



UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO

FACULTAD DE INGENIERÍA EN TECNOLOGÍA DE LA MADERA

“DETERMINACIÓN DE CONTENIDO DE CORTEZA EN ASERRÍN EN UNA PLANTA DE
TABLERO AGLOMERADO DE PARTÍCULA”

TESIS PROFESIONAL

PRESENTA:

ALEJANDRA GUADALUPE REYES RODRÍGUEZ

PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
INGENIERO EN TECNOLOGÍA DE LA MADERA

DIRECTOR DE TESIS:

M.C. ROBERTO CALDERÓN MUÑOZ

Morelia, Michoacán, Junio 2017

ÍNDICE GENERAL

INDICE GENERAL.....	2
INDICE DE FIGURAS	3
INDICE DE CUADROS	4
RESUMEN	5
 CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN	 6
 CAPÍTULO 2. ANTECEDENTES	 8
2.1 Antecedentes Históricos.....	8
2.2 Antecedentes Bibliográficos	9
 CAPITULO 3. JUSTIFICACIÓN	 11
 CAPÍTULO 4. OBJETIVOS	 12
 CAPÍTULO 5. MARCO TEÓRICO	 13
 CAPÍTULO 6. PROCESO DE LIMPIEZA DEL ASERRÍN EN UNA FÁBRICA DE TABLERO AGLOMERADO	 18
 CAPÍTULO 7. PROCESO DE ELABORACIÓN DEL TABLERO AGLOMERADO DE PARTÍCULA	 25
 CAPÍTULO 8. MATERIALES Y MÉTODOS	 38
8.1 Materiales	38
8.2 Métodos	38
8.2.1 Toma de muestras	38
8.2.2 Preparación de muestras	40
8.2.3 Gramaje de muestras	42
8.2.4 Cribado	42
8.2.5 Separación de muestras	44
8.2.6 Análisis de muestras.....	45
8.2.7 Muestras de la parte superior del separador	47
 CAPÍTULO 9. RESULTADOS	 49
9.1 Determinación de corteza en aserrín de los proveedores	49
9.2 Localidades y distancias	50
9.3 Proveedores arriba de la tolerancia de 5%.....	51
9.4 Muestras de aserrín de la parte superior del separador	52
9.5 Eficiencia del proceso de limpieza	54
 CAPÍTULO 10. ANÁLISIS DE RESULTADOS	 56
10.1 Determinación de corteza en aserrín de los proveedores	56
10.2 Localidades y distancias	58
10.3 Proveedores arriba de la tolerancia de 5%.....	58
10.4 Muestras de aserrín de la parte superior del separador	58

10.5 Eficiencia del proceso de limpieza	59
10.6 Consecuencias de la corteza.....	64
CAPÍTULO 11. CONCLUSIONES	66
CAPÍTULO 12. RECOMENDACIONES	67
BIBLIOGRAFÍA.....	68
ANEXOS.....	70
14.1 Registros de las muestras por proveedor	70
14.2 Gráficas de los porcentajes de corteza de las muestras	73

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Corteza de pino	13
Figura 2. Componentes de la corteza	14
Figura 3. Componentes del tronco	14
Figura 4. Corteza lisa de Acacia	16
Figura 5. Corteza rugosa del tronco de Pino.....	16
Figura 6. Descarga de aserrín a tolva.....	18
Figura 7. Ubicación del sistema magnético	19
Figura 8. Detalle del sistema magnético en la banda	19
Figura 9. Desechos provenientes del dispositivo magnético	20
Figura 10. Proceso de limpieza del aserrín	20
Figura 11. Proceso de cribado con malla de 3/8" de abertura	21
Figura 12. Excedentes de madera aislados del proceso de limpieza	21
Figura 13. Banda transportadora hacia el cobertizo.....	22
Figura 14. Aserrín bajo cobertizo	22
Figura 15. Diagrama general del proceso de limpieza de aserrín	23
Figura 16. Diagrama del proceso de limpieza del separador por gravedad	24
Figura 17. Material de rechazo proveniente del separador por gravedad	24
Figura 18. Materias primas de la planta	26
Figura 19. Descarga de materia prima.....	27
Figura 20. Área de molinos de una planta de tableros aglomerados de partícula	27
Figura 21. Detalle de los hojueladores	28
Figura 22. Sistema de secado y clasificación de la astilla para tablero aglomerado	29
Figura 23. Detalle de las placas metálicas del interior de un tambor rotativo	29
Figura 24. Diagrama del proceso de engomado y formado de un tablero aglomerado de partícula	32
Figura 25. Colchón en la línea de proceso	33
Figura 26. Área de prensado	34
Figura 27. Proceso de prensado del tablero aglomerado.....	34
Figura 28. Secuencia de lijado del tablero	36
Figura 29. Línea de impregnación	37
Figura 30. Línea de laminación de una planta de aglomerado	37
Figura 31. Descargas de aserrín por proveedor.....	39

Figura 32. Descargas y separación de basura	39
Figura 33. Obtención de muestras ya cribadas en la parte alta del proceso de limpieza	39
Figura 34. Preparación de las muestras para ser secadas a una temperatura constante.....	40
Figura 35. Colocación de la muestra húmeda a la estufa del laboratorio.....	41
Figura 36. Proporción de la muestra de aserrín pesada en la balanza	42
Figura 37. Equipo agitador de cribas Marca RO-TAP	43
Figura 38. Material antes y después de ser cribado a nivel laboratorio	44
Figura 39. Separación de la muestra en corteza y aserrín	44
Figura 40. Ejemplo de material separado de solo una malla de la cribadora	45
Figura 41. Proporciones de aserrín y corteza incluidas en las muestras por cada malla	46
Figura 42. Comparación del contenido de corteza de las muestras tanto limpia como sucia ..	46
Figura 43. Parte superior del separador de aserrín	47
Figura 44. Obtención de la muestra de la parte superior del separador	48
Figura 45. Gráfica con relación entre la velocidad de los camiones de carga y el tipo de camino que recorren	51
Figura 46. Eficiencia del proceso de limpieza del aserrín en su última etapa	54
Figura 47. Eficiencia del proceso de limpieza del aserrín en una planta de tablero aglomerado ..	55
Figura 48. Contenidos de corteza de los proveedores analizados	56
Figura 49. Detalle de las partículas grandes de corteza en un tablero	59
Figura 50. Tolda en donde es depositado el aserrín	60
Figura 51. Detalle de los trozos grandes de corteza encontrados en las muestras	61
Figura 52. Eficiencia del proceso de limpieza en la etapa 1.....	62
Figura 53. Desecho resultado de la primera etapa de limpieza.....	63
Figura 54. Eficiencia del proceso de limpieza en la etapa 2.....	63
Figura 55. Muestras de un tablero aglomerado de partícula	64
Figura 56. Detalle en el principio de corte de los hojeladores	65

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Medidas de las mallas utilizadas en la criba.....	43
Cuadro 2. Proveedores analizados en cuanto al volumen que abastecen y su porcentaje de corteza	49
Cuadro 3. Relación de distancia entre los proveedores y la planta	50
Cuadro 4. Análisis de proveedores que rebasaron la tolerancia de corteza en aserrín	52
Cuadro 5. Resultados de los porcentajes de corteza en las muestras del separador	53

RESUMEN

El aserrín es una de las materias primas de la elaboración del tablero aglomerado de partícula y su abastecimiento depende de los residuos de otros procesos maderables. El presente trabajo tiene como objetivo analizar el aserrín de 15 proveedores de una planta de tablero aglomerado de partícula quién tiene el interés de conocer la calidad del material de sus proveedores y determinar el porcentaje de corteza de cada uno, conocer la eficiencia del proceso de limpieza con el que cuenta la empresa, conocer de manera general las pérdidas económicas y conocer las posibles consecuencias de la corteza en el tablero. Fueron 9 proveedores los que respetaron la tolerancia de 5% de corteza que dicta la empresa y 6 rebasaron esta cifra. Y en promedio se detectó un 6.88% de contenido de corteza de todos los proveedores. Después se analizaron las muestras después de todo el proceso de limpieza del aserrín y como resultado se encontró que el aserrín contaba con menos de 1% de contenido de corteza por lo que se encuentra satisfactorio la limpieza que aplica la empresa. Si el contenido de corteza en promedio es de 6.88% y la tolerancia es de solo 5% nos hace deducir que de cada 100 pesos de aserrín aproximadamente 7 pesos son corteza, es decir 2 pesos más de lo que la empresa contempla. Y al contener menos de 1% de corteza no hay consecuencias sobre las propiedades del tablero, en dado caso sería en la estética pero solo en tableros sin recubrimientos. Aserrín, corteza, proveedores, limpieza, tolerancia.

ABSTRACT

Sawdust is one of the raw materials for the particle board and its supply depends on the residues of other wood processes. The present work aims to analyze the sawdust of 15 suppliers of a chipboard particleboard plant who has the interest to know the quality of the material of their suppliers and determine the percentage of bark of each one of them, with the purpose to know the efficiency of the cleaning process that the company have, to know in a general way the economic losses and the possible consequences of the bark in the board. The results established that there were 9 suppliers who respected the tolerance of 5% of bark dictated by the company and 6 exceeded this figure. And on average we detected 6.88% bark content of all suppliers. Samples were then analyzed after the entire sawdust cleaning process and as a result the sawdust was found to have less than 1% bark content, which is why the cleaning applied by the company is satisfactory. If the average bark content is 6.88% and the tolerance is only 5%, we can deduce that of each 100 pesos of sawdust approximately 7 pesos are bark that is 2 pesos more than the company contemplates. And because it contains less than 1% of bark there are no consequences on the properties of the board, in a given case it would be in aesthetics but only in boards without coatings. Sawdust, bark, suppliers, cleaning, tolerance.

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

La elaboración del tablero aglomerado de partículas se caracteriza por utilizar como materias primas los residuos de otros procesos industriales relacionados a la transformación de la madera y a su vez éstos residuos pueden ser obtenidos por diferentes métodos de corte.

El comercio mundial de tableros de madera, tanto importaciones como exportaciones creció un 4% en 2013 también alcanzando 76 millones de m³, equivalente al 21% de la producción total (Villar, 2015). Según el informe más reciente de la FAO (diciembre 2014), en el 2013 la producción mundial de tableros de madera llegó a 358 millones de m³, lo que representa un aumento de 7.8% al año anterior de 332 millones de m³.

Para efectos de éste proyecto es necesario aclarar el concepto básico del tablero aglomerado, ya que un tablero o un panel es un producto forestal, es decir, un elemento que se obtiene de la madera mediante algún proceso industrial y se presenta en forma de hoja, la cual está constituida por chapas, partículas o fibras.

Los tableros que se fabrican con partículas de madera que son productos poco conocidos en México y se usan en diferentes aplicaciones. Esos tableros se fabrican con partículas de madera como son las hojuelas, astillas, viruta y aserrín, las cuales se combinan con resinas sintéticas u otro tipo de adhesivo; la mezcla formada se coloca entre dos planchas (moldes) a temperaturas altas para prensarla y aumentar la densidad del producto. Las temperaturas altas sirven para acelerar el endurecimiento o el curado de los adhesivos (COFAN, 1994).

El objetivo de la fabricación de este tipo de tableros es lograr un producto a base de pequeñas partículas unidas con un adhesivo, que tenga características físicas semejantes o superiores a las piezas de madera maciza y otro tipo de tableros (Chan, 2004).

Al incorporar partículas de diferente tamaño y forma al tablero, se provoca un cambio en las propiedades físicas y mecánicas de éste (Muñoz, 2003).

En México se procesan anualmente más de 8 millones de m³ de madera, del cual el 70% se destina a la industria del aserrío y se generan 2 800 000 m³ de aserrín (SEMARNAP, 2000). El aserrín propiamente dicho es un subproducto de la madera, proveniente de todas aquellas herramientas de corte como las sierras comúnmente utilizadas en las carpinterías o madererías del país, así como en otras industrias asociadas a la madera (Anonymous, 1999).

El aserrín es un producto estable, con ciertos usos como combustible para la producción de tabique, cama para corrales y alimento para rumiantes. Su acumulación es una seria

contaminación de los suelos en donde se deposita (Starbuck, 1997). Como una medida de control para la calidad del ambiente, existe una regulación federal que prohíbe la quema de aserrín, por lo que los aserraderos lo venden a precios mínimos o inclusive es regalado con tal de ser retirado de su propiedad.

Debido a que en el aserrín las fibras han sido cortadas, este material no es interesante para la mayoría de la industria de la celulosa por lo que sus alternativas de uso industrial se reducen casi exclusivamente a la construcción de tableros (FAO, 1978).

Sin embargo, en varias partes de Michoacán el aserrín se considera como un producto importante para algunas pequeñas empresas, ya que es utilizado como combustible de biomasa o como materia prima en el caso de la elaboración de tablero. La venta de éste material es cada vez más común entre las comunidades y se ha convertido en un negocio factible para aquellos que aprovechan el potencial del aserrín.

Para efectos de éste proyecto únicamente se tomaron en cuenta el estudio del aserrín en una planta de tablero aglomerado, dejando de lado las otras áreas de la planta, con el propósito de llevar a cabo un mejor control sobre el mismo aserrín y poder controlar adecuadamente el proceso de producción del tablero aglomerado de partícula.

Sin embargo, también se integraron los temas básicos para esta investigación como lo es el concepto de la corteza y su papel como parte del árbol. Se complementó la información tanto con la definición del tablero aglomerado de partícula así como todo el proceso de elaboración del mismo en una planta como tal; comienza en la zona de recepción y abastecimiento y continúa hasta describir cada una de las etapas de producción del tablero de manera explícita y concisa.

El documento cuenta con una detallada descripción del proceso de limpieza de aserrín en una planta de tablero aglomerado hasta llegar a ser un material con las características que lo hacen propicio para formar parte del tablero.

Después de hacer uso de la metodología adecuada a cada una de las muestras de aserrín se le toman en cuenta diferentes factores como lugar de procedencia, distancia y calidad del material para evaluar a los proveedores y finalmente mediante la comparación de sus resultados se lograron establecer proveedores aceptables para formar parte de la elaboración de un tablero y también se logró evidenciar aquellos materiales que no serían rentables para la empresa.

CAPÍTULO 2. ANTECEDENTES

2.1 Antecedentes históricos

El nacimiento industrial de todos los tableros y su gran consumo ha sido relativamente reciente. Sin embargo en un repaso a la historia nos dice que el primer registro de producción de paneles es de hace 3500 años en Egipto. Los egipcios aplicaban chapas de madera decorativas sobre madera maciza como se ve en cuadros, muebles, ataúdes de esa época. También la práctica de embellecer muebles con chapas decorativas fue bastante usada por griegos y romanos. El primer tablero aglomerado comercial se fabricó en Bremen Alemania en 1941. La primera planta alemana producía 10 tn al día usando resina fenólica como adhesivo. Desde ese momento el tablero aglomerado creció rápidamente, ocupando en la actualidad la primera posición entre todos los tableros de madera con una producción de 56 millones de m³ anuales en el mundo (González, 1993).

En el año 2000 funcionaban 17 plantas productoras de tableros de madera en México.

La capacidad instalada en la industria de tableros de madera en 1998 fue de 358 mil m³r, concentrándose en los estados de Michoacán (28%), Chihuahua (18%), Oaxaca (11%), y Durango (8%). La capacidad instalada en la industria de tableros de madera se utilizó en 63% en 1998. La industria de tableros aglomerados de partícula fue en 1999 la industria líder con 485 tn producidas (1m³=700 kg) que representó el 69 % del total producido de ese año (FAO, 2006).

Como ejemplo de una planta productora de tablero aglomerado de partícula localizada en nuestro estado se tiene la siguiente información:

La fundación de la planta Vikingo, localizada en Zitácuaro, Michoacán, tuvo lugar un 8 de junio de 1981 perteneciente al grupo Kuo, quién vendió los activos de la planta entonces llamada Rexcel en el año 2013 a Masisa productor de tablero para muebles en Latinoamérica.

La planta productora de tableros aglomerados de partícula cuenta con una capacidad de aproximadamente 185 mil metros cúbicos anuales. Contando con línea de melamina, líneas de impregnación de papel, una planta productora de resinas localizada en Lerma, así como 2 líneas de laminados decorativos de alta presión, todo esto valuado en un precio aproximado de \$54.3 millones de dólares.

Los activos de antes Rexcel ahora Masisa se encuentran localizados en Lerma, Zitácuaro y Durango.

2.2 Antecedentes bibliográficos

Se encuentran varios estudios con referencia a la inclusión de la corteza en la producción de tablero aglomerado de partícula. En ellos se resalta la importancia de controlar la cantidad de este material que entra en el tablero.

(Nicholls, 1960) Estudió la inclusión de corteza de *Pinus radiata* indicando que es factible incluirla hasta un 25% en los tableros de una capa. Los resultados de un estudio con madera y corteza de *Sequoia sempervirens* demuestran que el aumentar el contenido de corteza se provoca una reducción de las propiedades mecánicas y de la estabilidad dimensional de los tableros (Dost, 1971).

(Dost, 1971) Estudió el efecto del contenido de corteza de Redwood en el tablero de partícula, y los resultados indicaron que las propiedades del tablero se tornaron más pobres mientras el contenido de corteza incrementaba. Sin embargo, también encontró que con la incorporación hasta un 30% de corteza en el tablero, las propiedades físico-mecánicas cumplen con los estándares normalizados.

(Calve, 1986) Y (Lehmann, 1974) destacan que la estabilidad dimensional se ve disminuida cuando el nivel de corteza supera el 12%. (Place & Maloney, 1975) Muestran que el hinchamiento de los tableros con corteza es igual o inferior a aquellos confeccionados sólo con partículas de madera. El alto contenido de extraíbles hidrófobos de la corteza puede reducir la absorción y el hinchamiento. Esto nos llevaría al hecho por el cual es probable que se utilice más resina a la hora de elaborar un tablero aglomerado (Moslemi, 1974).

Los resultados de la medición del valor de pH indican que la corteza es más ácida que la madera de *Pinus insignis*. Esta característica favorecería el proceso de fraguado de urea formaldehído, ya que las condiciones óptimas para el fraguado de este adhesivo se dan en un ambiente con pH de 3 a 3.5 (Poblete, 1975).

(Poblete & Sánchez, 1991) Con su trabajo determinaron los siguientes puntos:

La inclusión de corteza de *Pinus radiata* en elaboración de tableros de partículas, en combinación con madera de esta especie, es posible hasta ciertas proporciones. Al agregar corteza afectan el aspecto y las características superficiales de los tableros. Las características anatómicas de la corteza provocan una reducción de las propiedades mecánicas. La ausencia

de elementos fibrosos longitudinales tiene un efecto significativo sobre la resistencia a la flexión y la resistencia a la tracción. Al evaluar las resistencias según la norma DIN, la más restrictiva resulta ser la flexión estática, según la cual el nivel de corteza no debe superar el 10% del peso del tablero.

(Maloney, 1993) Investigó las propiedades de la corteza en los tableros de partícula hechos de cuatro especies de madera suave de la costa Oeste (Alerce del Oeste, falso Abeto, Pino poderosa, y Cedro rojo del Oeste) y encontró que las propiedades del tablero difirieron dependiendo del tipo de corteza.

Y finalmente otro ejemplo sería (Muñoz, 2003) que afirma que la planta MASISA localizada en Valdivia, Chile; contempla tan sólo un 1.5% de tolerancia de corteza, y con su estudio determinó que en promedio, todos sus proveedores llegan tan sólo a un 0.475% de inclusión de corteza, dejándolos muy por debajo de lo permisivo y afectando en prácticamente nada a la elaboración del tablero pero se debe tener en cuenta que en esa zona está más desarrollada la cultura del descortezado previo al aserrío provocando menores niveles de impurezas en el aserrín.

CAPÍTULO 3. JUSTIFICACIÓN

Una de las principales materias primas de una planta de tableros aglomerados de partícula es el aserrín. Éste es adquirido de varios de los proveedores de la región bajo ciertos estándares de calidad, entre ellos, se debe exigir una coloración entre amarilla y blanca para una buena apariencia en el producto final, así como también una limpieza considerable en el aserrín para evitar problemas en la línea de producción. Sin embargo, el material que llega a las plantas incluye una importante cantidad de corteza mezclada en él. A pesar del proceso de limpieza por el que pasa el material dentro de la planta de tablero aglomerado, no es posible realizar su completa eliminación, por lo que ésta proporción de corteza es incluida en la elaboración del tablero. (Muñoz, 2003) Afirma que junto con incluir partículas de aserrín en fabricación de los tableros, se incorpora un porcentaje de corteza, la cual afecta las propiedades físicas, mecánicas y a demás afecta la apariencia del tablero.

Tan sólo hablando del Estado de Michoacán, no aplica la cultura de un descortezado antes del proceso de aserrío debido a ello, todo el aserrín que se considera como desperdicio viene contaminado de corteza sin retirar, y además de todo tipo de elementos, debido a que éste “desperdicio” llegando a mezclarse con la basura en los mismos aserraderos y carpinterías (clavos, piedras, metales, plásticos etc.).

Si bien una proporción mínima de corteza no afecta de manera importante en las propiedades del tablero, la corteza en sí puede llegar a afectar en diferentes aspectos tales como:

- Desgaste de cuchillas de algunos equipos.
- Consumos excesivos de resina.
- Estética del tablero.
- Mermas en la compra de aserrín.

Un análisis por cada proveedor de aserrín es de gran ayuda para identificar la calidad de material proporcionado, identificar el material con mayores contenidos de corteza y conocer las posibles consecuencias de la inclusión de la corteza al proceso. Todo tendrá como finalidad mejorar el proceso de elaboración y la calidad del tablero aglomerado de partícula.

CAPÍTULO 4. OBJETIVOS

4.1 Objetivo General

- Determinar el contenido de corteza en el aserrín por cada proveedor significativo para la empresa Masisa, Planta Zitácuaro para conocer sus impactos sobre el proceso de elaboración del tablero aglomerado.

4.2 Objetivos particulares

- Realizar un análisis del aserrín de 15 proveedores para determinar la calidad de éste, cuantificando su porcentaje de corteza incluido en él.
- Conocer las consecuencias de la corteza en el proceso de elaboración de tablero de partícula.
- Mostrar la eficiencia del proceso de limpieza del aserrín.
- Abordar de manera general el factor económico de la inclusión de la corteza en el proceso de elaboración de tablero aglomerado de partícula.

CAPÍTULO 5. MARCO TEÓRICO

5.1 Corteza

Dado que éste trabajo se centra en la importancia de la calidad del aserrín en el tablero aglomerado de partícula, resulta fundamental conocer las características de la corteza (Fig. 1) y las repercusiones que podrían llegar a tener en el tablero.



Figura 1. Corteza de pino.

Fuente: dreamstime.com

Rodeando el leño de cualquier árbol existe un cilindro de células meristemáticas denominadas cambium vascular. Estas células se dividen para producir dos tejidos: Xilema hacia adentro y Floema hacia afuera.

El primero pasa a constituir el leño del árbol, mientras que el floema es el encargado de transportar los productos de la fotosíntesis elaborados por las hojas hacia el resto de la planta. El desarrollo de los tejidos vasculares secundarios originados por el cambium vascular es acompañado por la formación de un conjunto de tejidos de protección o *peri dermis*, conocido vulgarmente como corteza (Fig. 2) (Gonzales & Raisman, 1998).

La corteza constituye un volumen considerable del tronco del árbol (Fig.3), normalmente en rangos desde 9 a 24% variando entre especies y los diámetros de sus troncos (Kozak & Smith, 1967). Es una de las más grandes fuentes de residuos industriales forestales.

La capa de suberina (corcho) es impermeable al agua y resistente a los gases y soporta la acción de los ácidos.

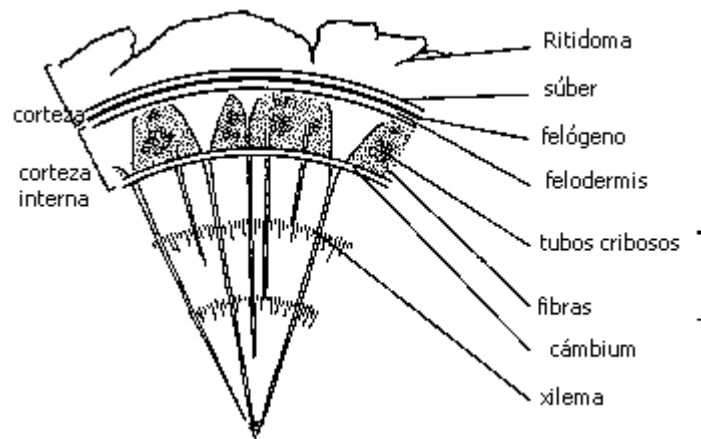


Figura 2. Componentes de la corteza.

Fuente: Universidad Nacional del Nordeste ([www. Biología.edu.ar](http://www.Biología.edu.ar)).

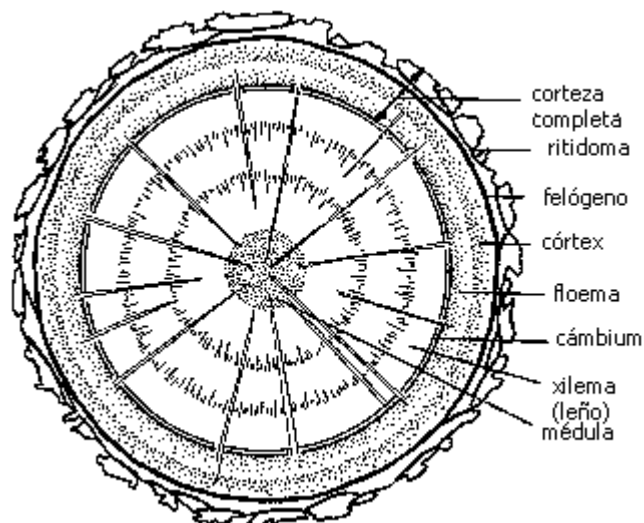


Figura 3. Componentes del tronco.

Fuente: Universidad Nacional del Nordeste ([www. Biología.edu.ar](http://www.Biología.edu.ar)).

Componentes del tronco

- Cambium vascular: Meristema productor de los tejidos de conducción, xilema y floema.
- Epidermis: tejido adulto primario que cubre el cuerpo de las plantas durante el periodo de crecimiento primario.
- Felodermis: Tejido producido hacia adentro por el felógeno.
- Felógeno. Meristema lateral secundario que produce centrífugamente y felodermis en forma centripeta.
- Floema: Tejido responsable de la conducción de fotosintatos.
- Peri dermis: Tejido de protección del cuerpo secundario de las plantas constituido por el súber, felógeno y felodermis.
- Súber: También llamado comúnmente corcho. Tejido producido por el felógeno. La capa suberina es impermeable al agua y a los gases y soporta la acción de los ácidos.
- Xilema: Tejido conductor del agua y minerales absorbidos por la raíz.

Por regla general es lisa y delgada en los árboles jóvenes (Fig.4), y gruesa, rugosa y áspera en los arboles viejos (Fig.5). El color puede ser pardo o pardo rojizo, también gris o verde y va a depender de que especie se trate (Martínez, 1992).

La capa externa es cerosa e impermeable y se va endureciendo progresivamente. Constituye una barrera física y química contra microorganismos y agentes externos, modera la temperatura en el interior del tronco y reduce la pérdida de agua (Chacalo, 1993).



Figura 4. Corteza lisa de Acacia.

Fuente: arboles.comoj.com



Figura 5. Corteza rugosa del tronco de Pino

Fuente: consejossaludable.blogspot.mx

Las propiedades de la corteza presentan amplias variaciones entre árboles y entre especies. En general, las cortezas de pino son de densidad baja a intermedia (Martin & Crist, 1968) (Martin, 1969); (Cassens, 1974). El peso específico de la corteza de tres especies del género *Pinus* (*P. ponderosa*, *P. lambertiana* y *P. jeffreyi*) varía entre 0.27 y 0.36 kg/m. La corteza interna tiene una densidad mayor que la corteza externa, lo cual puede deberse a que está formada por células vivas y a la presencia de sustancias alimenticias (Cassens, 1974).

Estos valores de densidad indican que la corteza sería un material adecuado para la fabricación de tableros de partículas.

La cantidad de corteza en la madera rolliza varía apreciablemente con el tamaño de los trozos. Generalmente, al aumentar el diámetro la proporción de corteza se reduce, y se ha determinado que para *Pino Insigne* corresponde en promedio un 10% del volumen del tronco (Martínez, O., 1984).

Además, estos autores determinaron que en el ensayo de flexión acepta hasta un 10% de corteza en la construcción del tablero, con este porcentaje aún se cumplen las propiedades mínimas exigidas por las normas.

En otro apartado (Poblete & Sánchez, 1990) enunciaron que la incorporación de corteza ayuda a disminuir las emisiones de formaldehído en los tableros, esto gracias a que la corteza es un material en compuestos fenólicos, los cuales se combinan con el formaldehído que posee el adhesivo.

Y por último es importante mencionar que la alteración más notable en el tablero al incluir la corteza es el color del tablero. Esto se debe a la anatomía y composición química de la corteza la cual se compone de su capa inerte usualmente de color oscuro.

CAPÍTULO 6. PROCESO DE LIMPIEZA DEL ASERRÍN EN UNA FÁBRICA DE TABLERO AGLOMERADO

Como primer paso, el camión del proveedor con el material cargado debe ser aceptado en recepción de materias primas y después de pasar por un proceso de registro puede ingresar al área de patios. Una vez ahí, un grupo de personas lo descargan manualmente directo a una tolva (Fig. 6). Esta tolva cuenta con un sistema de transportadores helicoidales que transportan el aserrín hacia una banda que cuenta con un dispositivo magnético (Fig. 7 y 8) cuya función es la de atraer todas las piezas metálicas que estén dentro del aserrín, (botes, latas, clavos, piedras etc.), (Fig. 9). Esta banda descarga en una criba (Fig. 10 y 11), la cual separa las partículas más grandes de suciedad como corteza en grandes dimensiones, botes, piedras y fragmentos de madera de mayores dimensiones. Estos desechos son depositados a un costado de la criba para su posterior desecho (Fig. 12). El aserrín limpio es depositado en un sistema de cangilones que elevan el material hasta una banda (Fig. 13) que descarga el material dentro de un cobertizo de almacenamiento (Fig. 14).



Figura 2. Descarga de aserrín a tolva.

Fuente: Elaboración propia.



Figura 3. Ubicación del sistema magnético.

Fuente: Elaboración propia.



Figura 4. Detalle del sistema magnético en la banda.

Fuente: Elaboración propia.



Figura 5. Desechos provenientes del dispositivo magnético.

Fuente: Elaboración propia.



Figura 6. Proceso de limpieza del aserrín.

Fuente: Elaboración propia.



Figura 7. Proceso de cribado con malla de 3/8" de abertura.

Fuente: Elaboración propia.



Figura 8. Excedentes de madera aislados del proceso de limpieza.

Fuente: Elaboración propia.



Figura 9. Banda transportadora hacia el cobertizo.

Fuente: Elaboración propia.



Figura 10. Aserrín bajo cobertizo.

Fuente: Elaboración propia.

La primera parte del proceso de limpieza concluye en ésta parte, y para que sea más fácil visualizarlo se muestra un diagrama de flujo en la figura 15 en el cual es posible seguir el curso del aserrín durante todo su recorrido.

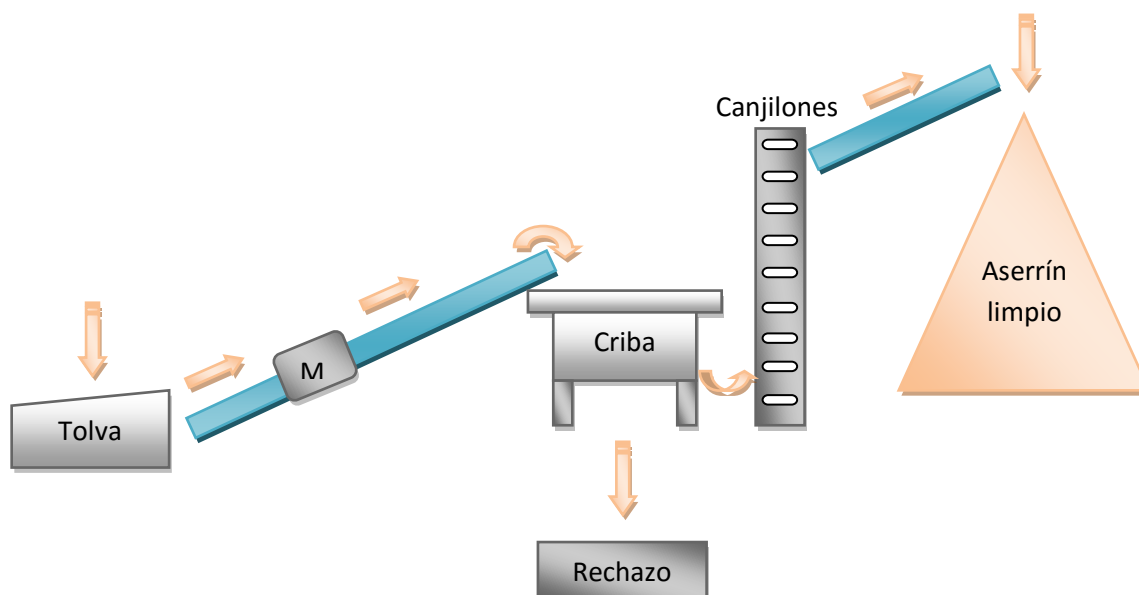


Figura 11. Diagrama general del proceso de limpieza de aserrín.

Fuente: Elaboración propia.

Ya que el aserrín se encuentra en el cobertizo, un operador mediante un trascabo traslada el aserrín nuevamente hacia la tolva de aserrín donde nuevamente un transporte de tipo helicoidal lo deposita en un reddler, el cual es un sistema de transporte que eleva al aserrín y lo coloca en el separador donde un ventilador crea una corriente de aire y separa por el principio de gravedad las partículas más pesadas de las más ligeras. En otras palabras, las partículas de corteza son más livianas que el mismo aserrín por lo que el aserrín sigue su camino hacia los silos de almacenamiento mientras que la corriente de aire arrastra las partículas de corteza hacia un cobertizo aparte donde posteriormente es reubicado o desechado en su defecto. El proceso se muestra en el diagrama de la figura 16.

El material de rechazo en ésta parte del proceso de limpieza a diferencia del primero es de menor dimensión, como se ilustra en la figura 17.

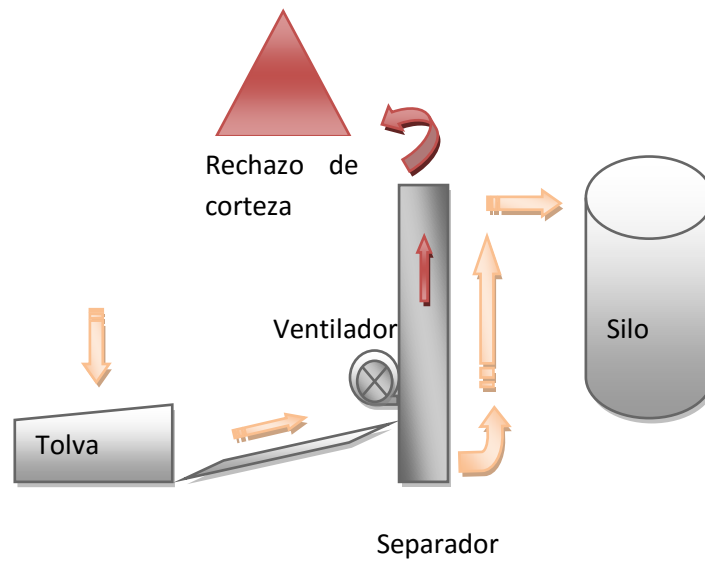


Figura 12. Diagrama del proceso de limpieza del separador por gravedad.

Fuente: Elaboración propia.



Figura 17. Material de rechazo proveniente del separador por gravedad.

Fuente: Elaboración propia.

CAPITULO 7.PROCESO DE ELABORACIÓN DEL TABLERO AGLOMERADO DE PARTÍCULA

Además de los factores anteriores es imprescindible mencionar el proceso de elaboración del tablero para conocer la noción de este estudio a gran escala, así que a continuación se plantean cada una de las etapas de éste proceso.

Definición

Un tablero aglomerado se identifica como una placa constituida de tres capas de astillas de madera, la capa intermedia cuenta con partículas más gruesas mientras que las capas exteriores el material es más fino pero a la vez más denso, y que además le otorga uniformidad. Para la formación del tablero, las astillas son impregnadas de resinas, llevadas a condiciones de presión y temperaturas altas, y finalmente a un pulido y dimensionado para su venta.

DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROCESO

Abastecimiento forestal

Para comenzar, es indispensable identificar las materias primas que constituyen un tablero (Fig. 18). A esta fase se le conoce como abastecimiento forestal y se basa en conseguir éstos elementos principales de diferentes proveedores para que se lleve a cabo la realización del tablero y a su vez, mantener los patios de la planta con material para que exista producción todo el año (Fig. 19).

Tipos de materias primas:

- Brazuelo: Desperdicio de carpinterías
- Celulósico: Centros de árboles con 60 cm de diámetro aproximadamente llamados bolillos.
- Viruta: Procedente de herramientas de arranque (fresas).
- Aserrín: Procedente de herramientas de corte (sierras).
- Astilla: Pino, encino, frutales etc.



Figura 13. Materias primas de la planta.

Fuente: cocinista.es

Para establecer un orden y rentabilidad existen tolerancias con respecto a las materias primas. Por ejemplo, hay un 5% de desechos para el aserrín y 3% de overs que se refieren a todo tipo de excedentes en la viruta. Así se garantiza una optimización de costos, un proceso más ágil en la línea de producción y una mejor calidad del tablero.

Báscula

Con respecto a los proveedores es necesaria una revisión a la entrada de la planta para verificar que los camiones cuenten con el código de inspección nacional para asegurar la procedencia de los materiales que ingresan al proceso del tablero. En la parte de la báscula se pesa el camión antes de entrar y al salir nuevamente para determinar el peso de la materia prima en total que ingresa a patios.



Figura 14. Descarga de materia prima.

Fuente: sunny@shuly.com

Para comparar las calidades de las materias primas se toma una muestra del material y el analista señala la cantidad de aserrín, viruta y astilla que contienen los camiones. Además, se lleva un registro de 5 años por la posibilidad de tener una auditoria en cualquier momento y por orden de Hacienda.

Molinos

Las materias primas se deben moler para que queden a una dimensión con la que se puedan trabajar en las etapas siguientes, por lo tanto en el área de Molinos (Fig. 20) se deposita astilla, viruta y aserrín en tolvas las cuales conducen a los hojueladores (Fig. 21) que llevan a cabo la tarea de moler las partículas de madera a la dimensión adecuada para poderlas integrar al proceso de elaboración del tablero.



Figura 15. Área de molinos de una planta de tableros aglomerados de partícula.

Fuente: sunny@shuly.com



Figura 16. Detalle de los hojueladores.

Fuente: indiawood.german-pavilion.com

Posterior a los hojueladores, el material ya molido es llevado hasta unos silos de almacenamiento dotados de dosificadores de descarga para poder disponer de él más adelante con el fin de seguir acondicionándolo para el proceso.

Secado

El proceso de secado solo se basa en el hecho de llevar las astillas de madera a un grado de humedad apropiado para que sea capaz de retener los aglutinantes al momento de ser engomada pero no demasiada seca como para dejar frágil la acción de éstos. Además que trabajar con astillas demasiado secas llega a aumentar la posibilidad de generar incendios en los equipos de la planta.

Las partículas de madera llegan a tener un determinado contenido de humedad que varía dependiendo de la época del año pero se da un estimado de un 35-55% de contenido de humedad al inicio del proceso y como producto final llega hasta un 4% de humedad.

Para que las partículas lleguen a estas condiciones es necesario acondicionarlas mediante todo un sistema de secado y clasificación (Fig. 22). En esta fase el equipo principal es llamado tambor rotativo.

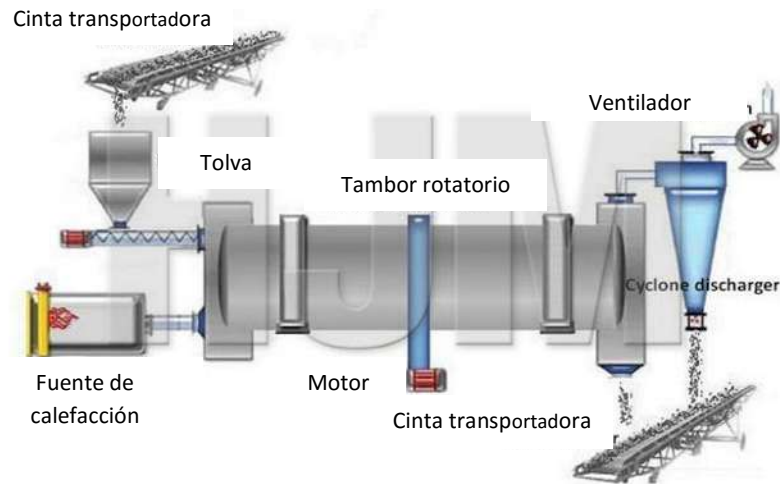


Figura 17. Sistema de secado y clasificación de la astilla para tablero aglomerado.

Fuente: www.alibaba.com

El tambor cuenta en su interior con placas metálicas (Fig. 23) que transfieren el calor a las partículas de madera y así se secan mediante corrientes de aire caliente y el mismo el movimiento rotatorio del tambor. Un ventilador en movimiento negativo succiona el vapor de agua despedido por las partículas y lo manda a la chimenea sacándolo del proceso.



Figura 18. Detalle de las placas metálicas del interior de un tambor rotativo.

Fuente: enercom.cl

El ciclo de un tambor en el área de secado es de aproximadamente 15 minutos en total y se toman muestras cada hora del material que está siendo secado para determinar el contenido de humedad real para mantenerlo constante o si es necesario cambiar las variables. La temperatura de un tambor puede llegar a los 125°C.

Un consumo extra de diesel es autorizado solamente en épocas de lluvias ya que las astillas presentan mayor humedad y por lo tanto demanda más energía de los equipos en la planta.

Después del secado de partículas, éstas pasan a un silo de secos para después ser clasificados para el proceso siguiente.

Engomado y Formado

La fase de engomado consiste en cubrir las partículas de madera de aglutinantes (Fig. 24), que son los encargados de darles todas las características que identifican a un tablero como tal. Un tablero dependerá de la calidad de su acción adhesiva para obtener resistencia mecánica y resistencia a la humedad, sin mencionar en la influencia de la densidad del tablero entre otros factores. Esta llegaría a ser de las partes que implican mayor costo ya que los aglutinantes se consideran como una materia prima más cara del proceso del tablero.

Aglutinantes

Existen diferentes tipos de tablero y cabe mencionar que cada uno aplica una fórmula de aglutinantes muy específica dependiendo de la empresa. Sin embargo, se dará una breve descripción de las funciones de los aglutinantes en el proceso de elaboración de un tablero aglomerado.

- Resina: Es el agente que hace posible la adherencia de una partícula a otra y la resistencia del tablero.
- Parafina: Considerada como cera, es el agente desmoldante que permite que el tablero sea más manejable en la línea de proceso. (Facilitar el despegado del tablero de la prensa, evitar que las partículas de madera engomadas se adhieran a los ductos, repelencia al agua).
- El agua es el medio de transferencia de calor mediante la creación de vapor para ayudar a la capa interna a tener un curado completo.
- Sulfato de Amonio: Se considera como el catalizador. Un agente retardante que garantiza que el tablero no fragüe antes del tiempo necesario.
- Pigmentos o colorantes: Estos son utilizados para diferenciar los tipos de tablero que se lleguen a fabricar.

Posteriormente a una previa dosificación, los aglutinantes pasan a las engomadoras mediante unas flautas metálicas. Estas engomadoras contienen en su interior un agitador con el cual se mezcla el material con los aglutinantes.

Una vez impregnado el material de medios y finos caen en unas mallas transportadoras hacia las esreadoras donde es realizada la formación del colchón. Las esreadoras acomodan el material por corrientes de aire haciendo que los materiales pesados caigan primero y los finos al final. Y después mediante un ajuste en las corrientes de aire, pasa lo contrario dejando los materiales finos en las capas exteriores y la astilla más grandes en el centro.

Después pasa por un cortacolchón para dar una aproximada dimensión y posteriormente a un imán para verificar que no se encuentren metales dentro del colchón (Fig. 25). Así de esta manera cada colchón puede ingresar a la prensa para ser procesado.

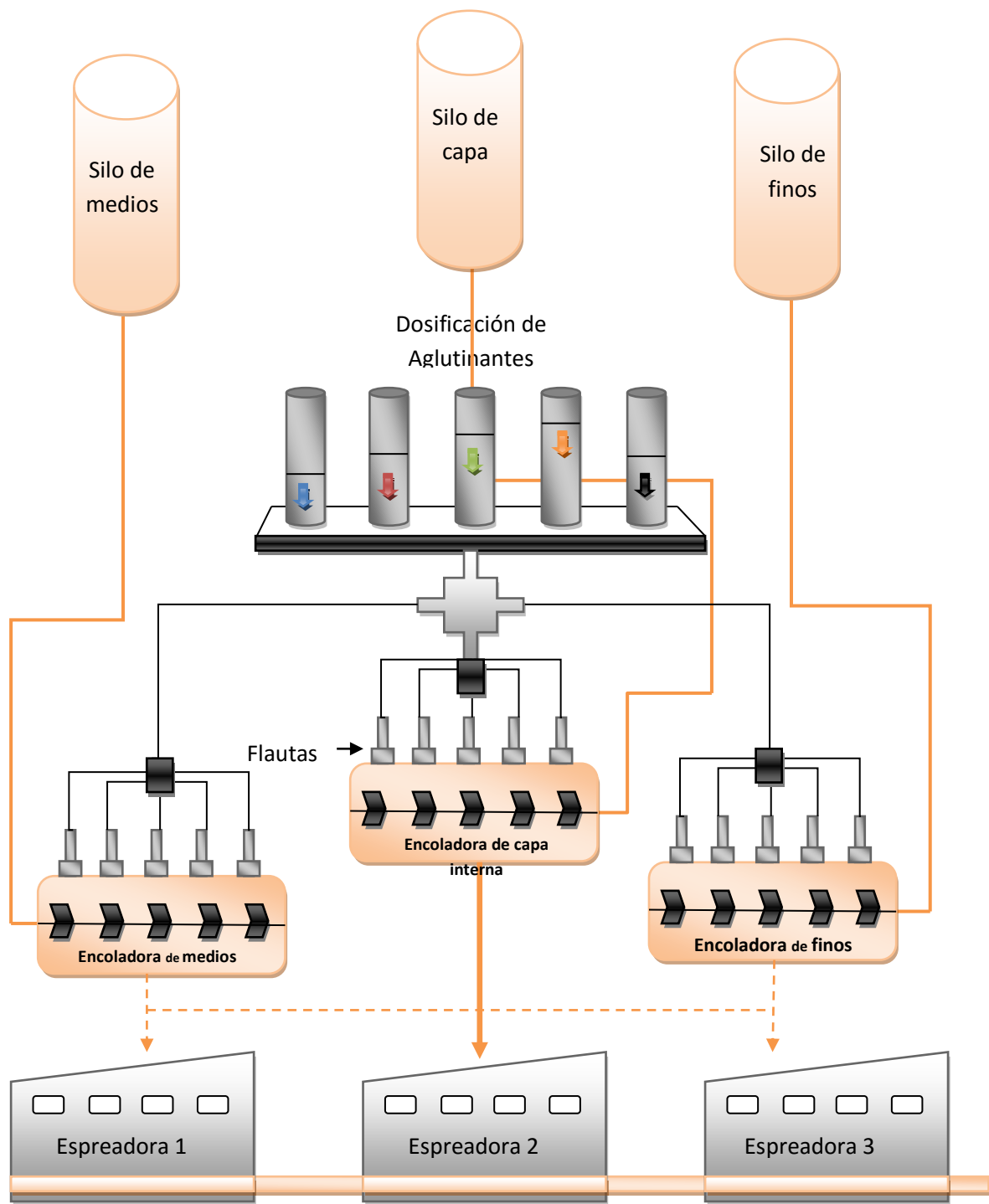


Figura 19. Diagrama del proceso de engomado y formado de un tablero aglomerado de partícula.

Fuente: Elaboración propia.



Figura 20. Colchón en la línea de proceso.

Fuente: enercom.cl

Prensa

En la elaboración del tablero aglomerado es crucial el prensado del colchón ya que de esta manera se aprovechan todas las características que le confieren los aglutinantes (Fig.26). La finalidad de ejercer presión sobre el tablero es garantizar el máximo contacto entre las superficies por unirse.

La prensa (Fig. 27) hace posible el control de un fraguado uniforme durante la línea de producción. Esto se debe a que mediante la presión del tablero, es más fácil transmitir la temperatura hacia la capa interna del tablero. La presión dependerá de las partículas de la madera y sus densidades. Una partícula más suave necesitara de menos tiempo de prensado a comparación de una partícula más densa que demanda más esfuerzo de energía.

La temperatura que llega a tener la prensa es de alrededor de 200°C dependiendo del adhesivo, ejerciendo una presión de aproximadamente 300 Bares. El objetivo principal es que el tablero llegue a la temperatura ideal en la cual se inicie la condensación de las moléculas de los aglutinantes y el fraguado llegue a su final. El tiempo de prensado suele depender del espesor así como el tipo de tablero que se esté manejando en el proceso.



Figura 21. Área de prensado.

Fuente: www.sgs-industrial.com

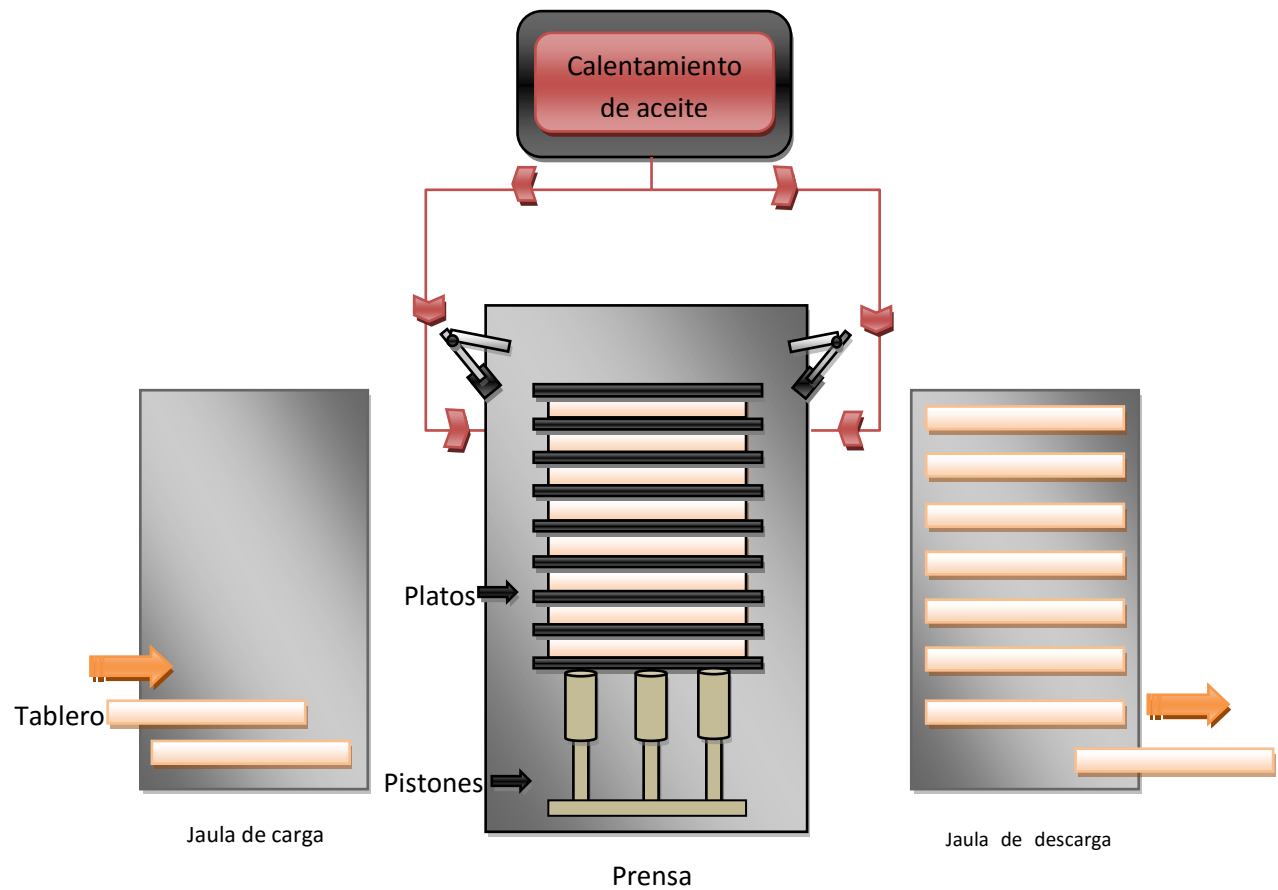


Figura 22. Proceso de prensado del tablero aglomerado.

Fuente: Elaboración propia.

Una vez que entran los tableros a la prensa uno a uno van saliendo para posteriormente colocarse en una estrella giratoria donde pasan un ciclo para asegurar aún más el fraguado del tablero.

Se puede dejar una tolerancia en el grosor en cada tablero para que en el área de lijado se deje finalmente en la medida nominal.

Suele ser en esta parte donde se resiente más la liberación del formaldehído por los vapores que expide el tablero posterior al prensado.

Consecuentemente después de la estrella los tableros pasan por sierras longitudinales y transversales para eliminar sobrantes además de conferirle sus primeras medidas de dimensionado.

Los tableros se van acumulando en paquetes y una vez armado el paquete un operador lo traslada a un área de estibado para que tengan un reposo mínimo con el fin de asegurar el curado para procurar que sea más trabajable el tablero en las etapas siguientes. Sin embargo un exceso de este reposo o estibado puede derivar defectos de calidad (marcas, pandeos etc.) por lo que se debe tener precaución.

Dimensionado

Suele identificarse como dimensionado a las partes del recortado y lijado del tablero con las que finalmente se establecen sus medidas nominales.

Lijado

El lijado tiene la tarea de llevarlo hasta el espesor definitivo al cual el cliente lo ha requerido. Por lo tanto, se lleva a cabo una serie de lijados (Fig. 28) para darle mejor superficie al tablero. Se inicia con un lijado fuerte que se encarga de un mayor desbaste para obtener una dimensión a la que se desea llegar, continua con un lijado medio para darle uniformidad a la superficie y por último se realiza un lijado más suave para simplemente darle el acabado deseado.



Figura 23. Secuencia de lijado del tablero.

Fuente: www.sgs-industrial.com

Recorte

Mediante diversas sierras se lleva a cabo el corte de los tableros a su medida nominal de 1.22 x 2.44. En ésta área para clientes más especiales se realizan dimensionados más específicos según sus necesidades.

El proceso de construcción de un tablero aglomerado termina como tal hasta la parte de dimensionado. El tablero está listo para ser empaquetado para su posterior embarque.

Impregnación

La impregnación es el proceso por el cual un papel con diseño específico es bañado en varias etapas por resinas, y llevado a temperatura (Fig. 29) con el fin de prepararlo para ser integrado al tablero aglomerado en las líneas de laminación.

Como primer paso el papel es debovinado para ser pasado por un primer baño por la parte inferior del papel con urea formaldehído, con el propósito de saturar las fibras del papel y posteriormente se sumerge por completo.

El papel pasa a un primer horno para empezar el curado de la formula. Después de un segundo baño completo, ahora de melamina se hace pasar de nuevo por un segundo horno para el curado de la misma.

Por último, el papel sale del horno y pasa por un rodillo que está lleno de agua fría en su interior con el fin de cortar de golpe la reacción de los aglutinantes y así dejar un 95% de curado en el material y el 5 % restante se le confiere en las prensas de laminación.



Figura 24. Línea de impregnación.

Fuente: www.sgs-industrial.com

Laminación

Este proceso es mucho más automatizado (Fig. 30), en el que se une el papel con el tablero, ya sea a una o a dos caras dependiendo de las especificaciones de los clientes.

Las bandas que trasladan el papel crean una fuerza electrostática para garantizar que no se desacomode en un repentino frenado en la línea. La prensa en esta área maneja 200 bares de presión aproximadamente con mecanismos automatizados que agilizan la producción.

Al terminar este proceso se llevan a cabo las inspecciones de cada uno de los tableros para cerciorarse de que la calidad del tablero es siempre la adecuada para el cliente.



Figura 25. Línea de laminación de una planta de aglomerado.

Fuente: biele.com

CAPÍTULO 8. MATERIALES Y MÉTODOS

8.1 Materiales

- Aserrín de pino de diferentes localidades de la región de Zitacuaro, Michoacán.
- Estufa Marca BLUE M, 100°C (Análisis de materias primas).
- Equipo agitador de cribas RO-TAP; 6 cribas.
- Balanza Analítica, Marca OHAUS, 110 V.
- Balanza analítica Marca OHAUS capacidad de 4 kg.
- Guantes de piel.

8.2 Métodos

8.2.1 Toma de muestras

El primer paso en el proyecto fue tomar muestras representativas de cada camión por proveedor de la empresa en el área de patios al momento de ser descargado el aserrín y otra muestra después del proceso de cribado para determinar a su vez la eficiencia al separar las impurezas del aserrín como tal, y así entender el porcentaje de contaminantes que se retiran en ésta parte del proceso.

Se denomina a partir de aquí como “muestra sucia” al aserrín que es tomado en el momento que es descargado del camión del proveedor, ya que el material no ha sido pasado por algún proceso de limpieza previa y sólo es recolectado de los locales de la industria maderera cercana (Fig. 31 y 32.)

Por el contrario, ahora se conoce como “muestra limpia” al aserrín que ya fue pasado por la criba para retirar las partículas más grandes de contaminantes, hasta llegar a la banda transportadora de la parte alta del cobertizo. (Fig. 33).



Figura 26. Descargas de aserrín por proveedor.

Fuente: Elaboración propia.



Figura 27. Descargas y separación de basura.

Fuente: Elaboración propia.



Figura 28. Obtención de muestras ya cribadas en la parte alta del proceso de limpieza.

Fuente: Elaboración propia.

8.2.2 Preparación de las muestras

Una vez obtenidas las muestras, éstas son llevadas a la estufa por un tiempo aproximado de 3 horas a una temperatura de 100 °C para retirar la mayor cantidad de agua posible con la finalidad de conseguir valores más estables. Tanto la muestra sucia como limpia se ingresan a una estufa para bajar el contenido de humedad excedente en éstas y se facilite el análisis (Fig. 34 y 35).



Figura 29. Preparación de las muestras para ser secadas a una temperatura constante de 100°C.



Figura 30. Colocación de la muestra húmeda a la estufa del laboratorio.

Posteriormente, para asegurarnos de que no habrá mucha variación en los pesos se comprueba el contenido de humedad del aserrín con una balanza analítica bajo las condiciones de 125°C durante 5 min (análisis seco); 140°C/20 min (análisis húmedo).

8.2.3 Gramaje de muestras

Después, la muestra es definida por un peso de 300 g aproximadamente con el fin de sólo tener un valor de referencia en todas las muestras. La determinación del peso se llevó a cabo en una balanza analítica de capacidad de hasta 4 Kg, como se hace referencia en la figura 36.



Figura 31. Proporción de la muestra de aserrín pesada en la balanza.

8.2.4 Cribado

Una vez finalizado éste proceso se trasladan las muestras a un cribado de nivel laboratorio por un tiempo constante 15 minutos para determinar por número de malla la cantidad de corteza incluida en el aserrín (Fig. 37).



Figura 32. Equipo agitador de cribas Marca RO-TAP

Los números de malla en el equipo agitador son los siguientes:

Cuadro 1. Medidas de las mallas utilizadas en la criba.

Malla	Abertura (mm)	Abertura (Plg)
6	3.35	0.132
7	2.80	0.11
10	2.00	0.0787
16	1.18	0.0469
40	425 M	0.0165
60	250 M	0.0098
R	-	-

*R= Ultimo plato de la criba donde se almacenan los residuos del material cribado.

Las mallas se encuentran estandarizadas bajo la norma ASTM E-11 Especification, utilizadas por USA STANDARD TESTING SIEVE, y producidas por SARGENT-WELCH SCIENTIFIC COMPANY.

8.2.5 Separación de las muestras.

Una vez cribado el aserrín se determinaron sus pesos totales por malla así como los gramos de corteza específicamente en cada uno de ellos (Fig.38). Esto se logró gracias a que se separó el aserrín de la corteza manualmente en cada análisis (Fig. 39).



Figura 33. Material antes y después de ser cribado a nivel laboratorio.



Figura 34. Separación de la muestra en corteza y aserrín.

Se llegó a la decisión de no separar el material a partir de la malla número 16 (1.18 mm de abertura) ya que es poco viable hacerlo debido a que las partículas de corteza son demasiado pequeñas y a esta magnitud sería casi imposible separarlas eficientemente a mano como se muestra en la figura 40.



Figura 35. Ejemplo de material separado de solo una malla de la cribadora.

8.2.6 Análisis de muestras.

Se llevó a cabo un análisis de cada una de las muestras de los proveedores malla por malla para conocer la proporción de corteza así como de aserrín incluidas en ellas (Fig. 41 y 42).



Figura 36. Proporciones de aserrín y corteza incluidas en las muestras por cada malla.



Figura 37. Comparación del contenido de corteza de las muestras tanto limpia como sucia.

Se tomaron 15 proveedores como parte del análisis de un total de 28 proveedores. No todos los proveedores son constantes en su ingreso a la empresa, así que se tomaron en cuenta sólo aquellos que formaban parte de la temporada y los que proporcionaban mayor volumen de manera más constante.

8.2.7 Muestras de la parte superior del separador

Una vez determinado el porcentaje de corteza por proveedor, hubo un interés por conocer la cantidad de corteza en la parte del separador de la línea (Fig. 43), en ésta parte es de suponerse que el material de aserrín lleva un porcentaje aún menor que en los otros procesos ya que entrará de lleno al proceso de elaboración del tablero como tal.



Figura 38. Parte superior del separador de aserrín.

Así que por lo tanto, se tomó la iniciativa de también tomar muestras del separador para evaluar el porcentaje presente de corteza en el aserrín en esta etapa.

Fue posible adquirir una muestra del material durante el turno matutino, así como también del turno vespertino para evaluar si había alguna variable durante los cambios de turno. (Fig. 44).



Figura 39. Obtención de la muestra de la parte superior del separador.

La metodología fue similar al análisis de los proveedores, aunque cabe señalar que mediante la ayuda del personal de la planta se pudo obtener las muestras de los equipos más fácilmente, a los cuales no se podían llegar sin los permisos convenientes.

Después de llevarlas a una humedad y peso constantes se continuó con la separación de partículas de corteza y aserrín de cada capa de la criba.

Durante la separación de materiales, se pudo observar que era de alguna manera más sencillo separar las partículas de corteza de manera manual ya que notablemente existía menos volumen de ésta, por lo tanto el aserrín era más fácil de separar también.

CAPÍTULO 9. RESULTADOS

9.1 Determinación de corteza en aserrín de los proveedores

Con respecto al análisis por proveedores de aserrín se presentan los siguientes resultados en el cuadro 2, en el que se aprecia el porcentaje de corteza incluida antes y después del proceso de limpieza del aserrín.

Cuadro 2. Proveedores analizados en cuanto al volumen que abastecen y su porcentaje de corteza.

Proveedor	Procedencia	% corteza en muestra sucia	% corteza en muestra limpia
1	Cd. Hidalgo	6.67	4.74
2	Cd. Hidalgo	5.75	1.56
3	Tuxpan	4.35	1.23
4	Cd. Hidalgo	4.22	1.21
5	Agostitlán	4.47	1.43
6	Cd. Hidalgo	6.35	2.04
7	Mata de pinos, Cd Hidalgo.	6,91	2.00
8	Puente de Tierra Cd. Hidalgo	4.95	1.75
9	Cd. Hidalgo	6.27	2.25
10	Macho de agua Mpo. De Zitácuaro.	6.76	1.37
11	Tuxpan	4.86	2.15
12	Ocampo, Mich.	5.77	2.56
13	Mata de Pinos, Cd Hidalgo	5.65	2.00
14	Santa Clara	3.45	1.20
15	Ocampo, Michoacán	8.30	5.12
Promedio		6.88	2.17

En principio, se organizó el orden de los proveedores colocando de mayor a menor importancia para la empresa a aquellos que abastecen con mayor cantidad de aserrín a la

planta. Esto con el fin de que sea más claro el análisis de los contenidos de aserrín dependiendo del proveedor.

En la segunda columna del cuadro se muestra la localidad de procedencia de cada proveedor, para ubicar mejor el material del cual estamos hablando.

Y finalmente en las dos últimas columnas se muestra el porcentaje de corteza de cada proveedor antes y después de haber pasado por la primera etapa de limpieza. Lo que deja ver en qué estado se encuentra cada uno de los materiales antes de entrar al proceso de elaboración del tablero.

9.2 Localidades y distancias

En el cuadro 3 se plantea una relación entre las localidades que abastecen de aserrín a la planta, su distancia de ella y el tiempo aproximado del recorrido en minutos. Esto para dar una noción en el tema del transporte del aserrín. El transporte del aserrín se lleva a cabo en su mayoría por medio de camiones tipo Torton e inclusive en mayores volúmenes se utilizan tráileres de más de 3 ejes para abastecer la demanda.

Cuadro 3. Relación de distancia entre los proveedores y la planta.

Localidad	Distancia a la planta (km)	Recorrido (min)
Ocampo Michoacán	6.2	6.7
Tuxpan	39.5	43.09
Macho de agua	44.2	48.21
Mata de Pinos	54.9	59.89
Ciudad Hidalgo	58.4	63.70
Agostitlán	59.9	65.45
Santa Clara del cobre	214.4	233.45

El cálculo del recorrido se realizó tomando la distancia de la localidad hasta la planta y multiplicarla por 60 minutos (1 hora) y dividirla por la velocidad promedio a la que circula el camión completando una regla de tres para descubrir los minutos que tardaría aproximadamente el vehículo en llegar a la planta.

La velocidad que se tomó como dato fue de 55 km/h debido a una publicación realizada por (Arroyo & Aguerrebere, 2012) que sugiere esta como la velocidad a la que debe manejar un transporte de carga con dos ejes en camino lomerío (Fig. 45).

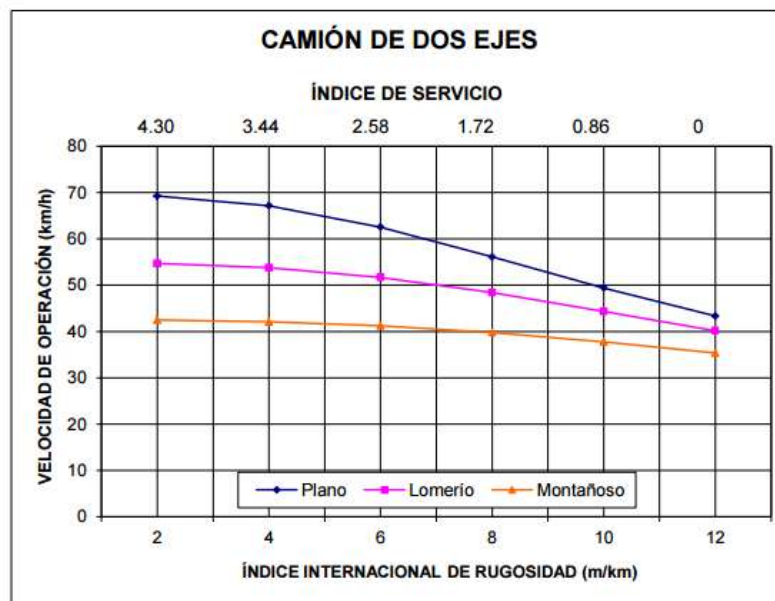


Figura 40. Gráfica con relación entre la velocidad de los camiones de carga y el tipo de camino que recorren.

(Fuente: SCT)

Los costos de transporte del aserrín se incrementarán proporcionalmente a mayor distancia se encuentre la localidad de la planta de tableros y por lo tanto, esto se reflejará en el costo del aserrín.

9.3 Proveedores con una tolerancia mayor a 5%.

Con respecto a quienes rebasaron las cifras permitidas, fueron 6 los casos que necesitaron de un cálculo aproximado para considerar cifras de interés para la planta. Los cuales se presentan a continuación:

Cuadro 4. Análisis de proveedores que rebasaron la tolerancia de corteza en aserrín.

Proveedor	Procedencia	% Corteza	m^3 de Corteza
1	Ciudad Hidalgo	6.67	13.34
6	Ciudad Hidalgo	6.35	2.85
7	Mata de pinos	6.91	3.62
9	Ciudad Hidalgo	6.27	3.53
10	Macho de Agua	6.76	3.12
15	Ocampo	8.3	4.02
Promedio		6.88%	5.08

En relación al cuadro 4, donde se aprecia el número de proveedor en conjunto con su procedencia, el porcentaje de corteza encontrado en su material y su equivalente expresado en metros cúbicos.

9.4 Muestras de aserrín de la parte del separador

Consecuentemente, el proceso de limpieza adquiere un valor más alto por los obvios excedentes, en éste caso más enfocado hacia la corteza.

Una vez determinado el porcentaje de corteza por proveedor, por las razones anteriores hubo un interés por conocer la cantidad de corteza en la parte del separador de la línea (Cuadro 5), en ésta parte es de suponerse que el material de aserrín lleva un porcentaje aún menor ya que entrará directamente al proceso de elaboración del tablero.

La metodología con estas muestras fue similar al análisis por proveedor, llevarlas a una humedad constante para obtener resultados más estables en la balanza y así proseguir con la separación de partículas de corteza y aserrín de cada capa de la cribadora.

Dichas muestras se recolectaron y se analizaron durante unos días en la parte del separador de la planta arrojando así los siguientes resultados:

Cuadro 5. Resultados de los porcentajes de corteza en las muestras del separador.

Fecha	Turno	Muestra	Peso (gramos)	% Corteza
24/05/2016	1°	1	299.07	0.99 %
24/05/2016	1°	2	299.02	1.10 %
24/05/2016	2°	3	296.91	0.77 %
24/05/2016	2°	4	297.24	0.89 %
25/05/2016	1°	5	299.4	0.99 %
25/05/2016	2°	6	299.23	1.03 %
Promedio			298.47	0.96%

En el cuadro 5 se muestra la fecha en el que se hizo el análisis, el turno en el cual fue tomada la muestra refiriéndose a 1° como el turno matutino y 2° al turno vespertino. El número de la muestra, su peso en gramos y finalmente el porcentaje de corteza con el que sale el aserrín y el cual entra al proceso de elaboración del tablero.

La razón de que sólo hubiera 6 muestras en esta última etapa de limpieza fue porque se observó que los porcentajes no cambiaban drásticamente unos de otros, únicamente se mantuvieron a alrededor del 1% por lo que se decidió dejar de hacer más muestreos.

Se debe aclarar que aunque las muestras fueron de 300 gramos, hubo pérdidas mínimas de material que pudieron deberse al contenido de humedad que tenía el aserrín o bien en el momento de trasladar las muestras hacia la estufa o la criba pudieron generarse algunas otras pérdidas.

9.5 Eficiencia del proceso de limpieza

Como se puede observar en la figura 46, el promedio de eficiencia de los proveedores analizados fue un 6.88% de contenido de corteza en sus materiales, y después del proceso de limpieza quedan con tan solo un 2.17 % de corteza por lo que esto nos indica que en ésta etapa de limpieza se logra retirar un 4.70% de los desechos en el aserrín incluida la corteza. Y por último el aserrín después de la etapa del separador queda limpio hasta quedar sólo con 0.96% de corteza en promedio.

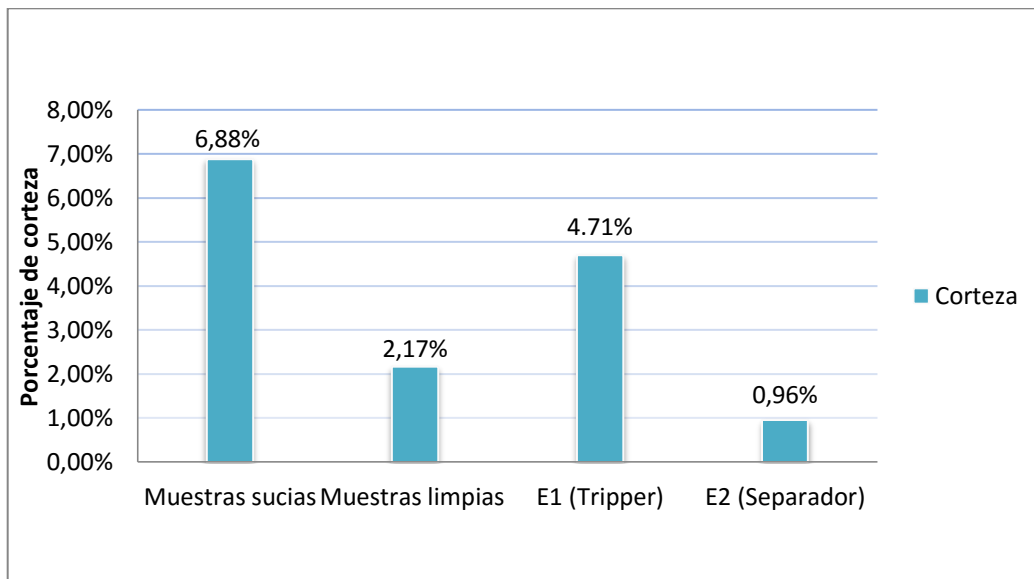


Figura 41. Eficiencia del proceso de limpieza del aserrín en su última etapa.

A pesar de que en la elaboración del tablero entra un mínimo porcentaje de corteza, la realidad es que aquél material que se ha desechado previamente es un inminente gasto.

En la siguiente figura se observan los porcentajes de eficiencia de la limpieza del aserrín.

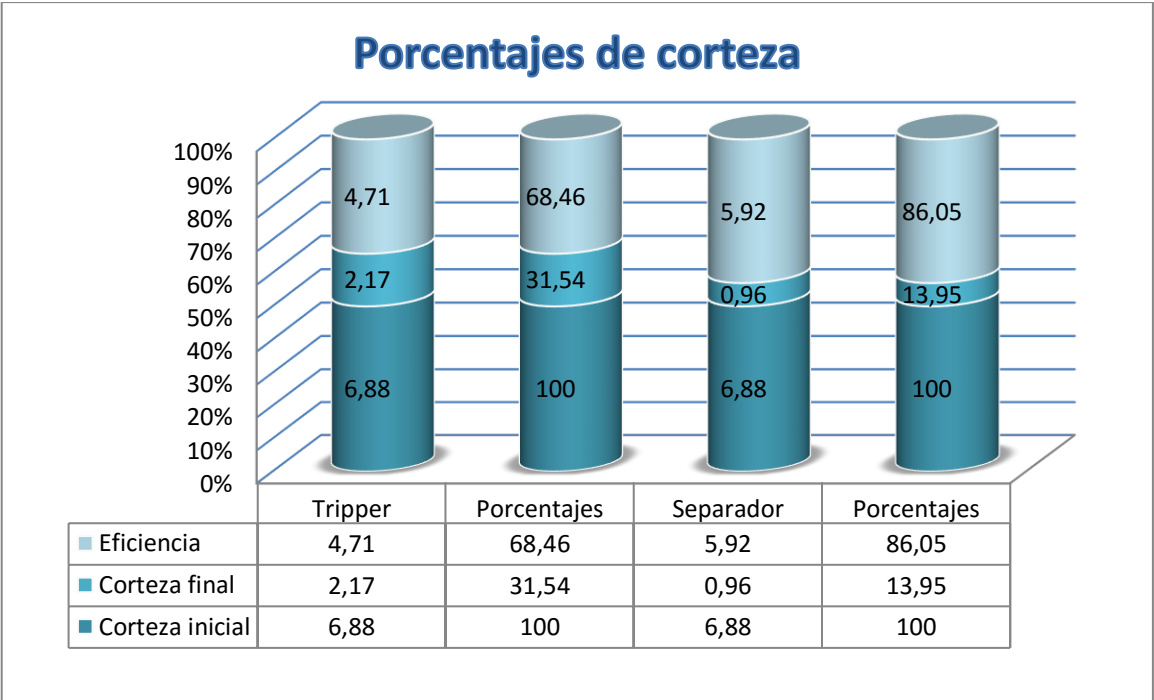


Figura 42. Eficiencia del proceso de limpieza del aserrín en una planta de tablero aglomerado.

El 100% de la corteza mostrada en la gráfica en la figura 47 se considera como el 6.88% de corteza encontrado en los proveedores, después de la limpieza de la planta el aserrín arroja un 2.17% representando un 31.54 % de toda la corteza, por lo tanto la eficiencia limpieza de la empresa es de un 68.46% con respecto al análisis realizado.

CAPÍTULO 10. ANÁLISIS DE RESULTADOS.

10.1 Determinación de corteza de los proveedores

De acuerdo a la tolerancia del 5% para los proveedores de aserrín, se determinó con el análisis que se llevó a cabo que los porcentajes obtenidos rebasan la cifra permitida.

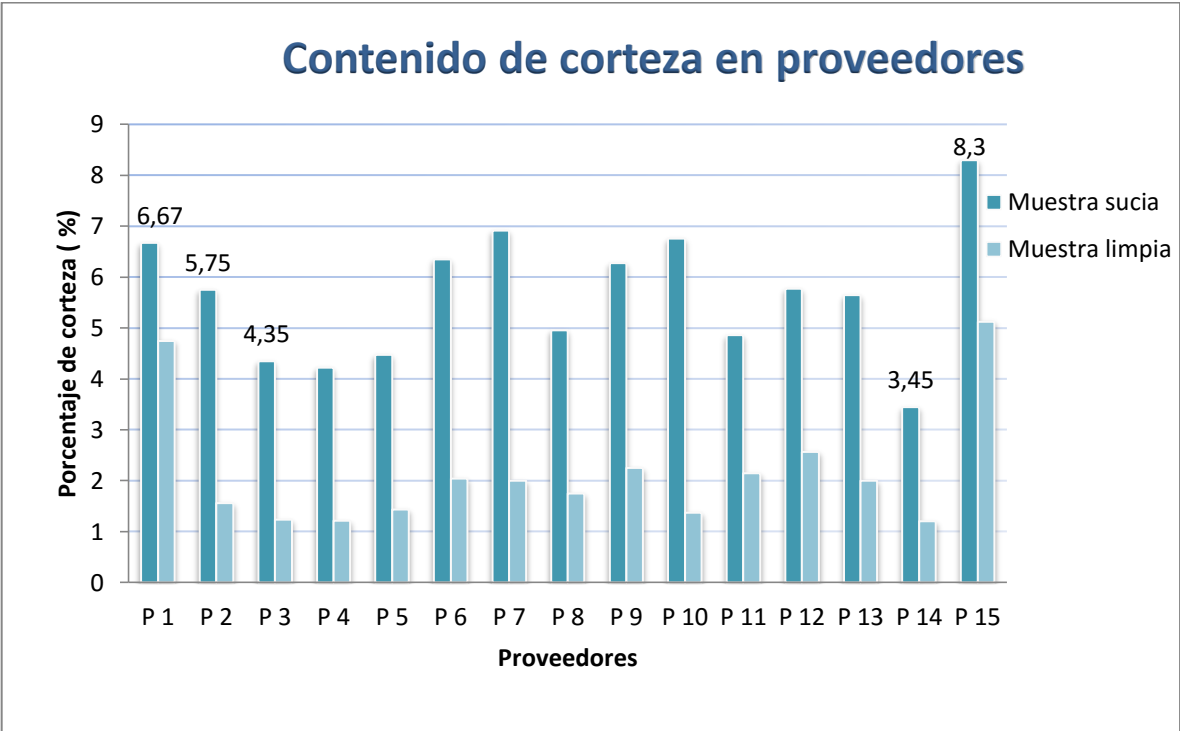


Figura 43. Contenidos de corteza de los proveedores analizados.

Con base al análisis de la tabla de proveedores del cuadro 2, y como se muestra en la figura 48, los primeros tres proveedores de mayor importancia para la empresa obtuvieron porcentajes de 6.67 %, 5.75 % y 4.35 % respectivamente. En otras palabras, los proveedores que realizan mayor abasto de aserrín rebasaron el estándar exigido por la empresa, no obstante durante el muestreo, se logró identificar una calidad de aserrín alta. Esto significa una buena coloración y menor cantidad de desechos (plástico, latas, clavos, basura orgánica etc.). Por lo tanto, el porcentaje de impurezas fue inferior a comparación de otros proveedores, lo cual es una ventaja para la empresa porque al decir esto significa que la mayoría de su materia prima es de buena calidad, y sólo algunos proveedores son la excepción a la regla.

Por otro lado, el proveedor de menor relevancia en cuanto a volumen siendo el número 15 obtuvo un porcentaje de 8.30%.A comparación de los demás, su porcentaje es muy alto a lo

que permite la empresa, pero su procedencia tiene un factor importante ya que es el proveedor con más cercanía a la planta con tan solo 6.2 km de distancia, lo que compensa su baja calidad por su bajo costo en flete. Lo que podría explicar porque la empresa sigue contratando a este proveedor.

Ahora bien, el proveedor con menor porcentaje de corteza se posiciona en el lugar 14 de la tabla de proveedores con un 3.45 %, pero su distancia de la empresa hace que sea de menor interés para la misma, ya que se sitúa en Santa Clara del Cobre a una distancia de 214.4 km y su traslado representa una inversión mayor y por lo mismo, su abasto no es tan constante como el de otros proveedores. Pese a todo lo anterior en éste caso sería conveniente manifestar una mayor demanda de material de éste proveedor por una mejor calidad.

Y finalmente, aquellos que se mantienen dentro de la tolerancia del 5% fueron 9 proveedores de 15 representando así el 60% del análisis y con procedencias en su mayoría de municipios de Ciudad Hidalgo, lo que implica una inversión bastante aceptable en el tema del transporte para la empresa.

Con respecto a la figura 46 se percibe una diferencia considerable en las barras de muestras limpias y sucias. Esto se debe a que se identificaron partículas más grandes de corteza en las primeras mallas del cribado, y esto nos indica que por eso es más fácil retirar con eficiencia la proporción de corteza y es más clara la diferencia de porcentajes entre muestras sucias y limpias. Por esta razón, los porcentajes de muestras limpias bajan hasta valores alrededor de 2% en la primera etapa de limpieza.

Sin embargo en el caso del último proveedor ingresó con un 8.30 % y quedó en un 5.12% de corteza, lo que significa que aun así no logró limpiarse con mayor eficiencia como los demás materiales de aserrín y esto se debe a que las partículas de corteza eran demasiado pequeñas para ser retiradas en las mallas de la planta. Lo que sugiere que este material contenía partículas y suciedades que el proceso de limpieza de la planta no era capaz de eliminar como con los otros proveedores y por lo tanto no es recomendable para utilizarlo en la elaboración del tablero aglomerado.

10.2 Localidades y distancias

Como se puede apreciar en el cuadro 3, las localidades de los proveedores en su mayoría son de los alrededores de Ciudad Hidalgo y Zitácuaro exceptuando el caso de Santa Clara que debido al nivel de calidad de su material lo convierte en un proveedor frecuente para la empresa bajo ciertas circunstancias.

Un punto importante que se puede destacar es que los proveedores de los alrededores de Ciudad Hidalgo necesitan tanto de la planta como la planta necesita de ellos, ya que el mercado del aserrín puede ser acaparado por la empresa y esto da hincapié a que los negocios prosperen y a su vez que la planta sea abastecida a costos viables.

Se considera viable por el hecho de que la mayoría de las localidades se encuentran alrededor de una hora de distancia de la planta provocando que los costos de transporte sean aceptables y por lo tanto el costo del aserrín también.

10.3 Proveedores arriba de la tolerancia de 5%.

Se presentaron 6 casos que rebasaron la cifra permitida, cinco proveedores con valores de 6 a 7% procedentes de los municipios de Ciudad Hidalgo y sólo el caso de la localidad de Ocampo que tuvo un porcentaje arriba de 8%. Calculando los resultados de estos casos se obtiene un promedio total de 6.88% de corteza en todos los proveedores que rebasaron la tolerancia.

Así que en un panorama general si se hablan de costos, podríamos ejemplificar que, si por cada m³ de aserrín comprado en un precio de \$ 100.00 pesos m.n., aproximadamente 7 pesos corresponderían a un pago hecho por corteza que finalmente se desecha en los procesos de limpieza previo al uso del aserrín en el proceso de aglomerado, si esto lo proyectamos a consumos mensuales y anuales la cifra aumentará a un número considerable.

Por lo tanto en este análisis se concluye que hay una pérdida de aproximadamente 7% en corteza o sea 2% extra a lo que la empresa suele considerar normalmente.

10.4 Muestras de aserrín de la parte del separador

Las muestras de aserrín en ésta parte del proceso de limpieza arrojaron en promedio un valor de 0.96% de corteza. En concreto, la proporción de corteza que entra al proceso de elaboración del tablero aglomerado es muy baja por lo que es prácticamente improbable que la corteza llegue a repercutir en las propiedades del tablero como tal.

Fuera del tema de la coloración, estética (Fig. 49) y de un probable desgaste de cuchillas o sierras, la corteza no puede afectar directamente las propiedades físico mecánicas del tablero de manera importante.

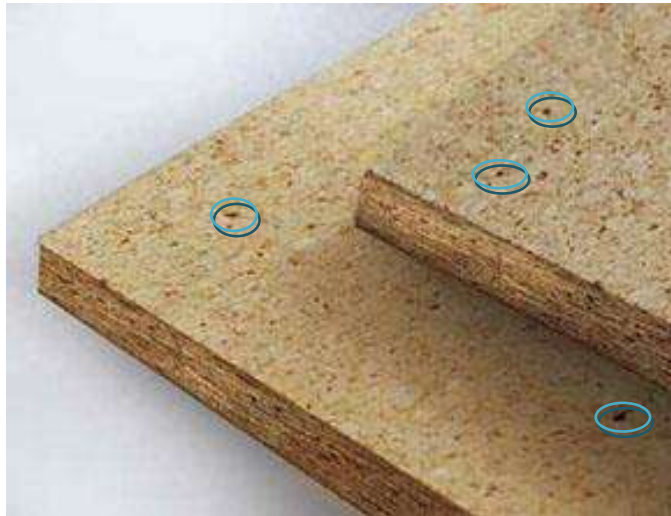


Figura 44. Detalle de las partículas grandes de corteza en un tablero.

Fuente: dontablero.com

Con respecto a las muestras es oportuno mencionar que los porcentajes fueron muy constantes en cada una de ellas y se puede deducir que se debe al hecho de que toda la planta maneja procesos automatizados y no hay factores que lleguen a alterar las condiciones de los equipos.

10.5 Eficiencia del proceso de limpieza

En resumen, la limpieza del aserrín da comienzo en una tolva donde ya desde ese momento son retirados todo tipo de desechos como palos, piedras, latas, envases de plástico y materia orgánica (Figura 50). En este punto todo lo anterior se retira de manera manual por los trabajadores que descargan el aserrín.



Figura 45. Tolva en donde es depositado el aserrín.

Fuente: Elaboración propia.

El material comienza un camino por una banda y con ayuda de un dispositivo magnético son atraídos los restos de los metales ferrosos que pudieron perderse dentro del material. Todos los clavos, alambres y latas de comida u otros materiales que se lleguen a encontrar, se juntan en contenedores y son posteriormente desechados o vendidos como chatarra.

Siguiendo por la banda, los trozos grandes de corteza que aún se encuentran en el aserrín (Fig. 50), son removidos a través de una criba con abertura de 3/8" en sus mallas, esta criba actúa como un colador para estas piezas que no logran pasar por las mallas y dejan pasar solamente al aserrín y aquellas partículas más finas de corteza (Fig. 51). Los desechos de esta parte del proceso de limpieza también son reunidos en un lugar determinado para ser removidos de la planta posteriormente.



Figura 46. Detalle de los trozos grandes de corteza encontrados en las muestras.

Fuente: Elaboración propia.

Hasta este punto la mayoría de los desechos de grandes dimensiones han sido retirados y por lo tanto la gran parte del volumen de suciedad del aserrín también, y esto se refleja en los porcentajes de corteza en las muestras, una vez que el aserrín ha pasado por la criba y ahora los canjilones dirigen el material hacia la banda se considera que ya ha pasado por la primera parte del proceso de limpieza, y es aquí en donde se ha recolectado la muestra “limpia”. De tal manera que del análisis llevado a cabo, se encontró lo siguiente:

De acuerdo a la figura 52, se puede decir que del promedio de corteza que se obtiene de las muestras sucias se le retira un 68.46% de impurezas ya que las muestras limpias que pasan por la primera etapa de limpieza quedan en un 2.17% de corteza y se ha retirado un 4.71% en promedio.

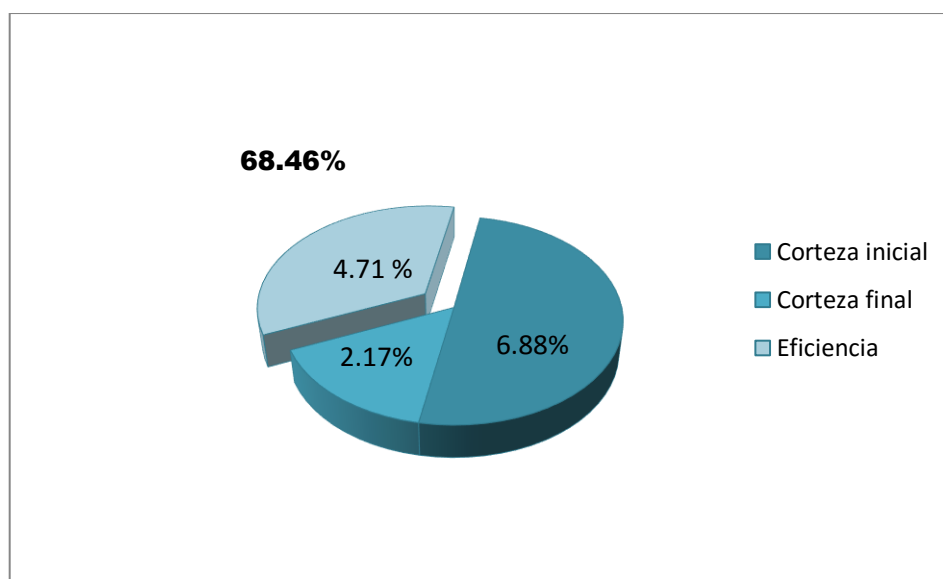


Figura 47. Eficiencia del proceso de limpieza en la etapa 1.

También se puede observar la cantidad de desechos que se llegan a retirar del aserrín, mientras que en la figura 53 se puede apreciar un volumen considerable de basura que llega a salir tan solo de la que hemos llamado la primera etapa de limpieza. Sin embargo, es conveniente mencionar que todo este material es la acumulación de varios días y no de manera diaria, se podría decir que un mes es la cantidad de tiempo que fue capaz de aglomerar tal volumen y con la ayuda de camiones se retira para no quitar lugar de almacenamiento al área de patios.



Figura 48. Desecho resultado de la primera etapa de limpieza.

Fuente: Elaboración propia.

Ahora con el equipo del separador de aserrín, del cual su principio ya fue explicado anteriormente, es posible eliminar un porcentaje mayor de impurezas y corteza del material por lo que se garantiza una mejor limpieza y esto se traduce en una mejor calidad en la materia prima para formar el tablero aglomerado.

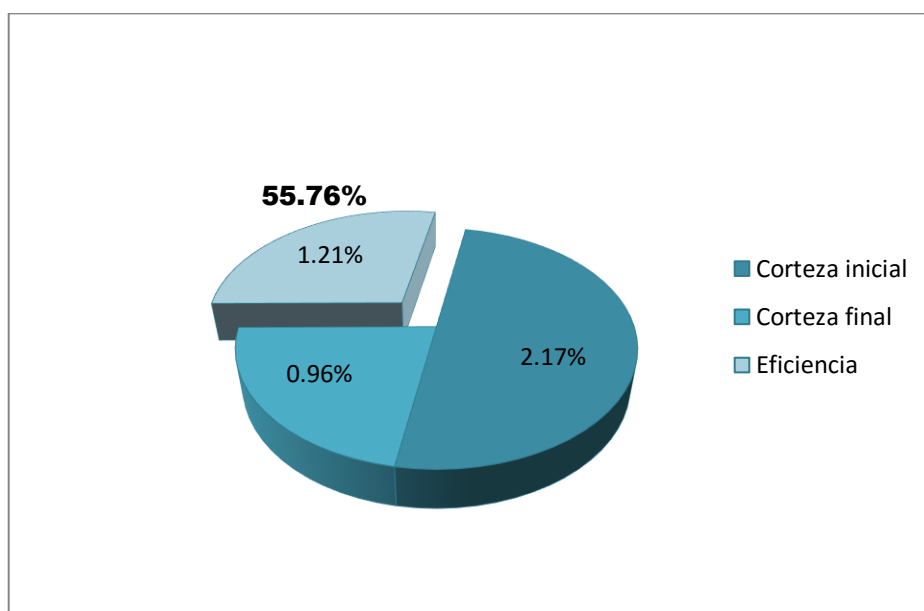


Figura 49. Eficiencia del proceso de limpieza en la etapa 2.

Como lo muestra la imagen anterior (Fig. 54) de un 2.17% de corteza resultante de la etapa 1, con el separador de aserrín fue posible retirar el 55.76 % de corteza de las muestras dejándolas en un porcentaje promedio de 0.96% de corteza y eliminando un 1.21% de impurezas.

Aquí termina la limpieza del aserrín y con un valor menor de 1 % de corteza o impurezas puede entrar el aserrín a proceso para dar origen a un tablero de buena calidad (Fig. 55).



Figura 50. Muestras de un tablero aglomerado de partícula.

Fuente: Elaboración propia.

10.7 Consecuencias de la corteza

Aumento en el consumo de resina

Las consecuencias de la corteza en el proceso de elaboración del tablero aglomerado radican en el indiscutible aumento en el consumo de resina, ya que la corteza impide la adhesión entre las partículas de la madera, ocasionando que se aumente la resina para lograr este objetivo. En este punto el problema que representa es la alta absorción de la corteza por lo que en determinado momento la adhesión no será eficiente.

También significaría la reducción de la absorción de agua en el tablero al elevar el nivel de corteza debido al alto contenido de extraíbles en ese material y su capacidad de repeler el agua.

Desgaste de equipo

Otra consecuencia es el inevitable desgaste prematuro de toda maquinaria que esté conformado por cuchillas, o por otro elemento de corte. La energía extra que necesitan los equipos para procesar la corteza suele aumentar y esto se refleja en el amperaje y el constante cambio de cuchillas o sierras, ya que hay un esfuerzo adicional (Fig. 56).



Figura 51. Detalle en el principio de corte de los hojeladores.

Fuente: pilana.com

Estética del tablero

Y finalmente la mala apariencia que pueda llegar a dar un exceso de corteza en el tablero aglomerado sólo afectaría en puntos de calidad del mismo y su devaluación en el mercado.

CAPÍTULO 11. CONCLUSIONES

De los 15 proveedores analizados, 6 tuvieron porcentajes menores al 5% de corteza, 3 estuvieron al límite con valores del 5%, 5 sobrepasaron el 6% y sólo uno marcó la diferencia sobrepasando un 8% de corteza dentro de su material.

El 60 % de los proveedores cumplieron su tolerancia al alcanzar valores de hasta el 5% de contenido de corteza.

El 40% restante que rebasó la cifra tienen menor calidad en su material pero resultaron ser los proveedores más cercanos a la zona de la planta y por lo tanto por sus bajos costos de transporte se vuelve más costoso adquirir el aserrín de ellos.

El proveedor de mayor importancia rebasó la tolerancia pero podría deberse al volumen con el que abastece ya que se reciben alrededor de 200 metros cúbicos al día. A pesar de eso, su material cuenta con menor cantidad de desechos y buena coloración, lo que beneficia a la calidad del tablero.

El proveedor con mayor porcentaje de corteza es aquél que se encuentra mucho más cerca de la planta que los demás proveedores y a pesar de que se reducen los costos, la calidad es mala y se gasta energía por retirar el exceso de impurezas dentro de él.

En cuanto a la eficiencia del proceso de limpieza, se consideran satisfactorios los porcentajes que arrojaron las muestras, ya que en la etapa 1 se retira el 68.46% de la corteza de los materiales analizados, y en la etapa 2 se retira un 30.58% extra, dejando un aserrín con menos del 1% de corteza para entrar al proceso de elaboración de tablero aglomerado de partícula y por lo tanto se considera exitoso el proceso de limpieza del aserrín de la planta.

Los datos anteriores nos hacen concluir que por cada 100 pesos de aserrín comprado, prácticamente 7 pesos son gastados en corteza, aproximadamente 2 pesos más de lo que contempla la empresa en la inversión de esta materia prima. Con esto se da una noción general acerca de los gastos que llegaría a tener la empresa con respecto a la corteza. Y las mermas que podría tener proyectadas a sus consumos mensuales y anuales.

Y por último, la proporción de corteza detectada en el análisis no es suficiente para afectar las propiedades físicas y mecánicas del tablero, y tampoco podría llegar a afectar considerablemente en el desgaste de los equipos de corte en la planta.

El porcentaje final de corteza en la línea de producción fue en promedio 1% así que si se encontrara alguna desventaja en el tablero sería de manera estética solamente y sólo en los

tableros que no estén laminados. Todo resultado de éste análisis mostró sólo variaciones de nivel de corteza por parte de los proveedores que abastecen a la planta Zitácuaro pero ningún impacto sobre el tablero como producto final.

CAPÍTULO 13. RECOMENDACIONES

- Llegar a un contenido de humedad estándar en las muestras para que no haya variables de peso importantes.
- Utilizar todo el desecho (corteza, palos, etc.) como biomasa para las calderas en diferentes zonas de la planta.
- Realizar monitoreo de todos los equipos de corte para detectar de desgaste prematuro de cuchillas y sierras debido a la inclusión de corteza.
- Hacer los muestreos del total de los proveedores de la empresa y no sólo por importancia de volumen o por temporadas del año.
- Recomendar que limpien su aserrín a los proveedores ya existentes, lo suficiente para no alterar las propiedades físico-mecánicas del tablero y además de ahorrar costos en procesos de limpieza previo a su elaboración.
- Prescindir de aquel aserrín de los proveedores que tengan porcentajes de corteza muy por arriba de la tolerancia de corteza para ahorrar tiempos y agilizar el proceso de limpieza
- Incentivar a aquellos proveedores que consigan abastecer a la empresa con aserrín de buena calidad mediante mejores propuestas en sus contratos.

BIBLIOGRAFÍA

- Anonymous. (1999). World capacity Hits record. Wood based Panels Inter. , 11-16.
- Arroyo, J. & Aguerrebere, R. (2012). Costos de operación base de los vehiculos representativos del transporte urbano 2012. Sanfandila, Qro.: Secretaria de comunicaciones y transportes.
- Calve, L. S. (1986). Maximizing aspen poplar residues utilization for waferboard production. Forestal Production Journal , 39-45.
- Cassens, D. (1974). Barks properties of eight western softwoods. Forestal Production Journal , 40-45.
- Chacalo, A. (1993). El árbol. Estructura y función. Información y Científica y Tecnológica , 15; 45-47.
- Chan, M. (2004). Tableros de madera de partículas. Revista Ingenieria UADY,1-2.
- COFAN. (1994). Manual de Construcción de Estructuras Ligeras de Madera. México, D.F.
- Dost, W. (1971). Forest Production Journal , 38-43.
- Dost, W. (1971). Redwood bark fiber in particleboard. Forest Production Journal, 84, 88-89.
- Esau, K. (1959). Anatomía vegetal. Barcelona: Ediciones Omega.
- FAO. (2006). Obtenido de <http://www.fao.org/docrep/006/j2215s/j2215s08.htm>
- FAO. (1978). Las astillas de madera: Su producción, manipulación y transporte. FAO, 84,88-89.
- Gonzales, A., & Raisman, J. (1998). Universidad Nacional del Nordeste. Recuperado el 09 de 01 de 2017, de Hipertextos del área de la Biología: <http://www.biologia.edu.ar/plantas/corteza.htm>
- González, A. F. (1993). Evolución del mundo tecnológico de los tableros de madera. Congreso Forestal Español (págs. 273-275). Madrid: Ponencias y comunicaciones.
- Kozak, & Smith. (1967). Forest Production Journal, 33.
- Lehmann, M. G. (1974). Properties of estructural particleboard. Forestal Production Journal 17-25.
- Maloney, T. (1993). Bark boards from four west coast softwood species. Forest Production Journal, 30-38.
- Martin, R. (1969). Characterization of douthern pine barks. Forestal Production Journal, 23-30.
- Martin, R., & Crist, J. (1968). Selected physical-mechanical properties of eastern tree barks. Forestal Production Journal. , 54-60.
- Martínez. (1992). Los pinos Mexicanos. Botas 3a edición.

Martínez, O. (1984). Análisis de la variación de espesor de corteza a lo largo del fuste en un rodal maduro de *Pinus radiata*. Chile: Universidad de Chile .

Moslemi, A. (1974). Particleboard. I Materials. Southern Illinois University Press, 239.

Muñoz, H. R. (2003). Caracterización de astillas y aserrín para una plata de tableros de partículas en Valdivia. Chile.

Muñoz, H. R. (2003). Caracterización de astillas y aserrín para una platna de tabelros de partículas en Valdivia. Valdivia Chile: Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Forestales.

Nicholls, G. (1960). Bonding particleboard with bark extracts. Forestal Production Journal , 46-59.

Place, T., Maloney, T. (1975). Thermal properties of drywood-bark multilayer boards. Forestal Production Journal, 33-39.

Poblete. (1975). Uniones de madera con adhesivos. Chile: Universidad Austral de Chile.

Poblete, H., & Sánchez, J. (1990). Tableros con corteza de *Pinus radiata*. En H. POBLETE, & J. SÁNCHEZ, *Bosque* (págs. 6-19).

SEMARNAP. (2000). Texto Guía Forestal. México, D.F.

Starbuck, C. (1997). Produccion y uso de composta de aserrin y estiércol de avena. III Simposium Internacional y IV Reunión Nacional de Agricultura Sostenible, (pág. 96). Guadalajara,Jalisco.

Stuart, D. B. (1968). Hardboard from Cedar Bark. Forest Production Journal , 19-23.

Villar, C. M. (2015). El imparable mercado de los tableros. Revistamm, 94-95.

Vinculando.org.(2015).*Vinculando.org*.

http://vinculando.org/transportes/estadisticas_del_autotransporte_federal_de_carga_en_mexico.html

ANEXOS

1.- Registros de las muestras por proveedor

MUESTRA SUCIA (300.42 gr)						MUESTRA LIMPIA (300.46gr)					
Proveedor 1	Malla	Pt	Pc	Aserín	% MUESTRA SUCIA	Proveedor 1	Malla	Pt	Pc	Aserín	% MUESTRA LIMPIA
Cd. Hidalgo	6	15,25	14,24	0,94	93,38	Cd. Hidalgo	6	2,78	2,16	0,54	77,70
	7	2,66	1,3	1,32	48,87		7	1,7	0,98	0,79	57,65
	10	9,63	1,54	7,88	15,63		10	8,37	1,49	6,71	17,80
	16	56,69					16	46,54			
	40	169,85					40	179,21			
	60	35,53					60	40,35			
	Restante	7,12					Restante	18,21			
	Σ	296,79	17,08		5,75		Σ	297,16	4,63		1,56

MUESTRA SUCIA (300.48 gr)						MUESTRA LIMPIA (300.52)					
Proveedor 2	Malla	Pt	Pc	Aserín	% MUESTRA SUCIA	Proveedor 2	Malla	Pt	Pc	Aserín	% MUESTRA LIMPIA
Cd. Hidalgo	6	13,87	12,38	1,39	89,26	Cd. Hidalgo	6	3,72	2,71	0,98	72,85
	7	4,11	0,85	3,05	20,68		7	2,43	0,97	1,44	39,92
	10	18,07	1,55	16,32	8,58		10	11,92	1,49	10,39	12,50
	16	67,25					16	51,83			
	40	155,06					40	170,24			
	60	29,95					60	38,73			
	Restante	10,17					Restante	16,77			
	Σ	298,48	14,78		4,95		Σ	295,64	5,17		1,75

MUESTRA SUCIA (300.66 gr)						MUESTRA LIMPIA (300.45)					
Proveedor 3	Malla	Pt	Pc	Aserín	% MUESTRA SUCIA	Proveedor 3	Malla	Pt	Pc	Aserín	% MUESTRA LIMPIA
Cd. Hidalgo	6	16,83	15,3	1,05	90,91	Cd. Hidalgo	6	2,99	2,59	0,43	86,62
	7	3,85	1,97	1,86	51,17		7	2,17	1,13	1,01	52,07
	10	10,71	1,63	9,06	15,22		10	8,5	2,36	6,17	27,76
	16	64,51					16	46,77			
	40	156,41					40	179,62			
	60	34,11					60	39,62			
	Restante	11,37					Restante	17,85			
	Σ	297,79	18,9		6,35		Σ	297,52	6,08		2,04

MUESTRA SUCIA (300.7 gr)						MUESTRA LIMPIA (300.18)					
Proveedor 4	Malla	Pt	Pc	Aserín	% MUESTRA SUCIA	Proveedor 4	Malla	Pt	Pc	Aserín	% MUESTRA LIMPIA
Macho de agua Mpo. Zitacuár	6	17,41	9,6	7,53	55,14	Macho de agua Mpo. Zitacuár	6	3,74	1,86	1,69	49,73
	7	8,8	7,12	0,99	80,91		7	3,35	0,69	2,7	20,60
	10	24,86	3,42	21,44	13,76		10	17,07	1,54	14,59	9,02
	16	63,37					16	64,93			
	40	142,89					40	162,75			
	60	28,68					60	32,93			
	Restante	12,13					Restante	13,45			
	Σ	298,14	20,14		6,76		Σ	298,22	4,09		1,37

MUESTRA SUCIA (300.57 gr)						MUESTRA LIMPIA (300.37)					
Proveedor 5	Malla	Pt	Pc	Aserín	% MUESTRA SUCIA	Proveedor 5	Malla	Pt	Pc	Aserín	% MUESTRA LIMPIA
Ocampo, Michoacán	6	24,65	16,57	7,96	67,22	Ocampo, Michoacán	6	15,18	11,98	3,52	78,92
	7	8,25	2,14	6,04	25,94		7	4,29	0,83	3,29	19,35
	10	24,61	6,07	18,09	24,66		10	18,88	2,52	16,34	13,35
	16	56,51					16	59,91			
	40	145,56					40	165,5			
	60	26,07					60	30,02			
	Restante	12,74					Restante	5,54			
	Σ	298,39	24,78		8,30		Σ	299,32	15,33		5,12

MUESTRA SUCIA (300.34 gr)						MUESTRA LIMPIA (300.42)					
Proveedor 6	Malla	Pt	Pc	Aserín	% MUESTRA SUCIA	Proveedor 6	Malla	Pt	Pc	Aserín	% MUESTRA LIMPIA
Cd.Hidalgo	6	21.18	13.27	7.81	62.65	Cd.Hidalgo	6	21.52	11.65	9.86	54.14
	7	8.28	1.91	6.36	23.07		7	5.78	0.88	4.59	11.76
	10	27.87	4.73	23.16	16.97		10	24.94	1.86	23.13	7.46
	16	58.36					16	51.11			
	40	144.8					40	161.81			
	60	23.33					60	25.42			
	Restante	13.9					Restante	8.58			
	Σ	236.32	19.91		6.67		Σ	239.16	14.19		4.74

MUESTRA SUCIA (300.47 gr)						MUESTRA LIMPIA (300.24)					
Proveedor 7	Malla	Pt	Pc	Aserín	% MUESTRA SUCIA	Proveedor 7	Malla	Pt	Pc	Aserín	% MUESTRA LIMPIA
Mata de Pinos	6	18.8	17.31	1.33	32.07	Mata de Pinos	6	3.6	3.03	0.48	85.83
	7	5.37	1.17	3.27	21.73		7	3.45	0.78	2.68	22.61
	10	24.21	2.13	19.22	8.80		10	18.58	2.12	16.57	11.41
	16	73.22					16	66.56			
	40	137.96					40	165.34			
	60	20.84					60	30.99			
	Restante	11.91					Restante	10.56			
	Σ	236.31	20.61		6.91		Σ	239.08	5.99		2.00

MUESTRA SUCIA (300.65 gr)						MUESTRA LIMPIA (300.40)					
Proveedor 8	Malla	Pt	Pc	Aserín	% MUESTRA SUCIA	Proveedor 8	Malla	Pt	Pc	Aserín	% MUESTRA LIMPIA
Agostitlán	6	13.58	10.28	3.08	75.70	Agostitlán	6	3.25	2	1.23	61.54
	7	4.29	0.96	3.03	22.38		7	2.89	0.72	1.98	24.91
	10	18.45	1.63	14.29	8.83		10	13.43	1.51	10.91	11.24
	16	70.35					16	65.51			
	40	144.12					40	159.82			
	60	19.8					60	28.14			
	Restante	17.25					Restante	23.1			
	Σ	287.84	12.87		4.47		Σ	236.14	4.23		1.43

MUESTRA SUCIA (300.46 gr)						MUESTRA LIMPIA (300.40)					
Proveedor 9	Malla	Pt	Pc	Aserín	% MUESTRA SUCIA	Proveedor 9	Malla	Pt	Pc	Aserín	% MUESTRA LIMPIA
Mata de Pinos, Cd.Hidalgo	6	16.31	11.98	3.46	73.45	Mata de Pinos, Cd.Hidalgo	6	3.79	2.74	3.52	72.30
	7	5.71	1.34	3.82	23.47		7	2.77	1.13	3.29	40.79
	10	18.33	2.76	12.68	15.06		10	12.69	2.04	16.34	16.08
	16	55.07					16	49.94			
	40	140.07					40	166.67			
	60	38.34					60	42.4			
	Restante	10.57					Restante	16.55			
	Σ	284.4	16.08		5.65		Σ	234.81	5.91		2.00

MUESTRA SUCIA (300.52 gr)						MUESTRA LIMPIA (300.55)					
Proveedor 10	Malla	Pt	Pc	Aserín	% MUESTRA SUCIA	Proveedor 10	Malla	Pt	Pc	Aserín	% LIMPIO
Agostitlán	6	11.69	9.69	1.93	82.89	Tuxpan	6	2.97	1.71	1.1	57.58
	7	6.35	1.39		21.89		7	4.55	0.73	3.77	16.04
	10	30.23	1.44	21.86	4.76		10	20.03	1.2	19.04	5.99
	16	68.16					16	77.52			
	40	139.95					40	145.48			
	60	23.27					60	35.22			
	Restante	8.23					Restante	11.11			
	Σ	287.34	12.52		4.35		Σ	236.88	3.64		1.23

MUESTRA SUCIA (300.97 gr)						MUESTRA LIMPIA (300.55)					
Proveedor 11	Malla	Pt	Pc	Aserín	% MUESTRA SUCIA	Proveedor 11	Malla	Pt	Pc	Aserín	% LIMPIO
Cd. Hidalgo	6	11.26	9.32	1.92	82.77	Cd. Hidalgo	6	3.2	1.71	1.1	53.44
	7	7.97	1.62	3.35	20.33		7	4.62	0.73	3.77	15.80
	10	28.84	1.75	14.08	6.07		10	13.14	1.2	19.04	9.13
	16	69.26					16	79.42			
	40	136.57					40	142.02			
	60	33.81					60	41.23			
	Restante	13.25					Restante	16.33			
	Σ	300.96	12.69		4.22		Σ	239.96	3.64		1.21

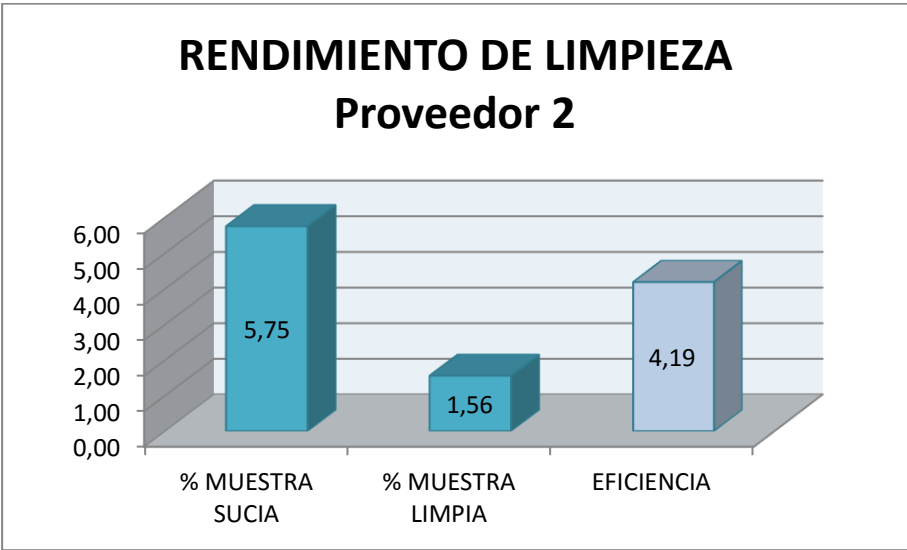
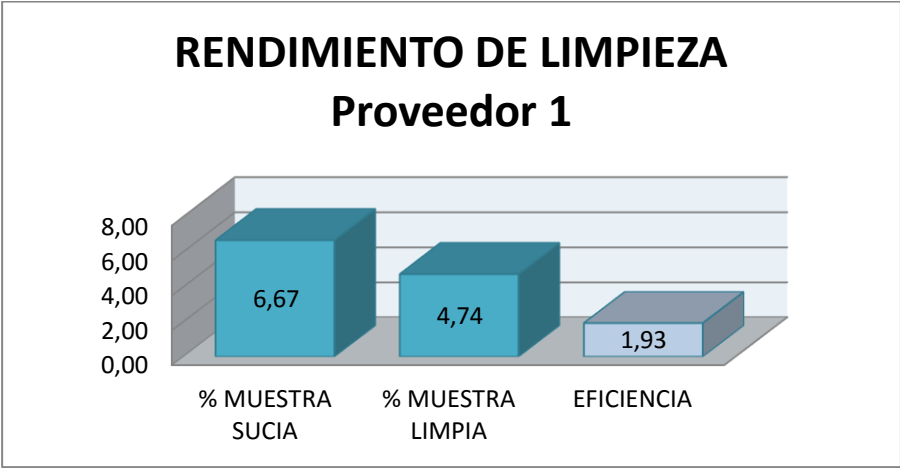
MUESTRA SUCIA (300.52 gr)						MUESTRA LIMPIA (300.55)					
Proveedor 12	Malla	Pt	Pc	Aserín	% MUESTRA SUCIA	Proveedor 12	Malla	Pt	Pc	Aserín	% LIMPIO
Ocampo	6	16,42	10,8	5,62	65,77	Ocampo	6	4,63	3,05	1,56	65,87
	7	7,88	2,41	5,47	30,58		7	3,1	2,13	0,98	68,71
	10	23,23	4,12	26,11	14,10		10	11,22	2,5	8,71	22,28
	16	68,31					16	79,52			
	40	142,1					40	153,37			
	60	23,81					60	36,22			
	Restante	6,5					Restante	12,11			
	Σ	300,25	17,33		5,77		Σ	300,17	7,68		2,56

MUESTRA SUCIA (300.52 gr)						MUESTRA LIMPIA (300.55)					
Proveedor 13	Malla	Pt	Pc	Aserín	% MUESTRA SUCIA	Proveedor 13	Malla	Pt	Pc	Aserín	% LIMPIO
Cd. Hidalgo	6	18,21	15,39	2,81	84,51	Cd. Hidalgo	6	3,84	3,04	0,78	79,17
	7	5,47	1,86	3,6	34,00		7	3,36	1,14	2,21	33,93
	10	23,65	1,57	22,08	6,64		10	15,42	2,58	12,84	16,73
	16	68,63					16	74,17			
	40	148,85					40	158,43			
	60	22,66					60	23,18			
	Restante	12,61					Restante	15,98			
	Σ	300,08	18,82		6,27		Σ	300,38	6,76		2,25

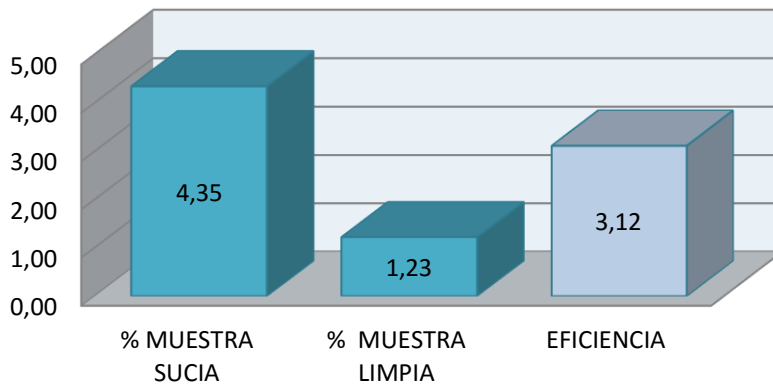
MUESTRA SUCIA (300.52 gr)						MUESTRA LIMPIA (300.55)					
Proveedor 14	Malla	Pt	Pc	Aserín	% MUESTRA SUCIA	Proveedor 14	Malla	Pt	Pc	Aserín	% LIMPIO
Santa Clara	6	10,27	6,38	3,88	62,12	Santa Clara	6	2,85	1,16	1,69	40,70
	7	6,68	1,96	4,71	23,34		7	2,34	0,88	1,45	37,61
	10	26,61	2,04	24,57	7,67		10	14,69	1,56	13,11	10,62
	16	67,93					16	64,98			
	40	155,3					40	170,55			
	60	21,58					60	30,87			
	Restante	12,29					Restante	14,31			
	Σ	300,66	10,38		3,45		Σ	300,59	3,6		1,20

MUESTRA SUCIA (300.52 gr)						MUESTRA LIMPIA (300.55)					
Proveedor 15	Malla	Pt	Pc	Aserín	% MUESTRA SUCIA	Proveedor 15	Malla	Pt	Pc	Aserín	% LIMPIO
Tuxpan	6	13,22	8,15	5,06	61,65	Tuxpan	6	4,24	2,81	1,1	66,27
	7	7,97	3,44	4,52	43,16		7	5,22	2,06	3,77	39,46
	10	23,86	2,98	26,88	9,98		10	11,99	1,53	19,04	13,26
	16	65,71					16	78,12			
	40	142,95					40	154,65			
	60	26,44					60	31,22			
	Restante	13,88					Restante	15,11			
	Σ	300,03	14,57		4,86		Σ	300,55	6,46		2,15

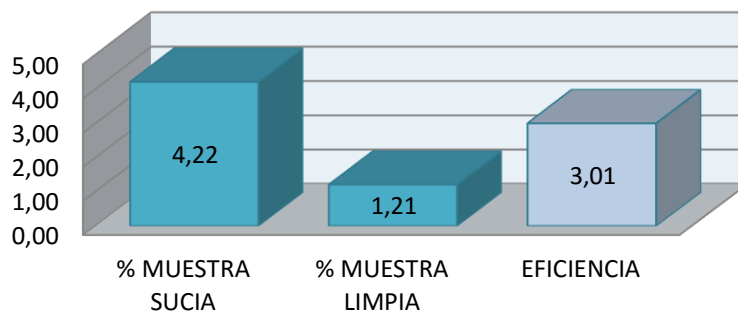
2.- Gráficas de los porcentajes de corteza de las muestra por proveedor.



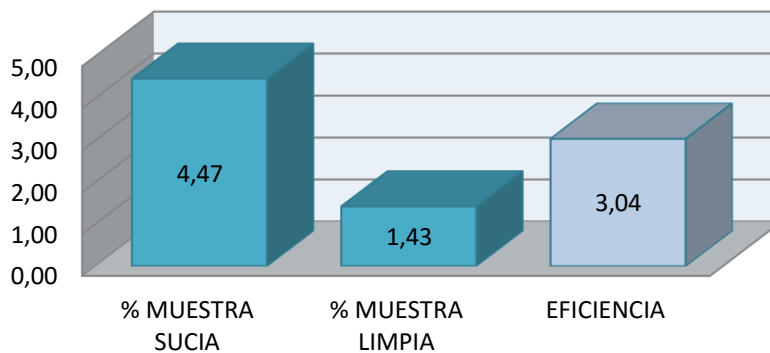
RENDIMIENTO DE LIMPIEZA Proveedor 3



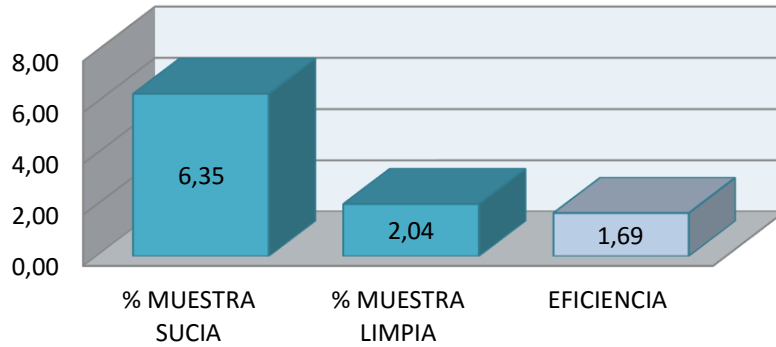
RENDIMIENTO DE LIMPIEZA Proveedor 4



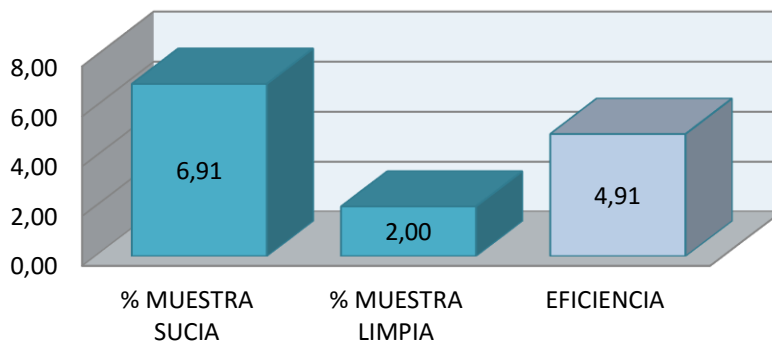
RENDIMIENTO DE LIMPIEZA Proveedor 5



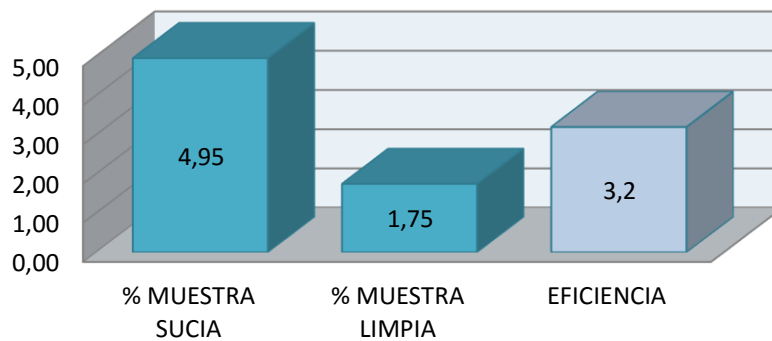
RENDIMIENTO DE LIMPIEZA Proveedor 6



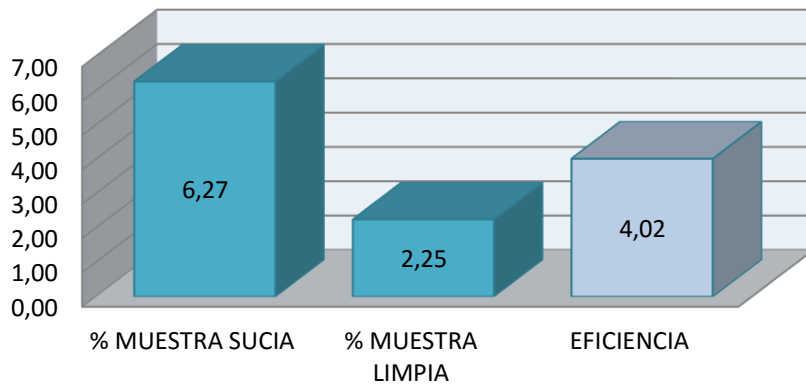
RENDIMIENTO DE LIMPIEZA Proveedor 7



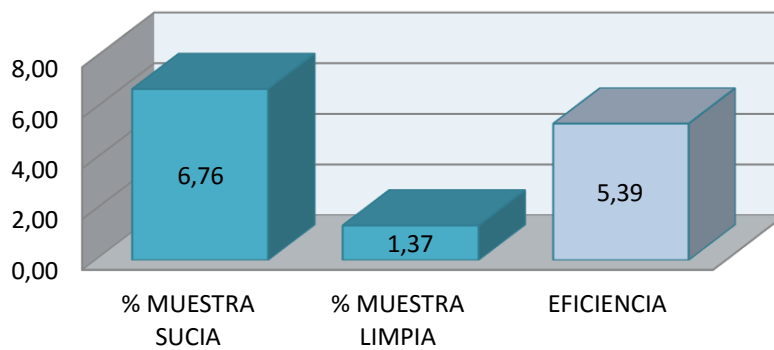
RENDIMIENTO DE LIMPIEZA Proveedor 8



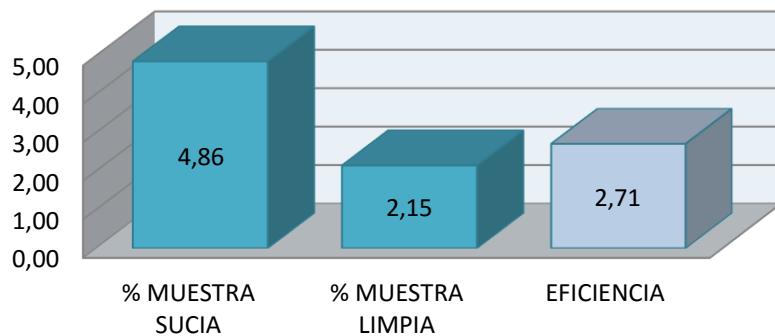
RENDIMIENTO DE LIMPIEZA Proveedor 9



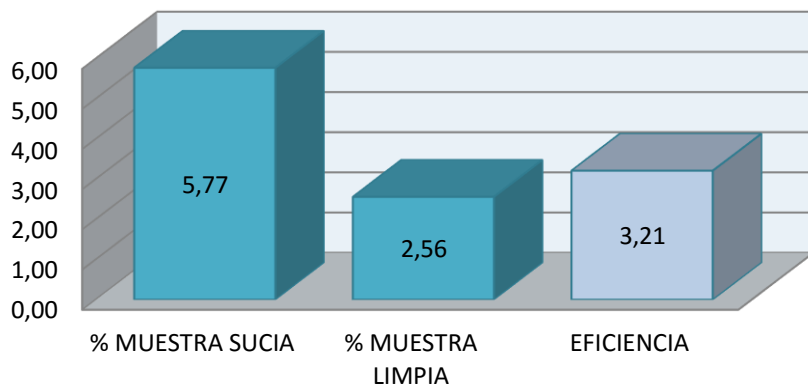
RENDIMIENTO DE LIMPIEZA Proveedor 10



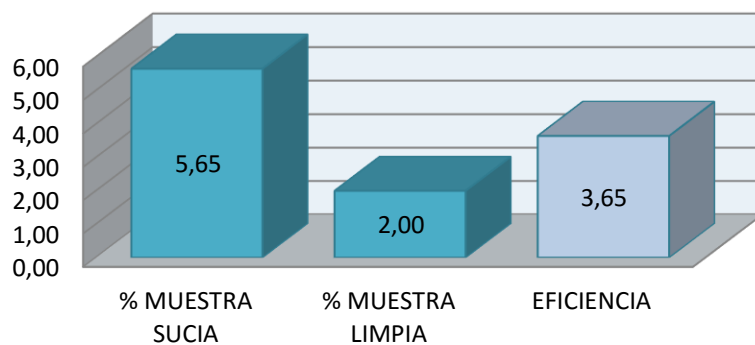
RENDIMIENTO DE LIMPIEZA Proveedor 11



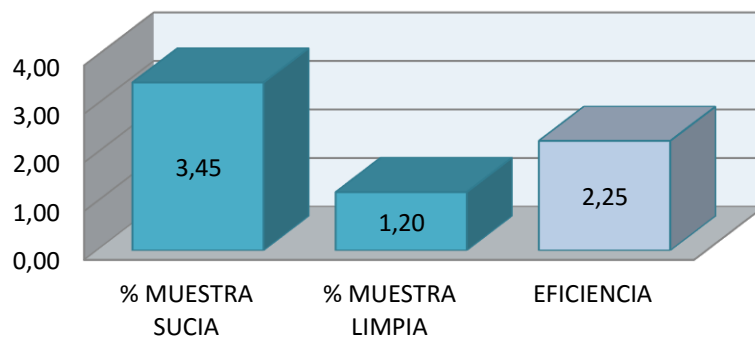
RENDIMIENTO DE LIMPIEZA Proveedor 12



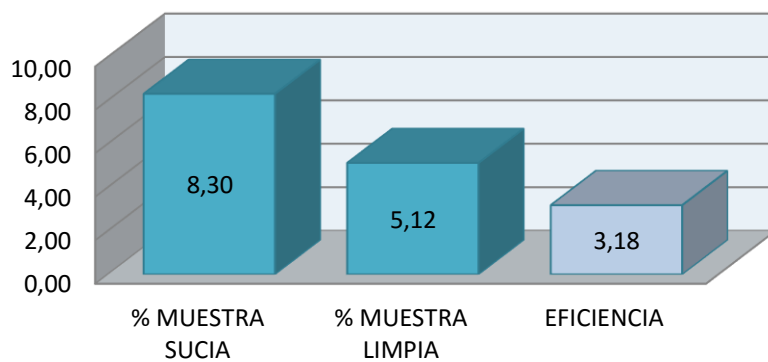
RENDIMIENTO DE LIMPIEZA Proveedor 13



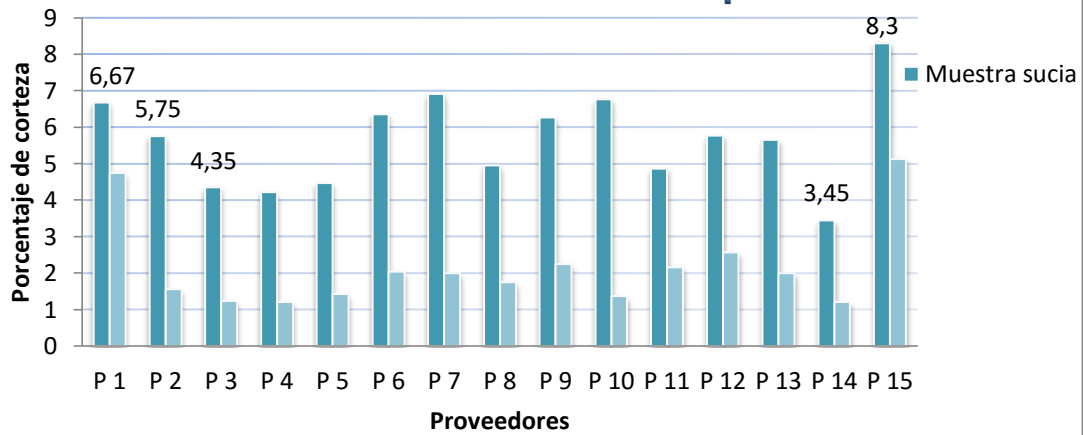
RENDIMIENTO DE LIMPIEZA Proveedor 14



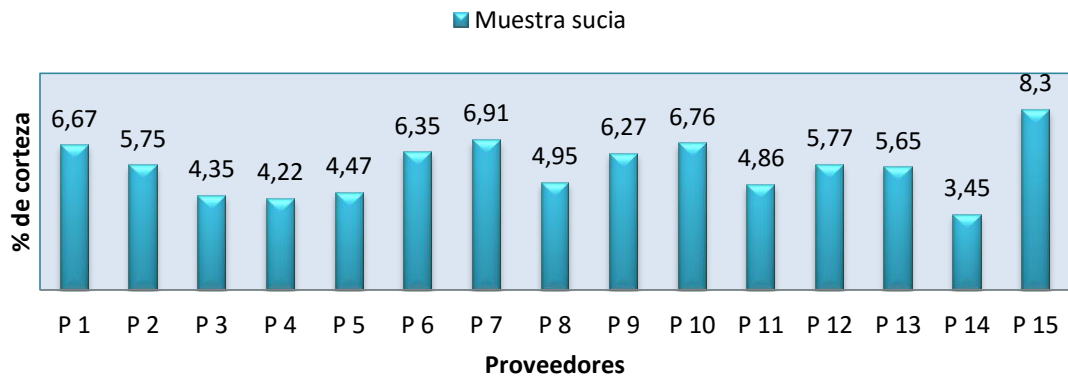
RENDIMIENTO DE LIMPIEZA Proveedor 15



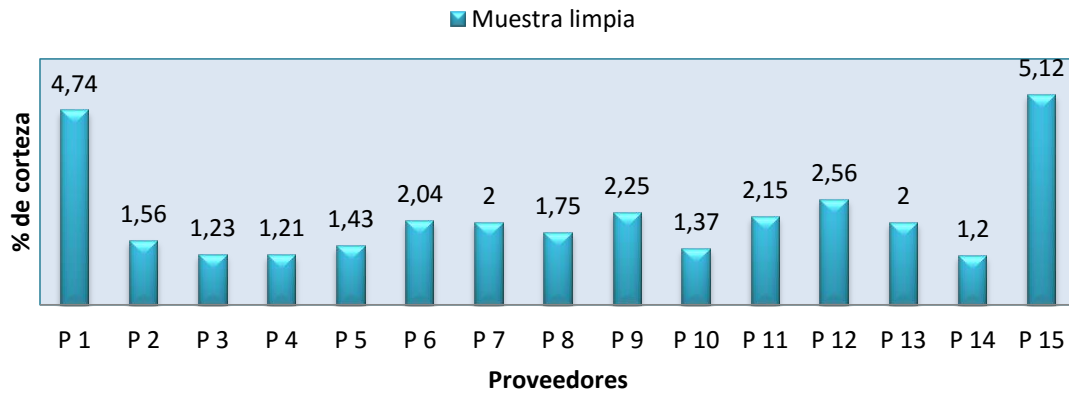
Contenido de corteza en proveedores



% CORTEZA POR PROVEEDOR (S)



% CORTEZA POR PROVEEDOR (L)



24/05/2016	Turno: 1°		MUESTRA 1 ASERRÍN (SEPARADOR)		
CONDICIONES	Malla	Pt	Pc	Aserrín	% CORTEZA
C.H : 40.12-5.58%	6	3,34	1,12	2,04	33,53
PESO: 300.04 gr	7	3,37	0,43	0,43	12,76
Base Seca: 3 Hrs	10	17,5	1,4	15,91	8,00
Cribadora: 15 min	16	56,64			
	40	155,85			
	60	40,83			
	Restante	21,54			
	Σ	299,07	2,95		0,99

24/05/2016	Turno: 1°		MUESTRA 2 ASERRÍN (SEPARADOR)		
CONDICIONES	Malla	Pt	Pc	Aserrín	% CORTEZA
C.H : 55%-3.93 %	6	3,47	1,01	2,23	29,11
PESO: 300.56 gr	7	4,59	0,61	3,63	13,29
Base Seca: 3 Hrs	10	22,31	1,68	18,69	7,53
Cribadora: 15 min	16	60,27			
	40	154,41			
	60	34,43			
	Restante	19,54			
	Σ	299,02	3,3		1,10

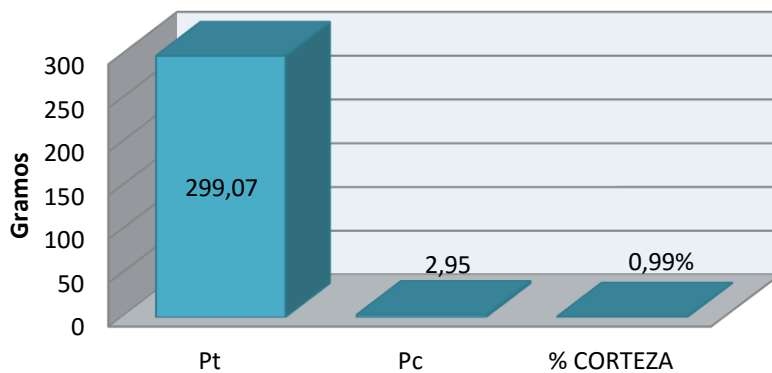
24/05/2016	Turno: 2°		MUESTRA 3 ASERRÍN (SEPARADOR)		
CONDICIONES	Malla	Pt	Pc	Aserrín	% CORTEZA
C.H : 36.86-7.58%	6	2,75	0,91	1,81	33,09
PESO: 300.00 gr	7	2,7	0,34	2,23	12,59
Base Seca: 3 Hrs	10	13,58	1,04	1,04	7,66
Cribadora: 15 min	16	50,6			
	40	161,04			
	60	43,21			
	Restante	23,03			
	Σ	296,91	2,29		0,77

24/05/2016	Turno: 2°		MUESTRA 4 ASERRÍN (SEPARADOR)		
CONDICIONES	Malla	Pt	Pc	Aserrín	% CORTEZA
C.H : 66.12-4.55%	6	2,81	1,09	1,67	38,79
PESO: 300.12 gr	7	2,84	0,49	2,3	17,25
Base Seca: 3 Hrs	10	14,4	1,06	12,87	7,36
Cribadora: 15 min	16	52,1			
	40	160,34			
	60	41,93			
	Restante	22,82			
	Σ	297,24	2,64		0,89

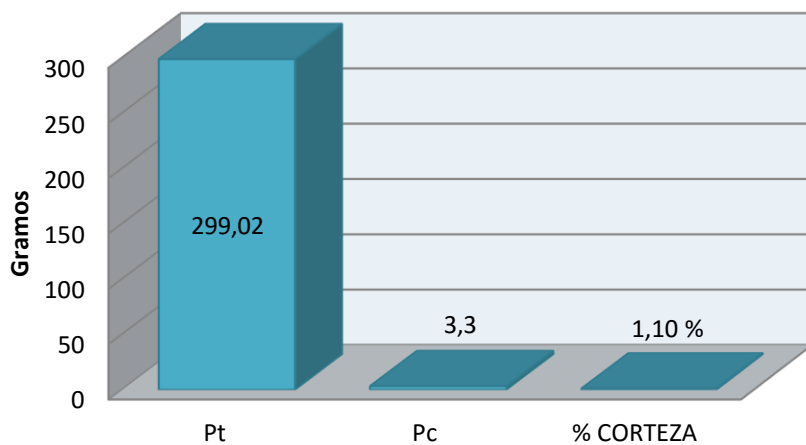
25/05/2016	Turno: 1°		MUESTRA 5 ASERRÍN (SEPARADOR)		
CONDICIONES	Malla	Pt	Pc	Aserrín	% CORTEZA
C.H : 38.77-4.89%	6	2,85	1,11	1,72	38,95
PESO: 300.01 gr	7	2,99	0,43	2,45	14,38
Base Seca: 3 Hrs	10	24,3	1,4	12,9	5,76
Cribadora: 15 min	16	52,19			
	40	155,91			
	60	40,24			
	Restante	20,92			
	Σ	299,4	2,94		0,98

24/05/2016	Turno: 2°		MUESTRA 6 ASERRÍN (SEPARADOR)		
CONDICIONES	Malla	Pt	Pc	Aserrín	% MUESTRA SUCIA
C.H : 59.23-7.30%	6	2,85	1,2	1,59	42,11
PESO: 300.05 gr	7	2,79	0,62	2,15	22,22
Base Seca: 3 Hrs	10	12,13	1,25	10,68	10,31
Cribadora: 15 min	16	43,49			
	40	159,18			
	60	50,86			
	Restante	27,93			
	Σ	299,23	3,07		1,03

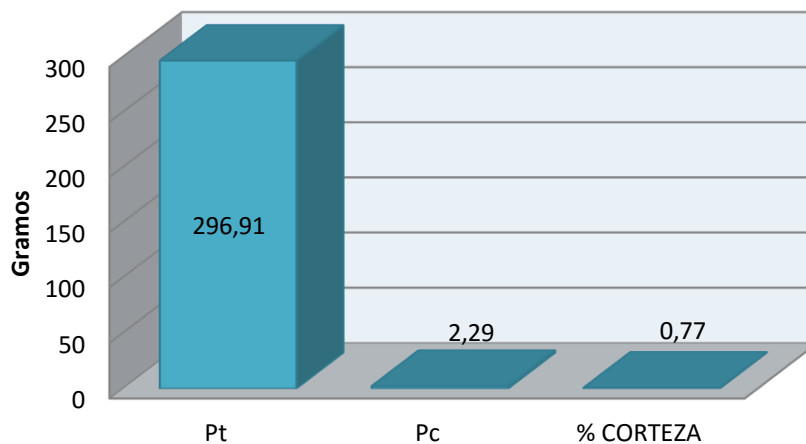
MUESTRA 1 ASERRÍN (SEPARADOR)



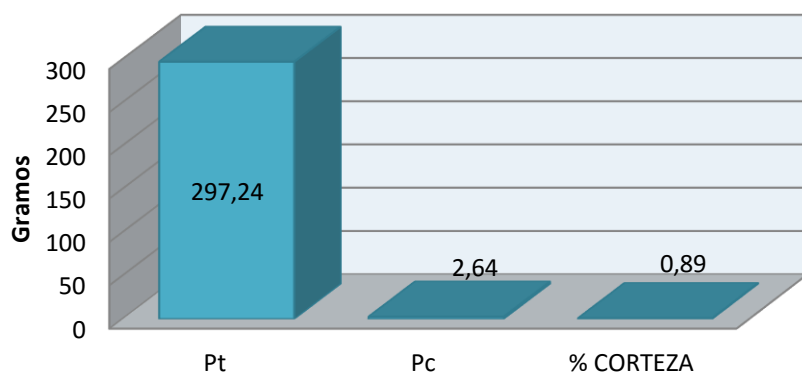
MUESTRA 2 ASERRÍN (SEPARADOR)



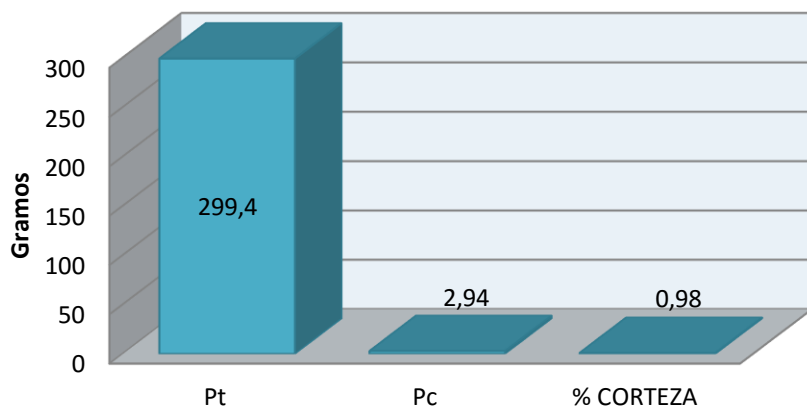
MUESTRA 3 ASERRÍN (SEPARADOR)



MUESTRA 4 ASERRÍN (SEPARADOR)



MUESTRA 5 ASERRÍN (SEPARADOR)



MUESTRA 6 ASERRÍN (SEPARADOR)

