

**“DISEÑO DE LA INGENIERÍA BÁSICA DE UNA PLANTA PRODUCTORA DE
PELLETS ELABORADOS A PARTIR DE BIOMASA FORESTAL”**

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

Presentada ante la

UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO

Como parte de los requisitos para optar al título de

INGENIERO INDUSTRIAL

REALIZADO POR:

Delgado G. Bereisa M.

Díaz D. Oscar D.

PROFESOR GUÍA:

Ing. Demóstenes Quijada.

Febrero, 2014



UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

**“DISEÑO DE LA INGENIERÍA BÁSICA DE UNA PLANTA PRODUCTORA DE
PELLETS ELABORADOS A PARTIR DE BIOMASA FORESTAL”**

Este jurado; una vez realizado el examen del presente trabajo ha evaluado su contenido con el resultado:

JURADO EXAMINADOR

Firma: _____	Firma: _____	Firma: _____
Nombre:	Nombre:	Nombre:
Ing. Henrique Azpúrua.	Ing. Demóstenes Quijada.	Ing. Leopoldo Napolitano.

REALIZADO POR:

Delgado G. Bereisa M.
Díaz D. Oscar D.

PROFESOR GUÍA:

Ing. Demóstenes Quijada.

DEDICATORIA

Este Trabajo Especial de Grado va dedicado a Mi Mamá Beatriz González, por ser la guía de mi vida y mi gran apoyo, gracias a ella alcanzar esta meta se hizo posible. A mis tíos, Isabel, Ángel y Félix por ser parte fundamental de mi vida y a mi abuelo Luis González que sé que me cuida y estaría muy orgulloso de este logro.

Bereisa Delgado.

El presente Trabajo Especial de grado va dedicado a Dios antes que todo y a Mi Familia en especial a Mi Madre Carmen C Doria y Mi Padre Denys D Díaz, por estar siempre a mi lado brindándome todas las oportunidades que abrieron muchas puertas durante este proceso y permitieron realidad lograr un paso más en Mi Vida.

Oscar Díaz.

AGRADECIMIENTOS.

Gracias a Bogart Ríos por estar con nosotros en el momento indicado y enlazarnos con el CIDI, agradecemos también todo su apoyo brindado en los momentos menos esperados. Al igual que Alejandrita Pérez por acompañarnos en todo momento durante la realización de este proyecto y durante muchas otras ocasiones.

A Yenny Martínez por siempre estar ahí apoyándonos y brindar un granito de arena de importancia para finalizar este proyecto.

Gracias a Beatriz González por hacer un aporte de sus conocimientos en la realización de nuestro trabajo especial de grado.

Agradecemos a todos los integrantes del Centro de Investigación y Desarrollo de Ingeniería por brindarnos su apoyo, cariño, hospitalidad y guiarnos para lograr la realización de este trabajo de grado.

Gracias al profesor Ing. Alirio Villanueva por ofrecernos su apoyo, sirviéndonos de guía para la realización de este proyecto.

Hacemos un agradecimiento especial a nuestro tutor, el profesor Ing. Demóstenes Quijada por su apoyo incondicional en todo momento, por su dedicación y ser un excelente guía en el desarrollo de este proyecto que comenzamos juntos hace unos cuantos meses y que esperamos que sea de utilidad para un futuro cercano.

Totalmente Agradecidos,

Bereisa y Oscar

A Dios, por acompañarme en este camino y permitirme alcanzar esta meta.

A mi familia por todo su apoyo, compañía y ánimo a lo largo de este proceso. En especial a mi madre, por ser mi principal apoyo y por estar a mi lado incondicionalmente ayudándome a culminar esta etapa.

A Marisabel Fusco, por ser una de las personas que más me ha apoyado en este largo camino. Gracias por la ayuda y por todos tus consejos.

A todos mis amigos, que estuvieron pendientes durante la realización de este trabajo, ofreciendo su ayuda y apoyo. Especialmente agradecida con Yenny M., Verónica G., Alejandra P., Gabriela P., Josmary N., Virginia C., Mariangela G., Alejandro P. y Auwlyee C.

A mis hermanos Ausjaleros, gracias por ser mi escape entre tanto estrés durante este tiempo y por estar pendiente de mí. Gracias Mafer, Yesse, Nanda, Ale y Delvis.

Por último, a mi compañero en este camino, muchísimas gracias por tu dedicación, amistad y por todos los momentos vividos a lo largo de la realización de este gran trabajo, del cual nos podemos sentir orgullosos. ¡Gracias Oscar!

¡GRACIAS TOTALES!

Bereisa Delgado

Gracias a mi familia por estar siempre a mi lado por brindarme todo su apoyo y por compartir este proceso de crecimiento personal.

Gracias a Mi Madre y Mi Padre por todo su apoyo, y esfuerzo que realizaron. Apoyo que permitió llegar a esta fase tan importante en mi vida. A mi hermana Darly Andrea por estar siempre pendiente en cada momento.

Gracias a todas aquellas personas que estuvieron brindándome su apoyo durante la realización de este proyecto y por compartir varios momentos en el periodo Universitario, Alejandro P., Bogart R., Auwlyee C., Ivanna S., Lila G., Yenny M., Mariangela G., Virginia C., Alejita P., Josmary N., Estefanía V., Karol S., Gabriela P., Yudith F.

Gracias a aquellas personas que me brindaron su apoyo en el momento que más lo necesite durante muchos logros obtenidos.

Gracias a Bere por permitirme ser su compañero en este trabajo, por su amistad que me brindo y por ser una excelente persona, por tener una inmensa paciencia que permitió llegar al final de este proyecto del cual hoy en día nos sentiremos muy orgullosos por la realización y el proceso que llevo a cabo. ¡Gracias por todo Bere!

¡MIL GRACIAS A TODOS!

Oscar Díaz

DISEÑO DE LA INGENIERÍA BÁSICA DE UNA PLANTA PRODUCTORA DE PELLETS ELABORADOS A PARTIR DE BIOMASA FORESTAL.

Realizado por: Delgado G. Bereisa M. y Díaz D. Oscar D.
Profesor Guía: Ing. Demóstenes Quijada.
Fecha: 17 de Febrero de 2014

SINOPSIS

La transformación de un material en energía renovable, nace con el objetivo de cuidar el ecosistema, permitiendo conocer un mercado poco explorado de biomasa forestal, como alternativa de energía. El presente Trabajo Especial de Grado consistió en la realización del diseño de la ingeniería básica de una planta productora de pellets, a partir de madera que se produce en Venezuela. El diseño de la ingeniería básica de la planta productora propuesta consta de dos fases, que dan como producto terminado un biocombustible a partir de madera, para ello se tomaron en cuenta criterios básicos y las condiciones de operación, considerando los requerimientos de espacio y equipos para satisfacer una producción de $10.000 \frac{\text{toneladas}}{\text{año}}$. Durante el desarrollo de este proyecto se estableció el tipo de materia prima, de esta manera se caracterizaron las actividades primarias permitiendo generar alternativas de distribución de planta para luego seleccionar la mejor de ellas y elaborar una propuesta donde se describen dimensiones y capacidades técnicas de la maquinaria a utilizar. A su vez, conociendo los elementos que conforman el diseño de la planta se estimaron los costos de la inversión inicial referente a la maquinaria e instalaciones necesarias.

Palabras Claves: Pellets, diseño, planta, madera, biomasa, renovable.

ÍNDICE DE CONTENIDO.

DEDICATORIA.....	I
AGRADECIMIENTOS.....	II
SINOPSIS.....	IV
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	V
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	VII
ÍNDICE DE TABLAS.....	VIII
ÍNDICE DE ANEXOS.....	IX
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I: DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....	2
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	2
JUSTIFICACIÓN.....	3
OBJETIVOS.....	3
Objetivo general.....	3
Objetivos específicos.....	3
ALCANCE.....	4
LIMITACIONES.....	4
ANTECEDENTES.....	5
CAPÍTULO II: MARCO METODOLÓGICO.....	6
METODOLOGÍA.....	6
TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	7
DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.....	7
TÉCNICAS E INSTRUMENTOS PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS.....	7
CAPÍTULO III: MARCO TEÓRICO.....	8
BIOENERGÍA.....	8
BIOMASA.....	8
BIOCOMBUSTIBLES.....	8
PELLETS.....	9
MADERA.....	10
COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA MADERA.....	10
CLASIFICACIÓN DE LA MADERA.....	11
Maderas Duras.....	11
Maderas Blandas.....	11
HUMEDAD DE LA MADERA.....	11
PODER CALORÍFICO.....	13
MADERA EN VENEZUELA.....	14
INGENIERÍA BÁSICA.....	15
DISTRIBUCIÓN DE PLANTA.....	15
TIPOS DE DISTRIBUCIÓN EN PLANTA.....	16
MÉTODO S.L.P. (PLANEACIÓN SISTEMÁTICA DE LA DISTRIBUCIÓN DE PLANTA).....	17
DIAGRAMA DE RELACIONES.....	17
DIAGRAMA DE NODOS.....	17
CAPÍTULO IV: CRITERIOS DE DISEÑO.....	18
MADERA A USAR EN LA PLANTA DE PELLETS.....	19
CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN.....	19
PROCESO PRODUCTIVO DE PELLETS DEL PRE-TRATAMIENTO DE LA MADERA.....	20
DESCRIPCIÓN BÁSICA DE LAS ETAPAS DEL PROCESO PRODUCTIVO DEL PRE-TRATAMIENTO DE LA MADERA.....	21
Almacenaje de Materia Prima Entrante.....	21

Descortezado.....	21
Astillado.....	21
Re-Astillado.....	21
PROCESO PRODUCTIVO DE PELLETS A PARTIR DE ASTILLAS FINAS.....	21
DESCRIPCIÓN BÁSICA DE LAS ETAPAS DEL PROCESO PRODUCTIVO DE PELLETS A PARTIR DE ASTILLAS FINAS.....	22
Almacenamiento de Astillado Fino.....	22
Secado.....	23
Almacenamiento de producto seco.....	23
Molienda.....	23
Granulación o Pelletización.....	23
Enfriamiento de Pellets.....	23
Tamizado de Pellets.....	23
Almacenamiento y Despacho de Pellets.....	24
DIMENSIONAMIENTO DE LOS SUB-PRODUCTOS DEL PROCESO PRODUCTIVO DE PELLETS A PARTIR DE ASTILLAS FINAS.....	24
ASIGNACIÓN DE MAQUINARIAS A UTILIZAR EN EL PROCESO PRODUCTIVO DE PELLETS A PARTIR DE ASTILLAS FINAS.....	26
Almacenamiento y Despacho de Pellets.....	26
Tamizado de Pellets.....	30
Enfriamiento de Pellets.....	31
Granulación o Pelletización.....	33
Molienda.....	35
Almacenamiento de producto seco.....	37
Secado.....	38
DIMENSIONAMIENTO DE LOS SUB-PRODUCTOS DEL PROCESO PRODUCTIVO DEL PRE-TRATAMIENTO DE LA MADERA.....	39
ASIGNACIÓN DE MAQUINARIAS A UTILIZAR EN EL PROCESO PRODUCTIVO DEL PRE-TRATAMIENTO DE LA MADERA.....	40
Descortezado y Astillado.....	40
Re-Astillado.....	41
ASIGNACIÓN DE MAQUINARIAS AUXILIARES A UTILIZAR EN EL PROCESO PRODUCTIVO.....	42
Válvula Rotativa.....	42
Tornillo Sin Fin.....	43
Elevador de cangilones.....	44
Remolque Forestal (Grúa Móvil).....	45
CAPÍTULO V: CONDICIONES DE OPERACIÓN DEL DISEÑO.....	46
REQUERIMIENTOS DE ESPACIO.....	48
REQUERIMIENTO DE PERSONAL.....	50
REQUERIMIENTO DE SERVICIOS.....	51
CAPÍTULO VI: DISTRIBUCIÓN DE LA PLANTA.....	53
ESTRUCTURA DE LA PLANTA.....	58
CAPÍTULO VII: INVERSIÓN GENERAL DE LA PLANTA.....	61
CAPÍTULO VIII: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	65

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.

Ilustración 1: Estructura Desagregada del Trabajo Especial de Grado.	6
Ilustración 2: Pellets de Madera.	10
Ilustración 3: Proceso productivo del pre-tratamiento de la madera.	20
Ilustración 4: Proceso productivo de pellets a partir de astillas finas.	22
Ilustración 5: Camión Volquete.	28
Ilustración 6: Silos de almacenamiento final.	30
Ilustración 7: Tamizador TV.	31
Ilustración 8: Enfriador vertical tipo OP><FLO.	33
Ilustración 9: Pelletizadora BPP-PM 960.	35
Ilustración 10: Molinos de martillo BNB.	36
Ilustración 11: Silo Pulmón SP 01.	38
Ilustración 12: Torre-Tech 5.0.	39
Ilustración 13: Astillador 5000 H.	41
Ilustración 14: TCMH-15-27 (enero 2014).	42
Ilustración 15: Válvula Rotatoria para Pellets de Madera y astillas.	43
Ilustración 16: Tornillo sin fin.	44
Ilustración 17: Esquema del Proceso Productivo del Pre-Tratamiento de Madera en función a una producción diaria y su maquinaria a partir de troncos de madera.	46
Ilustración 18: Esquema del Proceso Productivo de Pellets en función a una producción diaria y su maquinaria a partir de astillado fino.	47
Ilustración 19: Tabla de Relaciones de las Distintas Áreas.	54
Ilustración 20: Representación Nodal.	55
Ilustración 21: Grilla de Distribución.	56
Ilustración 22: Distribución en bloques de la planta propuesta.	57
Ilustración 23: Layout General de la Planta de Producción de Pellets.	58
Ilustración 24: Bosquejo de la distribución de la planta productora de pellets Vista 1.	59
Ilustración 25: Bosquejo de la distribución de la planta productora de pellets vista 2.	59

ÍNDICE DE TABLAS.

Tabla 1. Estudios previos a la elaboración del presente TEG como referencia.	5
Tabla 2. Denominación de la madera según el contenido de humedad.	12
Tabla 3. Cuadro Comparativo entre Big Bags y Camión Volquete.	27
Tabla 4. Descripción de Camión Volquete.	29
Tabla 5. Descripción de Silo.	29
Tabla 6. Descripción del Tamizador.	31
Tabla 7. Descripción del Enfriador.	33
Tabla 8. Comparativo entre una Pelletizadora de Matriz Plana y Matriz Anular.	34
Tabla 9. Características de la Pelletizadora BPP-PM 960.	35
Tabla 10. Características de la molienda de martillos.	36
Tabla 11. Descripción del Silo SP-01.	37
Tabla 12. Comparación del Consumo energético de los secados.	38
Tabla 14. Cuadro comparativo entre equipos KMCE y Astillador 5000 H.	40
Tabla 13. Especificaciones de la molienda utilizada para el re-astillado.	42
Tabla 15. Descripción de la Válvula Rotativa RWN2.	43
Tabla 16. Descripción del tonillo sin fin	44
Tabla 17. Requerimientos de espacio del área de despacho.	48
Tabla 18. Requerimientos de espacio del área de producción.	49
Tabla 19. Requerimientos de espacio del área de secado.	49
Tabla 20. Requerimientos de espacio del área de pre-tratamiento.	49
Tabla 21. Requerimiento de espacio de oficinas.	50
Tabla 22. Tabla de potencias equipos de producción, secado y pre-tratamiento.	51
Tabla 23. Tabla de potencias equipos de oficina y comedor.	52
Tabla 24. Tabla de Potencias por área de trabajo.	52
Tabla 25 Claves de prioridad en tablas de relación.	53
Tabla 26 Tabla de Relaciones.	54
Tabla 27. Motivos de Relación.	55
Tabla 28. Código y cantidad de grillas requeridas por área.	56
Tabla 29. Precios de maquinarias requeridas en una planta de pellets.	63

ÍNDICE DE ANEXOS.

Anexo 1. Ciclo de Biomasa.	70
Anexo 2. Pellets.	71
Anexo 3. Valores límites para los parámetros más importantes de los pellets.	72
Anexo 4. Ecuaciones para determinar el porcentaje de humedad en la madera.	73
Anexo 5. Producción Nacional en rola, (m ³ OF.) serie 2002-2008.	74
Anexo 6. Producción nacional de madera en rola por entidad federal (m ³ Of.). Año 2008.	75
Anexo 7. Evidencias de agotamiento del petróleo.	76
Anexo 8. Estimaciones de producción de pellet en el mundo 2000-2010.	77
Anexo 9. Disponibilidad y Producción de Pellets 2008-2015.	78
Anexo 10. Producción nacional de madera en rola Principales especies Año 2008.	79
Anexo 11. Producción de madera en rola de reservas forestales de la tierra (m ³ OF.).	80
Anexo 12. Producción de madera en rola de reservas forestales de la tierra (m ³ OF.).	81
Anexo 13. Uso de la madera en rola proveniente de plantaciones forestales (m ³) Año 2008.	82
Anexo 14. Especificaciones del Camion Howo tipo Volquete .	83
Anexo 15. Especificaciones Técnicas de la Tamizadora para Pellets de madera.	84
Anexo 16. Especificaciones Técnicas del Enfriador de Pellets.	85
Anexo 17. Razones y características para Selección del Enfriador de Pellets.	86
Anexo 18. Especificaciones Técnicas de la Molienda.	87
Anexo 19. Especificaciones Técnicas del Enfriador de Pellets.	88
Anexo 20. Especificaciones Técnicas del Torre-Tech 5.0.	89
Anexo 21. Especificaciones de Molino.	90
Anexo 22. Especificaciones Técnicas del Astillador 5000H.	91
Anexo 23. Especificaciones de la Válvula Rotatoria para la descarga de Pellets de madera.	92
Anexo 24. Beneficios de la Válvula Rotatoria para la descarga de Pellets de madera.	93
Anexo 25. Elevador de cangilones.	94
Anexo 26. Remolque Forestal.	95
Anexo 27. Requerimiento grafico del área de Despacho.	96
Anexo 28. Requerimiento grafico del área de Producción.	97
Anexo 29. Requerimiento grafico del área de Secado.	98
Anexo 30. Requerimiento grafico del área de Pre- Tratamiento.	99
Anexo 31. Requerimiento grafico del área de Oficinas.	100
Anexo 32. Opción de Distribución 1.	101
Anexo 33. Opción de Distribución 2.	102
Anexo 34. Clima en Itaji sur de Brasil.	103
Anexo 35. Propuesta de la posible Ubicación de la Planta Productora de Pellets en Venezuela.	104
Anexo 36. Tasa vigente Divisas.	105

INTRODUCCIÓN.

El presente documento se estructuró en siete (7) capítulos más las secciones de bibliografía y anexos, como se muestra a continuación:

El capítulo I “**DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA**” permite la introducción del problema en estudio, junto con los objetivos planteados para dar solución al mismo. Dando a conocer la justificación de dicho estudio estableciendo sus alcances, limitaciones y antecedente. Cada uno de los asuntos mencionados permiten dejar clara toda la investigación.

El capítulo II “**MARCO METODOLÓGICO**” presenta los aspectos necesarios para constituir la metodología mediante la cual se realizó el estudio. Incluyendo información acerca de los métodos, técnicas, estrategias y procedimientos aplicados en la investigación.

El capítulo III “**MARCO TEÓRICO**” describe los conceptos implicados en la ingeniería básica del diseño de una planta generadora de pellets.

El capítulo IV “**CRITERIOS DE DISEÑO**” detalla los elementos previos que están vinculados en el diseño de una planta productora de pellets.

El capítulo V “**CONDICIONES DE DISEÑO**” establece las condiciones y requerimientos de diseño, para el diseño planteado.

En el capítulo VI “**DISTRIBUCIÓN DE PLANTA**” se procede a realizar el método convencional para la distribución de planta y oficinas.

El capítulo VII “**INVERSIÓN GENERAL DE LA PLANTA**” brinda la información necesaria para conocer la inversión principal para hacer de este proyecto una realidad.

En el capítulo VII “**CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**” se exponen las conclusiones del estudio realizado y un conjunto de recomendaciones.

CAPÍTULO I: DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.

Este capítulo permite la introducción del problema en estudio, junto con los objetivos planteados para dar solución al mismo. Dando a conocer la justificación de dicho estudio, estableciendo sus alcances, limitaciones y antecedentes. Cada uno de los asuntos mencionados permiten dejar clara toda la investigación.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

En la actualidad el uso de los derivados obtenidos a través del petróleo, para generar energía, es uno de los temas asociados a las polémicas de interés mundial. Al usar energía originada por recursos no renovables se deja al descubierto que la problemática se fundamenta en el hecho que el petróleo y sus derivados son recursos limitados y se están agotando con el pasar de los días.

Actualmente, se conoce que usar recursos renovables como generadores de energía reducen la participación del petróleo, por el hecho que estos recursos están disponibles para su transformación en recursos energéticos, reduciendo el uso del petróleo para generar energía.

Las energías renovables ofrecen una mejora importante respecto a las energías fósiles en cuanto a la reducción del impacto ambiental en el ciclo energético, por esto su desarrollo representa una de las herramientas de gran importancia, para luchar contra la degradación del medio ambiente.

De los distintos recursos renovables existentes para mermar el uso del petróleo se encuentra la madera, la cual por medio de diversos procesos a los cuales se somete, da origen a un tipo de biocombustible el cual genera energía limpia. Este tipo de energía obtenida a través de la madera además de ser considerada inagotables es menos contaminante a diferencia del petróleo y el carbón, razón por la cual es de vital importancia fomentar la utilización de este tipo de energía.

El uso de madera en la generación de un tipo de biocombustible denominado pellet, forma parte de la solución a la problemática planteada, apoyada en el hecho de que es un recurso que se encuentra a disposición. La producción de pellets como biocombustible es totalmente nueva e innovadora y con carácter totalmente ecológico.

Suecia, Finlandia, Canadá y Estados Unidos fueron los primeros países que incursionaron en la producción de pellets de madera. Luego se unieron Alemania, Austria, Estonia y en la actualidad existen plantas generadoras de este biocombustible en varios países del mundo.

Venezuela bajo sus condiciones y recursos, cuenta con la oportunidad de incursionar en el mercado de producción de pellets y ser competente frente a otros países. Para incorporarse en este mercado en un futuro cercano se propone el diseño de una nueva planta productora de pellets a base de madera, contemplando su ingeniería básica y tomando como plataforma, estudios previos que se han realizado sobre el sistema de producción de los pellets que garantizan que es un proyecto viable para una futura implantación.

JUSTIFICACIÓN.

Las líneas de investigación tanto académica como empresarial, se deben enfocar en buscar nuevas alternativas que permitan dar solución a diversas problemáticas del cuidado del medio ambiente.

Con este trabajo se puede plantear una alternativa al problema energético, dado a que en el presente se buscan constantemente recursos energéticos que remplacen a los combustibles convencionales. La fabricación de pellets de madera es una de las mejores alternativas que se pueden encontrar en la actualidad, debido a que se trata de un combustible ecológico y proporciona un ahorro energético, que no aumenta las emisiones de CO₂ a la atmósfera, consiguiendo así diversificar las fuentes de energía, reduciendo la intensidad de la demanda de combustibles fósiles.

OBJETIVOS.

Objetivo general.

Diseñar la ingeniería básica de una planta productora de pellets elaborados a partir de biomasa forestal.

Objetivos específicos.

- Establecer la forma de producción de pellets más acorde con el tipo de materia prima disponible en el país.
- Determinar los procesos productivos acordes con el sistema de producción seleccionado.

- Determinar los equipos que serán utilizados en los procesos productivos de la planta.
- Definir las condiciones de operación del sistema seleccionado.
- Establecer la distribución de equipos, procesos y operaciones de la planta propuesta.
- Determinar las rutas preliminares de servicios requeridas en el diseño de la planta.
- Estimar el costo de la planta propuesta.

ALCANCE.

El presente trabajo de grado cubrirá únicamente la fase del proyecto que tiene por objeto definir las líneas básicas del mismo, sin determinar la localización en el país, ya que no es indispensable esta característica para la realización de la ingeniería básica del proyecto propuesto, buscando lograr un diseño previo, sin limitar las necesidades y requerimientos de la planta a una zona específica, pero dejando plasmadas las condiciones que debería cumplir dicha localización.

No se llevará a cabo la implementación del proyecto, dado a que en la ingeniería básica se establecen de forma preliminar los requerimientos del mismo. Tampoco se hará un estudio de factibilidad económica, puesto que no se realiza el estudio de la cadena de suministro del proyecto que requiere para su implementación, por lo tanto, se estipulará una demanda que será independiente del mercado comercial.

El trabajo se desarrolla en conjunto con la Universidad de North Carolina State, cuyo Departamento de Ciencia del Papel y Madera, desarrolla una línea de investigación titulada “**WOOD BIOMASS SUPPLY CHAIN SIMULATION**”, (Simulación de la Cadena de Suministro de la Madera como Biomasa). Esta línea se basa en el estudio de los procesos necesarios para la transformación de la madera en energía aprovechable en el estado de Carolina del Norte. Adicionalmente, serán quienes brindarán apoyo con respecto a algunos conocimientos para este trabajo, estando siempre en contacto con tecnología de vanguardia.

LIMITACIONES.

- Dificultad en la obtención de información comercial de empresas productoras de pellets por razones estratégicas comerciales.

- Dificultad en la obtención de información requerida con respecto a los equipos y sus especificaciones debido a que la misma puede estar restringida por las empresas que los ofrecen por razones estratégicas comerciales
- El acceso a trabajos documentales de apoyo en algunos casos es restringido.

ANTECEDENTES.

Para llevar a cabo el presente Trabajo Especial de Grado (TEG), se consultaron investigaciones previas, a fin de concebir ideas y hacer comparaciones, para formar una base sólida en la cual se precise una posible forma de corregir el problema planteado. A continuación, en la tabla 1 se muestran los estudios previos consultados para la elaboración del presente Trabajo Especial de Grado.

**Tabla 1. Estudios previos a la elaboración del presente TEG como referencia.
Fuente: Elaboración Propia (2014).**

Título	Área de estudio, autores y profesores guías	Institución y Fecha	Objetivo General	Aportes
Diseño de una planta de peletización en Castilla y León	AUTOR: Guillermo González Yánquez TUTOR: Berta Herrero Ayestaran	Escuela politécnica superior Universidad Carlos III de Madrid ABRIL-2012	Diseño de una planta de peletización en la Comunidad de Castilla y León	Información referente a la humedad en la madera y su poder calorífico, y maquinarias de uso en el proceso
Estudio estratégico de la industria maderera en Venezuela, enfocado al posible desarrollo de nuevos productos	AUTORES: María Corina Marcano L María Eugenia Marcano L TUTOR: Henry Gasparín	Universidad Católica Andrés Bello Facultad de Ingeniería 2004	Realizar un estudio estratégico de la industria maderera en Venezuela, enfocado al posible desarrollo de nuevos productos,	Información sobre los tipos de maderas existentes en Venezuela y su ubicación.
Estudio del proceso de torrefacción de madera como parte de la cadena de suministro en la producción de biocombustible sólidos.	AUTORES: Alexandra C. Allen. Nicolás Arangueren TUTOR: Henry Gasparín	Universidad Católica Andrés Bello Facultad de Ingeniería 2010	Estudiar el proceso de torrefacción de la madera como parte de la cadena de suministro en la producción de biocombustibles sólidos	Información referente a la clasificación de distintos tipos de madera y maneras de secado

CAPÍTULO II: MARCO METODOLÓGICO.

Este capítulo presenta los aspectos necesarios para constituir la metodología mediante la cual se realizó el estudio. Incluyendo información acerca de los métodos, técnicas, estrategias y procedimientos aplicados en la investigación.

METODOLOGÍA.

Toda investigación requiere de lineamientos que permitan el cumplimiento de los objetivos propuestos. Para ello, se hace uso de una metodología que abarca una serie de pasos y estrategias que promueven una investigación en forma clara y sistemática. A continuación, en la figura 1 se describe por medio de la estructura desagregada del objetivo general del Trabajo Especial de Grado, la manera en la cual se apoyan los distintos objetivos específicos, que permite el desarrollo de dicho trabajo, indicando las técnicas y herramientas necesarias para dar finalidad al objetivo cuando este se ha cumplido.

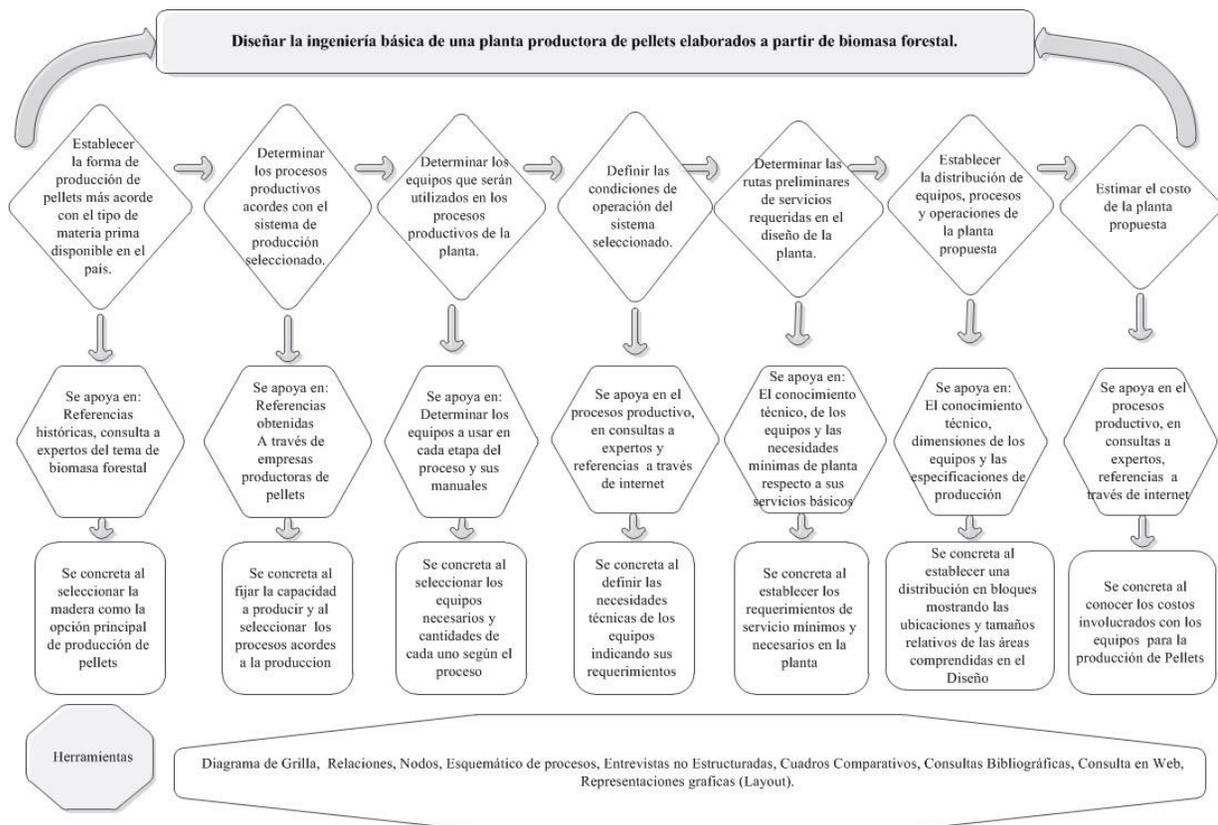


Ilustración 1: Estructura Desagregada del Trabajo Especial de Grado.
Fuente: Elaboración Propia (2013).

TIPO DE INVESTIGACIÓN.

Según la (UPEL, 1990) el proyecto factible consiste en la investigación, elaboración y desarrollo de una propuesta de un modelo operativo viable para solucionar problemas, requerimientos o necesidades de organizaciones o grupos sociales; puede referirse a la formulación de políticas, programas, tecnologías, métodos o procesos. El Proyecto debe estar apoyado en una investigación de tipo documental, de campo o un diseño que incluya ambas modalidades. El Proyecto Factible comprende las siguientes etapas generales: diagnóstico, planteamiento y fundamentación teórica de la propuesta; procedimiento metodológico, actividades y recursos necesarios para su ejecución; análisis y conclusiones sobre la viabilidad y realización del Proyecto.

DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.

El diseño de investigación es la estrategia general que adopta el investigador para responder al problema planteado. En atención al diseño, la investigación se clasifica en: documental, de campo y experimental. (Arias, 1999). La investigación documental, es estudio de problemas con el propósito de ampliar y profundizar el conocimiento de su naturaleza, con apoyo, principalmente, en trabajos previos, información y datos divulgados por medios impresos, audiovisuales o electrónicos. (UPEL, 1990).

TÉCNICAS E INSTRUMENTOS PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS.

La recolección de datos se refiere al uso de una gran diversidad de técnicas y herramientas de las cuales el investigador puede valerse para acercarse a los fenómenos y extraer de ellos información. Por esto, la labor previa de investigación, se fundamenta en el análisis documental y la entrevista no estructurada

Análisis documental: se basa en la revisión bibliográfica a fuentes de información como internet, libros, guía y artículos utilizados para extraer información referente al tema de la investigación. Entrevista no estructurada: más que un simple interrogatorio es una técnica basada en un dialogo o conversación “cara a cara”, entre el entrevistador y el entrevistado acerca de un tema previamente determinado, de tal manera que el entrevistador pueda obtener la información requerida. (Arias, 1999).

CAPÍTULO III: MARCO TEÓRICO.

A continuación, se describen los conceptos implicados en la ingeniería básica del diseño de una planta generadora de pellets.

Se desarrollaran directrices teóricas para dar a conocer las características del producto que se obtendrá a través de una planta productora de pellets, tomando en cuenta los aditamentos que se plantean para lograr las condiciones mínimas y necesarias en el diseño de ingeniería básica a realizar.

BIOENERGÍA.

Bioenergía es el término que define los sistemas de generación de energía a partir de biomasa.

BIOMASA.

La Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR) cataloga la “biomasa” como “todo material de origen biológico, excluyendo aquellos que han sido englobados en formaciones geológicas, sufriendo un proceso de mineralización”. Entre estos últimos estarían el carbón, el petróleo y el gas, cuya formación y composición hace miles de años no es comparable con lo que llamamos “el balance neutro de la biomasa” en las emisiones de dióxido de carbono (CO₂).

En cuanto a fines energéticos, la biomasa más adecuada es la de origen agrícola o forestal. La biomasa se utiliza para diversos usos: Generación de calor, frío, electricidad o transporte. Para facilitar su uso se transforma en biocombustible sólido, líquido o gaseoso. (IEA Bioenergy (International Energy Agency)).

BIOCOMBUSTIBLES.

Los biocombustibles son combustibles de origen biológico obtenidos de manera renovable a partir de restos orgánicos. Todos ellos reducen el volumen total de CO₂ que se emite en la atmósfera, ya que lo absorben a medida que crecen y emiten prácticamente la misma cantidad que los combustibles convencionales cuando se queman, por lo que se produce un proceso de ciclo cerrado (biodisol).

La combustión de biomasa no contribuye al aumento del efecto invernadero porque el carbono que se libera forma parte de la atmósfera actual y no del subsuelo.

La energía que contiene la biomasa es energía solar almacenada a través de la fotosíntesis, proceso por el cual algunos organismos, como las plantas, utilizan la energía solar para convertir los compuestos inorgánicos que asimilan (como el CO₂) en compuestos orgánicos (Ver Anexo 1).

PELLETS.

Los pellets son productos totalmente naturales, catalogados como biomasa sólida, formados por cilindros muy pequeños. Estos se conocen como biocombustible estandarizado y con alto rendimiento calorífico, este producto posee geometría cilíndrica la cual se obtiene a partir de la compresión de subproducto de astillas finas. procedente de troncos de madera.

La producción de los pellets se basa en el hecho de hacer uso de los recursos renovables y disponibles para generar un combustible sostenible.

El uso de los pellets, como combustible contribuye a reducir significativamente la emisión de gases de efecto invernadero a la atmósfera. La combustión de los pellets es mucho más eficiente que la combustión de la leña y por tanto las emisiones son mínimas (Ver Anexo 2).

Las propiedades de los pellets se rigen en función a distintos parámetros establecidos por sus condiciones físicas (Ver Anexo 3).

Los Pellets a base de madera seca forman un combustible que posee un poder calorífico que oscila los $4800 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg}}$, permitiendo generar energía 100% ecológica.

Los pellets generan energía de madera comprimida la cual puede ser almacenada y transportada fácilmente. Debido a su forma cilíndrica, lisa y de tamaño pequeño, los pellets tienden a comportarse como un fluido, dándoles la ventaja de ser fácilmente manipulados. Si los pellets se mantienen secos, estos poseen una gran durabilidad, permitiendo así mantener su calidad, son totalmente limpios y libres de gérmenes, no producen humos o gases nocivos para la salud por lo que pueden ser quemados en áreas densamente pobladas. Este producto es 100% natural y de origen orgánico.

Los usos principales de los pellets van desde calefacción y agua caliente sanitaria en viviendas unifamiliares, hasta comunidades de vecinos, empresas, oficinas, comercios,

hoteles, industria, invernaderos, etc. Cualquier instalación realizada con combustibles tradicionales se puede ejecutar mediante pellets. (kapelbi).



Ilustración 2: Pellets de Madera.

Fuente: Revista Ecología. (Recuperado agosto 2013).

MADERA.

Puede definirse a la madera de modo simple como la materia dura que constituye, el tronco, las ramas y las raíces de los árboles y arbustos. Conforman así mismo un complejo sistema de tejidos, presente en la mayoría de las plantas vasculares de las cuales es el aparato conductor y soporte. La madera no es un material homogéneo de estructura uniforme, sino un conjunto de células muy dispares que en el vegetal vivo cumplen, según sus características específicas, las funciones de transporte de la savia, transformación y almacenamiento de las sustancias y nutrientes, y sostén del vegetal. (Zanni, 2004).

COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA MADERA.

La biomasa de madera se compone de tres sustancias principales: Celulosa, Hemicelulosas y la Lignina.

La composición química elemental de la madera es prácticamente idéntica en las diferentes especies leñosas. Se puede generalizar que las maderas contienen aproximadamente un 50% de carbono, 6% de hidrógeno y el 43% de oxígeno. El 1% restante está compuesto por Nitrógeno y elementos minerales. Estos elementos químicos se agrupan en compuestos de armazón, llamados holocelulosas; compuestos de cementación denominados lignina, y en sustancias de impregnación tales como resinas, terpenas, ceras y otras sustancias minerales. (Zanni, 2004).

CLASIFICACIÓN DE LA MADERA.

La madera se puede clasificar de forma general en dos grandes grupos según sus características: maderas duras y maderas blandas.

Maderas Duras.

Son las maderas provenientes de los árboles de hoja caduca o de las coníferas, esta madera se extrae de los árboles de bajo crecimiento, por lo que exigen tierras ricas en nutrientes.

Los árboles de los que entran dentro ésta clasificación son: Fresno, Haya, Caoba, Roble, Abedul, Arce, Nogal, Cerezo, Olmo Rojo, Eucalipto Macarthurii, entre otros árboles.

La madera dura tiene un menor contenido de humedad y un BTU más alto, teniendo la ventaja de que se incinere y produzca más calor por mayor tiempo con respecto a otro tipo de madera.

Maderas Blandas.

Son las maderas provenientes de las coníferas o árboles de hoja perenne. Los árboles de los cuales proceden estas maderas son de un crecimiento rápido pero soportan menos a la intemperie. Las maderas blandas son resinosas, tienen una superficie lisa y el color es claro, amarillento, con nudos y vetas bien marcadas. Mecánicamente suelen ser más blandas que las maderas duras.

La madera blanda tiene un contenido más alto de humedad, por ende, se incinera con más calor al principio pero por un periodo de tiempo más corto. El alto contenido de savia de la madera blanda hace que ésta saque chispas y que cruja cuando está quemándose.

Los árboles que entran dentro esta categoría son: Pino, Pino Caribe, Cedro, Alerce, Abeto, Ciprés, Tuya, Enebro. Se utilizan para fabricar todo tipo de muebles, elaboración de pulpa para el papel, estructurales de casas, elaboración de madera contrachapada, suelos, etc.

HUMEDAD DE LA MADERA.

Humedad o grado de humedad de madera es el porcentaje, en peso, del agua retenida en la madera respecto al de la madera anhidra como punto de referencia, debido a que esta madera no contiene humedad. (Capuz Lladro, 2005).

La humedad es una variable muy importante desde el punto de vista del aprovechamiento energético, es la que tiene mayor influencia en el poder calorífico de las mismas, más aún que la especie de madera. La humedad puede medirse en base seca, o en base húmeda. (Yánquez, 2012).

Para determinar el contenido o porcentaje de humedad en la madera, se utilizan expresiones dadas en base seca o en base húmeda (Ver Anexo 4).

Las maderas según su contenido de humedad se denominan de la siguiente manera:

Tabla 2. Denominación de la madera según el contenido de humedad.

Fuente: Capuz Lladro, 2005.

Contenido de Humedad con respecto a su condición anhidra (%)	Denominación
>30	Madera Saturada
30-23	Madera Semi-Seca
22-18	Madera Comercialmente Seca
17-13	Madera Secada al aire
<13	Madera Desechada
0	Madera Anhidra

En la tabla anterior se muestran los rangos de humedad y según esto su denominación. La madera varía entre límites muy amplios, al ser tan variable esto, cuando se tiene un porcentaje del 30% está saturada de humedad, siendo esta la humedad de un árbol recién cortado, variando según la época del año, la región de procedencia y la especie forestal que se trate. (Yánquez, 2012).

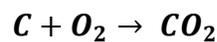
La humedad es un parámetro de suma importancia ya que influye en su durabilidad, resistencia, peso, y especialmente en sus dimensiones, ya que si la madera adquiere más humedad, se hincha, y si se la pierde, merma su tamaño. Adicionalmente, cuanto mayor es la humedad, menor es el poder calorífico que se puede obtener a través de la madera y esto se debe a:

- Cuanto mayor humedad tiene la madera, menos materia seca hay por unidad de masa y como lo que proporciona el calor al arder es la materia seca y no el agua, menor será el calor suministrado. (Yánquez, 2012).

- Cuanto más humedad tiene la madera, mayor cantidad de agua hay que evaporar, y en esta evaporación consume calor, con lo que la reacción de combustión invierte parte del calor producido en evaporar dicha agua. (Yánquez, 2012).

PODER CALORÍFICO.

Desde el punto de vista energético, una de las principales características de los biocombustibles es su poder calorífico. Es la cantidad de calor que entrega un kilogramo, o un metro cúbico, de combustible al oxidarse en forma completa. Es decir, cuando el carbono pase a anhídrido carbónico (ING Fernadez).



Para su cálculo se utilizan equipos calorimétricos que consisten en quemar una cierta cantidad de combustible y medir la cantidad de calor producida a través de la energía térmica ganada por el agua. Esta propiedad se traduce en la cantidad de energía a liberar el material por unidad de peso. El poder calorífico se mide en $\frac{Kcal}{Kg}$, $\frac{Kcal}{m^3}$, $\frac{BTU}{lb}$, $\frac{BTU}{pie^3}$.

En la actualidad el poder calorífico se clasifica en las siguientes categorías: poder calorífico superior (PCS), poder calorífico inferior (PCI) y poder calorífico real (PCR). Como referencia por parte de expertos, en España la obtención del poder calorífico se realiza a volumen constante y no a presión constante. (Yánquez, 2012).

- Poder calorífico superior (PCS): también conocido como calor de combustión superior, es el calor desprendido por un kilogramo de biomasa forestal y su valor se mide en bomba calorimétrica.
- Poder calorífico inferior (PCI): es el calor desprendido por un kilogramo de biomasa forestal, en una combustión en la que el agua libre se libera en forma de vapor. Si esta agua se condensa desprendería calor y obtendríamos entonces el PCS, añadiendo al PCI este calor desprendido.
- El PCI es menor que el PCS, y cuanto mayor es la humedad, mayor resulta esta diferencia.
- Poder calorífico real o efectivo (PCR): se obtiene multiplicando el PCI por el rendimiento de la combustión que a efectos prácticos suele ser de 0,85 (Martín., 2001).

La expresión del cálculo del PCI en la madera y la corteza viene dada de la siguiente manera:

$$PCI = mxPCI_m + cxPCI_c$$

Dónde:

- m= Tanto por uno en peso de la madera.
- C= Tanto por uno en peso de la corteza.
- PCI_m= Poder calorífico inferior de la madera en $\frac{kcal}{Kg}$.
- PCI_c= Poder calorífico inferior de la corteza.

El poder calorífico de los biocombustibles sólidos de origen forestal debe ser función de las humedades medidas en base seca (h) o en base húmeda (H) mediante las siguientes expresiones:

$$PCI_{(h)} = PCS0 \times \left[\frac{1}{1 + h} \right] - 665 \times \left[\frac{0,54 + h}{1 + h} \right].$$

O

$$PCI_{(H)} = PCS0 \times (1 - H) - 665 \times (0,54 - 0,46H)$$

Dónde:

- PSC0 es el poder calorífico superior anhidro en $\frac{kcal}{Kg}$.
- PCI es el poder calorífico inferior en $\frac{kcal}{Kg}$.

MADERA EN VENEZUELA.

Venezuela tiene 47,7 millones de hectáreas de bosques, y un gran potencial como productor de madera en rola, es aquella que no se elabora antes de su uso y no se emplea como leña, pues más del 16% de su superficie está destinada a la producción forestal, bajo las figuras de Reservas Forestales y Lotes Boscosos. (Carrero G, 2008).

La producción nacional de madera en rola para el año 2008, fue de 1.501.732,800 metros cúbicos oficiales (m³ Of). Se destaca que el mayor aporte a la producción nacional de madera proviene de las plantaciones forestales de Pino Caribe, ubicadas en los estados Monagas y Anzoátegui con 1.251.971,000 (m³ Of). Seguido de las plantaciones forestales con

otras especies (112.409,250 m³ Of.), permisos anuales (80.609,700 m³ Of.) y la producción bajo la modalidad de manejo forestal (56.742,850 m³ Of.). (Ministerio del Poder Popular para el Ambiente, 2010) (Ver Anexo 5).

Las reservas forestales, los lotes boscosos y las plantaciones forestales son las fuentes principales que satisfacen de materia prima a la industria maderera en Venezuela y las principales zonas que satisfacen a dicha industria según su volumen siendo las entidades de Anzoátegui y Monagas quienes realizan el mayor aporte al sector maderero (Ver Anexo 6).

INGENIERÍA BÁSICA.

Define los lineamientos generales e ideas básicas del proyecto. Estas ideas y definiciones del proyecto son los pilares en que se basará la ingeniería de detalle, para la ejecución de los planos constructivos.

La ingeniería básica es desarrollada por un grupo pequeño de ingenieros (en comparación con la ingeniería de detalle que requiere más personas dedicadas), que elaboran planos, especificaciones técnicas, y si corresponden documentación de licitación (Universidad Nacional de la Plata).

En general la ingeniería básica define:

- Requerimientos de servicios.
- Disposición de equipos (layout).
- Dimensiones de la estructura física.
- Definición y especificación de equipos.
- Esquemas funcionales básicos.

La ingeniería básica no es constructiva, con los planos disponibles en esta etapa no se pueden construir ni montar los equipos. Esta documentación es con fines de evaluar la obra y los trabajos de montaje, con suficiente aproximación para lograr una cotización válida.

DISTRIBUCIÓN DE PLANTA.

En un diseño de planta es fundamental establecer la distribución de la planta, debido a que por medio de esta se logra organizar los medios productivos. Lograr un orden en la planta depende de varios factores entre los cuales se toman en cuenta: la interacción entre las

maquinarias involucradas con el proceso, junto los materiales que estas máquinas procesan. Es evidente que la forma de organizar los medios productivos influye en la edificación (Vergel Ramirez , 2009).

“La distribución en planta es un fundamento de la industria. Determina la eficiencia y en algunos casos, la supervivencia de una empresa” (Muther, Distribución de planta, ordenación nacional de los elementos de producción industrial).

La distribución en planta es un concepto relacionado con la disposición de las maquinarias, los departamentos, las estaciones de trabajo, las áreas de almacenamiento, los pasillos, los espacios comunes dentro de la instalación productiva propuesta.

Factores que afectan a la distribución en planta:

- Materiales (materias primas, producto en curso, productos terminados).
- Operaciones necesarias, secuencias, etc.
- Maquinaria.
- Flujo de personal.
- Espera (Almacenes temporales, permanentes, salas de espera).
- Servicios (Producción, inspección, control programaciones, etc.).
- Edificio (Elementos y particularidades interiores y exteriores del mismo).
- Versatilidad, flexibilidad, expansión.

TIPOS DE DISTRIBUCIÓN EN PLANTA

Generalmente se manejan tres tipos de distribución los cuales son: disposición por componente principal fijo, disposición por proceso o función y disposición por producto o en línea.

Disposición por producto o en línea.

Denominada "Producción en cadena". En este caso, toda la maquinaria y equipos necesarios para fabricar determinado producto se agrupan en una misma zona y se ordenan de acuerdo con el proceso de fabricación. Se emplea principalmente en los casos en que exista una elevada demanda de uno o varios productos más o menos normalizados (Vergel Ramirez , 2009).

También conocida como talleres de configuración continúa o en serie donde se organizan de acuerdo a la secuencia de fabricación, con procesos estables y especializados en uno o pocos productos y en grandes lotes. En ellos, las actividades de programación están encaminadas principalmente, a ajustar la tasa de producción periódicamente.

MÉTODO S.L.P. (PLANEACIÓN SISTEMÁTICA DE LA DISTRIBUCIÓN DE PLANTA).

El método S.L.P. es una forma organizada de realizar la planeación de una distribución, está constituido por cuatro fases, en una serie de procedimientos, símbolos convencionales para identificar, evaluar y visualizar los elementos y áreas involucradas en la planificación. Esta técnica, incluyendo el método simplificado, puede aplicarse a oficinas, laboratorios, áreas de servicio, almacén u instalaciones productivas y es igualmente aplicable para la realización de redistribuciones, distribuciones y relocalizaciones.

DIAGRAMA DE RELACIONES.

El diagrama de la relación de actividades, al que también se le da el nombre de diagrama de análisis de afinidades, muestra las relaciones de cada departamento, oficina o área de servicios, con cualquier otro departamento y área, se usan códigos de cercanía para reflejar la importancia de cada relación. Como persona nueva o consultor externo, necesita hablar con muchas personas a fin de determinar dichos códigos, y una vez establecidos, se determina casi todo el acomodo de los departamentos, oficinas y áreas de servicio.

DIAGRAMA DE NODOS.

En este diagrama se muestran las áreas de la planta y su distribución, permitiendo empezar a visualizar la distribución de las áreas de la planta, en donde se utiliza un código de líneas que indican la importancia de la cercanía entre un área y otra.

CAPÍTULO IV: CRITERIOS DE DISEÑO

El siguiente capítulo detalla los elementos previos que están vinculados en el diseño de la ingeniería básica de la planta productora de pellets.

El diseño de la ingeniería básica de la planta productora de pellets, va dirigida al uso de biomasa forestal, la cual tendrá como materia prima la madera y con un enfoque de producción industrial.

Universidades e Institutos dedicados al uso de la energía renovables realizan estudios referentes a la obtención de los pellets de madera con mayor eficiencia energética, dichos estudios son confidenciales según lo establecido por cada entidad por razones de competencias académicas y comerciales según sea el caso. La Universidad de North Carolina State y paralelamente instituciones europeas como es el caso de la Unión Europea de Desarrollo Regional, el Ministerio de Economía y Competitividad, La Fundación Asturiana de la Energía y otros están vinculados con el estudio del uso de la energía renovable, tienen como meta encontrar una alternativa para disminuir el uso del petróleo, debido a las evidencias existentes de su agotamiento (Ver Anexo 7).

La elaboración de los pellets de madera dirigida a la producción de gran escala, según la Asociación Europea de Biomasa en la 3rd **AEBIOM European Bioenergy Conference** 2012 celebrada en el año 2012 en Berlín, indicó que el mercado de pellets de madera ha experimentado un gran crecimiento en los últimos años. En el 2010 la producción mundial de pellets de madera llegó a 14,3 millones de toneladas, mientras que el consumo fue cerca de 13,5 millones de toneladas. A nivel mundial, la capacidad de producción de las plantas de pellets también está aumentando. Entre 2009 y 2010 en la capacidad instalada de producción global de la industria de pellets se ha registrado un aumento del 22%, llegando a más de 28 millones de toneladas. Se observó el mayor aumento de la capacidad de producción en América del Norte (los EE.UU., Canadá) y Rusia, seguidos por los países europeos tradicionales productores como Alemania, Suecia y Austria. A partir del 2006 se comenzó a registrar una producción de pellets en Sur América, siendo en este año de 52 toneladas, manteniéndose esta cantidad a través de los años registrados hasta el 2010 (Ver Anexo 8).

Adicionalmente a estas afirmaciones se le unen la estimación realizada a un plazo más extenso, para el año 2015 en donde se espera que la producción de pellets global este

comprendida alrededor de los 23.5 millones de toneladas y para Sur América debería ser de 0.7 millones de toneladas (Ver Anexo 9).

La información anterior indica que la producción de pellets de madera posee una tendencia favorable a consumir a través de los años, dando un excelente enfoque de progreso, con fines de entrar en un mercado de alto crecimiento. Venezuela cuenta con los recursos necesarios para exportar la producción de dicho producto logrando ser un país competente en este sector.

MADERA A USAR EN LA PLANTA DE PELLETS.

Entre los tipos de madera aptos para la producción de pellets se encuentra el Pino Caribe y el Eucalipto, los cuales están comprendido en la clasificación de maderas blandas y duras respectivamente.

El Pino Caribe junto con el Eucalipto son las especies que predominan en el territorio nacional, por tal motivo queda en evidencia por medio del gráfico extraído del Ministerio del Poder Popular para el Ambiente (MINAMB-DG BOSQUES), que una planta productora de pellets en Venezuela debe contar con las siguientes especies de árboles como materia prima el Pino Caribe y el Eucalipto (Ver Anexo 10).

En el territorio Venezolano predomina el Pino Caribe y el Eucaliptos frente a otros tipos de especies basados en la producción en rollos (Ver Anexo 11) y (Ver Anexo 12).

El Pino Caribe y Eucalipto en Venezuela tienen un uso aserrable y pulpable, siendo proveniente de plantaciones forestales (Ver Anexo 13).

Seleccionando el Pino Caribe y el Eucalipto como alternativas del tipo de madera a usar para la producción de pellets del diseño, se concreta el primer objetivo de establecer la forma de producción de pellets más acorde con el tipo de materia prima disponible en el país.

CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN.

Según la AEIBOM European Biomass Association para el 2009, alrededor de 670 plantas de producción de pellets en Europa contaban con una producción cercana a las 10.000 $\frac{\text{toneladas}}{\text{año}}$, siendo estas las de menor capacidad de producción.

En Venezuela existe una empresa, creada con el fin de producir pellets de madera, dicha empresa tiene por nombre Venezuela Pellets Company C.A. ubicada en Puerto Ordaz,

Estado Bolívar. Esta empresa estima que su capacidad de producción debe ser $10.000 \frac{\text{toneladas}}{\text{año}}$ para incursionar en el mercado de pellets de madera, dicha información es sustentada por expertos en el área forestal venezolana que están a disposición de la empresa exclusivamente.

Basado en las premisas anteriores se establece que la capacidad de producción de la planta de pellets a diseñar por los criterios anteriores es de $10.000 \frac{\text{toneladas}}{\text{año}}$. A partir de esta cantidad se fijará las dimensiones, maquinarias y demás elementos requeridos para el diseño de la ingeniería básica de dicha planta.

PROCESO PRODUCTIVO DE PELLETS DEL PRE-TRATAMIENTO DE LA MADERA

La materia prima entrante al proceso son rolas de madera de Eucalipto o Pino Caribe, para las cuales se debe realizar un pre-tratamiento para obtener como resultado el aserrín que servirá de subproducto para la producción de pellets. Este proceso productivo está comprendido desde un almacenamiento de troncos de las maderas explicadas anteriormente hasta la obtención de las astillas finas.

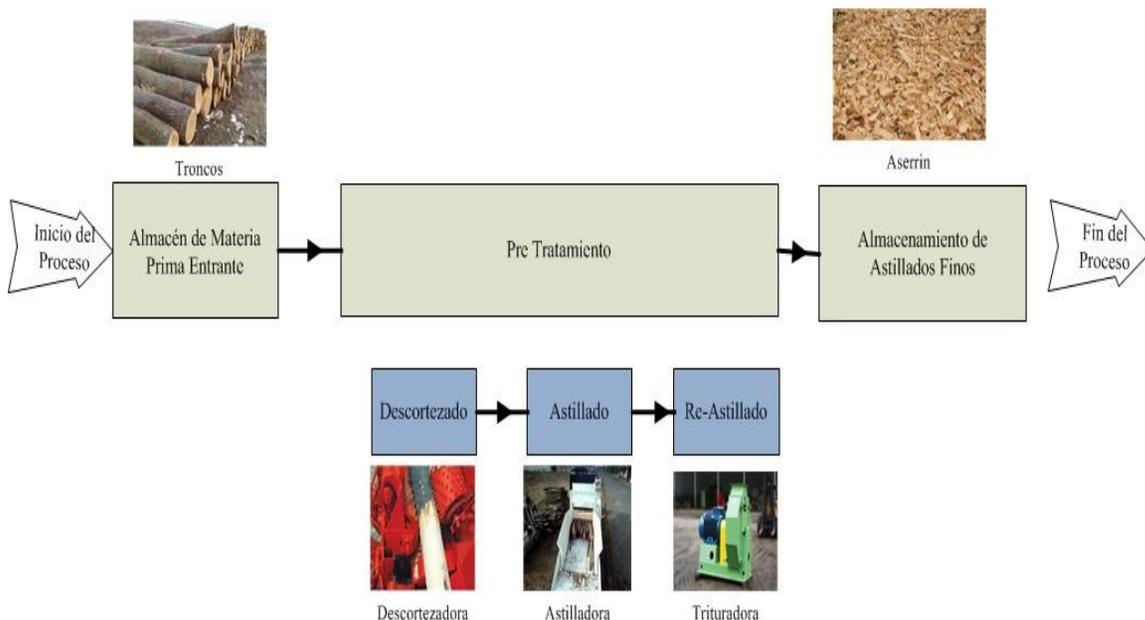


Ilustración 3: Proceso productivo del pre-tratamiento de la madera.
Fuente: Elaboración Propia (Enero 2014).

DESCRIPCIÓN BÁSICA DE LAS ETAPAS DEL PROCESO PRODUCTIVO DEL PRE-TRATAMIENTO DE LA MADERA.

Almacenaje de Materia Prima Entrante.

Este almacenaje se realiza con el fin de recibir materia prima por parte de los distintos proveedores clasificando el tipo de madera dura (Eucalipto) o madera blanda (Pino Caribe). El cumplimiento de esta etapa se fundamenta en el uso de una maquinaria de trabajo, siendo esta una grúa de transbordo de madera.

Descortezado.

Esta etapa del proceso tiene como objetivo eliminar cortezas e impurezas superficiales encontradas en el tronco de madera, para llevar a cabo esta parte del proceso se usan equipos descortezadores.

Astillado.

El objetivo del astillado es obtener como materia prima pequeñas astillas de madera, las cuales serán de alta calidad debido al gran tamaño de la entrada de producto, en este caso troncos descortezados. Para este proceso se requiere del uso de astilladoras de troncos de madera.

Re-Astillado.

El pre-tratamiento de la madera finaliza con este proceso, el cual consiste en un astillamiento fino, para ello se usan equipos de astillado con características específicas que permitan obtener un producto más fino denominado aserrín.

PROCESO PRODUCTIVO DE PELLETS A PARTIR DE ASTILLAS FINAS.

Para dar inicio al proceso de los pellets se debe establecer el subproducto que para este caso en estudio es el aserrín de Pino Caribe o Eucalipto que se obtiene mediante los distintos procesos que involucran distintas máquinas.

Este proceso productivo está comprendido desde un almacenamiento al aire libre hasta la obtención de los pellets que serán destinados al área de almacenamiento de producto final.

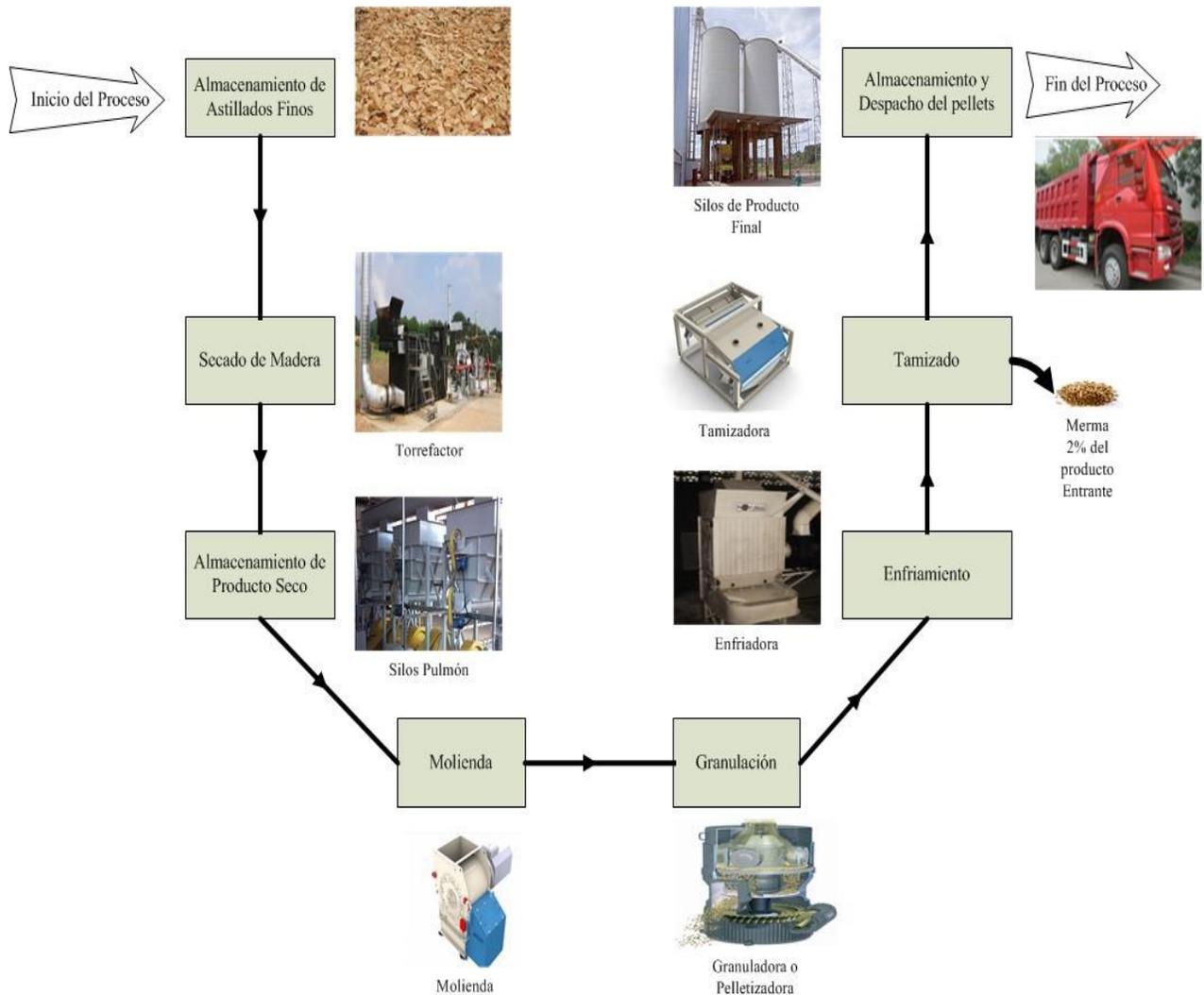


Ilustración 4: Proceso productivo de pellets a partir de astillas finas.
Fuente: Elaboración Propia (Enero 2014).

DESCRIPCIÓN BÁSICA DE LAS ETAPAS DEL PROCESO PRODUCTIVO DE PELLETS A PARTIR DE ASTILLAS FINAS.

El Proceso productivo de la producción de Pellets se fundamenta en las siguientes etapas:

Almacenamiento de Astillado Fino.

Esta etapa del proceso es la encargada de recolectar la materia prima, la cual corresponde a un astillado fino. Para el cumplimiento de esta no se requiere de un equipo especializado, solo de un espacio destinado para ser almacenado dicho producto mientras es preparado para la siguiente etapa que corresponde al secado.

Secado.

La etapa del secado es la de mayor importancia en todo el proceso de elaboración de pellets, dado que es la etapa en la cual se extrae la mayor cantidad de humedad del subproducto en proceso. El secado se puede realizar a través de diferentes equipos especializados para esta actividad, entre los cuales se encuentran los torrefactores y secadores rotativos, los cuales reducen la humedad, hasta llegar a un rango de 10% a 12%.

Almacenamiento de producto seco.

El almacenamiento de producto seco consta de facilitar la autonomía de la planta, permitiendo obtener un contenido de humedad uniforme, para ello cuenta con el uso de silos de almacenamiento siendo de gran importancia para el proceso de molienda.

Molienda.

La etapa de molienda es donde se obtiene uniformidad del producto secado, obteniendo de esta forma un tamaño ideal para facilitar la actividad de granulación.

Granulación o Pelletización.

Durante el proceso de pelletización el producto es comprimido mediante una matriz, encargada de reducir el volumen de la materia prima, transformándola en pellets de diámetro de 6 u 8 mm. El uso de una matriz permite que la temperatura de salida en la granulación adquiera una densidad que facilita el almacenamiento.

Enfriamiento de Pellets.

La etapa de enfriamiento es muy importante en todo el proceso de producción de pellets. Luego de la granulación, la temperatura de los pellets es alta (usualmente aprox. 90 °C). El enfriado estabiliza a los pellets y endurece la lignina derretida en la superficie de los pellets, y de ahí la forma de los pellets se mantiene sin cambios.

Tamizado de Pellets.

El tamizado, es donde el polvo de la materia prima, mezclado entre los pellets, es separado del proceso. Para el tamizado usualmente se utiliza un tamizador con sistema de vibración para asegurar un producto homogéneo, evitando que cause problemas en el manejo y traslado del producto.

Almacenamiento y Despacho de Pellets.

Una vez que se cumplió con la etapa anterior, finalmente los pellets son almacenados en silos. Para su despacho se puede realizar en dos maneras con silos con carga directa a camión o embolsados en Big Bags (que pueden ir de 500 kg a 1000 kg).

DIMENSIONAMIENTO DE LOS SUB-PRODUCTOS DEL PROCESO PRODUCTIVO DE PELLETS A PARTIR DE ASTILLAS FINAS.

La asignación de las maquinarias de cada una de las etapas del proceso productivo parte de distintos elementos, tales como:

- Capacidad de producción determinada anteriormente, siendo esta $10.000 \frac{\text{toneladas}}{\text{año}}$.
- Principios de cada etapa del proceso productivo
- Características del producto inicial y el producto final en cada etapa.

El dimensionamiento de los sub-productos del proceso productivo de pellets a partir de astillas finas, se realiza a partir de la etapa final del proceso, “ALMACENAMIENTO Y DESPACHO DE PELLETS”, con el objetivo de lograr el máximo nivel de actividad que se puede alcanzar diariamente en el proceso productivo diario, hasta la etapa de “ALMACENAMIENTO DE ASTILLADO FINO” que es la inicial de este proceso.

Estos cálculos se basan en realizar un diseño de una planta que trabaje 220 días al año por 10 horas diarias de forma continua, una vez ya establecida la cantidad de producto terminado que se espera obtener, expresado de la siguiente manera:

$$10.000 \frac{\text{toneladas}}{\text{año}} * \frac{1 \text{ año}}{220 \text{ días}} = 45,5 \frac{\text{toneladas}}{\text{días}} * \frac{1 \text{ día}}{10 \text{ horas}} = 4,55 \frac{\text{toneladas}}{\text{horas}}$$

Al Establecer la cantidad de $10.000 \frac{\text{toneladas}}{\text{año}}$ se condiciona la etapa del “Almacenamiento y Despacho de Pellets” y todas las demás, con fines de establecer a través de cálculos las cantidades de subproducto necesario en cada una de las etapas involucradas que están comprendidas en el proceso productivo de pellets.

Haciendo uso de la referencia propuesta en el proyecto de fin de carrera titulado “DISEÑO DE UNA PLANTA DE PELETIZACIÓN EN CASTILLA Y LEÓN” de Guillermo González

Yánquez. El subproducto (Astillas Finas) propuesto de este trabajo es $11.500 \frac{\text{toneladas}}{\text{año}}$ para obtener $6.804 \frac{\text{toneladas}}{\text{año}}$ de pellets, estas cantidades son determinadas en base a la pérdida de peso que tiene el subproducto en cada etapa al extraer humedad, siendo estas etapas el secado y el pelletizado.

Para el diseño a proponer se toma en cuenta una etapa adicional en la que se considera una pérdida de peso, siendo esta la etapa del tamizado, el cual afecta la cantidad a producir, debido a que se separa una fracción fina de polvo de los pellets listos para almacenar. Dicha fracción separada está comprendida entre un 1.96% y 2% del producto entrante a la tamizadora dando como resultado una merma aproximada de $200 \frac{\text{toneladas}}{\text{año}}$.

Tomando en cuenta lo antes mencionado, se realiza una comparación con la producción de los pellets de la planta en Castilla y León y lo que se desea producir dando como resultado que hasta la etapa de pelletizado en este caso de estudio, se debe tener en cuenta un total $10.200 \frac{\text{toneladas}}{\text{año}}$ de subproducto resultante por ende se requiere un total de $17.239,86 \frac{\text{toneladas}}{\text{año}}$ de materia prima (Astillas finas).

El subproducto requerido en la etapa de “ALMACENAMIENTO DE ASTILLAS FINAS,” debe tener una humedad del 50%, siendo procesado en las etapas siguientes, por ende es necesario resaltar que en las etapas de secado, granulación y tamizado se logra una extracción que no es considerable como despreciable.

Las siguientes ecuaciones permiten establecer la cantidad de subproducto que se pierde en cada uno de los procesos mencionados.

$$\text{Peso del subproducto} * \% \text{ agua a eliminar} = \text{peso que pierde tras el secado}$$

$$\text{Peso que pierde tras el secado} * \% \text{ agua a eliminar} = \text{peso que pierde tras granulación}$$

Las etapas de molienda y enfriamiento no generan pérdidas de peso aptas para ser consideradas en los subproductos, por tal motivo no se altera la cantidad de subproducto necesaria para cada etapa.

Este trabajo especial de grado propone un diseño en donde la producción de los pellets se dé con un producto terminado que posea una humedad del 8% y para lograr este número durante el proceso de secado sólo se deberá extraer un aproximado del 39% de humedad. Esto no se verá implicado por el tipo de secado utilizado, lo cual indica que durante esta etapa solo se permite dicha pérdida en peso y humedad.

$$\text{Peso que pierde tras el secado} = 17.239,86 \frac{\text{toneladas}}{\text{año}} * 39\% = 6723,54 \frac{\text{toneladas}}{\text{año}}$$

El subproducto resultante del proceso de secado vendría a ser de $10.516,31 \frac{\text{toneladas}}{\text{año}}$, el cual es tratado en la molienda y en la etapa de granulación, generando una pérdida de peso del 3%, permitiendo establecer el peso al finalizar la etapa del pelletizado.

$$\text{Peso que pierde tras pelletizado} = 10.516,31 \frac{\text{toneladas}}{\text{año}} * 3\% = 315,49 \frac{\text{toneladas}}{\text{año}}$$

El subproducto resultante del proceso de granulación después de todas estas etapas vendría a ser de $10.200,82 \frac{\text{toneladas}}{\text{año}}$.

ASIGNACIÓN DE MAQUINARIAS A UTILIZAR EN EL PROCESO PRODUCTIVO DE PELLETS A PARTIR DE ASTILLAS FINAS.

La asignación de maquinarias inicia a partir de la etapa final del proceso productivo “ALMACENAMIENTO Y DESPACHO DE PELLETS” hasta la etapa de “ALMACENAMIENTO DE ASTILLAS FINAS”, debido al orden que se estableció durante el dimensionamiento de los sub-producto necesarios en cada etapa del proceso.

Almacenamiento y Despacho de Pellets.

En cuanto al despacho de los pellets se manejan dos opciones:

- Embolsados de Big Bags.

Para realizar este tipo de despacho se demanda el uso de 46 bolsas Big Bags de 1000 kg cada una diariamente, para satisfacer la capacidad de producción establecida.

- Carga directa a camión.

Se deben utilizar dos camiones volquete, con una capacidad de 25 toneladas cada camión, de esta forma se podrá satisfacer la capacidad de producción.

Por medio del siguiente cuadro comparativo se expresan los principales requerimientos de cada una de las opciones de despacho:

Tabla 3. Cuadro Comparativo entre Big Bags y Camión Volquete.
Fuente: Elaboración Propia (2013).

REQUERIMIENTOS	BIG BAGS	CAMIÓN VOLQUETE
Cantidad Mínima en Promedio	46 bolsas	2 unidades
Aditamentos Adicionales *	Si	No
Espacio almacenamiento adicional**	Si	No
Área de despacho	Si	Si

*Requiere el uso de traspaletas, básculas, paletas de almacenamiento, transporte externo adicional.

** Requiere un área de almacenamiento previo al despacho.

El cuadro anterior deja en evidencia que el uso del embolsado por medio de Big Bags posee mayores requerimientos que el camión volquete, por ende se adopta usar la opción de carga directa a camión, debido a que este proceso no amerita el uso de aditamentos y espacios de almacenamientos adicionales, permitiendo que sea un proceso sencillo para el diseño de la ingeniería básica en función a una posible ampliación.

Debido al tipo de despacho de los pellets, el almacenamiento de los mismos deberá ser en un silo vertical con descarga automática a camión, permitiendo agilizar la descarga y transporte de los pellets almacenados.

Determinada la cantidad de producción de producto terminado diario, el diseño de la ingeniería básica plantea cumplir con un almacenamiento de 5 días a la semana, basado en la siguiente expresión.

$$5 \text{ días} * 10 \frac{\text{horas}}{\text{días}} * 4,55 \frac{\text{toneladas}}{\text{horas}} = 228 \text{ Toneladas}$$

La densidad de los pellets exige que sea superior a $600 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}$, para dimensionar los silos del almacenamiento se debe tener en cuenta dicha densidad. Para el proyecto en marcha la densidad aparente de los pellets es de $760 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}$, de tal manera el volumen mínimo necesario para cumplir con las toneladas promedio para 5 días correspondería a 300 m^3 este cálculo se apoya

en la siguiente expresión: $volumen = \frac{masa}{densidad}$. Permitiendo así definir la cantidad de silos, los cuales deben cumplir con las siguientes especificaciones:

- Una altura mínima superior a los 9.50 m y un diámetro aproximado de 2 m.
- La jácena secundaria debe tener una altura de 4.75 m, la cual es suficiente para el paso de los camiones, sirviendo de apoyo a la plataforma de la tolva.
- Fondo cónico con un ángulo comprendido entre 45° y 60°, que permite el vaciado completo del silo.
- Escalera o plataforma de acceso al techo.
- Plataforma y acceso para el mantenimiento de los paneles de explosión situados en el techo del silo.
- La capacidad de almacenamiento mínima deberá ser aproximadamente de 106,6 m³.
- El caudal de vaciado consta de una línea de descarga en camión, cuyo valor será de 20 toneladas hora.
- Una boquilla de salida cuadrada que permita la instalación de una válvula reguladora de los pellets terminado.

A continuación se describen los siguientes equipos que se ajustan a los requerimientos establecidos anteriormente:

Se encuentra en el mercado el siguiente Camión Volquete, se describen a continuación sus especificaciones (Ver Anexo 14):



Ilustración 5: Camión Volquete.

Fuente: <http://spanish.alibaba.com/p-detail/howo-camiones-para-la-venta-300000177350.html>.

Tabla 4. Descripción de Camión Volquete.

Fuente: <http://spanish.alibaba.com/p-detail/howo-camiones-para-la-venta-300000177350.html>.

DESCRIPCIÓN DEL CAMIÓN				
Parámetro Peso	Masa en orden de marcha del vehículo completo (kg)	12220		
	Masa máxima autorizada, total (kg)	25000		
Parámetro Dimensión	Dimensiones exteriores (mm)	Longitud (mm)	7835	
		Ancho (mm)	2496	
		Altura (mm)	3170	
	Distancia entre ejes (mm)		3400+1350	
	Tamaños de carga internos	Longitud (mm)	5400	
		Ancho (mm)	2300	
Altura (mm)		1400		
Parámetros de rendimiento	Velocidad máxima (km / h)		75	
	Pendiente máxima (%)		70	
	Diámetro de giro (m)		16	

En cuanto al silo de producto final (Pellets) se encuentra en el mercado el siguiente, siendo sus especificaciones básicas:

Tabla 5. Descripción de Silo.

Fuente: **Inversiones Macsil.**

DESCRIPCIÓN DEL SILO		
Capacidad (toneladas)	60	
Parámetro Dimensión	Diámetro (m)	2.7
	Altura (m)	11



Ilustración 6: Silos de almacenamiento final.

Fuente: Inversiones Macsil.

Tamizado de Pellets.

La etapa de tamizado tiene como objetivo recuperar los finos de gránulos no compactados, es decir, permite separar el polvo de la materia prima mezclado entre los pellets, por dicha razón se requiere un equipo que conste de:

- Sistema de vibrado asegurándose así que el producto sea homogéneo.
- Sistema de auto balanceo específico que optimiza el reparto de los productos.
- Equipo adaptado a todas las granulometrías, desde gránulos con diámetro grande hasta los productos harinosos.
- Salida de los productos acabados por caja mono o multidireccional con elemento de unión circular flexible.
- Un cuerpo del tamizador en acero suspendido por 8 hilos de acero trenzado, puesto en vibración por un motor vibrante.
- Un tamiz inclinado ribeteado sobre un bastidor metálico móvil de apriete rápido. (Yánquez, 2012).

De los tamizadores aptos para la manipulación de los pellets, se encuentra en el mercado el fabricado por la empresa francesa Promill Stolz S. A., dichos equipos están diseñados para la clasificación granulométrica o eliminación de desechos en los productos a granel. Existen diversos modelos basados en la capacidad. En este tipo de equipo se debe considerar el impacto que genera su función principal, la cual es clasificar el subproducto de manera tal que solo pase aquél que se adapte a las características deseadas del producto final. El subproducto que no cumple con dichas características es considerado un desperdicio.

En la etapa del tamizado durante el proceso de separación, el subproducto que no cumple con las especificaciones necesarias de los pellets es considerando una merma y el mismo va a representar un 2% aproximado del subproducto, que se encuentra medido en $\frac{\text{toneladas}}{\text{horas}}$, se opta por fijar este porcentaje debido a la consulta realizada a expertos del Centro De Investigación De Ingeniería (CIDI) relacionados con el tema del tamizado. Para el caso en estudio, esto representa $0,090 \frac{\text{toneladas}}{\text{horas}}$ de merma apoyado en la siguiente expresión $\text{merma del tamizado} = \text{sub - producto del enfriado} * 20\%$. Por tal motivo, para dar inicio al proceso del tamizado esté debe tener un aproximado de $4,63 \frac{\text{toneladas}}{\text{horas}}$ como subproducto inicial.

Debido a la cantidad de entrada de subproducto que debe ser tamizada, el modelo que se adapta a estas condiciones es el de modelo TV2 (Ver anexo 15).

Tabla 6. Descripción del Tamizador.
Fuente: Promill Stolz S. A (Ene-2014).

CARACTERÍSTICAS TV2	
Capacidad en $\frac{\text{toneladas}}{\text{horas}}$	5 a 15
Superficie de la rejilla en m ²	2
Potencia del motor instalado	1.5 kW
Peso en Vacío	300 kg



Ilustración 7: Tamizador TV.
Fuente: promill.fr (Ene-2014).

Enfriamiento de Pellets.

Luego de la etapa de granulación, los pellets poseen una temperatura elevada que se debe disminuir para así proporcionarle consistencia y dureza. Por esto se procede a incorporar

un sistema de enfriamiento, siendo el de mayor eficiencia el enfriador de contra flujo, el cual proporciona una corriente de aire frío en sentido contrario a la caída de los pellets para así reducir su temperatura y evitar que sea frágil y propenso a la formación de hongos. El enfriador de contra flujo puede ser vertical u horizontal. Sin embargo el enfriador de contraflujo vertical es el que cumple con las características de ofrecer un producto con mejores condiciones finales y en un menor espacio físico ya que no ocuparía el espacio innecesario siendo el caso de uno horizontal y por referencia de Muther, R. (1981) “Se deben utilizar aquella maquinaria que cumpla con las condiciones de operación en el menor espacio siempre y cuando esta no desmejores el resultado final”.

El Enfriador Vertical genera un producto que entra en dirección opuesta a un flujo de aire que ingresa desde el fondo del equipo. El producto que ingresa gradualmente seco y con temperatura, dentro del equipo se encuentra con una corriente de aire ascendente, la cual arrastra las partículas de humedad y el calor fuera del equipo, dejando así el material en condiciones óptimas para su almacenamiento.

La selección del enfriador vertical de contraflujo se fundamenta en la información ofrecida por MABRIK, en la cual se expresa que este tipo de enfriador aplica un flujo transversal de aire frío suave a los pellets y de esta manera se minimiza el porcentaje de los pellets rotos o con fisuras adicionalmente a esta afirmación esta tecnología de enfriamiento es consigue un importante ahorro energético debido a su bajo consumo de electricidad.

(Ver Anexo 16).

Por lo tanto el equipo que se requiere debe contar con las siguientes características:

- Una Esclusa de Alimentación.
- Motor eléctrico o cilindros neumáticos que regulen la descarga de aire.
- Válvula de control de caudal de aire.
- Sensor de sobrecarga y de nivel que permita el funcionamiento automático del sistema de extracción, para que ocurra la variación de la capa de pellets.
- Sistema extractor deslizante que asegura una salida lineal de los productos.
- Tolva Colectora con dispositivo estático regulable de ajuste del caudal de caída.
- Capacidad mayor de $4,781 \frac{\text{toneladas}}{\text{horas}}$.

El modelo de enfriador que se adapta a estas condiciones, y se encuentra en el mercado es el enfriador vertical tipo OP><FLO, modelo RBR-67-4 (Ver Anexo 17).

Tabla 7. Descripción del Enfriador.
Fuente: Promill.fr (Ene-2014).

CARACTERÍSTICAS RBR-67-4.	
Capacidad Promedio	7.25 $\frac{\text{toneladas}}{\text{horas}}$
Caudal de aire promedio	5437 $\frac{\text{m}^3}{\text{horas}}$
Tiempo retención	10 min
Peso	1225 Kg



Ilustración 8: Enfriador vertical tipo OP><FLO.
Fuente: Bliss Industries Inc. (Ene-2014).

Granulación o Pelletización.

En esta etapa se requiere el uso de una pelletizadora, la cual permitirá a través de la compresión del aserrín, formar aglomerados con una solidez suficiente denominados pellets. El equipo destinado para esta etapa consta de herramientas de compactación, este proceso consiste en aplicar presión mediante unos rodillos, situados en la matriz metálica con orificios de salida, con el tamaño del material que se desea obtener, a la salida de este equipo una cuchilla corta uno a uno los pellets proporcionándole la longitud requerida.

La máquina pelletizadora genera pellets de forma cilíndrica con un diámetro de 6 mm y una longitud del 30 mm en función de la matriz utilizada y el corte especificado, dicha matriz puede ser plana o anular. A continuación se muestra un cuadro comparativo:

Tabla 8. Comparativo entre una Pelletizadora de Matriz Plana y Matriz Anular.
Fuente: Elaboración Propia (2014).

CARACTERÍSTICA	PELLETIZADORA MATRIZ PLANA	PELLETIZADORA MATRIZ ANULAR
Matriz	Matriz es fija y tiene la forma de un disco horizontal, mientras que los rodillos recorren la cara superior.	Matriz es anular o en anillo fija y discos animados con movimiento giratorio
Maquinaria	Una construcción robusta y alta fiabilidad operacional de las prensas.	Creciente complejidad de las máquinas.
Montaje	Forma plana y está montada verticalmente	Forma cilíndrica de ancho y está montada verticalmente
Alimentación del sub-producto	A través de caída libre. La gran cámara de granulación evita bloqueos.	Un Rodillo: Se realiza mediante gravedad o mediante un tornillo sin fin Dos o Tres Rodillos: Alimentación centrífuga llevada a cabo mediante direccionamiento de la materia prima a los rodillos
Mantenimiento	Facilidad de limpieza y durabilidad	Facilidad de mantenimiento
Eficiencia Energética	Menor	Mayor
Costo y Disponibilidad	Mayor	Menor
Capacidad Usual	$0.3 \frac{\text{toneladas}}{\text{horas}}$ a $8 \frac{\text{toneladas}}{\text{horas}}$	$0.5 \frac{\text{toneladas}}{\text{horas}}$ a $5.5 \frac{\text{toneladas}}{\text{horas}}$

Para el diseño de la planta propuesta se utilizará una Pelletizadora de matriz anulares, debido a que existe una mayor disponibilidad en el mercado, desde que aparecieron las primeras pelletizadoras, su componente principal ha sido las matrices anulares, por ende son las más utilizadas en las empresas productoras de pellets y está demostrado su buen funcionamiento. Por esto se requiere un equipo que cuente con las siguientes características:

- Matriz Anular.
- Moduladores hechos de acero inoxidable.
- Rodillos de compresión que posean dientes altamente resistentes al desgaste.
- Alta potencia y accionamiento por correa sincrónica.
- Sistema de transmisión de la compactadora de virutas de baja potencia.
- Bimotor de accionamiento por correa triangular.
- Capacidad de procesar de $4,64 \frac{\text{toneladas}}{\text{horas}}$ como mínimo.

El modelo que se adapta a estas características es el proporcionado por la empresa Beijing Panda PelletsMachinery Co. BPP-PM 960. Del cual se requiere un solo equipo de este tipo según las siguientes características:

Tabla 9. Características de la Pelletizadora BPP-PM 960.
Fuente: Beijing Panda Pellet Machinery Co. (enero 2014).

CARACTERÍSTICAS BPP-PM 960	
Capacidad	4.5-5.5 $\frac{\text{toneladas}}{\text{horas}}$
Potencia	400 KW
Peso	12 Ton



Ilustración 9: Pelletizadora BPP-PM 960.
Fuente: Beijing Panda Pellet Machinery Co. (enero 2014).

Molienda.

Luego del secado, se procede a triturar la madera hasta obtener un tamaño adecuado para el calibre de cada uno de los pellets finales. La materia prima a granular en este proceso suele estar entre los 9 y los 11 mm de diámetro, y se debe reducir su diámetro hasta un máximo de 3 mm, debido a que debe ser inferior el diámetro de los pellets, dicho proceso es realizado porque en el secado se producen partículas de tamaños diferentes, y se necesita que estas sean homogéneas para entrar a la etapa de pelletizado. El equipo utilizado en esta etapa son los molinos de martillos de astilla fina, estos equipos están provistos de varios martillos que giran sobre su propio eje, a una velocidad variable, según sea el fabricante así como el modelo, potencia instalada etc.

El molino de martillo que se debe utilizar para esta etapa debe cumplir con las siguientes características mínimas:

- Molino de recogida mecánica con cambio manual de rejilla en parada.
- Martillos de alta resistencia.
- Cámara de molienda.
- Alimentación del rotor ampliar y accionamiento manual.

- Rotor dinámicamente equilibrado.
- Rejillas de alta calidad, compuesta con más de dos partes.
- Banca rígida que soporta el molino y el motor.
- Capacidad mínima requerida de 4,78 toneladas/hora a procesar.

El modelo de molino de martillo existente en el mercado que cumple con dichas características, es de la marca Promill Stolz tipo BNB 50, y por ende ser requiere solo de uno de este de modelo (Ver Anexo 18) y (Ver Anexo 19).

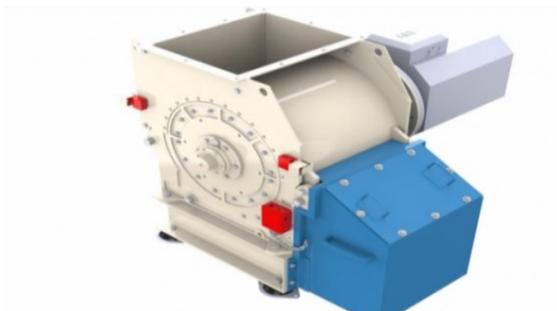
Tabla 10. Características de la molienda de martillos.

Fuente: promill.fr (Ene-2014).

CARACTERÍSTICAS BNB50.	
Cámara de molienda	530 mm
Martillos	Total de 32.
	Velocidad de 109 m/s.
	Dimensión de un martillo: 330 x 100 x 10 mm.
	Peso de un martillo: 2,24 Kg.
Rotor	Diámetro exterior: 1.384 mm.
	Peso: 428 Kg.
Capacidad	6 a 7 $\frac{\text{toneladas}}{\text{horas}}$
Potencia	200 KW
Peso	4.900 Kg
Rejilla	Superficie útil: 1,5 m ²

Ilustración 10: Molinos de martillo BNB.

Fuente: promill.fr (Ene-2014).



Almacenamiento de producto seco.

Al reducir la humedad del aserrín en el secador, el aserrín fino y seco debe ser almacenado en una tolva que preceda a ser triturado y al pelletizado, este tipo de almacenaje debe alimentar al molino y la pelletizadora durante un turno laboral de 10 horas. Debido a esto se necesita de un movimiento frecuente del subproducto y por ende se recurre a utilizar un silo de carga, conocido comúnmente como silo de pulmón.

Un silo de pulmón es una tolva o una unidad de almacenaje temporal con bocas de descarga y comprende entre dos velocidades de flujos diferentes, es un silo de retención alimentado por gravedad por un equipo. Ellos no son construidos para almacenaje, la función de ellos es hacer funcionar el proceso durante el tiempo establecido de la planta durante su proceso, estos silos no son útiles para almacenar subproductos.

Para lograr determinar la cantidad de silos de almacenamiento de producto seco se tomará una densidad de $450 \frac{kg}{m^3}$ correspondiente al aserrín y haciendo de la siguiente expresión $volumen = \frac{masa}{densidad}$, y determinando que a la salida del secador se debería contar con $4.78 \frac{toneladas}{hora}$ aproximadamente con fines de lograr la producción propuesta diaria, en función a estos datos se determinó el volumen necesario de almacenamiento, siendo este de $10,63 m^3$.

Debido a la información anterior, se encontró en el mercado un silo que corresponde con un volumen de $12 m^3$ y con una capacidad de 5 toneladas como mínimo.

El modelo encontrado y se adapta a estas condiciones es el ofertado por la empresa brasilera Lippel, el modelo SP 01.

Tabla 11. Descripción del Silo SP-01.

Fuente: Lippel. (Enero 2014).

DESCRIPCIÓN DEL SILO		
Capacidad (toneladas)	5	
Parámetro Dimensión	Diámetro (m)	2.7
	Altura (m)	11



Ilustración 11: Silo Pulmón SP 01.
Fuente: Lippel. (Enero 2014).

Secado.

En la etapa del secado se debe tener en cuenta el porcentaje de humedad extraído del subproducto entrante, ya que durante cada uno de los procesos se conoce en promedio la pérdida de humedad que se genera.

Por cual, se evalúa el uso de aplicar el secado tradicional (Rotativos) o el secado por torrefacción, puesto que con ambos se logra reducir la humedad del subproducto entrante en un 39%.

Mediante una comparación del consumo energético generado por los equipos aptos para realizar el secado pertinente, se llega a la conclusión que aquel equipo que tenga un menor consumo energético es más rentable desde el punto de vista ecológico y de energía limpia.

Tabla 12. Comparación del Consumo energético de los secados.
FUENTE: (A, R, & D) Pirraglia A, González R, Saloni D.

EQUIPO A COMPARAR	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD REQUERIDA	CAPACIDAD DE EQUIPO(TON/HORAS)	CONSUMO ENERGÉTICO (KWH/TON)
Secador Rotativo	Heil Triple Pass Dryer	1	5	310
Torrefactor	Torre-Tech 5.0	1	5	29,05

En función a la tabla anterior se puntualiza que el proceso de torrefacción requiere un menor consumo energético para producir un producto con mayor poder calorífico neto.

La torrefacción es un proceso que busca modificar las mejores características productivas del producto a secar entre las cuales se sabe que da origen a un proceso hidrofóbico, por ende el resultante del secado por torrefacción no absorbe humedad ambiental y hace que perdure más en el tiempo motivo por el cual se hará uso del equipo diseñado por la Universidad North Carolina State Torre-Tech 5.0 siendo el torrefactor que cumple con las condiciones y sugerido por el Experto (Saloni, Daniel en consulta telefónica) (Ver Anexo 20).



Ilustración 12: Torre-Tech 5.0.
Fuente: Sustainable Brands (Feb-2014).

DIMENSIONAMIENTO DE LOS SUB-PRODUCTOS DEL PROCESO PRODUCTIVO DEL PRE-TRATAMIENTO DE LA MADERA.

Para el proceso productivo de los pellets se requieren de $7,84 \frac{\text{toneladas}}{\text{hora}}$ de aserrín como materia prima. El pre-tratamiento debe disponer de $14,12 \frac{\text{toneladas}}{\text{hora}}$ de eucalipto o $15,05 \frac{\text{toneladas}}{\text{hora}}$ de pino caribe aproximadamente. Estas cantidades se determinan en base a las densidades de cada una de las especies, $450 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}$ y $480 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}$ respectivamente en función a la densidad que deben poseer las astillas para la producción de los pellets apoyado en la siguiente expresión $\frac{\delta \text{ de arbol (Pino Caribe o Eucalipto)}}{\delta \text{ del arbol en Astillas deseadas}} * \text{kg de astillas} = \text{Kg de rolas de madera}.$

ASIGNACIÓN DE MAQUINARIAS A UTILIZAR EN EL PROCESO PRODUCTIVO DEL PRE-TRATAMIENTO DE LA MADERA.

Descortezado y Astillado.

En cuanto al descortezado se tienen varios métodos, el más apropiado para el diseño propuesto es la descortezadora de madera de tipo canal, debido a que este producto tiene un porcentaje bajo de fallos y una larga vida útil, y los efectos de descortezado se pueden ajustar a distintos tipos de madera, independiente de su longitud, grado de pliegue, sequedad o humedad. El astillado de los troncos descortezados reduce la madera sólida a pequeñas porciones mediante un mecanismo de corte y son fabricadas para resistir trabajo diario. Cuentan con una plataforma de alimentación que mueve automáticamente el material para hacerlo pasar por la astilladora. Tanto la descortezadora y la astilladora deben estar diseñada con características exclusivas que aumenten la facilidad de operación, produzcan una alta eficiencia y sean seguras para el operador.

Para seleccionar el equipo adecuado a esta etapa, se realiza la comparación entre usar una descortezadora y una astilladora de la empresa KMCE, o adquirir un equipo de la empresa Peterson que es un desramador, descortezador y astillador de discos que produce madera picada de alta calidad. A continuación se muestra un cuadro comparativo de las características de los tres equipos.

Tabla 13. Cuadro comparativo entre equipos KMCE y Astillador 5000 H.
Fuente: Elaboración Propia (2014).

Características	OPCIÓN 1		OPCIÓN 2
	Descortezadora KMCE	Astilladora KMCE	Astillador 5000 H
Capacidad	7-8 t/h	8-12 t/h	100 t/h
Porcentaje de descortezado	>90%	-	95%
Porcentaje de pérdida de madera	< 2%	-	1%
Diámetro de los trozos de madera:	2-50 cm	-	56 cm
Tamaño de la viruta	-	25-35 mm	16-32 mm
Potencia	15 KW	55 KW	783 KW
Diámetro del disco de cuchillos		950 mm	168 mm
Equipo			

Se opta por seleccionar el Astillador 5000 H debido a que este equipo realiza las funciones de carga, descortezado y astillado, permitiendo así procesar árboles completos en una sola operación continua. A parte de las características antes mencionadas de este equipo, también se tiene que sus motores son más eficientes en el consumo combustible y que la cabina de control de la grúa cargadora es resistente para todo clima y alta visibilidad permitiendo un control preciso del operador, y también posee una gran capacidad de $\frac{\text{toneladas}}{\text{hora}}$. (Ver Anexo 21).

En esta etapa la opción uno, requiere de una grúa que permita transportar los árboles a la descortezadora, en cambio el equipo de la opción 2 se omite el uso de esta satisfaciendo esta necesidad con un solo equipo.



Ilustración 13: Astillador 5000 H.
Fuente: Peterson (Enero 2014)
Re-Astillado.

Se debe realizar un re-astillado luego del astillado principal, ya que se espera que a la entrada del proceso de secado el subproducto sean astillas finas. El molino que se debe utilizar en esta etapa debe soportar los más altos esfuerzos en la trituración y molienda y debe cumplir con las siguientes características:

- Construcción robusta y pesada.
- Rotor equilibrado y dinámicamente apoyado sobre rodamientos de bolas de alto rendimiento.
- Larga vida de piezas de desgaste, con apertura hidráulica del equipo.
- Doble sentido de rotación del rotor, con dos grandes puertas de acceso facilitando el mantenimiento y cambio de cribas y martillos.

- El eje del rotor conectado al motor principal por medio de un acoplamiento elástico, para evitar la transmisión de vibraciones.
- Separación entre el cuerpo del molino y las cribas, para evitar el apelmazamiento y facilita la evacuación del producto.
- Operación continua mínimo de $10 \frac{\text{horas}}{\text{día}}$.
- Una capacidad mayor de $7,83 \frac{\text{toneladas}}{\text{hora}}$ para satisfacer la entrada al secado por hora.

El modelo que más se adapta a estas características es el proporcionado por la empresa T Cuñat de la serie TCMH-1500 B (Ver Anexo 22).

Las siguientes especificaciones de este equipo son:

Tabla 14. Especificaciones de la molienda utilizada para el re-astillado.

Fuente: T-Cuñat (Enero 2014).

CARACTERÍSTICAS TCMH-1500 B	
Rpm	1500
Capacidad	$10 \frac{\text{toneladas}}{\text{horas}}$
Potencia	200 KW
Peso	4.900 Kg



Ilustración 14: TCMH-15-27 (enero 2014).

Fuente: TCuñat (Enero 2014).

ASIGNACIÓN DE MAQUINARIAS AUXILIARES A UTILIZAR EN EL PROCESO PRODUCTIVO.

Válvula Rotativa.

El silo de almacenamiento final necesita de una descarga controlada del producto terminado, por ende se requiere de la instalación de un equipo desarrollado para la

transferencia de dicho producto. La opción más adecuada es la instalación de una válvula rotativa de caída libre al mismo. La válvula requiere las siguientes especificaciones:

- Diferentes unidades para diferentes velocidades de rotación.
- Diseño robusto y compacto.
- Fácil acceso a todos los componentes mecánicos internos.
- Puerta de inspección para el rotor.
- La puesta en marcha sea a través transmisión por corriente eléctrica, adaptada con un circuito sencillo que permita realizar un sistema de monitoreo.

En cuanto a la válvula rotativa se encuentra en el mercado la siguiente, siendo sus especificaciones básicas (Ver Anexo 23) y (Ver Anexo 24).

Tabla 15. Descripción de la Válvula Rotativa RWN2.

Fuente: wamgroup (Ene-2014).

DESCRIPCIÓN DE LA VÁLVULA ROTATIVA RWN2	
Velocidad del Rotor	30 Rpm
Potencia del Motor	1,1 KW
Tasa de Descarga	28,88 Ton/hora
Presión Diferencial Máxima	4,4 Psi



Ilustración 15: Válvula Rotatoria para Pellets de Madera y astillas.

Fuente: wamgroup (Ene-2014).

Tornillo Sin Fin.

Es necesario instalar un sistema modular de transporte, que permita el transporte de las astillas húmedas, secas y el producto terminado, en algunos casos deben ser simples o dobles para el transporte horizontal o inclinado, por lo tanto, se opta por el uso de un tornillo sin fin.

Con este sistema se evita que los materiales puedan ser contaminados por ambientes externos. Al mismo disminuye tiempo, la pérdida de material.

Las características que debe poseer dicho equipo son las siguientes:

- El transportador helicoidal debe tener una gran capacidad de carga. Además, ser seguro y fiable.
- El transportador de tornillo debe poseer una larga vida útil y ser fácil de instalar y mantener.
- Mantener una alta velocidad de rotación para asegurar un rápido y bien distribuido transporte.
- Las entradas y salidas de material dispuestas de manera flexible.
- Dispositivo de limpieza en la apertura para descarga.
- Los extremos del transportador de tornillo deben constar de bridas para conectarlos y formar uno completo.

Tabla 16. Descripción del tonillo sin fin

Fuente: Elaboración Propia (2014)

DESCRIPCIÓN DEL TORNILLO SIN FIN	
Potencia	7,5 KW
Longitud Media	8-10 m



Ilustración 16: Tornillo sin fin.

Fuente: wamgroup (Ene-2014).

Elevador de cangilones.

A la entrada del enfriador es necesario elevar el sub-producto que viene del pelletizado para dar inicio a la etapa del enfriado. Entonces, se opta por utilizar un elevador de cangilones, el cual permite una mejor manipulación del aserrín comprimido, facilitando la carga del material y realizando una descarga del mismo a través de la rotación del cangilón. Utilizar este dispositivo evita la retroalimentación de materiales (Ver Anexo 25).

El elevador de cangilones debe poseer como mínimo las siguientes características:

- Una altura de 4 m.
- Una capacidad de 20 m³.
- Estructura Liviana.
- Montaje Simple.

Remolque Forestal (Grúa Móvil).

En el pre-tratamiento se contempla un área de almacén de troncos, de los cuales la astilladora dispone para realizar el proceso de descortezado y astillado de los mismos. Debido a que hay la posibilidad de recibir gran cantidad de rolas, es necesario adquirir un remolque forestal para movilizar las rolas al área cercana de la astilladora (Ver Anexo 26).

Fijando la capacidad de producción, seleccionado los equipos que están involucrados en las fases de pre-tratamiento y producción que permite la transformación de madera blanda o dura en pellets, se cumple el segundo y tercer objetivo del proyecto.

CAPÍTULO V: CONDICIONES DE OPERACIÓN DEL DISEÑO

En el siguiente capítulo se especifica los requerimientos de cada uno de los equipos seleccionados en el capítulo anterior y la cantidad necesaria para llevar a cabo el proceso productivo.

A continuación, se muestra gráficamente un breve resumen de los equipos involucrados en cada uno de los procesos productivos en función a sus capacidades de subproducto de manera individual y la cantidad de equipos necesarios para llevar a cabo cada etapa, acorde a la producción diaria de $4,55 \frac{\text{toneladas}}{\text{horas}}$ con la cual se estima lograr $10.000 \frac{\text{toneladas}}{\text{Año}}$.

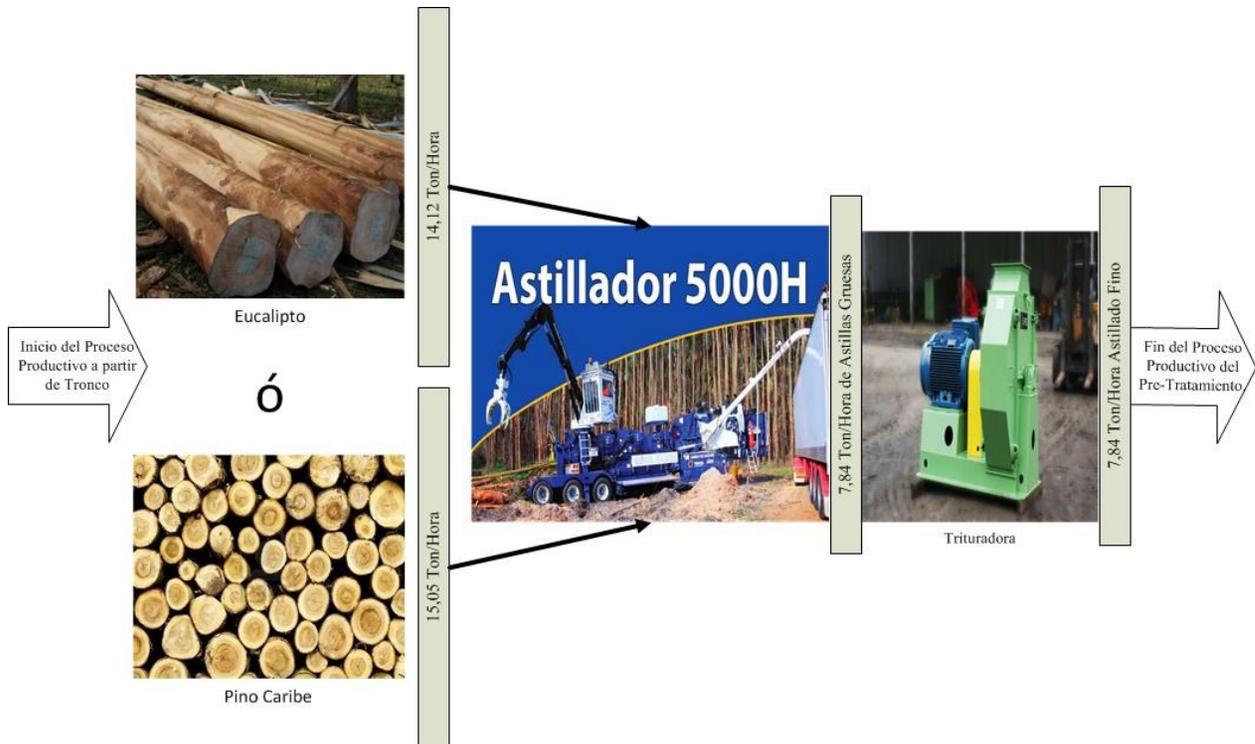


Ilustración 17: Esquema del Proceso Productivo del Pre-Tratamiento de Madera en función a una producción diaria y su maquinaria a partir de troncos de madera.

Fuente: Elaboración Propia (Enero 2014).

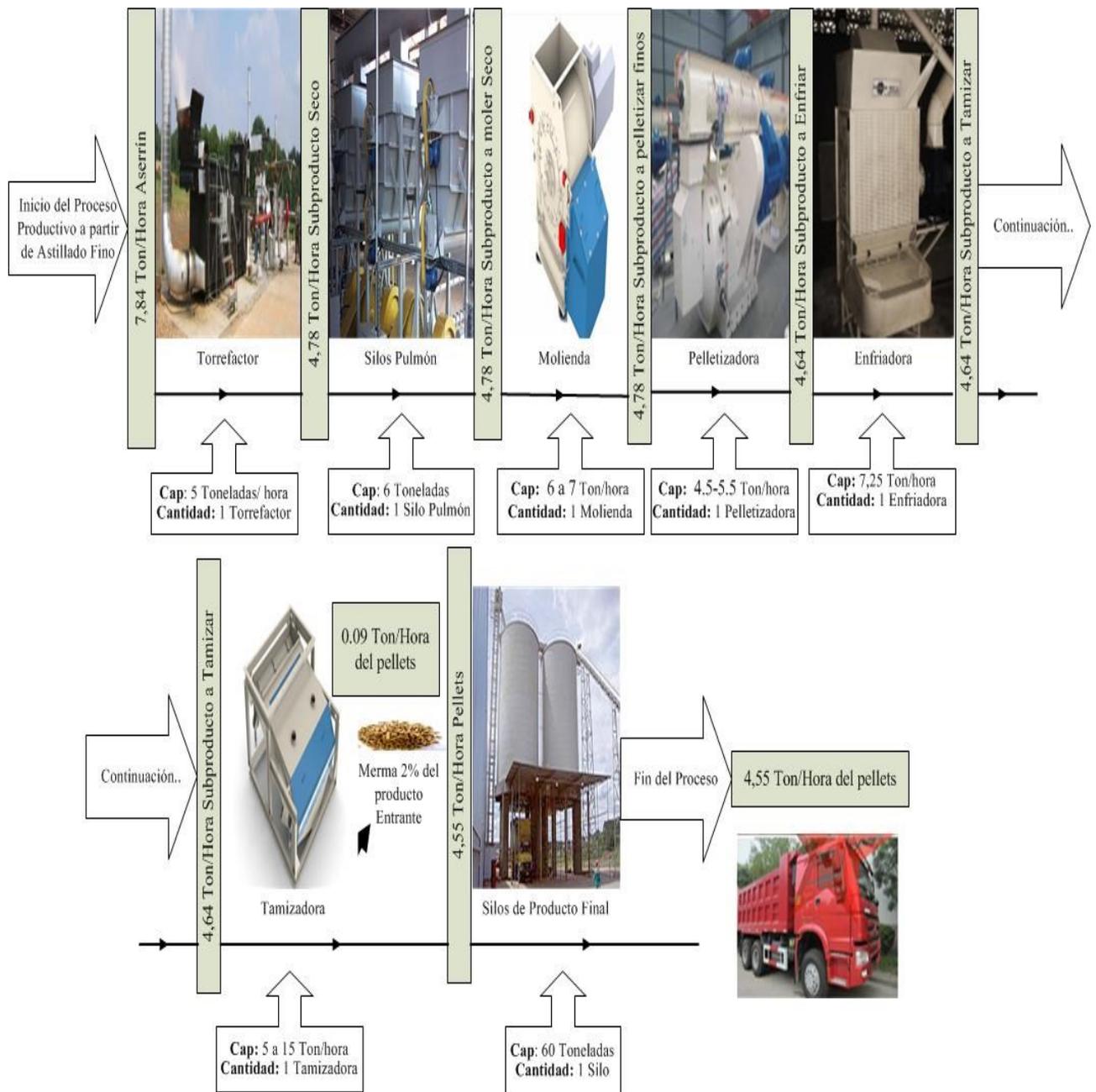


Ilustración 18: Esquema del Proceso Productivo de Pellets en función a una producción diaria y su maquinaria a partir de astillado fino.

Fuente: Elaboración Propia (Enero 2014).

REQUERIMIENTOS DE ESPACIO.

El diseño propuesto consta de cinco áreas de trabajo, especificadas a continuación:

- El área de Despacho: Conformada por el silo de almacenamiento de producto terminado.
- El área de Producción: Conformada por los equipos de Molienda, Pelletizado, Enfriador.
- El área de Secado: Comprendida por el torrefactor y el almacenamiento del producto seco.
- El área de Pre-Tratamiento: Esta destinada para el proceso previo a la obtención de astillas de madera, y está comprendida por un astillador, una molienda y el almacén de troncos de Pino Caribe y Eucalipto.
- El área de oficinas: Comprende las oficinas administrativas, baños y comedor.

Una vez definida cada área de trabajo, se determina el área necesaria estimada y sus requisitos asociados. Con respecto a las dimensiones de cada maquinaria se debe tomar en cuenta la holgura mínima que requiere cada equipo para su funcionalidad y para ello se hace uso de la siguiente expresión que aplica en las dimensiones de largo y ancho para así obtener las nuevas dimensiones que ocuparan las maquinarias tomando en cuenta una holgura del 40% en ambas direcciones $D^* = 1,8 * D$.

También se debe considerar los pasillos en la planta y los corredores en la oficina, por lo cual la expresión que se debe cumplir es la siguiente:
 $\text{Área de pasillos} = 0.20 \text{ área Sub} - \text{Total}$ Los requerimientos de espacio para cada uno de los centros de trabajo son los siguientes según cada área ya formalizada:

Tabla 17. Requerimientos de espacio del área de despacho.
Fuente: Elaboración Propia (Feb 2014).

Máquina	Cantidad Necesaria	Dimensiones (m)	Dimensiones con holgura (m)	Área de una unidad (m2)
Silo de producto terminado	1	2,7 x 2,7	4,86 x 4,86	23,62
Área Total (m ²)				23,62

Requerimiento gráfico del área de despacho (Ver anexo 27).

Tabla 18. Requerimientos de espacio del área de producción.

Fuente: Elaboración Propia (Feb 2014).

Máquina	Cantidad Necesaria	Dimensiones (m)	Dimensiones con holgura (m)	Área de una unidad (m ²)
Almacén de Merma	1	3 x 3	5,40 x 5,40	29,16
Tamizadora	1	2,10 x 1,86	3,78 x 3,35	12,66
Enfriador	1	2,14 x 1,78	3,85 x 3,20	
Pelletizadora	1	4,20 x 3,25	7,56 x 5,85	44,23
Molino	1	3,09 x 2,32	5,56 x 4,18	23,23
Área Sub-Total (m ²)				109,27
Área de Pasillos (m ²)				21,85
Área Total (m ²)				131,12

Requerimiento gráfico del área de producción (Ver anexo 28).

Tabla 19. Requerimientos de espacio del área de secado.

Fuente: Elaboración Propia (Feb 2014).

Máquina	Cantidad Necesaria	Dimensiones (m)	Dimensiones con holgura (m)	Área de una unidad (m ²)
Silo Pulmón	1	2,70 x 2,70	4,86 x 4,86	23,62
Torrefactor	1	24 x 9,80	43,20 x 17,64	762,05
Área Sub-Total (m ²)				785,67
Área de Pasillos (m ²)				157,13
Área Total (m ²)				942,80

Requerimiento gráfico del área de secado (Ver anexo 29).

Tabla 20. Requerimientos de espacio del área de pre-tratamiento.

Fuente: Elaboración Propia (Feb 2014).

Máquina	Cantidad Necesaria	Dimensiones (m)	Dimensiones con holgura (m)	Área de una unidad (m ²)
Almacén Troncos	1	20 x 20	36,00 x 36,00	1296,00
Molino	1	2,80 x 1,80	5,04 x 3,24	16,33
Contenedor de Astillas	1	6 x 2	10,8 x 3,6	38,88
Astillador	1	31,93 x 7,11	57,47 x 12,80	735,55
Almacén Astillas	1	6 x 6	10,80 x 10,80	116,64
Área Total (m ²)				2203,40

Requerimiento gráfico del área de pre-tratamiento (Ver anexo 30).

Tabla 21. Requerimiento de espacio de oficinas.

Fuente: Elaboración Propia (Feb 2014).

Oficinas	Área (m²)
Oficina	74
Oficina de Calidad	20
Baño	40
Comedor	25
Área Sub-Total (m ²)	159
Área de Corredores (m ²)	31,8
Área Total (m ²)	190,8

Requerimiento gráfico del área de pre-tratamiento (Ver anexo 31).

REQUERIMIENTO DE PERSONAL.

Debido a que el diseño planteado, es una planta productora de pellets automatizada, es necesario un trabajador que este en contacto directo con el subproducto, el producto y la maquinaria en cada una de las áreas de trabajo. Como fue mencionado anteriormente la planta tendrá una producción de manera continua por 10 horas diarias, lo cual conlleva a la realización de dos turnos de cinco horas por día. Sujetándose a la Ley Orgánica del Trabajo, los Trabajadores y Trabajadoras en la cual se cita que en una empresa con trabajo continuo y por turnos:

“Los Trabajadores estarán sometido a las reglas siguientes: a) La jornada diaria no deberá exceder de doce (12) horas, la duración del tiempo de descanso y alimentación será imputado como tiempo de trabajo efectivo a su jornada normal de trabajo, y no podrá ser inferior a treinta minutos”

Se requieren las siguientes cantidades de trabajadores por área de trabajo:

- Un (1) operario de la grúa móvil para cumplir con el traslado de troncos al área de destinada para dar funcionamiento al astillador 500 HB.
- Un (1) operario de la astilladora.
- Un (1) encargado de la supervisión de la astilladora y la molienda utilizada para el reastillado de la materia prima.
- Un (1) encargado en el área de secado.

- Dos (2) encargados de supervisar el área de producción.
- Un (1) operario para el panel de control del silo de producto final.
- Un (1) Director.
- Un (1) Jefe de mantenimiento.
- Un (1) encargado del área administrativa.

REQUERIMIENTO DE SERVICIOS.

Una vez definidos los equipos y sus cantidades se muestran en la siguiente tabla el resumen de potencia unitaria y total requerida por los mismos. Se determinó la cantidad de energía eléctrica que se va a consumir aplicando el siguiente cálculo:
Energía Eléctrica (Kwh) = Potencia Eléctrica (Kw) × Tiempo de uso en horas (h)

Tabla 22. Tabla de potencias equipos de producción, secado y pre-tratamiento.
Fuente: Elaboración Propia (Feb 2014).

Equipo	Unidades	Potencia Unitaria (KW)	Potencia Total (KW)	Energía Eléctrica (Kwh)
Astillador	1	783	783	7830
Molino	2	200	400	4000
Torrefactor	1	525	525	525
Silo Pulmón	1	0,75	0,75	7,5
Pelletizadora	1	400	400	4000
Enfriador	1	0,56	0,56	5,6
Tamizadora	1	1,5	1,5	15
Válvula Rotativa	1	1,1	1,1	11
Tornillo sin Fin	8	7,5	60	600
Elevador de Cangilones	1	1,5	1,5	15
Lámparas	6	0,015	0,09	0,9

Con respecto a los equipos estimados a utilizar en las oficinas y el comedor, se obtiene la siguiente tabla que corresponde en promedio a la potencia de cada uno de los equipos y la energía eléctrica a consumir según el tiempo de uso en horas de cada equipo.

Tabla 23. Tabla de potencias equipos de oficina y comedor.
Fuente: Elaboración Propia (Feb 2014).

Equipo	Unidades	Potencia Unitaria (W)	Potencia Total (KW)	Energía Eléctrica (Kwh)
Lámparas	4	0,015	0,06	0,6
Microondas	2	1	2	20
Computadora	6	0.05	0.3	3
Impresora	4	0,05	0.2	20
Aire acondicionado(12000 BTU)	2	1,1	2,2	22
Refrigeradores	1	0,25	0,25	2,5
Cafetera	2	0,6	1.2	12

La energía eléctrica debe ser suministrada por la compañía de CORPOELEC C.A, hasta los transformadores de la planta, y su distribución dentro de la fábrica es responsabilidad de la realización de la ingeniería de detalles. De esta manera se determina que la potencia total de los equipos requerida es de 2179,71 KW, siendo esta la potencia necesaria que debe llegar a las instalaciones. El consumo de energía eléctrica diario será aproximadamente de 17090,1 Kwh.

En la siguiente tabla se expresa la potencia requerida por cada área de trabajo:

Tabla 24. Tabla de Potencias por área de trabajo.
Fuente: Elaboración Propia (Feb 2014).

Área de trabajo	Potencia Total Requerida(Kw.)
Pre-Tratamiento	1198
Secado	540,75
Producción	833,56
Área de Despacho	1,1
Oficinas	7,4

El diseño de la planta propuesta requiere de un suministro de agua potable continua por parte de la empresa pública de suministro de agua correspondiente a la zona en Venezuela, en cuanto a la distribución de la tubería interna e instalación de la misma es responsabilidad de la ingeniería de detalles.

Estableciendo la cantidad de subproducto entrante en cada etapa del proceso, cantidades de equipos a utilizar, requerimientos de espacio, personal y servicios se concreta los objetivos planteados: definir las condiciones de operación del sistema seleccionado y determinar las rutas preliminares de servicios requeridas en el diseño de la planta.

CAPÍTULO VI: DISTRIBUCIÓN DE LA PLANTA

En este capítulo se procede a realizar el método convencional para la distribución de planta y oficina definido.

Según (Sule, 2001) el cual expresa que para desarrollar una distribución preliminar de la planta, el procedimiento general siguen los pasos que se indican a continuación:

Primero, se determina el área necesaria para cada centro de trabajo, se debe establecer un análisis minucioso con el objeto de establecer el contenido necesario o deseado de cada centro y sus requisitos asociados del área. El segundo paso, es formar una gráfica de relaciones, el tercer paso, es desarrollar una representación gráfica de dicha tabla, realizando un arreglo correcto de nodos. El cuarto paso, es desarrollar una tabla de evaluación, con esto se consigue tener una medida de la eficacia del arreglo nodal que se estableció en el paso 3. El quinto paso, es hacer plantillas para representar cada área, el último y sexto paso, es distribuir las plantillas en la misma forma que la representación gráfica en la tabla de relaciones.

Con los requerimientos mínimos de espacio de cada área de trabajo definidos en el capítulo anterior se cumple con el primer paso de la metodología planteada. En cuanto al área de pasillos, se tendrá en cuenta que cada pasillo posee un ancho de 0,60 m, según el criterio determinado por (Konz, 2001).

Para formar la tabla de relaciones, la cual describe de forma cuantitativa el grado de acercamiento que el analista estima entre las distintas áreas de trabajo, debemos apoyarnos sobre las siguientes claves de prioridad referidas de manera descendente.

Tabla 25 Claves de prioridad en tablas de relación.

Fuente: Elaboración Propia (Feb 2014).

Clave	Prioridad	Valor
A	Absolutamente necesario	4
E	Especialmente importante	3
I	Importante	2
O	Ordinario	1
U	No importante	0
X	Indeseable	-1

En la siguiente tabla de relaciones se expresa la vinculación de las áreas, basándose en las claves de la tabla 25, usadas para describir el acercamiento, por prioridad descendiente. Sólo se requiere la mitad de los elementos, porque la tabla es simétrica respecto a su diagonal.

El flujo de material que llega a la producción es de pre-tratamiento a secado a producción, mientras que el producto terminado fluye de producción a despacho. Es importante que el producto secado se reciba en producción. Es indiferente si producción y pre-tratamiento están cercanos, lo mismo ocurre con despacho y secado debido a que estos no tienen una interacción directa de la materia prima. Con respecto a las oficinas es importante que se encuentren cerca del área de producción por el hecho que esta maneja el inventario de producción, vale destacar que es de gran importancia su alejamiento del área del secado, debido a las condiciones en la cuales se trabaja en esta área.

Tabla 26 Tabla de Relaciones.
Fuente: Elaboración Propia (Feb 2014).

	Producción	Secado	Pre-Tratamiento	Oficinas
Despacho	A	I	X	O
Producción		E	U	E
Secado			I	X
Pre-Tratamiento				U

Siguiendo la metodología, se procede a mostrar una tabla de relaciones en un diagrama de forma similar a una tabla de millaje. Siendo un diagrama en el que la relación entre cada una de las áreas pueden ser registradas y también tener uno o varios números debajo de la relación que indique las razones para asignar la clave. Estas razones se indican en la tabla 27.

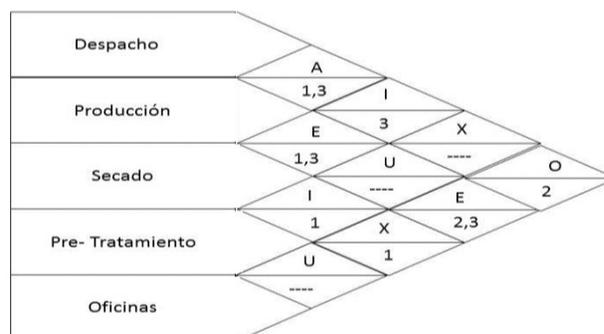


Ilustración 19: Tabla de Relaciones de las Distintas Áreas.
Fuente: Elaboración Propia (Feb 2014).

Tabla 27. Motivos de Relación.
Fuente: Elaboración Propia (Feb 2014).

	Razón
1	Flujo de Material
2	Flujo de Información
3	Conveniencia

Para satisfacer el tercer paso (Muther, Distribución de Planta, 1973) sugiere una forma de pasar la información de la tabla de relaciones a una representación gráfica. Las áreas de trabajo se representan con nodos y la cantidad de líneas entre dos nodos representa la cercanía entre ellas. El esquema de decodificación es el siguiente: la clave **A** se indica con cuatro rayas, **E** con tres rayas, **I** con dos rayas y **O** con una raya. Una línea ondulada representa **X**. Se realizaron dos arreglos, en los cuales se ubicaron cada una de las áreas alrededor del área de producción y despacho según la relación establecida entre ellas, se comienza a realizar el arreglo a partir de estas dos áreas debido a que son las que poseen la mayor prioridad de relación, de esta manera se obtuvo el arreglo que se ajusta a las condiciones propuestas en el diseño. Luego de una evaluación del cálculo de eficacia de las dos alternativas planteadas basadas en la relación establecida anteriormente y se debe elegir la del valor mínimo.

En la siguiente ilustración se muestra el diagrama de nodos que obtuvo el valor mínimo en la evaluación realizada entre las dos alternativas (Ver Anexo 32) y (Ver Anexo 33).

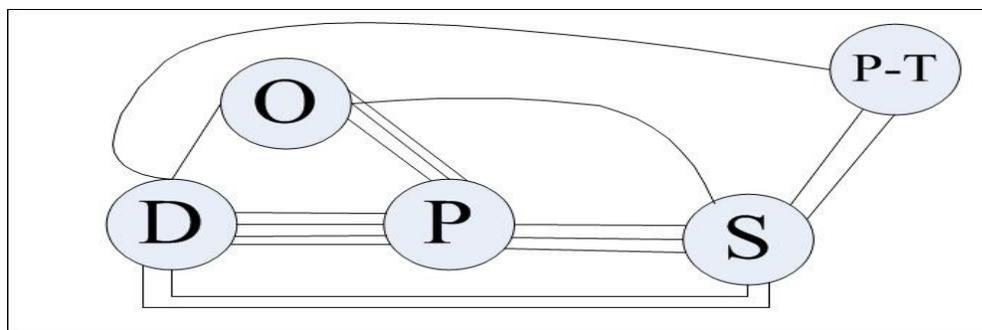


Ilustración 20: Representación Nodal.
Fuente: Elaboración Propia (Feb 2014).

Siendo:

O= Oficinas.

P= Producción.

P-T=Pre-Tratamiento

D=Despacho.

S= Secado.

desperdiciado. Esto se realiza debido a que (Sule, 2001) refiere que al realizar una distribución de planta se considera que se debe tener un terreno cuadrado para minimizar la distancia recorrida, la mayor parte de las fábricas se construyen con planta rectangular, para adaptarse a la forma del terreno. A continuación se muestra la distribución en bloques de la planta propuesta.

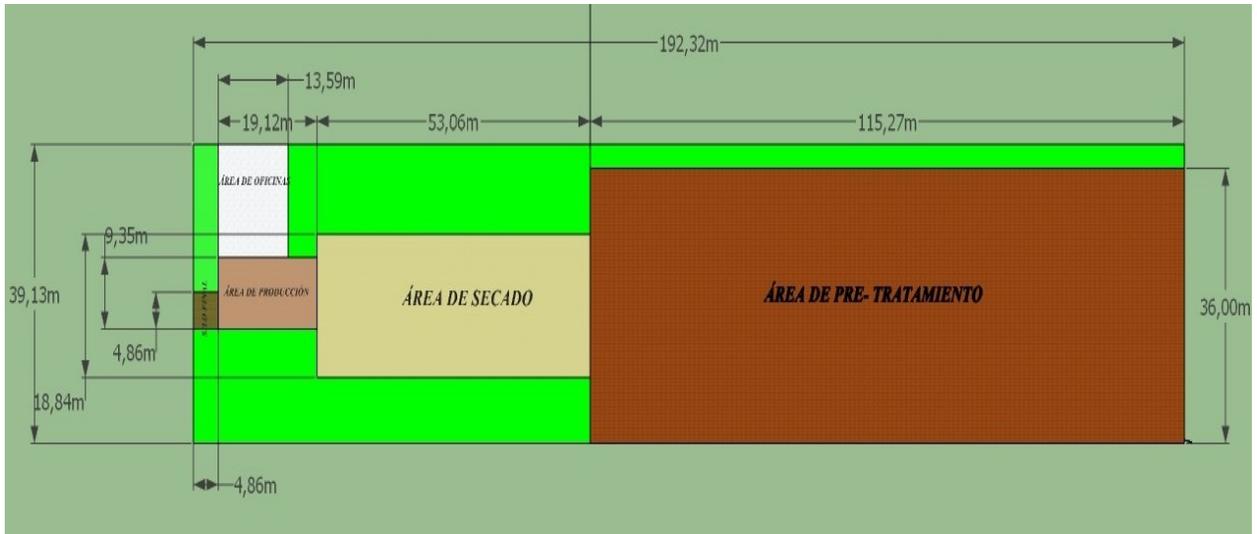


Ilustración 22: Distribución en bloques de la planta propuesta.

Fuente: Elaboración Propia (Feb 2014).

La distribución general muestra las ubicaciones y los tamaños relativos de las áreas de trabajo, esta distribución se preocupa principalmente por los macro flujos en la planta, esto se presenta a continuación como una distribución factible, indicando el posicionamiento de los equipos en función al proceso que involucra el flujo de material. Debido al tipo de configuración utilizada se obtienen espacios vacíos, dichos espacios serán contemplados para futuras ampliaciones, con fines de aumentar la producción propuesta. Haciendo referencia a las bases teóricas, esta distribución contempla la disposición por producto o línea.

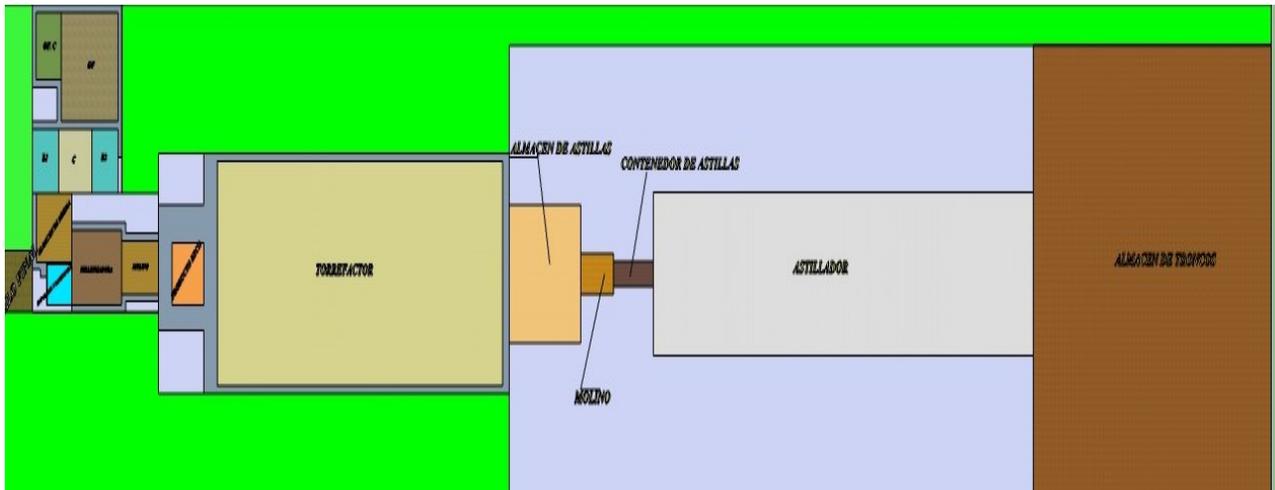


Ilustración 23: Layout General de la Planta de Producción de Pellets.
Fuente: Elaboración Propia (Feb 2014).

ESTRUCTURA DE LA PLANTA

Los tipos estructurales más comunes para las plantas industriales son las estructuras de acero o de concreto forzado. La elección del tipo de estructura o de los materiales se encuentra influido por diversos factores, como: protección, ambiente y el área general.

(Thompkins, 2011).

De acuerdo a las actividades que tendrán lugar en el diseño propuesto, la condición estructural que se define, es un galpón de sistema mixto, el cual resulta de la combinación de los diferentes sistemas constructivos. Una ventaja de este tipo de galpón, es la versatilidad; puede personalizarse fácilmente ajustándose a los requerimientos de diseño.

Para el diseño propuesto, el galpón en el área de secado es abierto en tres de sus lados, debido a que el equipo a utilizar es de grandes dimensiones y genera un intercambio de calor considerable con el ambiente. En cambio para las áreas de producción y oficinas el galpón será cerrado por todos sus lados. El área de pre-tratamiento estará al aire libre, debido a que el almacenamiento y manejo de materia prima condicionan a la maquinaria a tener un espacio libre y amplio para su uso, igualmente el área de despacho no se encontrará dentro del galpón ya que el silo es de descarga directa a camión.

Con respeto a las alturas de cada uno de los galpones, se realiza un estimado mínimo de 6 metros para el área de producción y oficinas y para el área de secado una altura de 11

metros, dichas alturas son las mínimas y necesarias contempladas para la disposición de cada uno de los galpones.

A continuación, se muestra en las siguientes ilustraciones, el bosquejo de la distribución de la planta productora de pellets.

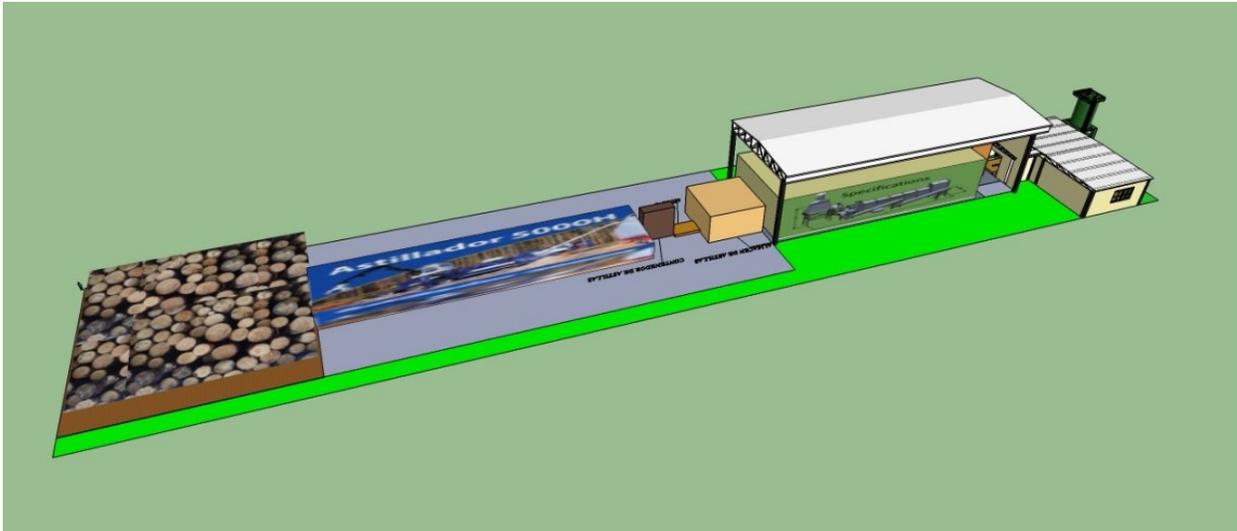


Ilustración 24: Bosquejo de la distribución de la planta productora de pellets Vista 1.
Fuente: Elaboración Propia (Feb 2014).



Ilustración 25: Bosquejo de la distribución de la planta productora de pellets vista 2.
Fuente: Elaboración Propia (Feb 2014).

CONDICIONES DE LA LOCALIZACIÓN DE LA PLANTA

Para contemplar la localización del diseño planteado se debe tomar en cuenta las siguientes condiciones, clima y el suministro de materia prima. Desde el punto de vista de la cadena de suministro lo ideal es que la planta se localice a la menor distancia posible de las zonas en las cuales se dispone de la materia prima a utilizar, siendo estas el pino caribe o el eucalipto. En base a lo mencionado las zonas son las siguientes:

- Por Pino Caribe: Monagas y Anzoátegui.
- Por Eucalipto: Cojedes.

Con respecto a las condiciones climáticas, la zona a localizar debe contemplar las siguientes condiciones climáticas:

- Un clima de 26° C en promedio.
- Una Humedad relativa del 84% (Ver Anexo 34).

Debido a que son las condiciones de la planta productora de pellets en el Sur de Brasil, ubicada en Santa Catarina (Itajaí), la cual trabaja bajo un esquema similar al diseño planteado.

Dadas las condiciones mínimas para establecer la localización del diseño, se propone que esta planta se ubique la región Oriental o Centro- Occidental de Venezuela (Ver Anexo 35)

En este capítulo quedan establecidos la distribución de equipos, procesos y operaciones de la planta propuesta, concretando de esta manera uno de los objetivos del proyecto.

CAPÍTULO VII: INVERSIÓN GENERAL DE LA PLANTA

Este capítulo brinda la información necesaria para conocer la inversión principal para hacer de este proyecto una realidad capaz de producir 10.000 $\frac{\text{toneladas}}{\text{Año}}$ de biocombustibles de madera denotados como PELLETS.

En la planta productora de pellets de madera propuesta a implantar en a Venezuela se debe contar con las siguientes características, equipos e instalaciones:

- Una capacidad de producción aproximada de 4,55 $\frac{\text{toneladas}}{\text{Hora}}$.
- Dos (2) Molinos de los cuales uno de ellos estará en funcionamiento para el área del pre- tratamiento y el otro en el área de producción.
- Dos (2) Tolvas dosificadoras una al comienzo del proceso productivo con el fin de administrar el aserrín que será secado y la otra se ubicara previamente a la etapa del pelletizado.
- Un (1) silo de almacenamiento de producto terminado.
- Una (1) Tornillo sinfín entre el almacén de aserrín y el molino del área del Pre-Tratamiento.
- Una (1) Tornillo sinfín entre el molino del Pre- Tratamiento al Torrefactor.
- Una (1) Tornillo sinfín entre el Torrefactor y el Almacenamiento de producto seco.
- Una (1) Tornillo sinfín entre el Almacenamiento de producto seco y el molino de fino seco.
- Una (1) Tornillo sinfín entre molino de fino seco y la prensa pelletizadora.
- Una (1) Tornillo sinfín entre la prensa pelletizadora y el Elevado de cangilones encargado de alimentar al enfriador.
- Una (1) Tornillo sinfín entre el tamizador y el silo de producto.
- Un (1) Elevador de cangilones para subproducto del enfriador.
- Las roscas disponen de longitudes entre 6 y 14 m. por lo que se estimará una longitud entre unos 8 y 10 m.
- Una (1) Válvula Rotatoria para los Pellets de Madera.
- Un (1) Astillador 5000 H.
- Un (1) Tráiler uno para ubicar los troncos cerca del astillador.

- Un (1) Contenedor de Astillas.
- Los equipos de molienda, tolva, transportes y prensa se encontraran elevados mediante una serie de estructuras y armados generales. (Estos sistemas vienen incluidos en el precio de los equipos).

Además de las características anteriormente mencionadas se debe tener en cuenta los siguientes gastos siendo estos referenciados a través de la empresa PROMILL STOLZ.

- El costo de montaje e instalación de la maquinaria es del 30% del valor total de la maquinaria.
- El costo de la puesta en marcha de las maquinarias realizada por un técnico especializado aproximadamente de 4 a 5 días.
- El costo asociado a la obra civil.
- El costo asociado a las instalaciones.
- El costo asociado con mobiliarios.

Los precios mostrados a continuación en bolívares están fijados a una tasa cambiaria resultante de la última subasta de divisas a través del sistema Complementario de Administración de Divisas (SICAD), el correspondiente a la subasta Decima Quinta equivalente a 11,36 Bs/US\$. Vigente a partir del 15 de enero de 2014 (BCV). Y el valor de un euro (€) es de 1,3284 dólares (US\$). (Ver Anexo 36).

La información de los distintos precios se extrae de las empresas PROMILL STOLZ, PRODESA, MACHINIO, LIPPEL, PANDA PELLET, AGRI-TECHPRODUCERS. Todas estas empresas son dedicadas a la venta de maquinarias y accesorios aptos para la producción de pellets de madera de origen extranjero cada una de ellas.

La siguiente tabla muestra los precios y cantidades de la maquinaria necesarias:

Tabla 29. Precios de maquinarias requeridas en una planta de pellets.

Fuentes: PROMILL STOLZ, PRODESA, MACHINIO, LIPPEL, PANDA PELLET, AGRI-TECHPRODUCERS. (2013)

Equipos	Unid.	Precio Unitario	Precio Total Euros(€)	Precio Total dólares(\$)	Precio Total Bolívares (Bs)
Molino de húmedo.	1	56.803,00	56.803,00	75457,1052	857.192,72
Molino de afinamiento.	1	43.695,00	43.695,00	58044,438	659.384,82
Enfriador.	1	20.849,00	20.849,00	27695,8116	314.624,42
Pelletizadora	1	278.000,00		278.000,00	3.158.080,00
Torrefactor(Torre-Tech 5.0)	1	4.750.000,00		4.750.000,00	53.960.000,00
Enfriador vertical.	1	109.233,00		109.233,00	1.240.886,88
Tamizador	1	11.985,00	11.985,00	15920,874	180.861,13
Control de prensas.	1	24.000,00	24.000,00	31881,6	362.174,98
Tolva dosificadora.	2	12.000,00	12.000,00	15940,8	181.087,49
Tornillo sin fin	8	6.695,00	6.695,00	8893,638	101.031,73
Elevador de cangilones	1	24.000,00	24.000,00	31881,6	362.174,98
Válvula Rotaria para el silo	1	9.900,00	9.900,00	13151,16	149.397,18
Silo de producto final	1	31.200,00	31.200,00	41446,08	470.827,47
Astillador 5000 H	1	321.200,00		321.200,00	3.648.832,00
Transporte de Pellets	2	38.500,00		77.000,00	874.720,00
Contenedor	1				115.000,00
Tráiler	1	18.434,00	18.434,00	24.487,73	278.180,61
Total de la Inversión en Bolívares (Bs)					66.914.456,41

Conocido el precio en el cual se incurre en la maquinaria se supone que el gasto de montaje e instalación de los equipos es el 30% del total del valor de las maquinarias, siendo este monto correspondiente a bolívares **20.074.336,92**.

Adicionalmente, como se menciona anteriormente en este capítulo, se incurre en los costos de puesta en marcha de las maquinarias por un total de 5 días los cuales tienen un costo aproximado de 7.000 €. Según la empresa Stolz siendo en bolívares **105.634,37**.

Contemplando el costo de terreno y la obra civil que satisface con los metros cuadrados necesarios tiene un aproximado de bolívares **34.453.000**.

En función a los costos y gastos involucrados se estima que la inversión inicial de una planta productora en Venezuela a una tasa normal de cambio y sin alteraciones, tendría un valor en bolívares de **121.547.427,70**. De esta manera se lograr estimar el costo inicial para dar inicio a la planta propuesta, concretando el último objetivo propuesto.

CAPÍTULO VIII: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Exponen las conclusiones del estudio realizado y un conjunto de recomendaciones.

CONCLUSIONES

Al realizar una investigación documental sobre la producción nacional de madera en rola, se logró definir que Venezuela cuenta con una gran cantidad de producción en Pino Caribe y Eucalipto, maderas usadas en la producción de pellets. Permitiendo definir la materia prima a emplear y estableciendo que la producción de pellets, debe constar de dos procesos productivos: el pre-tratamiento de la madera y la producción de los pellets a partir de astillas finas. Por lo cual, se estableció cada una de las etapas de los procesos productivos, reconociendo el flujo del material que debe ser procesado para la obtención de los pellets.

La capacidad de producción del diseño planteado que se estableció, corresponde a $10.000 \frac{\text{toneladas}}{\text{Año}}$. De acuerdo a la capacidad de toneladas al año que produce una empresa productora de pellets que incursiona en un mercado virgen, siendo este el mismo caso del proyecto.

Según la cantidad de producto terminado establecido, se determinó el producto entrante y saliente en cada una de las etapas del proceso, permitiendo así la selección de los equipos involucrados en el proceso. Dados los requerimientos de los equipos seleccionados, se logró establecer las condiciones de operación, y servicios básicos para permitir el funcionamiento de la planta.

La distribución de la planta se estableció logrando un arreglo factible permitiendo posicionar las áreas de trabajo, tomando en cuenta los criterios establecidos. Por último, se determinó la inversión inicial necesaria para garantizar el funcionamiento de una planta productora de pellets. El diseño planteado proporciona un aporte significativo al país, puesto que tener una planta productora de pellets a base de biomasa explotaría los recursos existentes, transformándolos en biocombustible, bajo las condiciones apropiadas de producción de energía renovable.

- **RECOMENDACIONES**

Se recomienda realizar estudios sobre la cadena de suministros, que permita establecer la localización adecuada en función a las condiciones mínimas establecidas. También se propone desarrollar estudios en la búsqueda de un híbrido entre los distintos tipos de madera con el fin de lograr mayor poder calorífico, permitiendo así establecer las ventajas que este pueda ofrecer.

Como propuesta de un futuro Trabajo Especial de Grado se plantea realizar la ingeniería de detalles, usando como base la ingeniería básica propuesta con fines de que el proyecto esté más cerca de la realidad. Por ende, sería necesario efectuar un estudio de factibilidad técnica y económica para demostrar la rentabilidad del proyecto.

Este proyecto es beneficioso, desde el punto de vista ecológico, por esto, se propone profundizar en el tema de la biomasa forestal, debido a que la mala administración de este recurso puede afectar negativamente al medio ambiente, ahora sí se utiliza para generar energía alternativa, se estaría aprovechando el gran potencial del país en cuanto al recurso forestal.

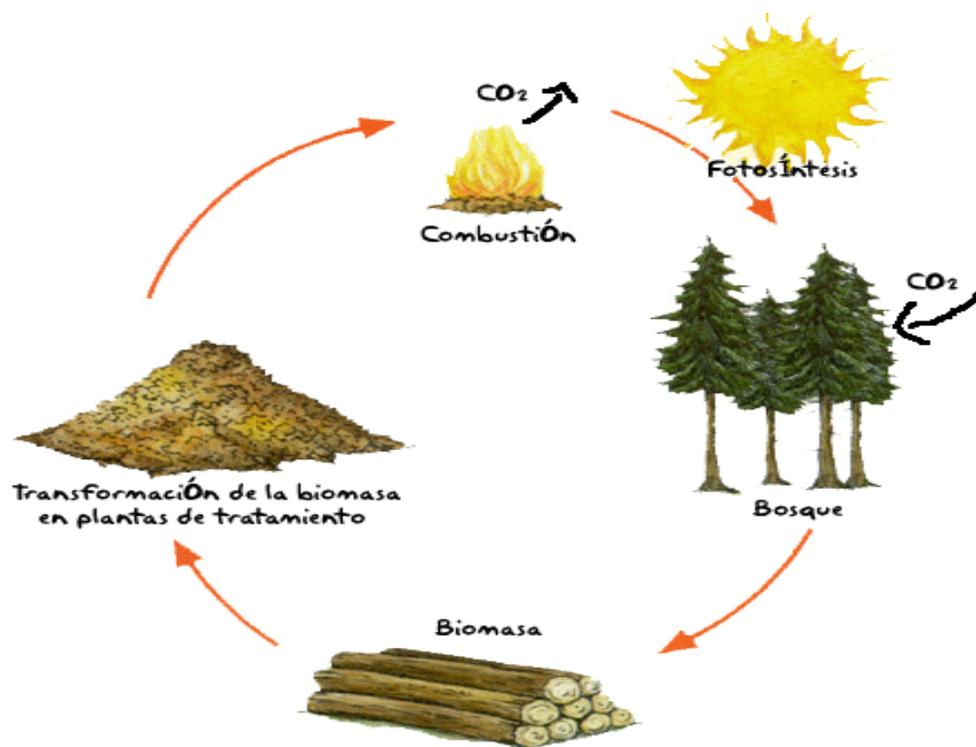
Debido a que en Venezuela, estaría incursionando en el mercado de los biocombustibles forestales, realizar un seguimiento al comportamiento del mercado, de tal forma, que se percate el aumento en la producción de pellets anual y así rediseñar según el comportamiento observado.

BIBLIOGRAFÍA

- De la Cruz, G. (19 de Diciembre de 2010). *Educambiente*. Recuperado el 27 de Agosto de 2013, de Educambiente: <http://www.educambiente.es/2010/12/biocombustibles-seguridad-energetica-vs.html>
- A, P., R, G., & D, S. (s.f.). *Tecno-Economical analysis of wood Pellets production for u.s manufacturers*.
- Arias, F. G. (1999). *EL PROYECTO DE INVESTIGACION. Guía para su elaboración*. Caracas, Venezuela: Episteme.
- BCV. (s.f.). *Banco Central de Venezuela*. Recuperado el 06 de febrero de 2014, de www.bcv.org.ve/c5/sicad/avisoicad050214.pdf
- biodisol. (s.f.). *Los Biocombustibles*. Recuperado el 28 de Noviembre de 2013, de <http://www.biodisol.com/que-son-los-biocombustibles-historia-produccion-noticias-y-articulos-biodiesel-energias-renovables/>
- Capuz Lladró, R. (2005). *MATERIALES ÓRGANICOS MADERAS*. Valencia, España: Editorial Universidad Politécnica de Valencia.
- Carrero G, O. (2008). Predicción del consumo aparente per capita . *Revista Forestal Venezolana*.
- Castell, Xavier Elias. (2012). *BIOMASA Y BIOENERGÍA*. Madrid, España: Ediciones Diaz de Santos.
- Caterpillar. (02 de Octubre de 2013). *CAT Gruas de Transbordo de Madera*. Obtenido de http://www.cat.com/en_US/products/new/equipment/knuckleboom-loaders.html
- Courtland Brown, N., & Bethel, J. S. (1965). *La Industria Maderera*. México: Limusa- Wiley,S.A.
- Francis, J. K. (1992). *Pinus caribaea Morelet. Caribbean pine*. New Orleans: Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station.
- Francisco Marcos, M. (s.f.). *Pélets y briquetas*. Recuperado el 30 de Agosto de 2013, de Infomadera.net: http://www.infomadera.net/uploads/articulos/archivo_2293_9990.pdf
- Germán S, H. (2006). *Carpintería: Mesas Y Sillas* (1era ed.). Buenos Aires: Grupo Imaginador de Ediciones.
- IEA Bioenergy (International Energy Agency), G. M. (s.f.). *Expobioenergia*. Recuperado el 28 de noviembre de 2013, de <http://www.expobioenergia.com/es/node/575#sthash.U9cBAP1D.dpuf>
- ING Fernandez, J. (s.f.). *“MAQUINAS TERMICAS”*. DIAPOSITIVAS, UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL FACULTAD REGIONAL MENDOZA, INGENIERIA ELECTROMECANICA.
- kapelbi. (s.f.). *El pellet* . Recuperado el 21 de enero de 2014, de <http://www.kapelbi.com/pellet>
- Konz. (2001). *Diseño de instalaciones industriales*. México: Grupo Noriega Editores.
- Liebherr. (08 de OCTUBRE de 2013). *A 924 C HD Litronic para el transbordo de madera*. Obtenido de [http://www.liebherr.com/CH/es-ES/region-\(europe\)/products_ch.wfw/id-9227-0/measurement](http://www.liebherr.com/CH/es-ES/region-(europe)/products_ch.wfw/id-9227-0/measurement)
- María Corina Marcano L, M. E. (2004). Estudio estratégico de la industria maderera en Venezuela, enfocado al posible desarrollo de nuevos productos.
- Martín., f. M. (2001). *“Biocombustibles sólidos de origen forestal”*.
- Ministerio del Poder Popular para el Ambiente. (2010). *ESTADÍSTICAS FORESTALES ANUARIO 2010 SERIE 12*. ESTADÍSTICO, Caracas, Venezuela.

- Monforte, Javier. (25 de Octubre de 2012). *energetica21*. Recuperado el 19 de Septiembre de 2013, de <http://www.energetica21.com/noticia/europa-consumir-45-millones-de-toneladas-de-pellets-en-2015>
- Muther, R. (1973). *Distribución de Planta*. Barcelona.
- Muther, R. (1981). *Distribución de Planta*. Barcelona: Ediciones European Hispano, SA,.
- Muther, R. (s.f.). *Distribución de planta, ordenación nacional de los elementos de producción industrial*. Hispano Europea.
- PANDA PELLETS. (s.f.). *MAQUINARIA DE PELLETS*. Obtenido de Beijing Panda Pellet Machinery Co.
- Saloni, D., & Velarde, G. (Summer de 2013). *RESEARCH EXPERIENCE IN ENERGY ENVIRONMENT & ENGINEERING*. NC STATEUNIVERSITY, DEPARTMENT OF FOREST BIOMATERIALS.
- Saloni, D., & Velarde, G. (s.f.). *Debarking, Splitting and Grinding* .
- Sule, D. R. (2001). *Instalaciones de Manufactura Ubicación planeación y diseño*. México: Thomson Editores S.A.
- Thompkins, J. A. (2011). *Planeación de instalaciones*. México: Cengage Learnig .
- Universidad Nacional de la Plata. (s.f.). *Universidad Nacional de la Plata*. Recuperado el 30 de enero de 2014, de <http://www.ing.unlp.edu.ar/sispot/Libros%202007/libros/et/et-03/et-036/et-036.htm>
- UPEL. (1990). *Manual de Trabajos de Grado de Especialización y Maestría y Tesis Doctorales*. Caracas, Venezuela: Fondo Editorial de la Universidad Pedagógica Experimental Libertador.
- Venteo, L. (Octubre de 2001). *roble.pntic.mec.es*. Recuperado el 26 de Agosto de 2013, de <http://roble.pntic.mec.es/~lventeo/Temas/Madera/Madera.html>
- Vergel Ramirez , J. J. (8 de septiembre de 2009). *Propuesta y Analisis del Diseño y Distribucion de la Planta de Alfering Limitada sede II. Santa Marta, Colombia*. Recuperado el 25 de enero de 2014, de <http://www.search-document.com/pdf/1/1/distribucion-en-planta-richard-muther.html>
- wamgroup. (s.f.). *www.wamgroup.com (Valvulas Rotatorias)*. Recuperado el Enero de 2014, de http://www.wamgroup.com/index.asp?ind=product_sheet.asp&idFamilia=81&idProducto=601&bkg=yes&menuProd=menu81&idDivision=2&idBranch=316&idLang=107
- Yánquez, G. G. (ABRIL de 2012). *Diseño de una planta de peletización*. ESPAÑA.
- Zanni, E. (2004). *Patología de la madera: degradación y rehabilitación de la madera*. Córdoba, Brujas: Editorial Brujas.
- Zubialde Legarreta, X. (SEPTIEMBRE de 2011). *La combustión y la biomasa. Energética XXI* ·(Nº 113), 56.

ANEXOS



Anexo 1. Ciclo de Biomasa.

Fuente: Revista Energética XXI. (Recuperado agosto 2013).



Anexo 2. Pellets.

Fuente: maquiaambiental.com/pellet/(Recuperado enero 2014).

Parámetro	
Diámetro (mm):	6.05 - 6.39
Longitud (mm)	5.59 – 45.85
Poder calorífico (Kcal/Kg)	4800
Densidad aparente (Kg/m ³):	700
Humedad (%)	< 10
Emisión de CO ₂ (kgCO ₂ /Mwh)	68
Contenido de cenizas (%)	< 0.4%

Anexo 3. Valores límites para los parámetros más importantes de los pellets.
Fuente: lipsia.com.ar (Recuperado enero 2014).

Humedad en base seca (Hbs)	Humedad en Base húmeda (Hbh):
$Hbs = \frac{(Ph - P0)}{P0}$	$Hbh = \frac{(Ph - P0)}{Ph}$

Siendo

Ph = el peso de la madera a un % de humedad conocido

P0 = el de la madera en estado anhidro, (% de humedad = 0).

Anexo 4. Ecuaciones para determinar el porcentaje de humedad en la madera.

Fuente: (Yánquez, 2012).

Año	Permiso anual	%	Manejo forestal	%	Plantaciones de pino caribe	%	Plantaciones forestales *	%	Producción nacional
2002	89.360,500	6,80	57.938,881	4,41	994.668,500	75,67	172.572,542	13,13	1.314.540,423
2003	59.584,700	5,04	91.019,141	7,70	889.573,418	75,22	142.387,840	12,04	1.182.565,099
2004	45.568,550	3,76	68.736,009	5,67	924.239,199	76,27	173.269,134	14,30	1.211.812,892
2005	134.626,031	12,32	108.718,792	9,95	607.955,770	55,63	241.526,500	22,10	1.092.827,093
2006	106.990,178	7,06	115.682,383	7,62	1.197.007,390	78,90	97.455,640	6,42	1.517.135,591
2007	55.991,890	3,23	120.021,947	6,92	1.467.124,540	84,62	90.565,289	5,22	1.733.703,666
2008	80.609,700	5,36	56.742,850	3,77	1.251.971,000	83,36	112.409,250	7,48	1.501.732,800

Fuente: MINAMB - DG Bosques

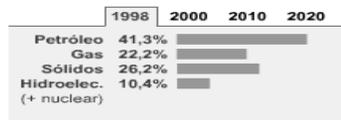
* Plantaciones Forestales de *Tectona grandis*, *Gmelina arborea*, *Eucalyptus* sp.y *Acacia macracantha*

Anexo 5. Producción Nacional en rola, (m³ OF.) serie 2002-2008.

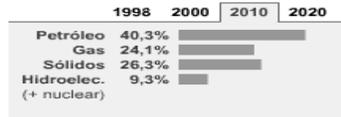
Fuente: MINAMB-DG BOSQUES.

Entidad federal	Volumen	(%)
Amazonas	81.750	0.01
Anzoátegui	164.709.000	10.97
Apure	3.596.250	0.24
Aragua	140.000	0.01
Barinas	30.434.950	2.03
Bolívar	65.319.900	4.35
Carabobo	14.500	--
Cojedes	117.768.550	7.84
Delta Amacuro	1.314.250	0.09
Falcón	8.750	--
Guárico	4.087.250	0.27
Mérida	207.250	0.01
Miranda	185.650	0.01
Monagas	1.088.718.000	72.50
Portuguesa	1.879.750	0.13
Sucre	986.500	0.07
Táchira	1.920.000	0.13
Trujillo	2.550.000	0.17
Yaracuy	2.506.500	0.17
Zulia	15.304.000	1.02
Total	1.501.732.800	100

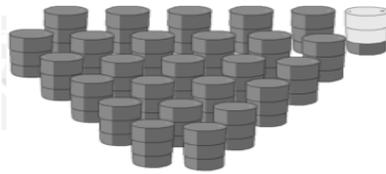
Anexo 6. Producción nacional de madera en rola por entidad federal (m3 Of.). Año 2008.
Fuente: MINAMB-DG BOSQUES.



FUENTES DE ENERGÍA



FUENTES DE ENERGÍA

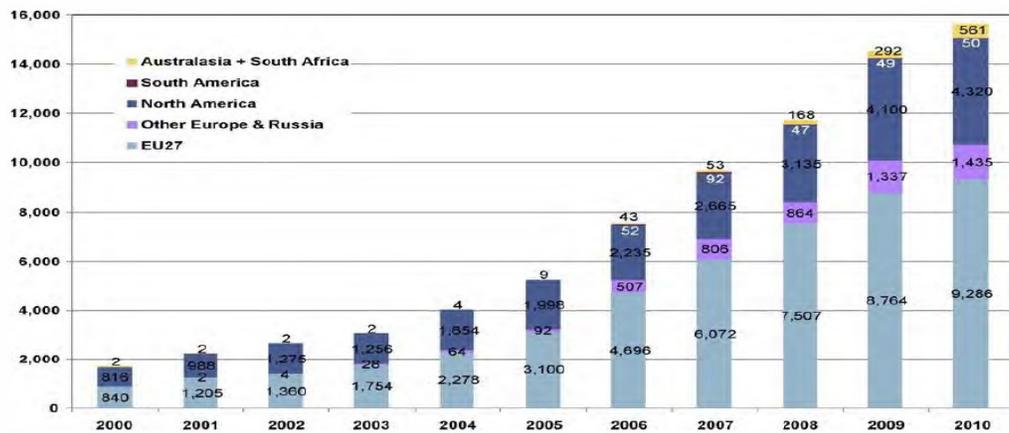


El petróleo es la principal fuente de energía del planeta, pero no es eterna. Al ritmo actual, las reservas de los países de la OPEP durarán 80 años. Los demás productores, entre los que destacan Rusia, Estados Unidos y China, podrán seguir extrayendo su petróleo sólo durante los próximos 20 años.

Anexo 7. Evidencias de agotamiento del petróleo.

Fuente: http://www.ideal.es/apoyos/graficos/reservas_petroleo.html(Agostos 2013).

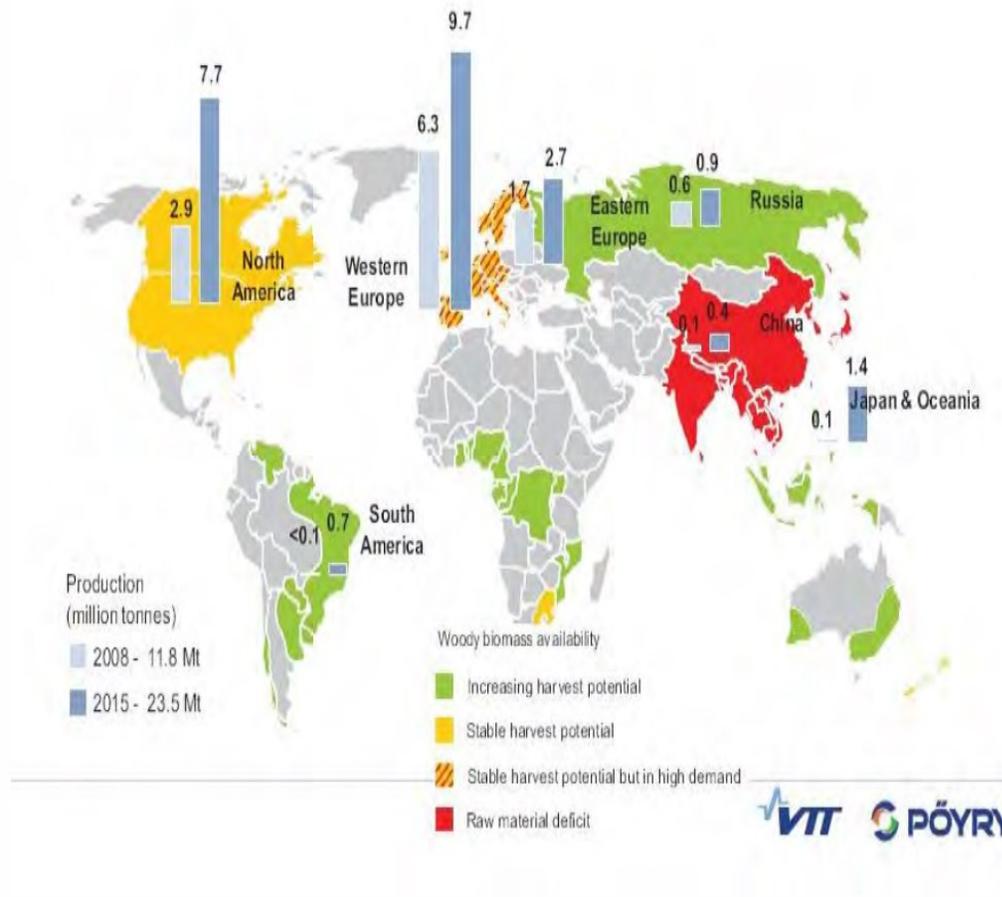
Figure 8.1 Estimated world wood pellet production 2000-2010 (kt).



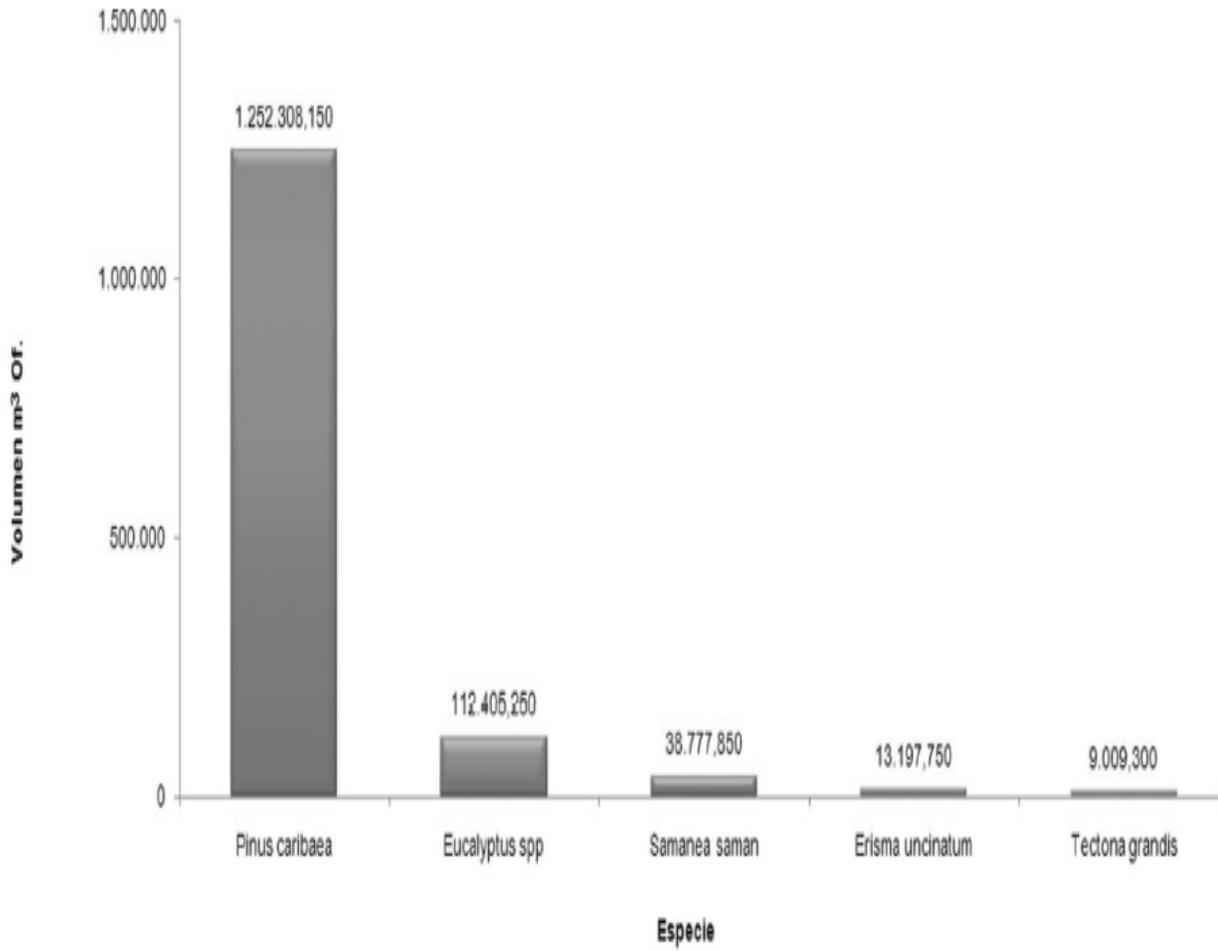
Source: P. Lamers et al. / Renewable and Sustainable Energy Reviews 16 (2012) 3176– 3199

Anexo 8. Estimaciones de producción de pellet en el mundo 2000-2010.
Fuente: European Bioenergy Outlook 2012 AEBIOM.

Figure 8.2 Global raw material availability and pellet production, 2008-2015



Anexo 9. Disponibilidad y Producción de Pellets 2008-2015.
Fuente: European Bioenergy Outlook 2012 AEBIOM.



Anexo 10. Producción nacional de madera en rola Principales especies Año 2008.
Fuente: MINAMB-DG BOSQUES.

CAPITULO III. Producción Nacional de Madera en Rola

Cuadro. Producción de madera en rola fuera de reservas forestales especie / tenencia de la tierra (m³ Of.). Año 2008

Nombre botánico	Tenencia de tierra				Total	(%)
	Propios	(%)	Baldios	(%)		
Albizia colombiana	422,000	0,09	9,500	--	431,500	0,03
Anacardium excelsum	594,250	0,12	20,000	--	614,250	0,04
Andira inermis	36,750	0,01	---	--	36,750	--
Aspidosperma megalocarpum	12,000	--	4,500	--	16,500	--
Astronium sp	40,250	0,01	---	--	40,250	0,00
Brosimum lactescens	534,000	0,11	---	--	534,000	0,04
Brosimum alicastrum	46,000	0,01	---	--	46,000	--
Caesalpinia coriaria	41,500	0,01	---	--	41,500	--
Calophyllum brasiliense	32,500	0,01	---	--	32,500	--
Carapa guianensis	241,500	0,05	---	--	241,500	0,02
Cassia grandis	92,500	0,02	---	--	92,500	0,01
Catostemma commune	2.172,250	0,46	---	--	2.172,250	0,15
Cedrela odorata	1.805,700	0,38	---	--	1.805,700	0,12
Ceiba pentandra	1.097,750	0,23	39,250	--	1.137,000	0,08
Centropogon paraense	228,750	0,05	---	--	228,750	0,02
Chlorophora maclura	1.360,500	0,29	21,500	--	1.382,000	0,10
Copaifera officinalis	1.087,250	0,23	---	--	1.087,250	0,08
Cordia alliodora	42,500	0,01	4,250	--	46,750	--
Couratari pulchra	23,000	--	---	--	23,000	--
Cupressus cashmeriana	167,000	0,04	---	--	167,000	0,01
Didymopanax morototoni	111,500	0,02	---	--	111,500	0,01
Diploptropis purpurea	151,000	0,03	---	--	151,000	0,01
Enterolobium cyclocarpum	1.289,000	0,27	21,000	--	1.310,000	0,09
Erisma uncinatum	15,250	--	---	--	15,250	--
Erythrina poeppigiana	93,500	0,02	---	--	93,500	0,01
Eschweilera chartacea	5,250	--	---	--	5,250	--
Eucalyptus spp *	112.400,250	23,64	9,000	--	112.409,250	7,78
Ficus sp	102,000	0,02	---	--	102,000	0,01
Gmelina arborea	2,000	--	---	--	2,000	--
Guarea guidonia	126,250	0,03	---	--	126,250	0,01
Hieronima laxiflora	217,500	0,05	---	--	217,500	0,02
Hura crepitans	521,750	0,11	---	--	521,750	0,04
Hymenaea courbaril	977,500	0,21	---	--	977,500	0,07
Inga spp	37,000	0,01	---	--	37,000	--

* Proveniente de Plantaciones Forestales

Fuente: MINAMB · DG Bosques

**Anexo 11. Producción de madera en rola de reservas forestales de la tierra (m³ OF.).
Fuente: Ministerio del Poder Popular para el Ambiente, 2008.**

CAPITULO III. Producción Nacional de Madera en Rola

Continuación...

Nombre botánico	Tenencia de tierra				Total	(%)
	Propios	(%)	Baldíos	(%)		
Lecythis ollaria	292,300	0,06	29,500	--	321,800	0,02
Licania discolor	1.031,500	0,22	---	--	1.031,500	0,07
Lonchocarpus	498,250	0,10	---	--	498,250	0,03
margaritensis Lonchocarpus	2,750	--	24,250	--	27,000	--
spp Loxoterygium sagotti	136,000	0,03	---	--	136,000	0,01
Macrolobium acaciaefolium	74,000	0,02	---	--	74,000	0,01
Manilkara bidentata	730,900	0,15	8,000	--	738,900	0,05
Ocotea barcellensis	318,250	0,07	---	--	318,250	0,02
Ormosia coarctata	218,250	0,05	---	--	218,250	0,02
Pachira quinata	37.737,350	7,94	634,750	0,07	38.372,100	2,66
Parkia pendula	821,250	0,17	---	--	821,250	--
Peltogyne paniculada	29,500	0,01	---	--	29,500	--
Pentaclethra macaroloba	19,250	--	6,000	--	25,250	--
Pera ferruginea	656,750	0,14	---	--	656,750	0,05
Petrea sp	8.397,500	1,77	477,550	0,05	8.875,050	0,61
Pinus caribaea *	284.391,500	59,80	967.579,500	99,81	1.251.971,000	86,64
Piptadenia sp	1.990,000	0,42	---	--	1.990,000	0,14
Platysmicium diadelphum	282,650	0,06	4,250	--	286,900	0,02
Pouteria pomifera	269,250	0,06	---	--	269,250	0,02
Pouteria reticulata	64,500	0,01	60,250	0,01	124,750	0,01
Protium decandrum	127,250	0,03	---	--	127,250	0,01
Pterocarpus vernalis	870,000	0,18	182,000	0,02	1.052,000	0,07
Qualea dinizii	102,750	0,02	---	--	102,750	0,01
Samanea saman	1.217,500	0,26	---	--	1.217,500	0,08
Sapium aubletianum	120,250	0,03	---	--	120,250	0,01
Simaba multiflora	448,500	0,09	---	--	448,500	0,03
Simarouba amara	525,000	0,11	---	--	525,000	0,04
Simmeria paniculata	1.728,000	0,36	---	--	1.728,000	0,12
Spondias mombin	40,000	0,01	6,500	--	46,500	--
Sterculia apetala	589,000	0,12	20,250	--	609,250	0,04
Sterculia pruriens	615,000	0,13	---	--	615,000	0,04
Stryphnodendron quianensis	225,750	0,05	161,250	0,02	387,000	0,03
Swietenia macrophylla	219,750	0,05	---	--	219,750	0,02
Tabebuia impetiginosa	296,750	0,06	10,000	--	306,750	0,02

* Proveniente de Plantaciones Forestales

Fuente: MINAMB · DG Bosques

Continuación...

Nombre botánico	Tenencia de tierra				Total	(%)
	Propios	(%)	Baldíos	(%)		
Tabebuia rosea	3.175,250	0,67	44,500	--	3.219,750	0,22
Tectona grandis	11,250	--	---	--	11,250	--
Terminalia amazonia	223,750	0,05	---	--	223,750	0,02
Terminalia guyanensis	26,500	0,01	---	--	26,500	--
Trattinickia rhoifolia	260,500	0,05	---	--	260,500	0,02
Trichilia sp	12,000	--	---	--	12,000	--
Virola surinamensis	24,250	0,01	---	--	24,250	--
Vitex capitata	178,000	0,04	---	--	178,000	0,01
Vochysia lehmannii	371,250	0,08	62,250	0,01	433,500	0,03
Especies Varias	52,500	0,01	---	--	52,500	--
Total	475.550,150	100	969.439,800	100	1.444.989,950	100

* Proveniente de Plantaciones Forestales

Fuente: MINAMB · DG Bosques

**Anexo 12. Producción de madera en rola de reservas forestales de la tierra (m³ OF.).
Fuente: Ministerio del Poder Popular para el Ambiente, 2008.**

CAPITULO III. Producción Nacional de Madera en Rola

Cuadro. Uso de la madera en rola proveniente de plantaciones forestales (m³). Año 2008

Estado	Especie	Aserrable	Pulpable
Monagas	Pino Caribe	244.221,000	210.817,000
Anzoátegui	Pino Caribe	77.398,000	64.589,000
Cojedes	Eucaliptus	804,000	90.000,000
Total General	Total	321.619,000	275.406,000

Fuente: Empresas Plantadoras Forestales
Estimaciones del MINAMB · DG Bosques, Empresas Forestales

Anexo 13. Uso de la madera en rola proveniente de plantaciones forestales (m³) Año 2008.
Fuente: Ministerio del Poder Popular para el Ambiente, 2008.



volquete



sinotruk volquete 14cub



venta caliente de 10
camiones de ruedas



dump truck hot sales

howo camiones para la venta Motor : 290hp Euro2 Capacidad: 25ton
17.3cub ruedas: 10 Cabina: una cama

howo camiones para la venta

Descripciones

Este camión está diseñado para uso minero/ construcción. La capacidad estándar es de 25 toneladas y 17,3 cúbicos. Permitirá a 5 toneladas más bienes. Con base 8 y lado de la caja 6 del carro, el camión es adecuado para el transporte de la mayor parte de las mercancías, tales como minerales, arena, desechos de construcción, etc. También puede optar por el transporte más delgado de cantera. Los 12.00-20 neumáticos de nylon son los más rentables y perfecto para el ambiente minero. Otros tamaños y los neumáticos radiales están también disponibles. Para más detalles, por favor lea el siguiente formulario.

Descripción del producto			
ESPECIFICACIONES venta caliente de 10 camiones de ruedas			
Especificaciones del vehículo	modelo	ZZ3257M3447A1	
	tracción 4X2,6X4,8X4	6X4	
	potencia	290HP	
Parámetro Peso	Masa en orden de marcha del vehículo completo (kg)	12220	
	Masa máxima autorizada, total (kg)	25000	
Parámetro Dimensión	Dimensiones exteriores (mm)	Longitud (mm)	7835
		Ancho (mm)	2496
		Altura (mm)	3170
	Tamaños de carga internos	distancia entre ejes (mm)	3400+1350
		Longitud (mm)	5400
		Ancho (mm)	2300
parámetros de rendimiento	Altura (mm)	1400	
	Velocidad máxima (km / h)	75	
	Pendiente máxima (%)	70	
	Diámetro de giro (m)	16	
Configuración recomendada	motor	Tipo de motor	WD615.87
		Potencia nominal (kW) / Ap (r / min)	213/2200
		esfuerzo de torsión (N * m) / Ap (r / min)	1500/1100-1600
	transmisión		HW13710
		embrague (mm)	430
	eje	Eje delantero	HF9
		eje trasero	HC16
	del tanque de combustible (L)		300
	rastrear (mm)		2022+1830
	Voladizo delantero / trasero saliente (mm)		1500/1560
tipo		12.00-20	
cabina	durmiente	una cama	
OTROS	ABS	opcional	
	COLOR	opcional	

Foto howo camiones para la venta



Anexo 14. Especificaciones del Camion Howo tipo Volquete .
Fuente: <http://spanish.alibaba.com/p-detail/howo-camiones-para-la-venta-30000177350.html>(enero-2014).

TAMISEURS VIBRANTS Série TV



Vibratory Sifters Series TV
Schwingsiebe Reihe TV
Cernedores Vibrantes Serie TV

Вибрирующие Сита Серия ТВ
«المغربيات الهزازة من مجموعة « ت في »

RN 12 - F. 28110 SERVILLE FRANCE
Tél. (33) 02 37 38 91 93 Fax (33) 02 37 43 21 84

CARACTERISTIQUES TECHNIQUES

Les différents modèles de tamiseurs Promill de la série TV sont les suivants :

Modèles	TV1	TV2	TV3
Capacité en tonnes heure	1 à 5	5 à 15	15 à 30
Surface de la grille en m ²	1	2	4
Puissance du moteur installée	0,75 ch	1,5 ch	3 ch
Poids à vide	250 kg	300 kg	800 kg

CARACTERISTICAS TECNICAS

Los diferentes modelos de cernedores Promill de la serie TV son los siguientes :

Modelos	TV1	TV2	TV3
Capacidad en toneladas hora	1 a 5	5 a 15	15 a 30
Superficie de la rejilla en m ²	1	2	4
Potencia del motor instalado	0,75 ch	1,5 ch	3 ch
Peso en vacío	250 kg	300 kg	800 kg

TECHNICAL CHARACTERISTICS

The different Promill TV series of sifters are as follows :

Models	TV1	TV2	TV3
Capacity in tonnes hour	1 to 5	5 to 15	15 to 30
Grille area in m ²	1	2	4
Installed motor power	0,75 hp	1,5 hp	3 hp
Weight empty	250 kg	300 kg	800 kg

ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Различные модели сит ПРОМИЛ серии ТВ являются следующими :

Модели	ТВ1	ТВ2	ТВ3
Пропускная способность в тоннах в час	от 1 до 5	от 5 до 15	от 15 до 30
Площадь поверхности решетки в м ²	1	2	4
Мощность установленного двигателя	0,75 л.с.	1,5 л.с.	3 л.с.
Вес в пустом состоянии	250 кг	300 кг	800 кг

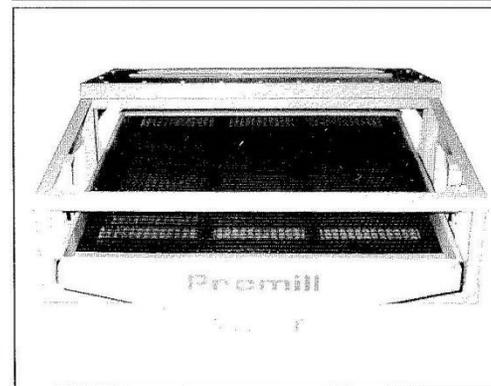
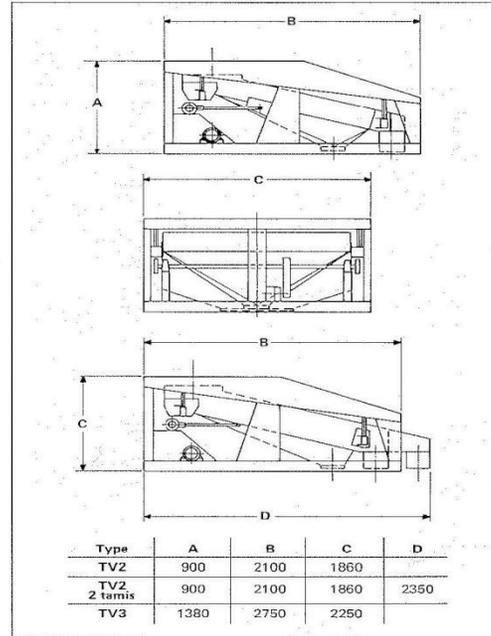
TECHNISCHE KENNWERTE

Es sind die nachstehenden Modelle in der Reihe TV der Promill Schwingsiebe erhältlich :

Modelle	TV1	TV2	TV3
Durchsatz in t/h	1 bis 5	5 bis 15	15 bis 30
Sieb-oberfläche in m ²	1	2	4
Installierte Motor-leistung	0,75 PS	1,5 PS	3 PS
Leerge-wicht	250 kg	300 kg	800 kg

المواصفات الفنية

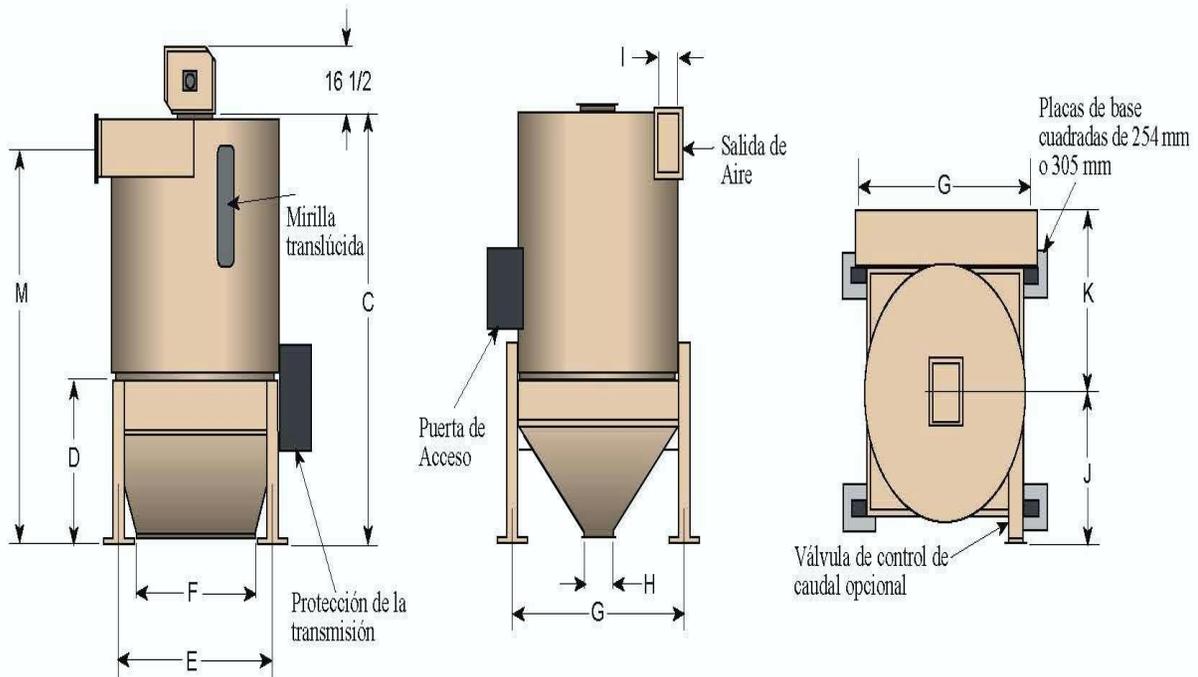
ان مختلف نماذج المغربيات بروميل من مجموعة « ت في » هي كالتالي :
النموذج 1 ت في 1 ت في 2 ت في 3
اللمتحة 1 2 4
ساعة /طن
مساحة 1 2 4
الشبك 1م 2م 3م
قدرة المحرك 0,75- 1,5- 3 حصان
الوزن 200 300 800 كغ
الطارغ



Les descriptions et illustrations de cette notice sont données à titre indicatif et sans engagement. Le constructeur se réserve le droit d'apporter sans préavis les modifications qu'il jugerait utiles.

Anexo 15. Especificaciones Técnicas de la Tamizadora para Pellets de madera.
Fuente: promill.fr (enero-2014).

ESPECIFICACIONES



MODELOS DE ENFRIADORES INDUSTRIALES

Valores promedio - 10 minutos de Retención
 Densidad de 0.56/m³
 680 m³/hora de aire por tonelada

OBSERVACIONES:

1. Las dimensiones indicadas son en milímetros
2. A solicitud están disponibles planos certificados
3. Los conos "standard" se suministran con declive de 45°
4. A solicitud podemos suministrarles la dimensión G adaptada a transmisiones eléctricas en lugar de neumáticas.

Modelo de Enfriador	A		B		C		D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
	Volumen (m ³)	Diametro (mm)	Capacidad Promedia TM/hora	Caudal de Aire Promedio (m ³ /hora)	Area de Salida de Aire (cm ²)	Altura Total (mm)	Altura de Patas (mm)	Largo de eje Longitudinal de Patas (mm)	Largo del Cono (mm)	Ancho de eje Longitudinal de Patas (mm)	Ancho del Cono (mm)	Ancho de la Salida de Aire (mm)	Vista en Planta (mm)	Vista en Planta-2 (mm)	Peso Total (kilos)	Altura eje Longitudinal del Regulador de Aire (mm)
RBR-34-4	.96	1105	3.75	2888	435	3188	1880	1143	597	1346	279	343	765	953	635	3035
RBR-43-5	1.22	1105	4.69	3568	523	3486	1880	1143	597	1346	279	343	765	953	680	3327
RBR-52-6	1.47	1105	5.62	4248	639	3788	1880	1143	597	1346	279	419	806	953	726	3558
RBR-48-4	1.39	1321	5.35	4078	619	3324	1788	1359	813	1562	279	419	851	1035	907	3134
RBR-81-5	1.73	1321	6.89	4927	767	3635	1788	1359	813	1562	279	432	867	1035	953	3432
RBR-74-6	2.10	1321	8.03	5947	903	3943	1788	1359	813	1562	279	508	914	1035	998	3772
RBR-67-4	1.90	1537	7.25	5437	803	3464	1895	1575	1029	1778	279	508	1000	1143	1225	3261
RBR-93-5	2.35	1537	9.05	6796	994	3698	1895	1575	1029	1778	279	559	1033	1143	1271	3578
RBR-100-6	2.83	1537	10.90	8155	1239	4099	1895	1575	1029	1778	279	610	1070	1143	1315	3823
000 07.4	2.48	1521	8.48	7138	1064	3684	2002	1701	1216	1924	279	533	1000	1124	1400	3413

Anexo 16. Especificaciones Técnicas del Enfriador de Pellets.
 Fuente: Bliss (enero-2014).

mabrik, s.a.

REFRIGERADORES DE CONTRA-CORRIENTE RVF *COUNTERFLOW COOLERS RVF* *REFROIDISSEURS À CONTRE-COURANT RVF*

Los refrigeradores a contra flujo RVF permiten en un tamaño compacto tener una gran capacidad de enfriamiento, incrementando los rendimientos y consiguiendo un importante ahorro energético.

RVF counterflow coolers provide great cooling capacity in a compact size and increase performance with significant energy savings.

Les refroidisseurs à contre-courant RVF offre une grande capacité de refroidissement avec des dimensions compactes et augmente de ce fait les rendements et les économies d'énergie.

Características principales:

- Entrada de gránulo a través de una válvula alveolar construida en ACERO INOXIDABLE.
- Campana aspiración y cuerpo refrigerador construido en ACERO INOXIDABLE CON PUERTA DE ACCESO y mirilla translúcida de control.
- Boca de aspiración con válvula de cierre instantáneo accionada neumáticamente.
- Vaciado mediante extractor dosificador de láminas deslizantes (modelo C) o basculantes (modelo CB) según necesidades del producto.
- Funcionamiento automático de vaciado por medio de niveles y temporizado en el proceso de descarga final.
- Sistema REPARTIDOR-NIVELADOR de gránulo, incrementando su eficiencia y homogeneización del producto.
- Sistema detector de incendios con sensor de temperatura, control ALARMA y salida de señales para minimizar al máximo el riesgo de propagación.

Main characteristics:

- *Entry of pellets through a STAINLESS STEEL rotary valve*
- *Suction hood and refrigerator body made of STAINLESS STEEL WITH AN ENTRANCE DOOR and translucent control window.*
- *Suction nozzle with a pneumatically operated instantaneous closing valve.*
- *Emptying by means of a dispensing extractor with sliding plates (model C) or tilting plates (model CB) according to the product requirements.*
- *Automatic emptying operation by means of levels or timed in the final discharge process.*
- *Pellet DISTRIBUTOR-LEVELLING system, which increases the product efficiency and homogenisation.*
- *Fire detection system with a temperature sensor, ALARM device and signal output to keep the risk of the fire spreading as low as possible.*

Principales características :

- *Entrée du granule à travers une vanne alvéolaire en ACIER INOXYDABLE.*
- *Hotte aspirante et corps refroidisseurs en ACIER INOXYDABLE AVEC PORTE D'ACCÈS et vitre d'inspection.*
- *Bouche d'aspiration avec vanne à fermeture instantanée et entraînement pneumatique.*
- *Évacuation par doseur extracteur à lames coulissantes (modèle C) ou basculantes (modèle CB) en fonction du produit.*
- *Fonctionnement automatique d'évacuation à l'aide des niveaux ou du temporisateur lors du processus de déchargement final.*
- *Système RÉPARTITEUR-NIVELEUR de granules qui augmente les performances et homogénéise le produit.*
- *Système détecteur de fumée avec capteur de température, contrôle ALARME et sorties signalées afin de réduire au maximum le risque de propagation.*

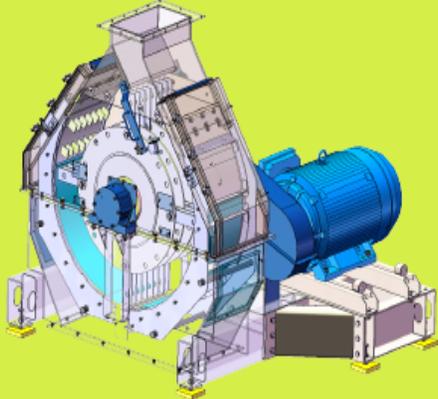
SISTEMA DE DESCARGA REFRIGERADOR RVF
COOLERS DISCHARGE SYSTEM RVF
SYSTÈME DE DÉCHARGEMENT DU REFRROIDISSEUR RVF



Anexo 17. Razones y características para Selección del Enfriador de Pellets.
Fuente: Mabrik S.A. (enero-2014).

Capacities

Ø mm	Power kW	Micro chips 3 x 50 mm	Saw dust
1	250 -500	1-2 T/H	2-3 T/H
2	250 -500	2-3 T/H	3-4 T/H
3	250 -500	3-4 T/H	4-5 T/H
4	250 -500	4-5 T/H	5-6 T/H
5	250 -500	5-6 T/H	6-7 T/H
6	250 -500	6-7 T/H	7-8 T/H

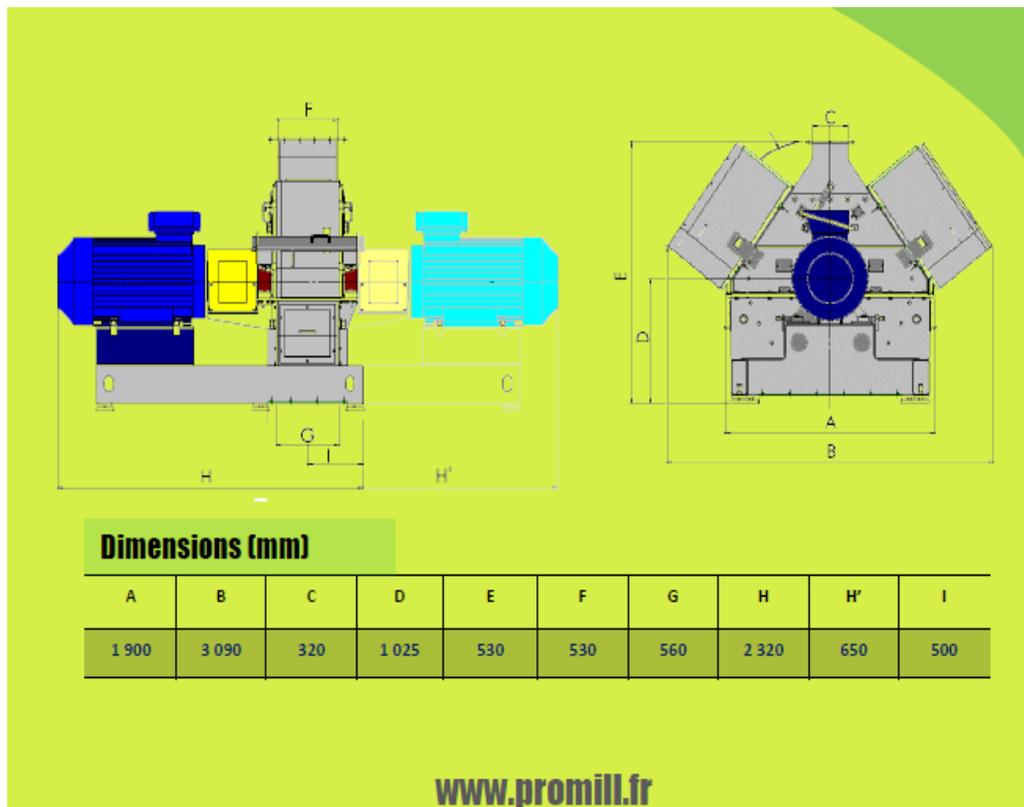


Main data

rotor		Screen		Hammers		Hammer mill		
Ø mm	Width mm	surface m ²	Number	Number	Weight Kg	Power kW	Weight Kg	Air volume M ³ /h
1 384	500	1.5	2	32-128	1.95	132-315	4 900	9000 -14 000

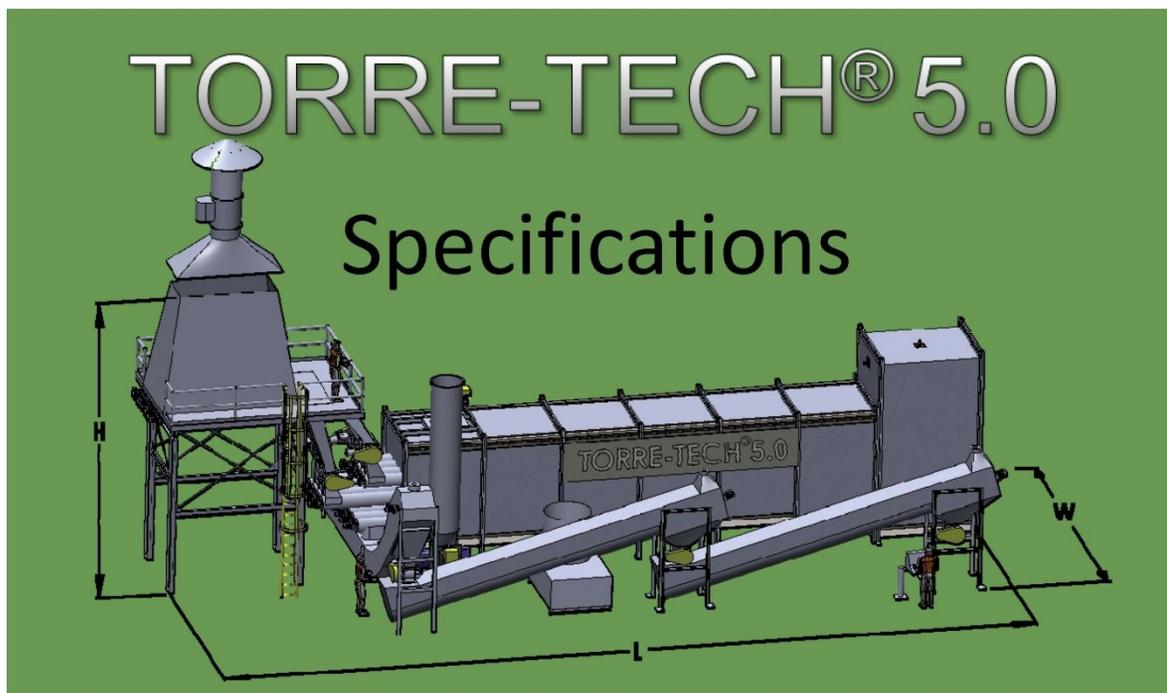
www.promill.fr

Anexo 18. Especificaciones Técnicas de la Molienda.
Fuente: plomill.fr (enero-2014).



Anexo 19. Especificaciones Técnicas del Enfriador de Pellets.

Fuente: Bliss (enero-2014).



TORRE-TECH[®] 5.0

Specifications

Feedstock Input:

- Types
 - Wood Chips (<0.5 in/12 mm)
 - Bio-Crops (Switchgrass, Miscanthus, etc.)
 - Energy Bio-grasses
- Feed Rate of Wood Biomass (Moisture Content < 40%)
15,000 lbs/hr / 6,800 kg/hr (Dry Basis)

Electrical Consumption:

- 300 kW—Connected Requirement
- 225 kW—Estimated Operating Usage

System Dimensions: IP (FT) SI (M)

	IP (FT)	SI (M)
Length (L)	80	24.0
Width (W)	32	9.8
Height (H)	30	9.0

Product Output:

- 5 Tons per Hour Torrefied Product
- Energy Content—10,000 BTU/lb / 5,500 kCal/kg (± 10%)
- Moisture Content < 10%
- Input to Output Ratio: Approx. 3 tons of “green” feedstock yields 1 ton of torrefied product. (Based on <40% moisture content of feedstock)
- Input to Output ratios may vary depending on type of feedstock and operating conditions.

Gas Consumption:

- Natural or Propane
- 11.0 million BTU/hr—Connected Requirement
- 200,000 BTU/hr—Estimated Operating Usage (fuel required for pilot as safety feature)

Water Usages:

- Cooling Process
- Fire Suppression Functions

**Agri-Tech
Producers, LLC**

116 Wildewood Club Court Columbia, SC 29223
Tel (803) 462-0153 Fax (803) 462-9676

www.agri-techproducers.com

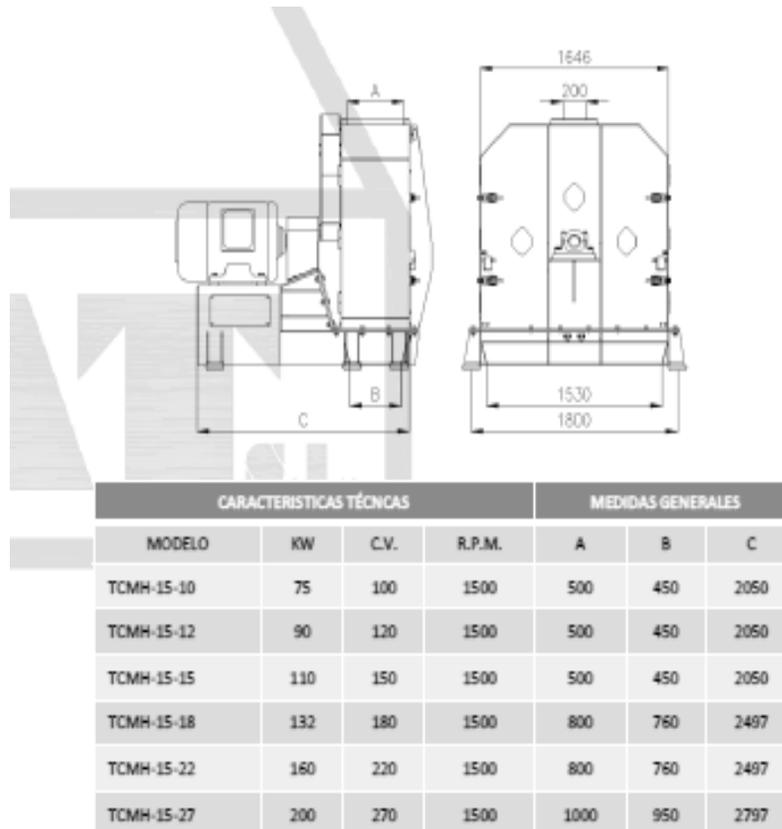


KUSTERS-ZIMA

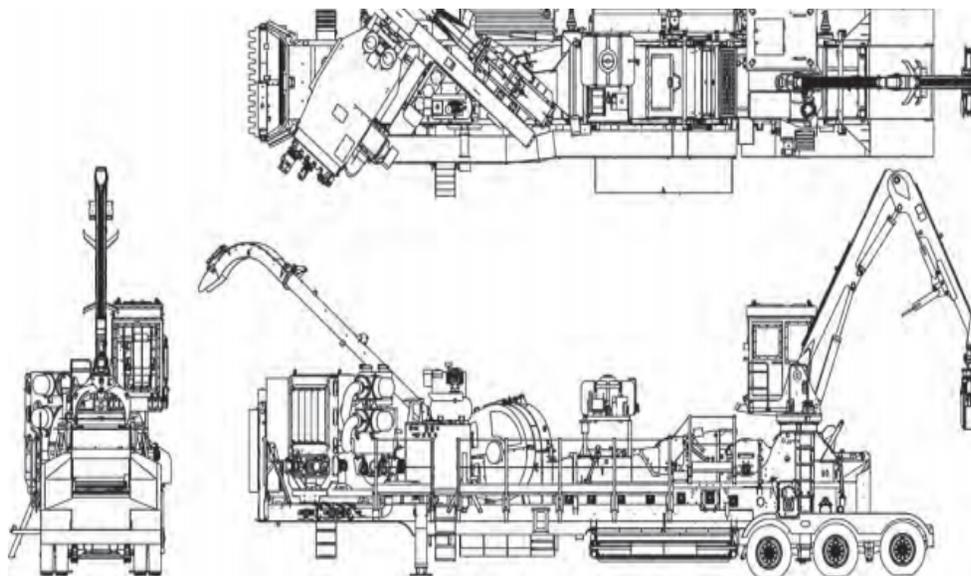
101 Zima Park Drive, Spartanburg SC 29301
Tel (864) 576-0660 Fax (864) 587-5761

KustersZima.com

Anexo 20. Especificaciones Técnicas del Torre-Tech 5.0.
Fuente: Agri-Tech Producers, LLC (enero-2014).



Anexo 21. Especificaciones de Molino.
Fuente: T-Cuñat (Enero 2014).



Dimensiones generales

Longitud de trabajo	51 pies 3¼ pulg (1563 cm)
Ancho de trabajo	11 pies 8½ pulg (357 cm)
Longitud de transporte	53 pies 5½ pulg (1630 cm)
Ancho de transporte	11 pies 7¼ pulg (354 cm)
Altura para transporte	13 pies 6 pulg (411 cm)
Altura de 5a rueda	4 pies 1½ pulg (126 cm)
Separación entre ejes	60 pulg (152 cm)
Altura libre sobre el suelo (con empujador de corteza estándar)	13 pulg (33 cm)
Peso de 5a rueda	43 340 lb (19 659 kg)
Peso de eje triple	58 860 lb (26 699 kg)
Peso total	102 200 lb (46 367 kg)

Los pesos se basan en una máquina con 3 mayales y boca de descarga larga

Tren de fuerza

Motor	Caterpillar C27 ó C32 Tier II
Potencia	C27 - 950 hp (708 kW) ó 1050 hp (783 kW) C32 - 950 hp (708 kW), 1125 hp (839 kW) ó 1200 hp (895 kW)
Embrague	PT Tech HPTO 15
Capacidad del tanque de combustible	375 gal (1420 l)
Capacidad del depósito hidráulico	320 gal (1211 l)

Desramador/descortezador

Capacidad de cadena de 78 eslabones de tambores con dos mayales horizontales	
Rodillos de alimentación gemelos con rodillos superiores flotantes - Desramador y astillador	
7 rodillos de alimentación inferiores impulsados	
Transportador de corteza de descarga lateral	10 pies x 21 pulg (305 cm x 45 cm)
Velocidad de mayales variable, ajustable desde cabina	

Astillador

Disco astillador para servicio severo con tres o cuatro cavidades	66 pulg (168 cm) de diámetro
Sistema con cuchilla antifricción o Key Knife	
Bocas de descarga de madera picada superiores o de extremo giratorias hidráulicas	
Polea impulsora	53 pulg (135 cm), 60 pulg (152 cm) ó 65 pulg (165 cm)

Cargadora de troncos

Pluma articulada hidráulica de dos secciones	26 pies 10 pulg (818 cm)
Tenazas de rotación continua con cremallera inferior	42 pulg (107 cm)
Dos palancas de control electrónico	
Cabina del operador cerrada y resistente a elementos del clima	
Cabina presurizada con acondicionador de aire y calefactor diesel	
Capacidad de elevación	11 851 lb (5376 kg) a 15 pies (457 cm)

Equipo opcional adicional

Empujador de corteza de capacidad alta	10 pies de ancho x 24 pulg (305 cm x 61 cm)
Boca de descarga larga y de rotación elevada	
Bastidor extendido	3 pies (91 cm) más largo
Juego de calefacción eléctrico o diesel	
Compresor de aire auxiliar	
Sistema de extinción de incendios	Manual y automático
Cinturón de seguridad canadiense	
Posiciones opcionales de mayales inferiores	
Cortina de cadena superior e inferior	
Tercer mayal	
Forros de mayal de uretano negro	
Luces para trabajo nocturno	

Anexo 22. Especificaciones Técnicas del Astillador 5000H.
Fuente: Peterson (Enero 2014).

Rotary Valve for Wood Pellets and Chippings RWN

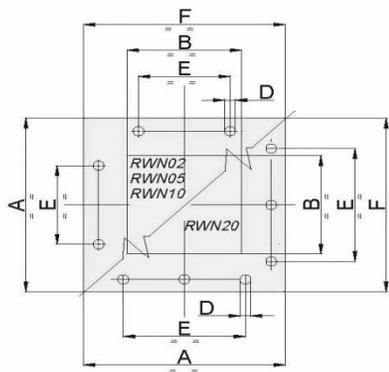
COMPLETE PROTECTION AGAINST BURN-BACK, ENHANCED CUTTING ACTION AND REDUCED COMPRESSIVE FORCES, MAKES RWN THE PERFECT SOLUTION FOR WOOD CHIPS AND WOOD PELLETS APPLICATIONS

RWN Drop-Through Rotary Valves are designed to work with common wood pellets and chippings.

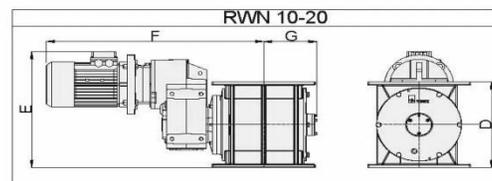
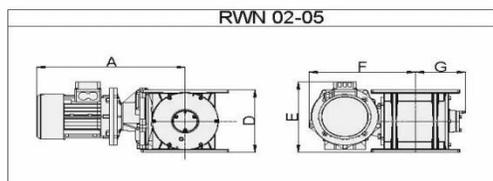
Features

- Square inlet dimensions: 150x150 mm – 200x200 mm – 250x250 mm – 300x300 mm ((6x6" - 8x8" - 10x10" - 12x12"))
- Capacity: 2 – 5 – 10 – 20 litres/rev. (0.07 – 0.17 – 0.35 – 0.7 cu ft/rev)
- Working temperature: from -20°C up to 150°C (-4°F up to 300°F)
- Casing and flange material: cast iron
- Rotor: 4 sharp-edged blades manufactured from hardened steel

Overall Dimensions



STANDARD DIMENSIONS (mm)					
Type	A	B	D	E	F
RWN02	265	150	14	120	225
RWN05	320	200	14	150	280
RWN10	375	250	14	180	335
RWN20	440	300	18	260	400



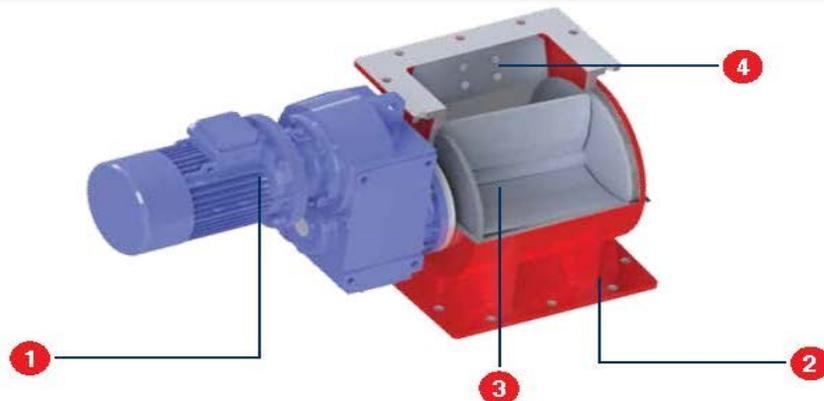
Type	A*	D	E*	F*	G	Rotor Speed (rpm)	Motor Power (kW)
RWN 02	500	220	248	325	131	20	0.75
						30	1.1
RWN 05	540	280	237	340	162	20	1.1
						30	1.5
RWN 10	/	360	490	792	188	20	1.5
						30	2.2
RWN 20	/	455	561	855	226	20	2.2
						30	3.0

(*) dimensions may vary depending on different standards.

Anexo 23. Especificaciones de la Válvula Rotatoria para la descarga de Pellets de madera.
Fuente: http://www.wamgroup.com/index.asp?ind=product_sheet.asp&idFamilia=81&idProducto=601&bkq=yes&menuProd=menu81&idDivision=2&idBranch=316&idLang=107 (enero-2014).

Benefits

- ✓ **Sturdy, compact structure;**
- ✓ **Drive unit mounted directly on shaft without further bearing assembly or coupling;**
- ✓ **Easy access to internal mechanical parts;**
- ✓ **The shape of the rotor blades manufactured from hardened steel enables the RWN to cut pieces of wood present in the bio-fuel mixture;**
- ✓ **Certified in compliance with Austrian Directive TRVB H 118/03. Meant to work with wood fuel produced according to ONORM M7132, ONORM M7133 ONORM M7135 standards.**



DRIVE UNIT



RWN 10 - RWN 20 Direct Drive (20-30 rpm)



RWN 02 - RWN 05 Direct Drive (20-30 rpm)

CASING



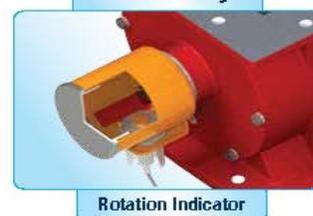
ROTOR



SCRAPER



Accessory



Rotation Indicator

Anexo 24. Beneficios de la Válvula Rotatoria para la descarga de Pellets de madera.

Fuente: http://www.wamgroup.com/index.asp?ind=product_sheet.asp&idFamilia=81&idProducto=601&bkg=yes&menuProd=menu81&idDivision=2&idBranch=316&idLang=107 (enero-2014).



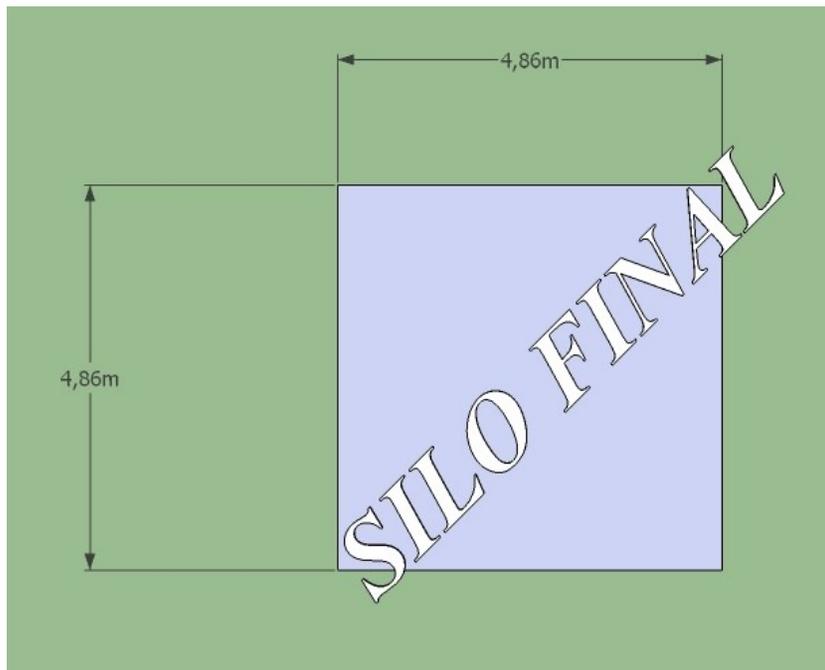
Anexo 25. Elevador de cangilones.
Fuente: Direct Industries (Ene-2014).



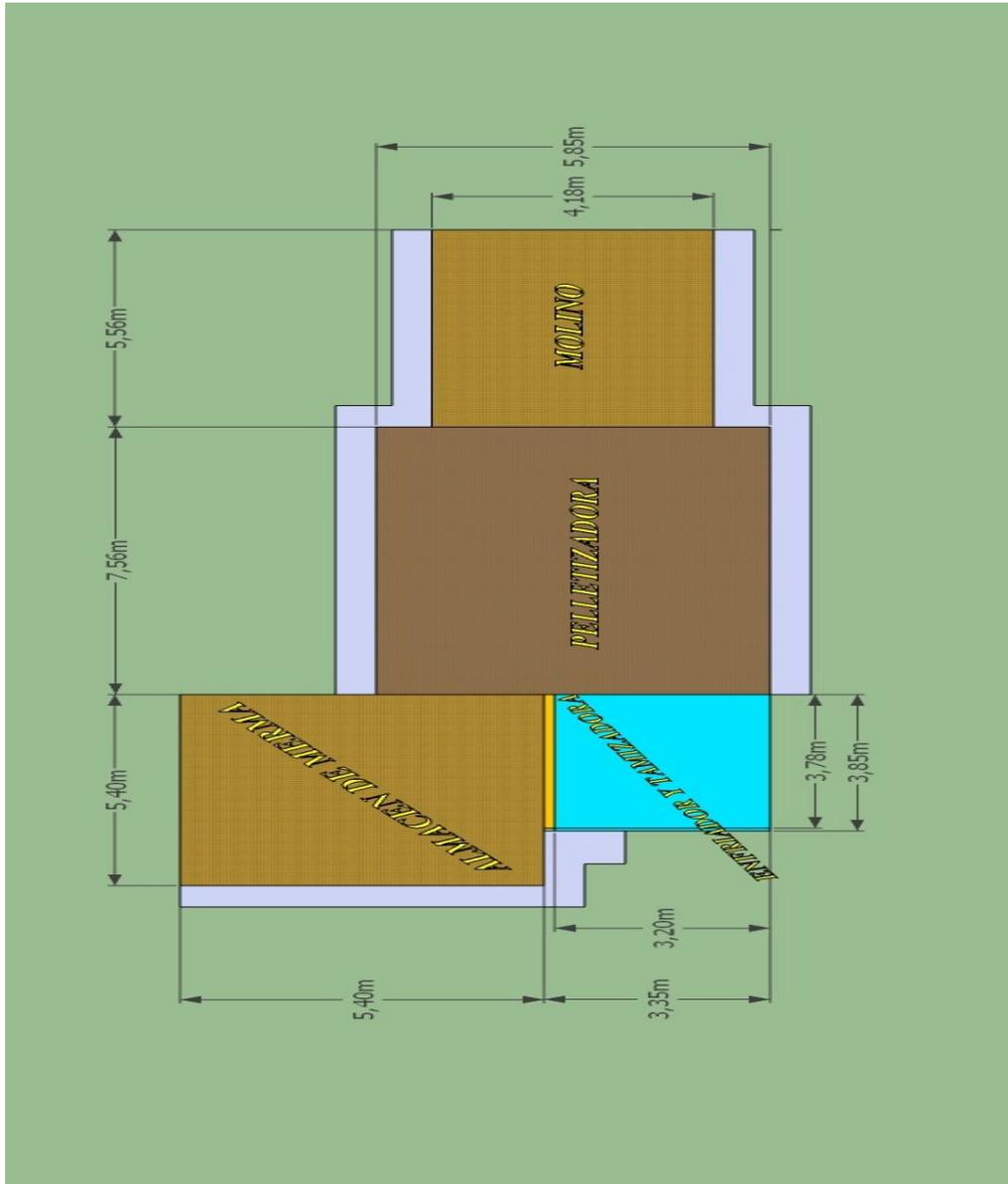
2. las especificaciones del producto:

parámetro de rendimiento		
principal parámetro		
el peso de funcionamiento	kg	7200
agarrar el peso del cubo	kg	390
la potencia nominal	Kw/rpm	48/2300
Max. El par	N. M/rpm	230/1800
la presión de funcionamiento	mpa	21
nominal de flujo	L/min	55x2
la entrega de la bomba	MI/r	25x2
velocidad de desplazamiento	Km/h	30
velocidad de swing	rpm	9.2
Max. La fuerza de tracción	kn	43.2
capacidad de ascenso	& deg;	20
tanque de combustible	l	125
tanque de aceite hidráulico	l	105
rango de trabajo		
Max. El peso de carga	kg	500
Max. Gama de carga	mm	6758
Max. Altura de dumping	mm	4721
dimensión		
la longitud total	mm	6321
la anchura total	mm	2000
Altura total(cabina superior)	mm	2710
Altura total(auge superior)	mm	2730
bajo peso de balance de tierra de despacho	mm	985
Min. Distancia al suelo	mm	280
la base de la rueda	mm	2310
la distancia entre el lado tanto de los neumáticos	mm	1560
topadora ancho de la hoja	mm	2024
la hoja topadora altura	mm	310
longitud de la pluma	mm	3500
la longitud del brazo	mm	2000
la apertura de dimensión	mm	1266
dimensión del esquema de agarrar cubo	mm	1500x1020

Anexo 26. Remolque Forestal.
Fuente:Wolwa Group. CO. (Febrero-2014).

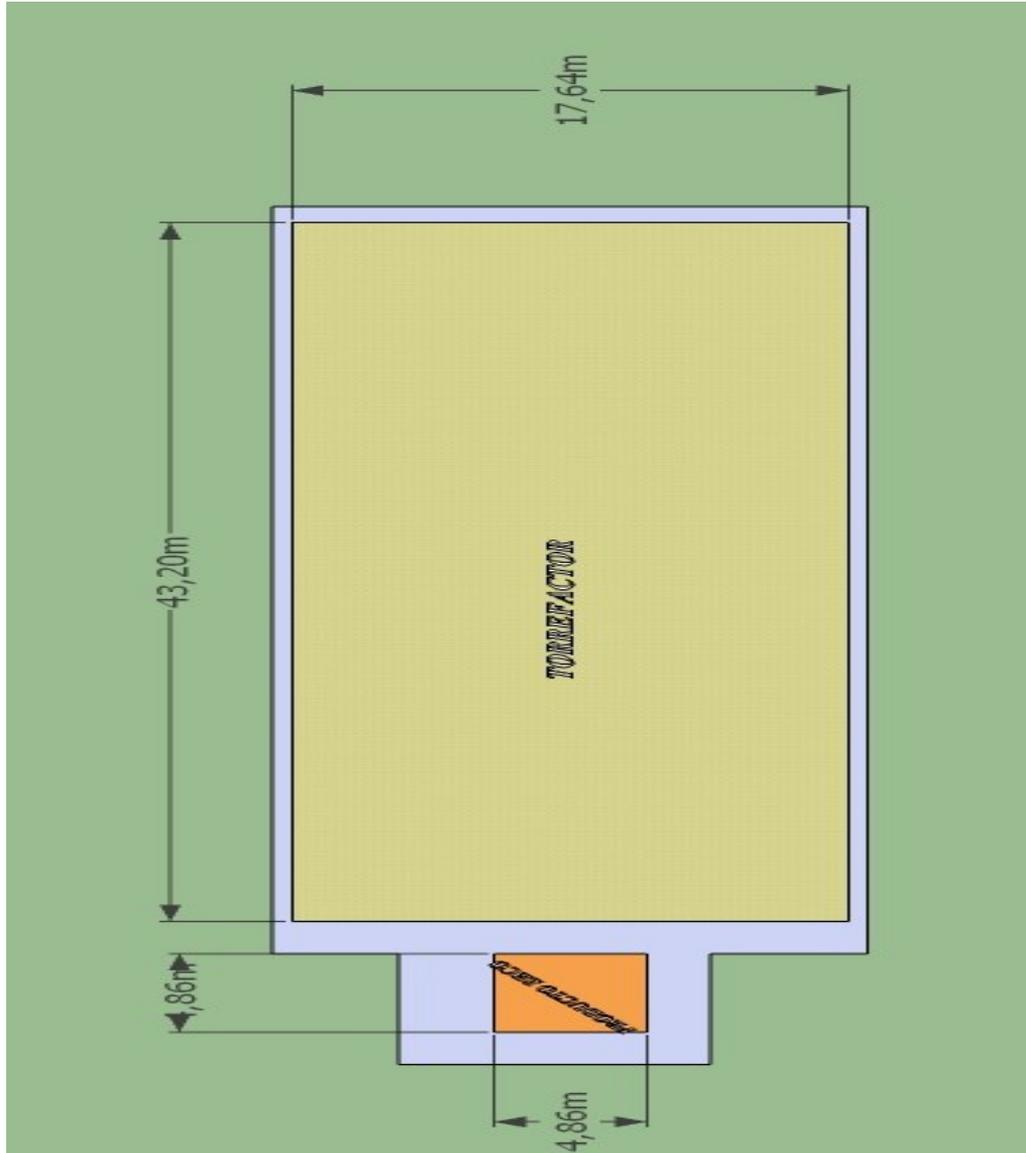


Anexo 27. Requerimiento grafico del área de Despacho.
Fuente: Elaboración Propia (Febrero-2014).

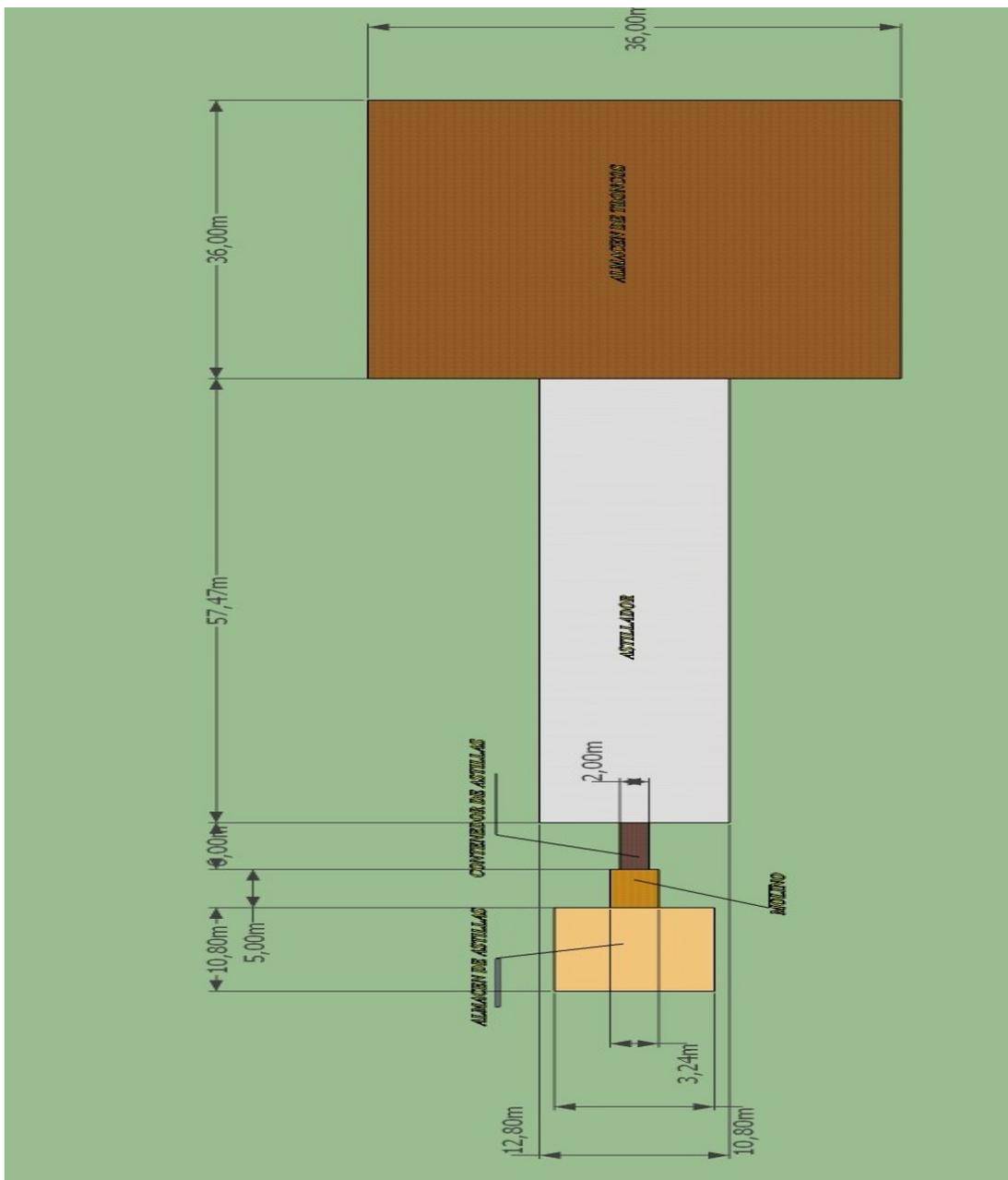


Anexo 28. Requerimiento grafico del área de Producción.

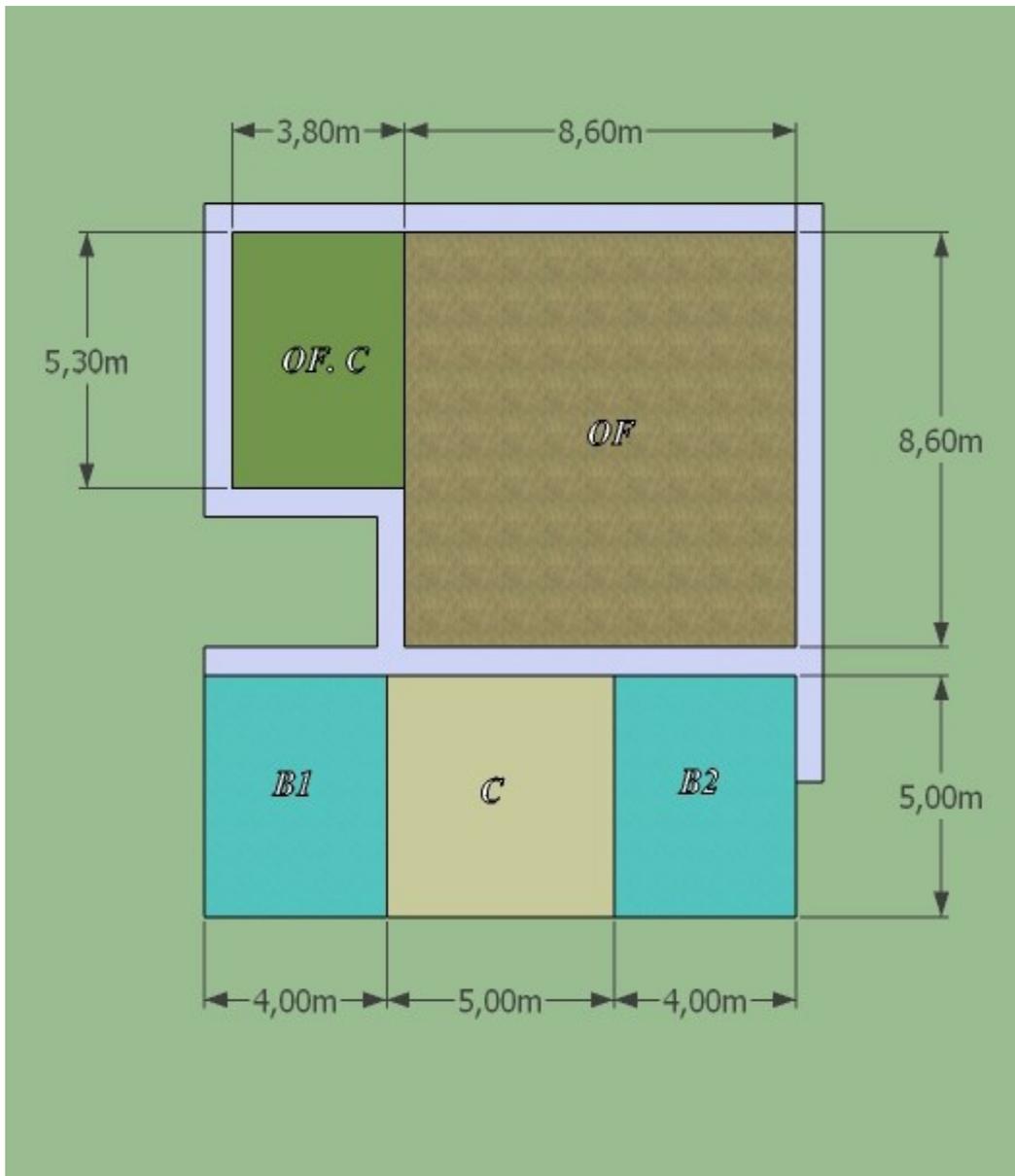
Fuente: Elaboración Propia (Febrero-2014).



Anexo 29. Requerimiento gráfico del área de Secado.
Fuente: Elaboración Propia (Febrero-2014).



Anexo 30. Requerimiento gráfico del área de Pre-Tratamiento.
Fuente: Elaboración Propia (Febrero-2014).



Anexo 31. Requerimiento grafico del área de Oficinas.
Fuente: Elaboración Propia (Febrero-2014).

Clima en Itajai

Clima y pronóstico del tiempo en Itajai. Encuentra la información del clima de hoy, las condiciones actuales, los informes climáticos y la información del estado del tiempo de Itajai.

Clima de Itajai



Temperatura: 29 C° / 84 F°

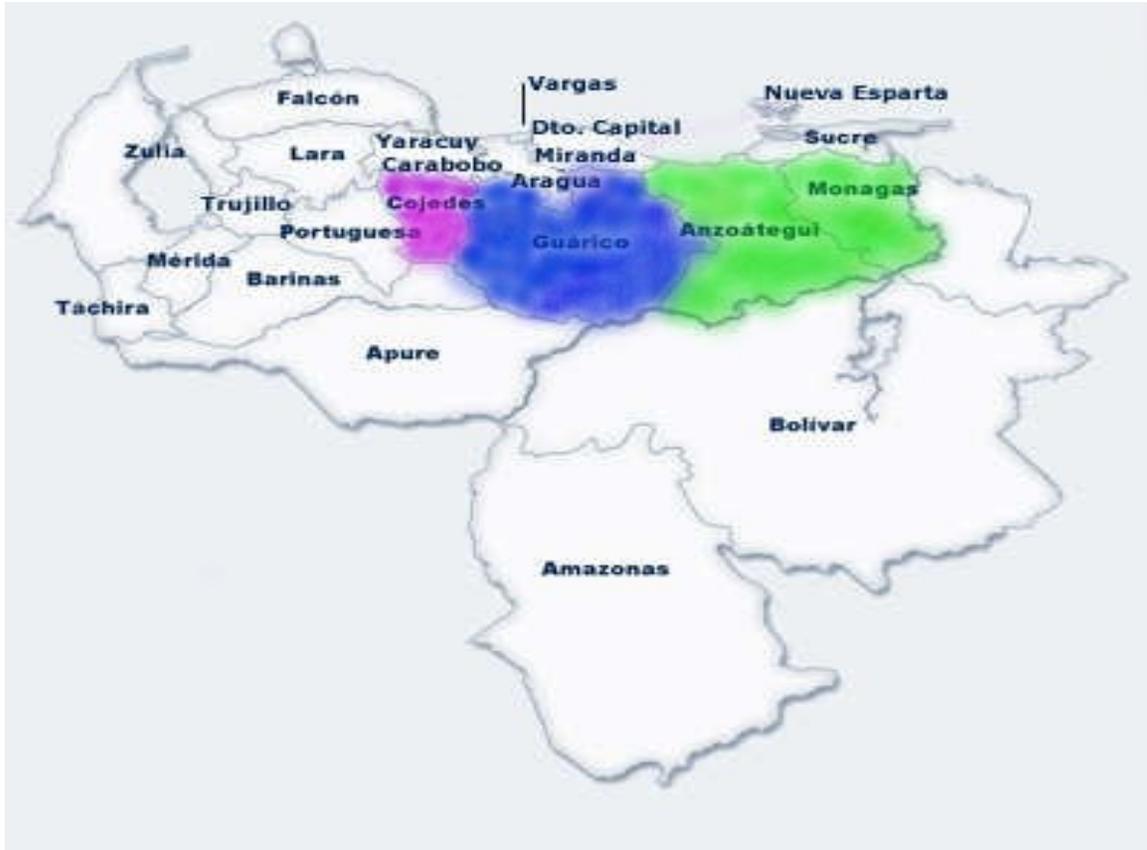
Humedad: 89%

Viento: Este, 8 km/hora

Barometro: Subiendo

Anexo 34. Clima en Itaji sur de Brasil.

Fuente: Clima Star. (Febrero -2014).



Anexo 35. Propuesta de la posible Ubicación de la Planta Productora de Pellets en Venezuela.
Fuente: Elaboración Propia. (Febrero -2014).



BANCO CENTRAL DE VENEZUELA
RIF G-20000110-0

El Banco Central de Venezuela informa al público en general, que se mantiene como tipo de cambio resultante de la última subasta de divisas a través del Sistema Complementario de Administración de Divisas (SICAD), el correspondiente a la Subasta Décima Quinta, equivalente a 11,36 Bs./US\$, vigente a partir del 15/01/2014.

Anexo 36. Tasa vigente Divisas.

Fuente: Banco Central de Venezuela. (Febrero -2014).