPA DEL PATRIMONIO FORESTAL NACIONAL

El Patrimonio forestal forma parte del Patrimonio Natural, La Política Nacional del Ambiente y la Ley General del Ambiente establecen lineamientos para su adecuada gestión. La operacionalización de los conceptos establecidos a en la normatividad, a través de instrumentos como el Sistema de Información Geográfica se convierten en herramientas claves para la gestión del Patrimonio Natural a nivel nacional, en tal sentido, el Ministerio del Ambiente a través de la Dirección General de Evaluación, Valoración y Financiamiento del Patrimonio Natural ha elaborado el Mapa del Patrimonio Forestal Nacional.

El Perú es uno de los países con mayor diversidad biológica del mundo y en consecuencia alberga una alta diversidad de ecosistemas, de climas, geoformas y especies de flora y fauna. La legislación forestal define al Patrimonio Forestal Nacional como aquel formado por los bosques naturales, las plantaciones forestales, las tierras cuya capacidad de uso mayor es forestal y de protección, y los demás componentes de la flora silvestre terrestre y acuática emergente, cualquiera sea su ubicación en el territorio nacional.

El Ministerio del Ambiente (MINAM) tiene entre sus funciones elaborar, conducir, difundir y mantener actualizado el inventario y evaluación nacional integrada de los recursos naturales y de los servicios ambientales, así como su valoración.

El Mapa del Patrimonio Forestal Nacional (MPFN) ha sido elaborado por el MINAM como una primera aproximación, con imágenes de satélite Landsat del año 2009, con una escala de mapeo de 1/100 000 y considerando un área mínima de mapeo ≥ 25 ha y brinda una información en cuanto a la superficie actual, distribución de los bosques y de los recursos forestales del país.

La información del mapa facilitará la implementación de los lineamientos de la Política Nacional del Ambiente, tales como: la gestión sostenible e integrada de los bosques, las acciones para prevenir la reducción y degradación de los recursos forestales, la conservación e incremento de la cobertura boscosa, la diversidad biológica y los servicios ambientales, y que permitirá la toma de decisiones para la conservación y aprovechamiento sostenible del patrimonio natural de la nación.

A partir de la información base generada para la construcción del MPFN se pueden generar un conjunto de nuevas herramientas SIG tales como mapas de: Bofedales, Aguajales, Bosques relictos, Bosques secos, Pajonales altoandinos, entre otros. Próximamente se incluirá en este mapa, las áreas deforestadas de la Amazonía para obtener la superficie neta de los bosques amazónicos.



1. BOFEDALES “Esponjas naturales de agua”



Los bofedales llamados también “oconales” o “turberas”, constituyen ecosistemas hidromórficos distribuidos a manera de “parches” en la región andina, a partir de 3 800 m.s.n.m., principalmente en la zona sur y la zona central del país. Ocupan una superficie aproximada de 509 381 ha (0.40% de la superficie nacional), sin incluir las áreas menores de 25 ha.

Estos humedales altoandinos se encuentran ubicados en los fondos de valle fluvio-glacial, conos volcánicos, planicies lacustres, piedemonte y terrazas fluviales. Se alimentan del agua proveniente del deshielo de los glaciares, del afloramiento de agua subterránea (puquial) y de la precipitación pluvial.

Los suelos permanecen inundados permanentemente con ligeras oscilaciones durante el periodo seco y se han formado a partir de materiales parentales de origen fluvio-glacial, glacial, aluvial y coluvio-aluvial localizados en las depresiones de las superficies planas y ligeramente inclinadas. La poca disponibilidad de oxígeno debido al drenaje pobre favorece la acumulación de un grueso colchón orgánico proveniente de raíces muertas de las plantas.

La vegetación es densa y compacta siempre verde, de porte almohadillado o en cojín. Las especies más frecuentes son: *Distichia muscoides* “champa” (Juncaceae), *Plantago rigida* “champa estrella” (Plantaginaceae), *Alchemilla pinnata* (Rosaceae), *Werneria caespitosa* (Asteraceae), *Hypochoeris* sp. (Asteraceae), *Luzula peruviana* (Juncaceae), *Gentiana sedifolia* (Gentianaceae), *Calamagrostis rigescens* (Poaceae), *Calamagrostis jamesoni* (Poaceae), *Scirpus rigidus* (Cyperaceae), etc.

Los bofedales funcionan como eficientes almacenes naturales de agua. El agua de escorrentía superficial ingresa lentamente y se almacena en el sustrato orgánico para luego escurrir lentamente hacia las porciones inferiores del terreno. Constituyen verdaderos filtros naturales que mejoran la calidad del agua y una importante fuente de forraje permanente para la actividad pecuaria altoandina basada principalmente en camélidos sudamericanos y ovinos. Este ecosistema frágil viene siendo afectado por las actividades antrópicas como son: el sobrepastoreo (pérdida de la calidad del forraje), obras de drenaje para el desarrollo de actividades productivas, construcción de reservorios de agua, construcción de presas, extracción para leña, y otros.

2.- AGUAJALES “Pantanos amazónicos, grandes almacenes de carbono”

Los aguajales son ecosistemas hidromórficos distribuidos en toda la llanura de la Selva Amazónica, desde el nivel más bajo de los grandes ríos (60 m.s.n.m) hasta aproximadamente los 800 m.s.n.m., con una gran concentración en las grandes depresiones como el “Abanico del Pastaza” y la de “Ucamara” en el departamento de Loreto. Ocupan un área aproximada de 6 063 551 ha (4.7% de la superficie nacional), sin incluir los aguajales menores a 25 ha.



Estos humedales amazónicos se encuentran especialmente en las áreas bajas de la llanura aluvial, alimentados por agua proveniente del desborde de los ríos durante la creciente y de la precipitación pluvial. Los suelos soportan prolongadas inundaciones y debido a su pobre drenaje la materia orgánica se descompone en forma lenta.

En los aguajales se desarrollan comunidades vegetales, principalmente de palmeras con alturas de hasta 25 m, en otros casos predominan comunidades densas de arbustos o herbáceas, así como espejos de agua. Las especies más abundantes reportadas para los aguajales son las siguientes: *Mauritia flexuosa* “aguaje”, *Mauritiella aculeata* “aguajillo”, *Euterpe precatoria* “huasaí”, *Jessenia batava* “ungurahui”, *Oenocarpus mapora*, etc.

Estos palmerales hidrofíticas constituyen importantes fuentes productoras de frutos de los que se alimentan muchas especies de fauna silvestre y para el hombre; constituyen una cadena de comercialización que sólo en Iquitos genera empleo para más de 5 000 personas.

Asimismo, los aguajales constituyen los más grandes almacenes de carbono entre los ecosistemas terrestres amazónicos, reteniendo por hectárea hasta 600 toneladas de carbono, convirtiéndose así en ecosistemas importantes para la mitigación del cambio climático. (IIAP, 2006).



3. BOSQUES RELICTOS “Guardianes de los andes”

Los bosques relictos constituyen ecosistemas frágiles debido a su reducida superficie y a la fuerte presión a que son sometidos, principalmente por la extracción de leña, conversión en carbón, quema de pastizales y ampliación de la frontera agrícola. Se extienden en un área 282 031 ha (0.22% de la superficie nacional) y se han identificado dos tipos de bosques:

Un tipo corresponde a los bosques altoandinos representados por el género *Polylepis* “queñoales”, de porte bajo y achaparrado; encuentran ubicados a manera de pequeñas islas en la zona altoandina (a partir de los 3 800 m.s.n.m.), principalmente en las zonas sur y centro del país. Ocupan un área aproximada de 70 765 ha. Se encuentran ubicados generalmente en las laderas montañosas pedregosas y con afloramientos rocosos. Los suelos son de origen glaciar (morrenas), residual (areniscas) y coluvio aluviales de material volcánico y sedimentario.

El segundo, corresponde a los bosques mesoandinos húmedos y densos similares a los bosques nublados de la Selva Alta en la Amazonía. Se encuentran ubicados a manera de pequeñas islas lo largo del eje andino, entre 2 500 y 3 800 m.s.n.m. (principalmente en la zona norte), en un área aproximada de 211 266 ha, en la porción superior de las laderas y cimas de montañosas (cabeceras de cuenca), de la vertiente del atlántico como del pacífico. Las fuertes pendientes, los suelos superficiales, afloramientos rocosos y gran pluviosidad califican como tierras de protección.

Estos bosques fraccionados han sido diezmados principalmente por la agricultura. Constituyen importantes ecosistemas captadores y reguladores del recurso hídrico.

4. BOSQUES SECOS “Centro de endemismo ecuatorial”

Los bosques secos se encuentran distribuidos mayormente en la región nor-oeste del país y en algunos valles interandinos. Ubicados desde cerca del nivel del mar donde predominan las planicies costeras llegando hasta las lomadas, colinas bajas, colinas altas y laderas montañosas del macizo occidental andino, aproximadamente hasta los 2 200 m.s.n.m.. Se extienden en un área de 3 663 000 ha (2.8% de la superficie nacional).

La composición florística de los bosques secos se diversifica a medida que se asciende desde el nivel del mar. En las planicies son comunes las siguientes especies: *Prosopis* sp. “algarrobo”, *Capparis scabrida* “sapote”, *Caesalpinia paipái* “margarito”, entre las especies de los niveles altitudinales medio y superior figuran especies mayormente caducifolias, tales como: *Eriotheca ruizii* “pasallo”, *Bursera graveolens* “palo santo”, *Loxopterygium huasango* “hualtaco”, *Tabebuia* sp. “guayacán”, *Ceiba trichistandra* “ceibo”, *Erythrina smithiana* “ventura”, *Terminalia valverdae* “huarapo”, *Bauhinia aculeata* “pata de vaca”, *Cavanillesia platanifolia* “pretino”, etc.

Además de los bosques secos del nor-oeste se incluyen también los bosques secos con predominio de la Bombacaceae *Eriotheca ruizii* “pati” en el fondo de los valles interandinos de los ríos Marañón, Utcubamba, Huancabamba, Mantaro y Pampas.

Estos bosques son importantes por su diversidad florística exclusiva en el continente americano, además por proveer una serie de productos diferentes a la madera (fibras, látex, goma, resinas, frutos, forraje, etc.) y como captadores y reguladores del recurso hídrico.

Los bosques ubicados en los niveles altitudinales medios y superiores, son frágiles debido a su ubicación geográfica (colinas y montañas con fuertes pendientes), condiciones limitantes de clima (déficit hídrico), suelos superficiales y rocosos con poca retención de humedad, baja resiliencia, especies con barreras geográficas y sin conectividad.

Estos bosques están seriamente amenazados por la tala ilegal de especies con fines maderables y no maderables, ampliación de la frontera agrícola, incendios forestales, entre otros.

5. PAJONALES ALTOANDINOS “Abrigando la puna”

Los pajonales o pastos altoandinos al igual que los bofedales se encuentran ubicados en la Puna, a partir de los 4 800 m.s.n.m. en la zona sur y centro del país, y arriba de los 3 000 m.s.n.m. en la zona del extremo norte del país. Incluyendo las áreas casi desnudas y sin vegetación, los nevados y los pajonales, se tiene un área aproximada de 20 467 000 ha (16% de la superficie nacional).

La flora de los pajonales constituye una fuente de forraje importante para la actividad ganadera, principalmente a base de camélidos sudamericanos y ganado ovino; existen más de 20 especies de hierbas con valor forrajero en las que destacan los siguientes géneros: *Hipochaeris*, *Carex*, *Scirpus*, *Geranium*, *Agrostis*, *Calamagrostis*, *Muhlenbergia*, *Poa*, *Stipa*, *Medicago*, *Trifolium*, *Alchemilla*, etc.

Estos pastizales altoandinos se encuentran en proceso de deterioro causado por actividades antrópicas como el sobrepastoreo que ocasionan la pérdida progresiva de especies valiosas y como consecuencia la invasión de especies indeseables difíciles de erradicar; asimismo, la quema periódica, la ampliación de la frontera agrícola, entre otras.

Apéndice B

Análisis y resultados energéticos de laboratorio (UNALM)



ANÁLISIS DE MUESTRAS

Nº 02/01-2013-LPP

Fecha 08 de Enero del 2013

ENSAYOS SOLICITADO por MADERERA DEL NORTE

Ref. cotización s/n fecha 29 Noviembre 2013

Att. Ing. Daniel Marcelo Aldana-UdP

RESULTADOS OBTENIDOS: ANÁLISIS MUESTRAS (1)

ANÁLISIS	Norma / método	Unidad	MUESTRAS		
			CARBÓN VEGETAL	BRIQUETA ASERRÍN	BAGAZO DE CAÑA
1) PODER CALÓRICO*	ASTM D-2015-66 (1972)	Kcal/kg	7367	4728	4133
2) ELEMENTOS QUÍMICOS					
Cloro	Argentometría	% (ppm)	0,15	0,15	0,25
Azufre	Absorción atómica	% (ppm)	0,15	0,00	0,12
Fósforo	Colorimetría	% (ppm)	0,00	0,01	0,07
Cobre	Absorción atómica	% (ppm)	5	5	8
3) DENSIDAD APARENTE	NTP 251.011	kg/m ³	680	894	169
4) HUMEDAD**	Gravimetría AOAC 1984	% (base húmeda)	4,76	10,0	67,1
5) COMPOSICIÓN:					
Carbono Fijo (CF)	ASTM D-1762	%	73,51	15,29	12,06
Material Volátil (MV)	ASTM D-1762	%	24,96	83,41	86,00
Cenizas (CZ)	ASTM D-1762	%	1,53	1,30	1,94
6) DUREZA	NTP 251.016	kg/cm ² Dirección ⊥	20	70	
	NTP 251.014	Dirección	88	145	

* poder calórico superior (PCS), base seca; ** a la recepción de la muestra



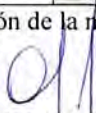


UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
Departamento Académico de Industrias Forestales
Área de Transformación Química-Laboratorio de Pulpa y Papel

RESULTADOS OBTENIDOS: ANÁLISIS MUESTRAS (2)

ANÁLISIS	Norma / método	Unidad	MUESTRAS		
			ASERRÍN	LEÑA ALGARROBO	LEÑA EUCALIPTO
1) PODER CALÓRICO*	ASTM D-2015-66 (1972)	Kcal/kg	4512	4618	4667
2) ELEMENTOS QUÍMICOS					
Cloro (Cl)	Argentometría	%	0,26	0,33	0,16
Azufre (S)	Absorción atómica	%	0,00	0,03	0,00
Fósforo (P)	Colorimetría	%	0,02	0,01	0,00
Cobre (Cu)	Absorción atómica	ppm	5	6	5
3) DENSIDAD APARENTE	NTP 251.011	kg/m ³	220	820	630
4) HUMEDAD**	Gravimetría AOAC 1984	% (base húmeda)	15,8	17,4	18,7
5) COMPOSICIÓN:					
Carbono Fijo (CF)	ASTM D-1762	%	16,32	16,80	10,48
Material Volátil (MV)	ASTM D-1762	%	82,29	82,28	89,31
Cenizas (CZ)	ASTM D-1762	%	1,39	0,92	0,21
6) RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN	NTP 251.016	kg/cm ² Dirección ⊥			
	NTP 251.014	Dirección			

* poder calórico superior (PCS), base seca; ** a la recepción de la muestra


HÉCTOR ENRIQUE GONZALES MORA, *Ph.D.*
Responsable
Jefe LABORATORIO DE PULPA Y PAPEL
CIP 31024



Apéndice C

Ficha técnica de montacargas

TRUCK DATA

GENERAL				FG20T-16	FG20HT-16	FD20T-16	FG25T-16	FG25HT-16	
Power Type				Gasoline	Gasoline	Diesel	Gasoline	Gasoline	
Operation Type				Sit-Down	Sit-Down	Sit-Down	Sit-Down	Sit-Down	
Capacity @ 24 in. (600 mm) load center*		lbs. (kg)		4,000 (1,810)	4,000 (1,810)	4,000 (1,810)	5,000 (2,267)	5,000 (2,267)	
Load distance from center axle (2-stage)		in. (mm)		17.9 (455)	17.9 (455)	17.9 (455)	17.9 (455)	17.9 (455)	
Wheelbase		in. (mm)		65 (1,650)	65 (1,650)	65 (1,650)	65 (1,650)	65 (1,650)	
WEIGHT									
Service weight (includes 2-stage std. mast & forks)		lbs. (kg)		7,180 (3,255)	7,180 (3,255)	7,290 (3,310)	7,941 (3,605)	7,941 (3,605)	
Axle Loading		Loaded	Front	lbs. (kg)	9,880 (4,480)	9,880 (4,480)	9,980 (4,485)	11,360 (5,155)	11,360 (5,155)
			Rear	lbs. (kg)	1,300 (590)	1,300 (590)	1,410 (640)	1,590 (720)	1,590 (720)
		Unloaded	Front	lbs. (kg)	3,270 (1,485)	3,270 (1,485)	3,280 (1,490)	3,110 (1,410)	3,110 (1,410)
			Rear	lbs. (kg)	3,900 (1,770)	3,900 (1,770)	4,010 (1,820)	4,840 (2,195)	4,840 (2,195)
TIRE									
Tire type				Pneumatic	Pneumatic	Pneumatic	Pneumatic	Pneumatic	
Tire size, front				7 - 12 - 12PR	7 - 12 - 12PR	7 - 12 - 12PR	7 - 12 - 12PR	7 - 12 - 12PR	
Tire size, rear				6 - 9 - 10PR	6 - 9 - 10PR	6 - 9 - 10PR	6 - 9 - 10PR	6 - 9 - 10PR	
Number of wheels, front / rear		x=driven		2x / 2	2x / 2	2x / 2	2x / 2	2x / 2	
Tread (center of tires)		Front	in. (mm)	38 (966)	38 (966)	38 (966)	38 (966)	38 (966)	
		Rear	in. (mm)	37.8 (960)	37.8 (960)	37.8 (960)	37.8 (960)	37.8 (960)	
DIMENSIONS									
Tilting angle, 2-stage (FV) masts, forward / backward		deg.		6 / 12	6 / 12	6 / 12	6 / 12	6 / 12	
Tilting angle, 3-stage (TFV) masts, forward / backward		deg.		6 / 5	6 / 5	6 / 5	6 / 5	6 / 5	
Mast height, lowered (2-stage std. mast)		in. (mm)		85.4 (2,170)	85.4 (2,170)	85.4 (2,170)	85.4 (2,170)	85.4 (2,170)	
Mast height, extended (2-stage std. mast)†		in. (mm)		176 (4,470)	176 (4,470)	176 (4,470)	176 (4,470)	176 (4,470)	
Maximum fork height (2-stage std. mast)**		in. (mm)		128 (3,250)	128 (3,250)	128 (3,250)	128 (3,250)	128 (3,250)	
Free lift height (2-stage std. mast)		in. (mm)		5.5 (140)	5.5 (140)	5.5 (140)	5.5 (140)	5.5 (140)	
Height overhead guard		in. (mm)		83.1 (2,110)	83.1 (2,110)	83.1 (2,110)	83.1 (2,110)	83.1 (2,110)	
Length, with standard forks		in. (mm)		141.5 (3,595)	141.5 (3,595)	141.5 (3,595)	144.5 (3,670)	144.5 (3,670)	
Length to fork face (2-stage mast)		in. (mm)		99.4 (2,525)	99.4 (2,525)	99.4 (2,525)	102.4 (2,600)	102.4 (2,600)	
Overall width, at drive tires (single)		in. (mm)		45.3 (1,150)	45.3 (1,150)	45.3 (1,150)	45.3 (1,150)	45.3 (1,150)	
Forks, thickness x width x length		in. (mm)		1.6 x 3.9 x 42 (40 x 100 x 1,070)	1.6 x 3.9 x 42 (40 x 100 x 1,070)	1.6 x 3.9 x 42 (40 x 100 x 1,070)	1.6 x 3.9 x 42 (40 x 100 x 1,070)	1.6 x 3.9 x 42 (40 x 100 x 1,070)	
Carriage width / ITA Class		in. (mm)		40.9 (1,040) / II	40.9 (1,040) / II	40.9 (1,040) / II	40.9 (1,040) / II	40.9 (1,040) / II	
Ground clearance, under mast		in. (mm)		5.5 (140)	5.5 (140)	5.5 (140)	5.5 (140)	5.5 (140)	
Ground clearance, center of wheelbase		in. (mm)		6.2 (158)	6.2 (158)	6.2 (158)	6.2 (158)	6.2 (158)	
Right angle stacking aisle (2-stage mast)††		in. (mm)		104.1 (2,645)	104.1 (2,645)	104.1 (2,645)	106.1 (2,695)	106.1 (2,695)	
Turning radius, outside		in. (mm)		86.2 (2,190)	86.2 (2,190)	86.2 (2,190)	88.2 (2,240)	88.2 (2,240)	
PERFORMANCE									
Travel speed, forward, loaded / unloaded		mph (km/h)		11.2 (18) / 11.8 (19)	11.2 (18) / 11.8 (19)	11.5 (18.5) / 11.8 (19)	11.2 (18) / 11.8 (19)	11.2 (18) / 11.8 (19)	
Lifting speed, loaded / unloaded (2-stage mast)		fpm (mm/s)		120 (610) / 124 (630)	120 (610) / 124 (630)	124 (630) / 130 (660)	120 (610) / 124 (630)	120 (610) / 124 (630)	
Lowering speed, loaded / unloaded (2-stage mast)		fpm (mm/s)		98 (500) / 98 (500)	98 (500) / 98 (500)	98 (500) / 98 (500)	98 (500) / 98 (500)	98 (500) / 98 (500)	
Maximum drawbar pull, loaded		lbs. (kN)		3,960 (17.6)	4,720 (21)	4,072 (18.1)	3,960 (17.6)	4,720 (21)	
Maximum gradability		%		32	40	36	27	34	
Service brake, operation / control				Foot / Hydraulic	Foot / Hydraulic	Foot / Hydraulic	Foot / Hydraulic	Foot / Hydraulic	
Parking brake, operation / control				Hand / Mechanical	Hand / Mechanical	Hand / Mechanical	Hand / Mechanical	Hand / Mechanical	
Steering, type				FHPS	FHPS	FHPS	FHPS	FHPS	
DRIVE									
Engine Manufacturer / Engine model				Nissan / K21	Nissan / K25	Yanmar / 4D94LE	Nissan / K21	Nissan / K25	
Rated output (SAE Gross)		HP (kW) @ rpm		56 (41) @ 2,700	60 (44) @ 2,700	65 (48) @ 2,450	56 (41) @ 2,700	60 (44) @ 2,700	
Maximum torque (SAE Gross)		lb. - ft. (Nm) @ rpm		119 (160) @ 1,600	142 (193) @ 1,600	141 (191) @ 1,800	119 (160) @ 1,600	142 (193) @ 1,600	
No. of cylinders / displacement		cu. in. (cm ³)		4 / 126 (2,065)	4 / 152 (2,488)	4 / 187 (3,062)	4 / 126 (2,065)	4 / 152 (2,488)	
Fuel tank capacity		U.S. gallons (liters)		15.3 (58)	15.3 (58)	15.3 (58)	15.3 (58)	15.3 (58)	
OTHER									
Relief pressure, maximum		psi (bar)		2,650 (181)	2,650 (181)	2,650 (181)	2,650 (181)	2,650 (181)	
Transmission				Powershift	Powershift	Powershift	Powershift	Powershift	
Sound level, at operator ears		dB		82	83	-	82	83	

NOTE: Most values shown in this publication are rounded. Therefore, direct conversion between metric and English or Imperial may be slightly different from those shown. The performance of machines is affected by the condition of the truck and how it is equipped, as well as the nature and condition of the operating area. If these specifications are critical or if your needs exceed the specifications shown here, discuss the proposed application with your authorized dealer.

*Optional masts, attachments, longer load dimensions, and higher lifting heights may result in downrating of the capacity. Contact your authorized dealer.

**Other mast heights available. See MAST DATA chart for other standard mast heights. Contact your authorized dealer.

†Includes 48-inch (1,220 mm) high load backrest. Contact your authorized dealer.

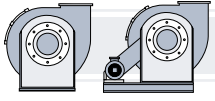
††Add load distance and clearance. Contact your authorized dealer.

Apéndice D

Ficha técnica de ventilador de succión



Ventilatori Ventilateurs Fans Ventilatoren Ventiladores Ventilatori Ventilateurs Fans



VENTILATORE CENTRIFUGO
VENTILATEUR CENTRIFUGE
CENTRIFUGAL FAN
ZENTRIFUGAL-VENTILATOREN
VENTILADOR CENTRIFUGO

PRA PRA/T

Ventilatore centrifugo ad altissimo rendimento per portate elevate a pressioni medio-alte. Girante a pale rovesce per aria polverosa. Temperatura massima dell'aria 60°C; con ventolina di raffreddamento 300°C. Costruzioni speciali a richiesta.

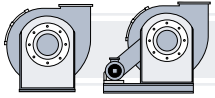
Ventilateur centrifuge, très haut rendement, pour débits élevés à moyenne et haute pression. Turbine a pales incurvées, pour air poussiéreux. Température maxi de l'air: 60°C - avec turbine de refroidissement: 300°C. Exécutions spéciales en option.

Very high efficiency centrifugal fan for heavy flow rates at medium-high pressure. Fan wheel with backward inclined vanes, suitable for dusty air. Max. air temperature: 60° C; with cooling fan: 300°C. Special constructions upon request.

Radialventilator für große Fördermengen bei mittlerem-hohem Druck. Rückwärts gekrümmter Laufrad für Staubreicher Luft. Max Lufttemperatur 60°C., mit Kühler-Lüfterrad: 300°C. Sonderausführungen auf Anfrage.

Qv = 1300 ÷ 120000 m³/h
Pt = 58 ÷ 1500 Kg/m²

Ventilador centrifugo de altísimo rendimiento para flujos elevados de aire a media y alta presión. Aspas curvadas, apta para aire polveriento. Temperatura máxima del aire: 60°C; con pequeño ventilador de enfriamiento: 300°C. Construcciones especiales a pedido.



VENTILATORE CENTRIFUGO
VENTILATEUR CENTRIFUGE
CENTRIFUGAL FAN
ZENTRIFUGAL-VENTILATOREN
VENTILADOR CENTRIFUGO

PRU PRU/T

Ventilatore centrifugo ad altissimo rendimento per portate elevate a pressioni medio-alte. Girante a pale rovesce per aria polverosa, segatura e trucioli di legno purché non filamentosi. Temperatura massima dell'aria 60°C; con ventolina di raffreddamento 300°C. Costruzioni speciali a richiesta.

Ventilateur centrifuge, très haut rendement, pour débits élevés à moyenne et haute pression. Turbine a pales incurvées, pour air poussiéreux, sciure et copeaux de bois si non filamenteux. Température maxi de l'air: 60°C - avec ventilateur de refroidissement: 300°C. Exécutions spéciales en option.

Very high efficiency centrifugal fan for heavy flow rates at medium-high pressure. Fan wheel with backward inclined vanes, suitable for dusty air, wood chips, not for filaments. Max. air temperature: 60° C; with cooling fan: 300°C. Special constructions upon request.

Radialventilator für große Fördermengen bei mittlerem-hohem Druck. Rückwärts gekrümmter Laufrad für Staubreicher Luft und Holzspäne. Für sehr lange Späne nicht geeignet. Max Lufttemperatur 60°C., mit Kühler-Lüfterrad: 300°C. Sonderausführungen auf Anfrage.

Qv = 360 ÷ 180000 m³/h
Pt = 50 ÷ 780 Kg/m²

Ventilador centrifugo de altísimo rendimiento para flujos elevados de aire a media y alta presión. Aspas curvadas, apta para aire polvoroso, serrín y virutas de madera pero no material filamentoso. Temperatura máxima del aire: 60°C; con pequeño ventilador de enfriamiento: 300°C. Construcciones especiales a pedido.



Apéndice E

Ficha técnica de briquetadora

La bricchettatrice è un compattatore oleodinamico finalizzato alla riduzione dei volumi degli scarti di lavorazione.

Ogni tipo di materiale presenta problematiche peculiari così come la diversa pezzatura dello scarto. Possiamo comunque affermare che il cilindro solido o **Bricchetto**, risultato della compattazione, favorisce lo stoccaggio, il trasporto e la riutilizzo dei vari materiali con minori costi.

Vantaggi del bricchetto:

Meno volume d'ingombro
Riscaldamento autonomo

La Bricchettatrice è adatta a compattare diversi materiali:

tutti i tipi di segatura di legno, leggera e pesante, contenenti un'umidità min-max 8÷14%, polverino e corteccia di sughero, polistirolo, polipropilene, poliuretano, gomma, plastica, polveri di filati o ciuffi di fibre naturali tessili sintetiche o miste, polveri di smerigliatura o scarti della rasatura del pellame, carta, bucce di caffè, ecc., ecc..

7 modelli compongono la nostra gamma di Bricchettatrici:

E55 - E60 ECO - E60 - E60 Super - E70 ECO - E70 - E80

MODELLO	ALTEZZA	LUNGHEZZA	PROFONDITÀ	MOTORE	VIROLA	DIMENSIONI BRICCHETTO	PESO	PRODUZIONE
Bricchettatrice	mm	mm	mm	KW	Ø mm	Ø mm	Kg	Kg/h
E55	1510	1700	1170	5.5	1000	55	600	15/60
E60 Eco	1510	1700	1170	5.5	1000	60	650	15/70

La produzione è subordinata al tipo di materiale.

Modelli E55 - E60 ECO



Modelli E60 - E60 Super - E70 Eco

MODELLO	ALTEZZA	LUNGHEZZA	PROFONDITÀ	MOTORE	VIROLA	DIMENSIONI BRICCHETTO	PESO	PRODUZIONE
Bricchettatrice	mm	mm	mm	KW	Ø mm	Ø mm	Kg	Kg/h
E60	1510	1850	1170	5.5	1000	60	730	25/80
E60 Super	1510	1850	1170	7.5	1000	60	770	40/100
E70 Eco	1510	1850	1170	7.5	1000	70	770	50/120

La produzione è subordinata al tipo di materiale.

Modelli E70 - E80



MODELLO	ALTEZZA	LUNGHEZZA	PROFONDITÀ	MOTORE	VIROLA	DIMENSIONI BRICCHETTO	PESO	PRODUZIONE
Bricchettatrice	mm	mm	mm	KW	Ø mm	Ø mm	Kg	Kg/h
E70	1600	2100	1340	11	1200	70	1300	70/140
E80	1600	2100	1350	11	1200	80	1450	80/210

La produzione è subordinata al tipo di materiale.

Tutte le macchine sono complete di:

- ♦ Sonda sensitiva
- ♦ Visore
- ♦ Dispositivo di fine ciclo
- ♦ Testina maschiatrice
- ♦ Sistema di preriscaldamento
- ♦ Sonda di livello dell'olio e della temperatura
- ♦ Manometro elettronico pressione pompa
- ♦ Chiavi di servizio
- ♦ PLC* Touch Screen
- ♦ Predisposizione per il circuito di raffreddamento ad acqua nel serbatoio olio a partire da E60 Super - E70 Eco - E70 - E80.
- ♦ Per i modelli predisposti è vivamente consigliato il raffreddamento dell'olio e della morsa.
- ♦ Voltaggio 400V - 50 Hz

La macchina è costruita secondo normative CE

N.B.: I valori espressi sono puramente indicativi e possono variare a seconda del tipo di materiale. Il produttore si riserva di apportare modifiche in qualunque momento.



ACCESSORI:

♦ Rompicicchetti

Fissato al canotto della Bricchettatrice, permette il taglio a misura del bricchetto in uscita.

♦ Insacatrice Automatica

Capacità 8 sacchi Ø 300 mm ed altezza 600 mm. Dimensioni: Altezza 930 mm, Ø 1300.

Motore 0.37 KW.

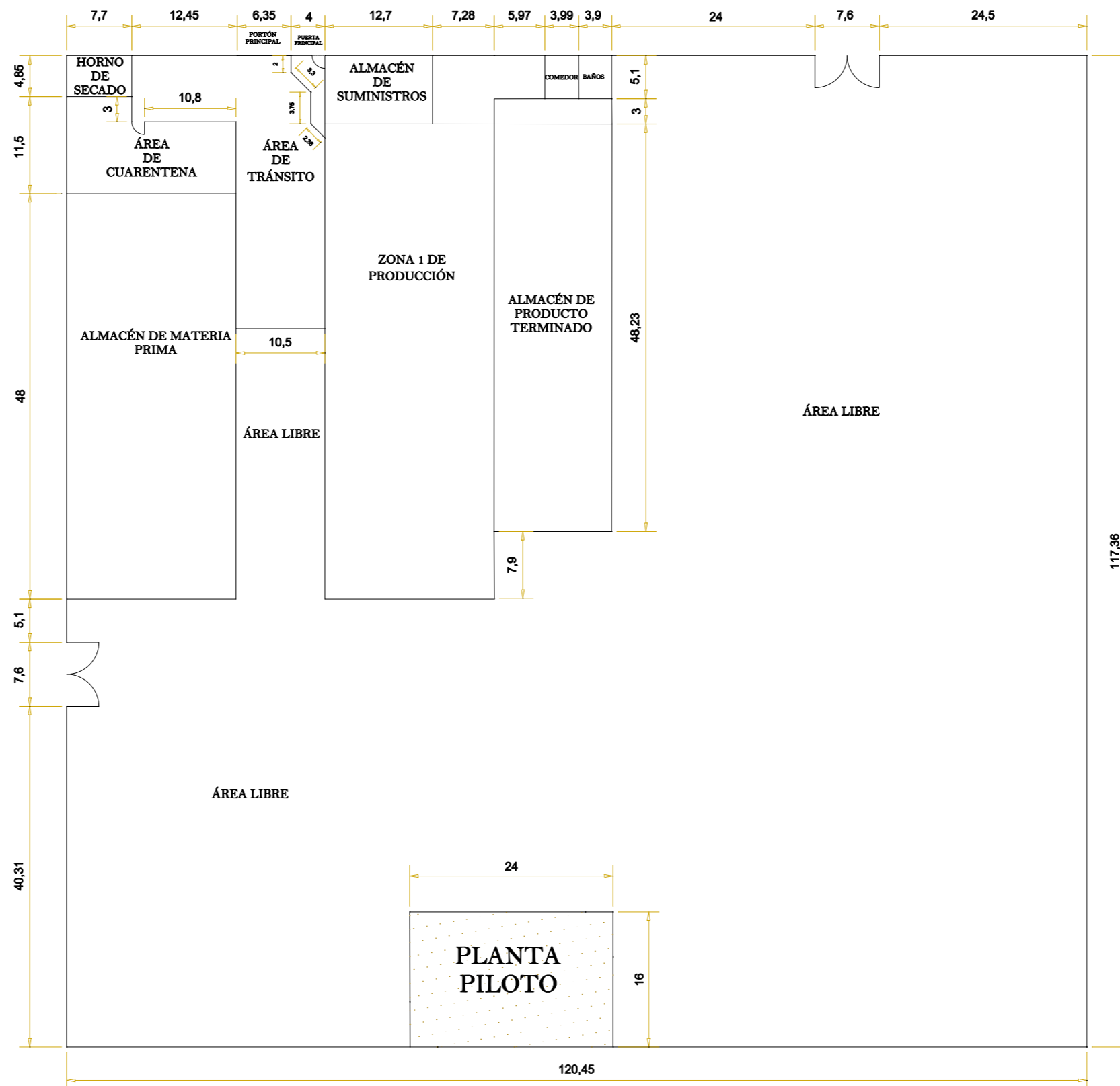
Permette di insaccare i bricchetti prodotti.

Adatta a tutte le bricchettatrici.



Apéndice F

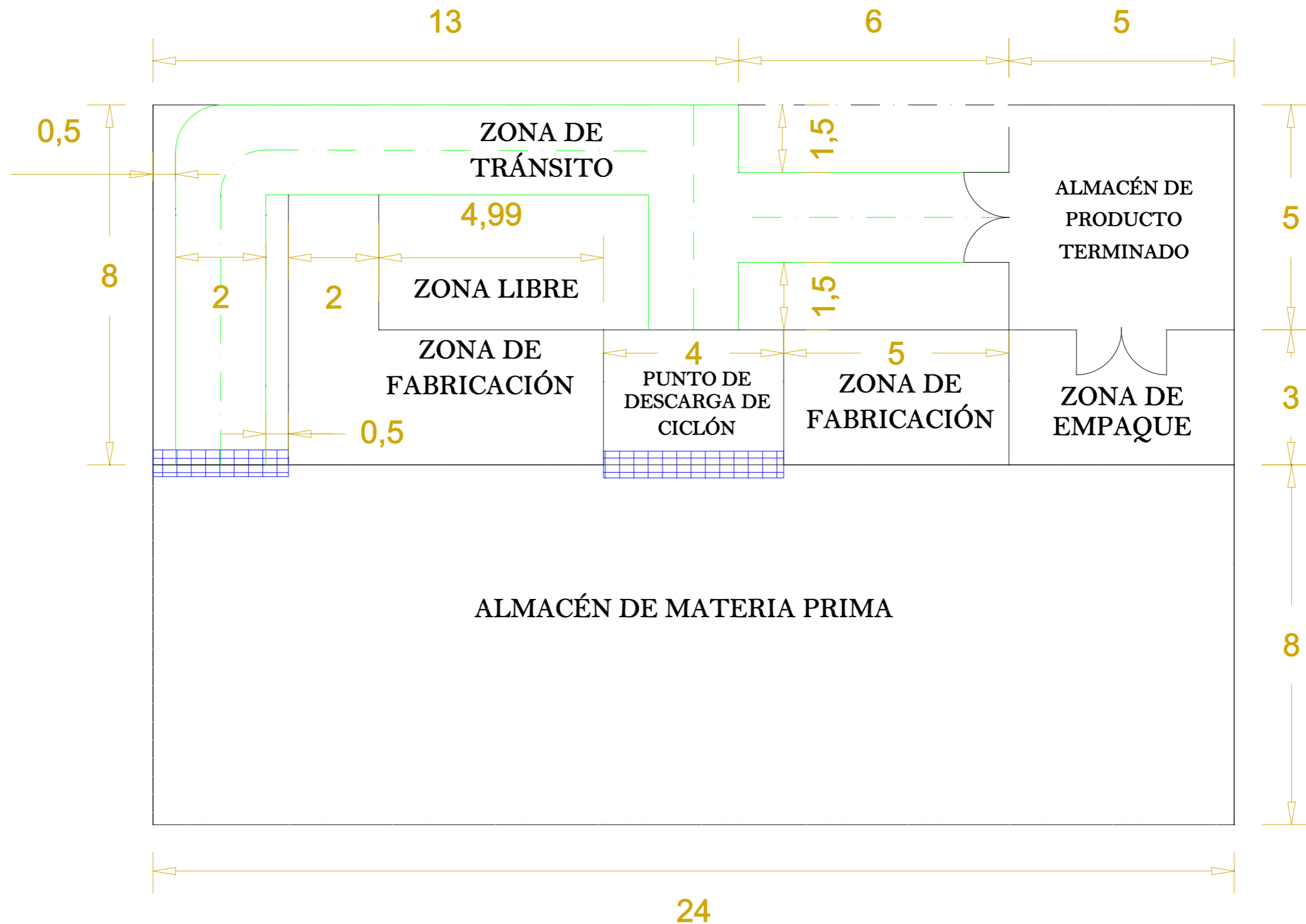
Plano general de maderera y asignación de planta piloto



	FECHA	NOMBRE	UNIVERSIDAD DE PIURA FACULTAD DE INGENIERIA		
DIBUJADO	08/13	Marcos G.			
REVISADO	08/13	Eduardo S.			
<i>“Diseño de proceso y de planta piloto para fabricación de briquetas de aserrín”</i>			<i>Plano de Maderera del Norte y asignación de la zona de la planta piloto</i>	<i>ESCALA</i> 1:600	
<i>Marcos Eduardo García Alama</i>				<i>PLANO</i> N° 01	

Apéndice G

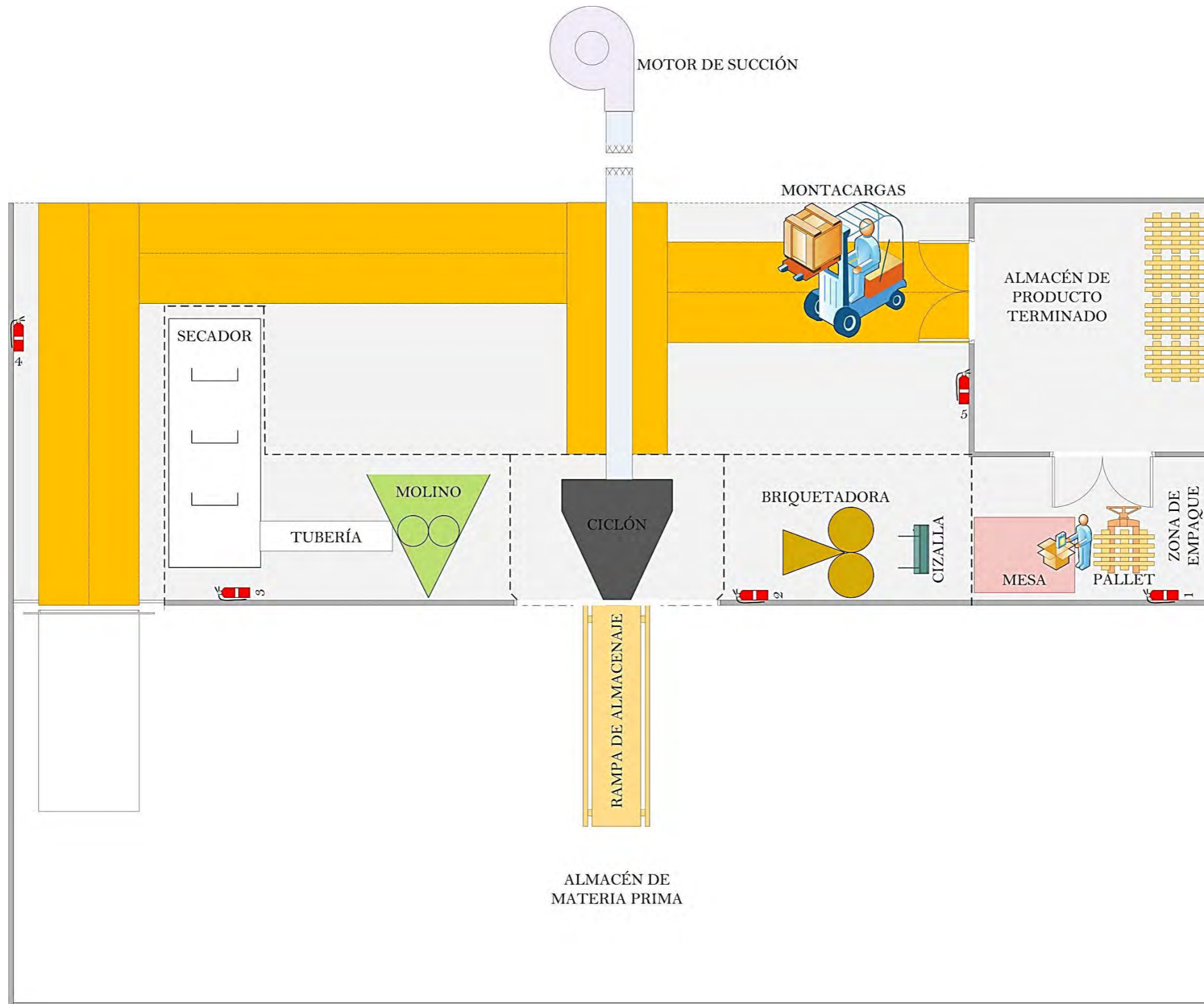
Plano de distribución de áreas de trabajo en la planta piloto



	FECHA	NOMBRE	UNIVERSIDAD DE PIURA FACULTAD DE INGENIERIA			
DIBUJADO	08/13	Marcos G.				
REVISADO	08/13	Eduardo S.				
<i>"Diseño de proceso y de planta piloto para fabricación de briquetas de aserrín"</i>			Distribución de áreas de trabajo en la planta piloto	ESCALA 1:100		
Marcos Eduardo García Alama				PLANO N° 02		

Apéndice H

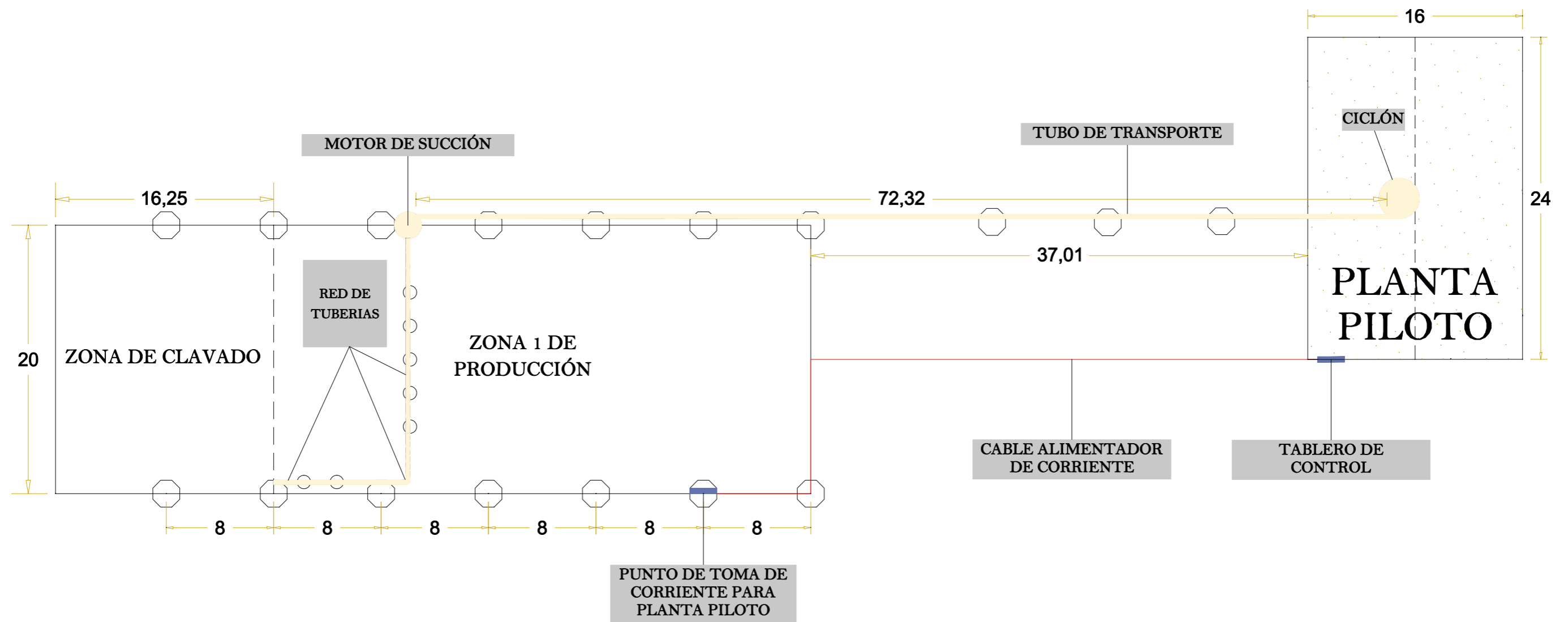
Plano de distribución de maquinaria en las áreas de trabajo



	FECHA	NOMBRE	UNIVERSIDAD DE PIURA FACULTAD DE INGENIERIA			
DIBUJADO	08/13	Marcos G.				
REVISADO	08/13	Eduardo S.				
<i>“Diseño de proceso y de planta piloto para fabricación de briquetas de aserrín”</i>			<i>Distribución de maquinaria en las áreas de trabajo</i>	<i>ESCALA 1:90</i>		
<i>Marcos Eduardo García Alama</i>				<i>PLANO N° 03</i>		

Apéndice I

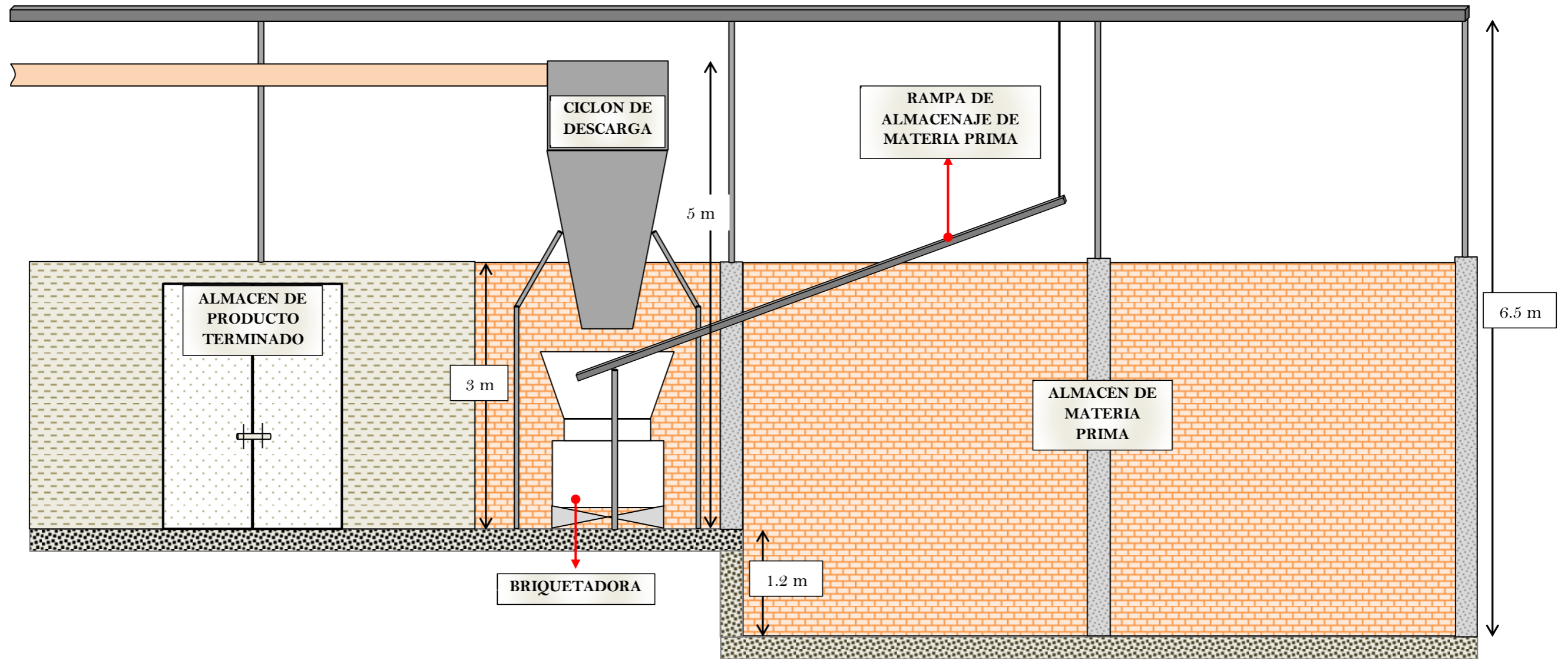
Plano de esquematización y distribución del sistema de succión



	FECHA	NOMBRE	UNIVERSIDAD DE PIURA FACULTAD DE INGENIERIA		
DIBUJADO	08/13	Marcos G.			
REVISADO	08/13	Eduardo S.			
<i>"Diseño de proceso y de planta piloto para fabricación de briquetas de aserrín"</i>			<i>Esquematación y distribución del sistema de succión</i>	ESCALA 1:320	
Marcos Eduardo García Alama				PLANO N° 04	

Apéndice J

Plano de corte trasversal de la planta piloto



	FECHA	NOMBRE	UNIVERSIDAD DE PIURA FACULTAD DE INGENIERIA	
DIBUJADO	08/13	Marcos G.		
REVISADO	08/13	Eduardo S.		
<i>"Diseño de proceso y de planta piloto para fabricación de briquetas de aserrín"</i>			<i>Corte trasversal de la planta piloto</i>	<i>ESCALA 1:50</i>
<i>Marcos Eduardo García Alama</i>				<i>PLANO N° 05</i>