

**HAROLD MAURICIO ALARCÓN JARA**

**COMPORTAMIENTO DE MÁQUINA SECADORA DE PULPA PRODUCIDAS CON  
ASTILLAS DE *Eucalyptus* DE 11 MESES DE ALMACENAMIENTO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação do Mestrado Profissional em Tecnologia de Celulose e Papel, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

VIÇOSA  
MINAS GERAIS – BRASIL  
2011

**Ficha catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e  
Classificação da Biblioteca Central da UFV**

T

A321c  
2011

Alarcón Jara, Harold Mauricio, 1981-

Comportamiento de máquina secadora de pulpa producidas  
con astillas de *Eucalyptus* de 11 meses de almacenamiento /  
Harold Mauricio Alarcón Jara. – Viçosa, MG, 2011.  
viii, 62f. : il. (algumas col.) ; 29cm.

Inclui anexo.

Orientador: Rubens Chaves de Oliveira.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.

Referências bibliográficas: f. 45

1. Polpa de madeira. 2. Indústria de celulose. 3. Madeira -  
Secagem. 4. Equipamentos agrícolas. I. Universidade Federal  
de Viçosa. II. Título.

CDO adapt. CDD 634.9861

HAROLD MAURICIO ALARCÓN JARA

**Comportamiento de máquina secadora de pulpa produzidas con  
astillas de *Eucalyptus* de 11 meses de almacenamiento**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação do Mestrado Profissional em Tecnologia de Celulose e Papel, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

Aprovada: 21 de Julho de 2011

---

Ana Márcia Macedo Ladeira Carvalho  
(Coorientador)

---

Teresa Cristina Fonseca da Silva

---

Rubens Chaves de Oliveira  
(Orientador)

A mi amada familia, mi esposa  
Brenda y mis hijos Mauricio e  
Ignacio, de los cuales he  
obtenido toda la fuerza para  
superar los desafíos que se me  
han presentado.

## **AGRADECIMIENTOS**

Especiales agradecimientos debo dar a la jefatura, quienes han depositado en mí la confianza para reforzar conocimientos en el área de celulosa que sin lugar a dudas significan un crecimiento tanto personal como profesional.

## INDICE

LISTA DE FIGURAS .....	v
RESUMO .....	vi
ABSTRACT .....	vii
RESUMEN .....	viii
1    Introducción .....	1
2    Revisión Bibliográfica .....	2
2.1  Conceptos de formación de hoja .....	2
2.1.1  Drenado .....	2
2.1.2  Orientación Fibras .....	4
2.1.3  Turbulencia .....	8
2.2  Características línea de Fibra Planta Valdivia .....	9
2.2.1  Preparación Madera [12] .....	9
2.2.2  Digestores (SuperBatch – K) [13] .....	9
2.2.3  Lavado y Deslignificación [14] .....	10
2.2.4  Blanqueo [15] .....	12
2.3  Características área Máquina [6] .....	13
2.3.1  Extremo Húmedo .....	14
2.3.2  Secador .....	18
3    Materiales y métodos .....	20
3.1  Materiales: características Astillas Eucaliptus .....	20
3.2  Métodos .....	21
3.2.1  Determinación de Densidad Básica en astillas .....	21
3.2.2  Determinación de humedad en astillas .....	23
3.2.3  Clasificación mecánica de astillas .....	24
3.2.4  Determinación de Freeness .....	25
3.2.5  Determinación de índice de rasgado .....	28
3.2.6  Determinación de índice de tensión .....	30
4    Resultados .....	32
4.1.  Propiedades de las astillas .....	32
4.2.  Propiedades físicas de la pulpa .....	35
4.3  Características de Operación .....	38
5    Discusión y Conclusiones .....	42
6    Bibliografía .....	44
Anexo 1: Estadística de variables de proceso y pulpa .....	45

## LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1: Mecanismos de drenado: filtrado y espesado .....	3
Figura 2.2: Estructuras posible en formación de la hoja .....	4
Figura 2.3: Estructura de ejemplo de cajón de cabeza .....	5
Figura 2.4: Subdivisiones características en el cajón de cabeza .....	5
Figura 2.5: Representación esquemática de labios en el cajón de cabeza.....	6
Figura 2.6: Configuraciones de labios en un cajón de cabeza .....	7
Figura 2.7: Condiciones de operación para la relación chorro – tela.....	8
Figura 2.8: Modelo de funcionamiento de los Foil. ....	8
Figura 2.9: Sistema de Cocción SuperBatch K en Planta Valdivia.....	10
Figura 2.10: Área Lavado y Deslignificación de Planta Valdivia.....	11
Figura 2.11: Área Blanqueo de Planta Valdivia .....	13
Figura 2.12: Extremo Húmedo área Máquina Planta Valdivia .....	14
Figura 2.13: Componentes del Fourdrinier .....	15
Figura 2.14: Componentes del cajón de cabeza .....	15
Figura 2.15: Componentes de la tela superior (MB-Former) .....	16
Figura 2.16: Componentes de la sección prensas .....	17
Figura 2.17: Componentes del Secador.....	19
Figura 3.1: Frecuencia de edad de corta de madera de Eucaliptus utilizada en campaña de Enero 2011 .....	20
Figura 4.1: Representación de toma muestras de astillas en las pilas .....	32
Figura 4.2: Astillas de Eucaliptus Nitens .....	32
Figura 4.3: Astillas Eucaliptus Globulus .....	33
Figura 4.4: Frecuencia de tiempo de corta de madera de eucaliptus producida en el 2011. ....	33
Figura 4.5: Frecuencia tiempo de almacenamiento madera eucaliptus tratada el 2011. ....	34
Figura 4.6: Comparación entre densidades básicas Euca 2011 y Euca 2009 - 2010	34
Figura 4.7: Comparación granulometría astillas promedio (2009 – 2010) y astillas 2011. ....	35
Figura 4.8: Propiedades Fisico-Mecanicos pulpa de laboratorio Euca Nitens.....	35
Figura 4.9: Propiedades Fisico-Mecanicos pulpa de laboratorio Euca Globulus.....	36
Figura 4.10: Propiedades físico-mecánicas de campañas de eucaliptus y corte de hoja.....	37
Figura 4.11: Comparación Freness de entrada pulpa a fourdrinier. ....	38
Figura 4.12: Vacíos utilizados en la mesa de formación .....	39
Figura 4.13: Comparación vacíos en la sección prensas entre campañas 2009-2010 y 2011.....	40
Figura 4.14: Comparación de cargas en la sección prensas.....	40
Figura 4.15: Variables de presión y cargas de motor asociadas al secador.....	41

## RESUMO

ALARCÓN JARA, Harold Mauricio, M. Sc., Universidade Federal de Viçosa, julho de 2011. **Comportamento de máquina secadora de polpa produzida com cavacos de eucalipto com onze meses de armazenamento.** Orientador: Rubens Chaves de Oliveira. Coorientadores: Ana Márcia Macedo Ladeira Carvalho e Adair José Regazzi.

A formação da folha de celulose é uma das propriedades da polpa de grande relevância para o processo de sua secagem e uma das mais importantes do processo contínuo de produção industrial. Existem várias condições e variáveis industriais que afetam o comportamento da polpa no momento de formação de suas folhas. Uma das variáveis mais importantes a ser considerada na sua formação avaliada neste estudo é o efeito de idade ou tempo de armazenamento dos cavacos utilizados no processo de polpação. Neste contexto é apresentada uma revisão bibliográfica sobre as influências de densidade básica, granulometria e tempo de armazenamento dos cavacos e suas associações com as condições de vácuo e pressão na seção de prensagem em uma máquina secadora de celulose assim como um estudo de caso de comportamento da polpa produzida com cavacos com um ano de armazenamento e seus efeitos na qualidade do produto final. Com base nos resultados obtidos observa-se que enquanto houver variações normais decorrentes do próprio processo industrial, o efeito em formação de folhas oriundas de cavacos com um ano de armazenamento não é diferente dos problemas que normalmente surgem na produção convencional de polpa de eucalipto.



## ABSTRACT

ALARCÓN JARA, Harold Mauricio, M. Sc., Universidade Federal de Viçosa, July, 2011. **Behavior of drying machine of pulp produced with chips of *Eucalyptus* with eleven months of storage.** Advisor: Rubens Chaves de Oliveira. Co-advisors: Ana Márcia Ladeira Carvalho and Adair José Regazzi.

The formation of the sheet of cellulose when starting the drying process is one of the most important conditions for continuous production. Clearly, there are various conditions and variables that produce behavioral effects of the pulp at the time of its formation in a sheet. The most important variable to consider in the formation of the blade during this study is the effect of age or storage time of chips. The review of basic density, grain size, storage time of chips with the vacuum conditions and pressure in the press section in the machine dryer viewing the behavior of chips a year of storage in the final product. While there are variations from the normal process, the effect on sheet formation of such chips is not unlike the problems that normally arise in the production of *Eucalyptus* pulp.

## RESUMEN

ALARCÓN JARA, Harold Mauricio, M. Sc., Universidade Federal de Viçosa, julio de 2011. **Comportamiento de máquina secadora de pulpa producidas con astillas de *Eucalyptus* de 11 meses de almacenamiento.** Orientador: Rubens Chaves de Oliveira. Consejeros: Ana Márcia Ladeira Carvalho y Adair José Regazzi.

La formación de la hoja de celulosa al momento de comenzar el proceso de secado es una de las condiciones más importantes para la producción continua. Es claro que existen varias condiciones y variables que producen efectos en el comportamiento de la pulpa al momento de su formación en una hoja. La variable más importante a considerar en la formación de la hoja durante este estudio corresponde al efecto de la antigüedad o tiempo de almacenamiento de astillas. La revisión de densidad básica, granulometría, tiempo de almacenamiento de astillas junto con las condiciones de vacío y presión en la sección prensa en la maquina secadora una visualización del comportamiento de astillas de un año de almacenamiento en el producto final. Si bien es cierto existen variaciones respecto a las condiciones normales de proceso, el efecto en la formación de hoja de este tipo de astillas no dista mucho de los problemas que se presentan normalmente en la producción de celulosa de eucaliptus.

# 1 Introducción

Actualmente, en el rubro de la producción de celulosa existen varias consideraciones respecto al tipo de producto desarrollado y el tipo de proceso utilizado para dicha producción. Existen mercados asociados a cada uno de los productos y claramente los productores de celulosa tratan de satisfacer cada uno de los requerimientos de los clientes, para lo cual establecen varias estrategias de control de gestión.

La utilización de variados procesos en la producción de celulosa hace necesario definir el nivel de implicancia de cada una de las variables de producción utilizada con un único fin, la optimización y calidad del producto final. Luego de variados estudios, es bien sabido que una de las variables importantes en la formación de la hoja el tipo de madera que ingresa al proceso, así como también las condiciones de cocción y blanqueo establecidas en el proceso.

La situación acontecida durante el año 2010 en Chile, específicamente el terremoto ocurrido durante el mes de febrero, produjo en varios aspectos, un nuevo ajuste en las condiciones de producción. Es así como, por ejemplo, el almacenamiento obligado de astillas de eucaliptus durante casi un año en la pila de astillas conlleva, claramente, a fluctuaciones en las variables de operación de cada una de las etapas de producción de celulosa, debido principalmente a pérdida de humedad afectando el proceso de impregnación en la cocción, pérdida de extractivos (como trementina), pérdida de rendimiento, de resistencia aumentando el consumo de reactivos.

Considerando los puntos anteriores, es que el desarrollo de este trabajo apunta específicamente a dos puntos específicos:

- Realizar análisis de comportamiento de astillas de Eucaliptus Nitens y Globulus de 11 meses de almacenamiento y las posibles características de la pulpa producida con dichas astillas.

- Revisar los parámetros de operación de la máquina secadora con pulpa producida con astillas de euca de 11 meses de almacenamiento.

## 2 Revisión Bibliográfica

### 2.1 Conceptos de formación de hoja

Las propiedades de la hoja son directamente influenciadas por distintos factores en la formación, por ejemplo: flujo de alimentación, relación de velocidad. Sin embargo se identifican 3 principales factores en la formación:

- Drenado, asociado a la consistencia de entrada
- Orientación Fibras
- Turbulencia

#### 2.1.1 Drenado

El drenado [1] representa la eliminación de agua de forma efectiva desde una suspensión de fibras mientras avanza a través del proceso de formación. Para efectos prácticos, la formación de la hoja se determina a corta distancia después de la entrada a la sección formadora. Como característica particular en el drenado, las fibras se depositan en la tela de la máquina como resultado de la succión, lo que permite el paso del agua a través de la tela y deposita las fibras sobre la superficie de dicha tela.

Los elementos característicos de la formación como lo son: rodillos de la mesa, cajas de succión, telas y rodillos permiten la succión del agua desde la suspensión, lo que conlleva al aumento del drenado.

Algunas de las variables que afectan el drenado de la pasta en la tela son:

- La Temperatura, ya que al aumentar disminuye la viscosidad del agua permitiendo su extracción con mayor facilidad.
- Construcción de la tela, dado que la configuración de las telas utilizadas permiten optimizar la extracción en las zonas de cajas de vacío.
- Consistencia, afecta en cómo se orientan las fibras al momento de ingresar a la mesa formadora (fourdrinier).
- La distribución de finos afecta directamente con la facilidad de extracción de agua, a mayor cantidad de finos es posible que causen sellamiento de la hoja.
- Aditivos de drenado.

El drenado se puede generar bajos dos mecanismos importantes: el filtrado y el espesado, cuya representación se muestra en la Figura 2.1 [11].

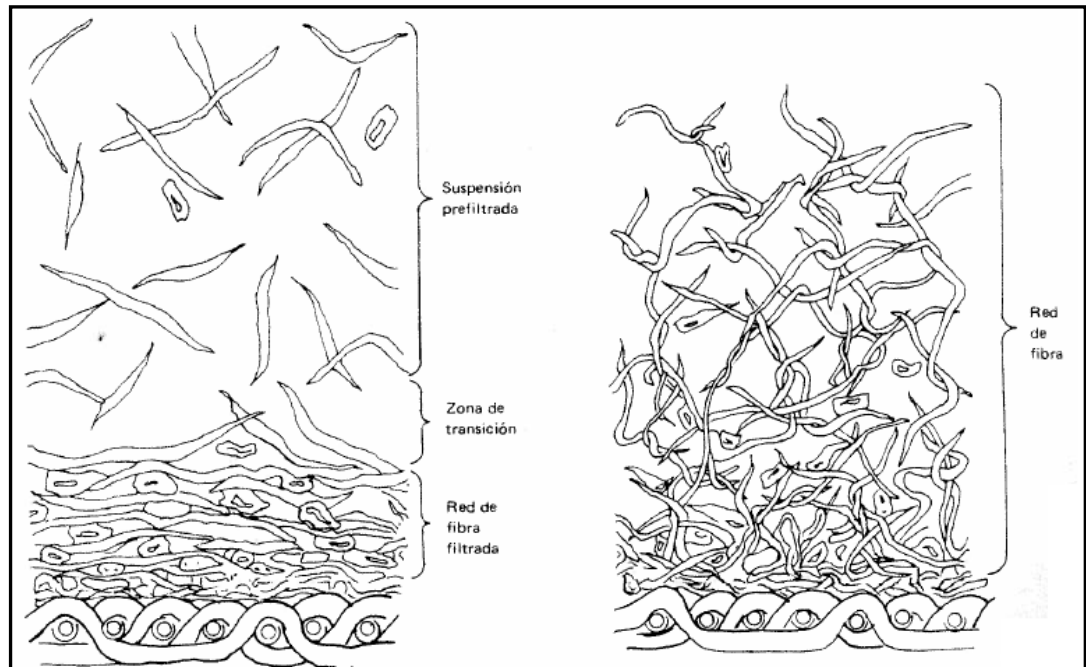


Figura 2.1: Mecanismos de drenado: filtrado y espesado

El filtrado se produce cuando se encuentran en suspensión las fibras permitiendo su movimiento relativamente libre y un movimiento independiente entre ellas.

En este fenómeno de filtrado se produce una zona de transición de una profundidad determinada y finita, donde la concentración de la suspensión de fibra sobre esta zona se mantiene relativamente constante, sin embargo bajo la zona de transición las fibras están sometidas a un compactado continuo como consecuencia natural de la acumulación de las fibras. Físicamente en la formación de la hoja en la mesa formadora, esta zona de transición está ubicada justo encima de la capa más alta de fibras en la hoja.

Por otro lado, el mecanismo de espesado no posee límites visibles o identificables, así como tampoco zonas de transición dado a que las fibras en suspensión están interrelacionadas entre sí. Debido a esta naturaleza la reacción propia del mecanismo de espesado corresponde a un sistema compresible dado el aumento de consistencia a lo largo de todo el proceso. Sin embargo, aún con esta característica, ambos mecanismos poseen una compactación progresiva.

No obstante la existencia y definición de estos mecanismos, se ha visto que la formación en las máquinas posee una estructura mezclada con predominancia del mecanismo de filtrado. Se ha visto que existe un grado de superposiciones entre fibras en el espesor al formarse la hoja.

La explicación para la formación mezclada se basa en un equilibrio existente entre la floculación y la dispersión de la suspensión de fibras ( Figura 2.2), dado que en dicho equilibrio la dispersión justifica la formación de la hoja por capas y la floculación contribuye a una estructura formada.

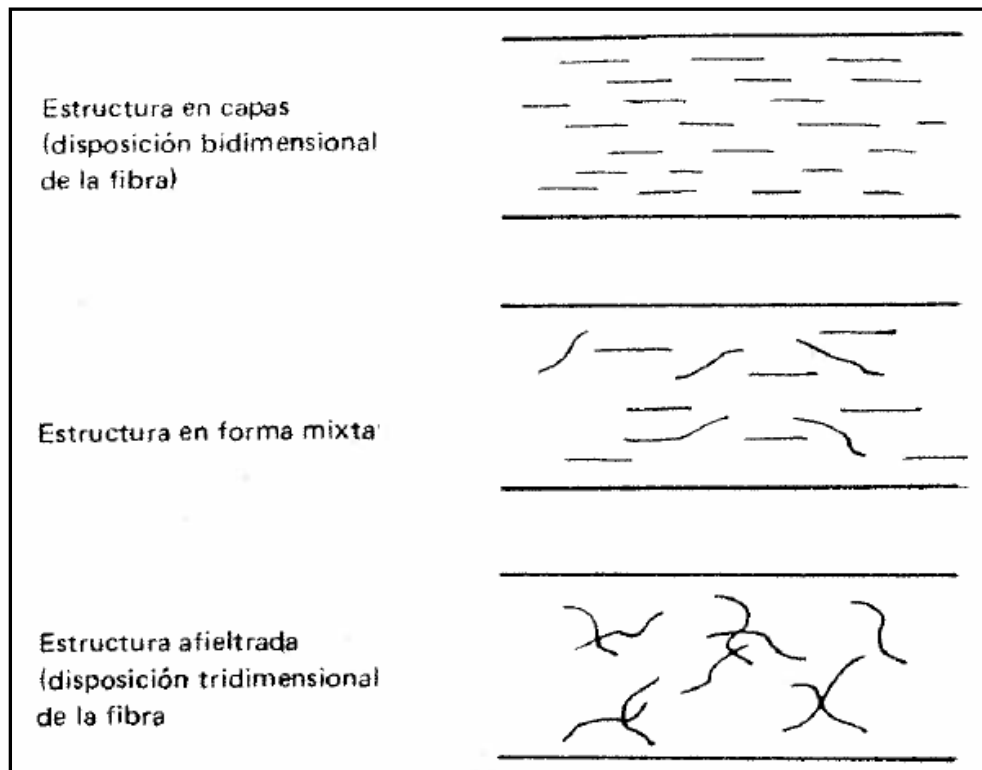


Figura 2.2: Estructuras posible en formación de la hoja

## 2.1.2 Orientación Fibras

Se debe principalmente al direccionamiento del flujo de alimentación a la mesa formadora. Inicialmente existen dos mecanismos intrínsecos de la maquina formadora que explican la diferencias en la orientación de las fibras [3]. El primero hace relación con la diferencia entre la velocidad de flujo de alimentación a la mesa y la velocidad de la tela (hablando específicamente de la dirección MD) y la segunda hace alusión a la velocidad de oscilación en la dirección CD que provoca una agitación en la suspensión.

Es en este mecanismo donde existe gran importancia respecto de la configuración de la caja de entrada y la relación velocidad chorro – tela. Bajo este escenario es necesario conocer la configuración y efecto del cajón de cabeza y las características y funciones del labio en el proceso de formación

### 2.1.2.1 Influencia Cajón de Cabeza

El cajón de cabeza tiene como función distribuir el flujo de alimentación pulpa a lo ancho de la maquina formadora, mejorar la mezcla de la pulpa, aumentando la turbulencia y la distribución de la pulpa por medio del labio.

2.1.2.2 En la

Figura 2.3 se presenta una configuración estándar de un cajón de cabeza en una maquina formadora.

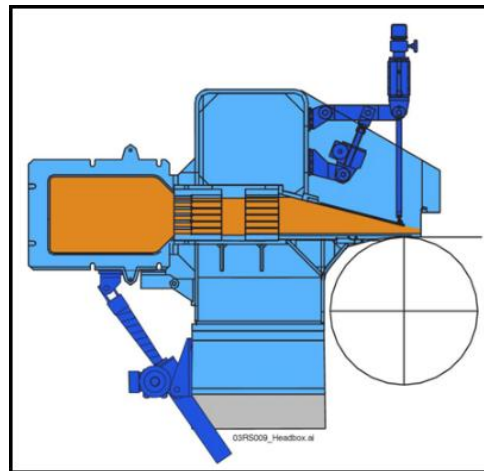


Figura 2.3: Estructura de ejemplo de cajón de cabeza

En general el cajón de cabeza debe poseer una distribución uniforme con el fin de mantener esta distribución en la pulpa y así consolidar una buena formación en la máquina. Para esto el cajón de cabeza posee en su interior elementos que permiten optimizar la distribución por ejemplo el manifold o zona de ecualización y zona de turbulencia. (

Figura 2.4)

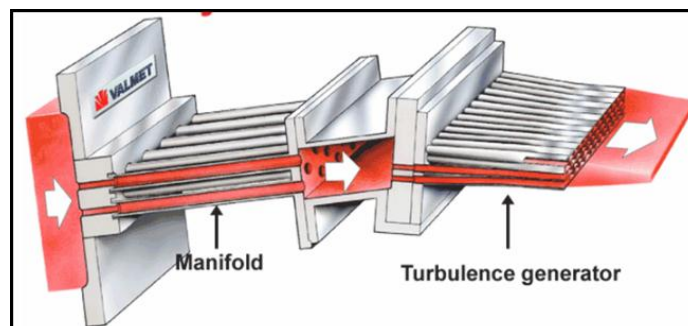


Figura 2.4: Subdivisiones características en el cajón de cabeza

La zona de turbulencia es especialmente importante en el interior del cajón, dado que provoca la disminución del tamaño de los floculos, permitiendo que la mezcla que es enviada a la mesa formadora no tenga excesivos elementos aglomerados. El efecto de

uniformidad y mejor distribución también puede ser alcanzado aumentando la velocidad de entrada en el cajón de cabeza, la cual es determinada mediante la presión en el cajón.

### 2.1.2.3 Influencia del Labio

La configuración a la salida del cajón de cabeza permite que el flujo de pulpa sea lanzado sobre la mesa de formación mediante un orificio del mismo ancho de la mesa. Este mecanismo está formado específicamente por dos labios (uno superior y otro inferior). El espesor del flujo de pulpa está determinado por la geometría de estos labios. En la

Figura 2.5 se presenta una configuración normal de labios en un cajón de cabeza.

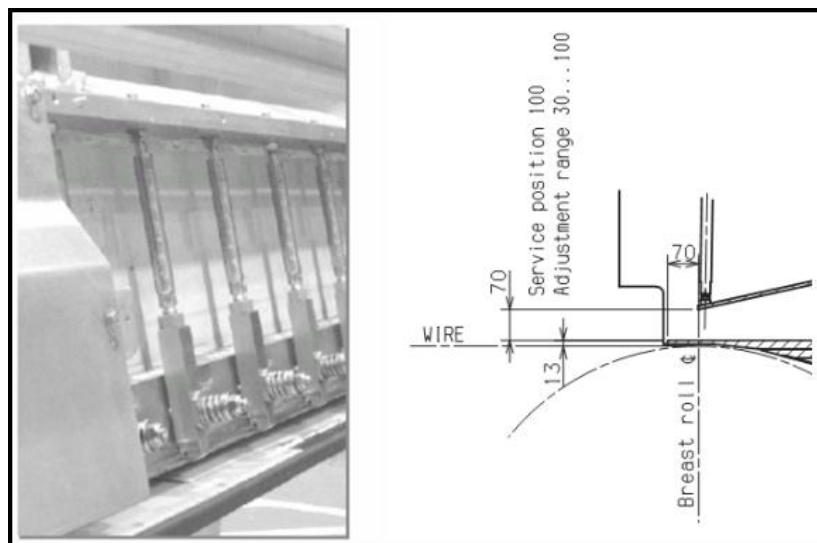


Figura 2.5: Representación esquemática de labios en el cajón de cabeza.

La abertura de los labios en el cajón de cabeza tiene mucho que ver con la turbulencia establecida en el punto anterior, ya que esta apertura determina el estado de floculación de la pulpa al ingresar a la mesa de formación, evitando así la formación de aglomeraciones. En la

Figura 2.6 se presentan las distintas combinaciones de apertura de labio.



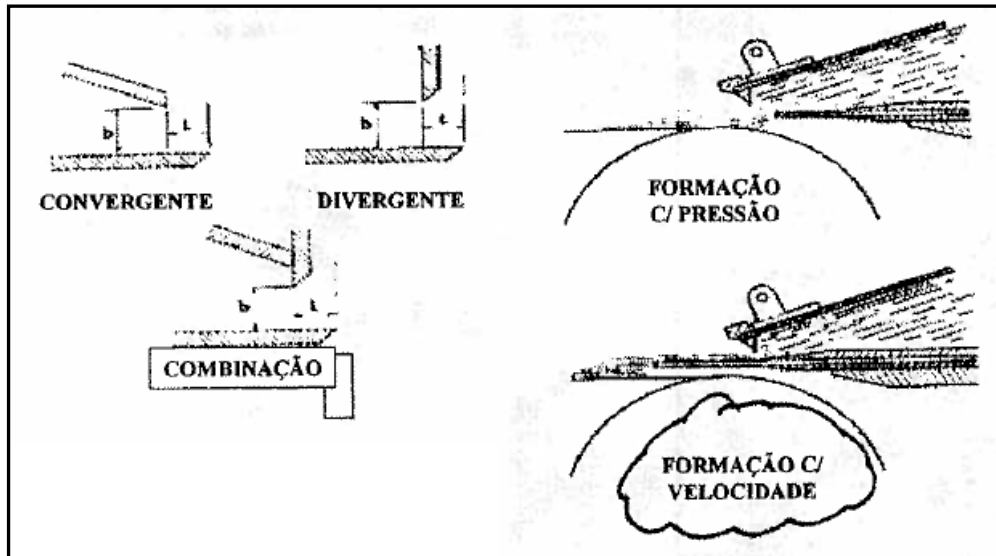


Figura 2.6: Configurações de lábios em um cajón de cabeça

En general la combinación de la formación y configuración tanto del cajón de cabeza como del labio presentan una de las variables a manejar para el problema de la formación de hoja en la máquina.

Considerando la unión de estas dos variables se tiene la relación chorro – tela [7] , la cual con un pequeño desajuste provoca fácilmente problemas de aglomeración y formación asociadas directamente con irregularidades en la velocidad de la tela y la salida del chorro o flujo de pulpa. La condición de trabajo normal para esta relación chorro – tela es la condición RUSH (ver Figura 2.7), sin embargo cuando existe una mala configuración y ajuste de este parámetro es factible que se forme una condición denominada DRAG, la cual presenta grandes posibilidades de formación de flóculos afectando directamente la formación de la hoja.

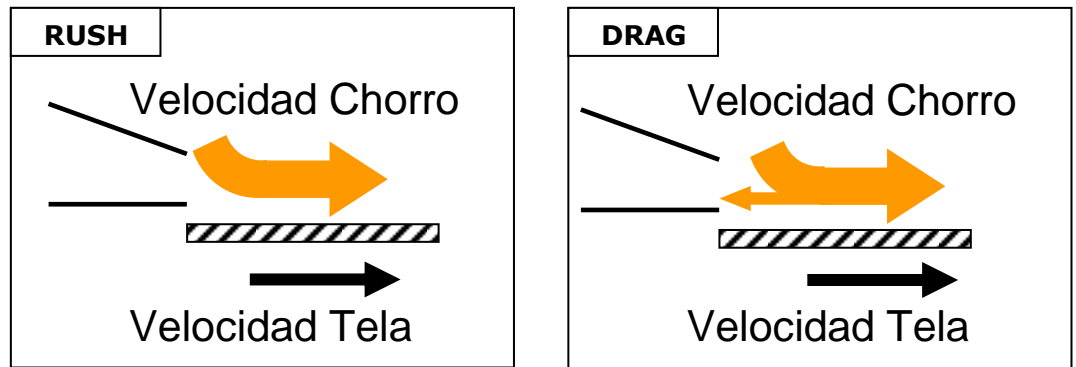


Figura 2.7: Condiciones de operación para la relación chorro – tela.

### 2.1.3 Turbulencia

Como ya se ha mencionado con anterioridad, la turbulencia en la formación de la hoja es parte importante para el control de los flóculos existentes en el chorro o flujo de pasta [3]. La naturaleza después de la salida del chorro hacia la mesa formadora es generar flóculos, por lo que se hace necesaria la introducción de algún mecanismo que disminuya esa tendencia, es por esto que existen elementos como los “foils” para aumentar la turbulencia en la mesa formadora.

El desempeño generado por los foils se basa en el generación de vacío debido a la fricción entre un elemento móvil con un elemento fijo. El vacío generado después de la superficie plana del foil forma la turbulencia que permite la redispersión y formación de las fibras. Generalmente cuando la tela deja el vacío se produce una zona de turbulencia hacia el final del foil, lo que ayuda claramente a la defloculación de la pulpa (Figura 2.8).

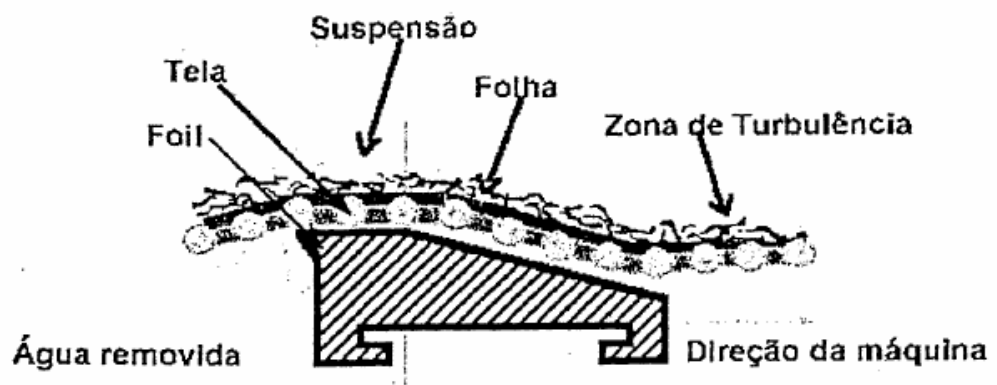


Figura 2.8: Modelo de funcionamiento de los Foil.

## 2.2 Características línea de Fibra Planta Valdivia

### 2.2.1 Preparación Madera [12]

- **Sistema de Manejo de Rollizos:** Recepciona la madera que ingresa a la Planta y a medida que es requerida, la madera con corteza es descortezada. Además, elimina la arena, piedras y metales asociados a los troncos. Posteriormente traslada los troncos descortezados y limpios al astillador, retirando los troncos que estén fuera de norma.

- **Sistema de Astillado y Astillas Compradas:** Convierte en astillas los troncos descortezados, reduciendo su tamaño a la granulometría requerida por el proceso. Las astillas producidas son enviadas hacia la Pila de Almacenamiento, mientras que las astillas compradas a terceros son trasladadas a la Pila Almacenamiento de Astillas Compradas (válido sólo para astillas de pino).

- **Sistema de Manejo de Desechos Combustibles:** Traslada la corteza producida en los Descortezadores, así como también la corteza y trozos de madera recuperados del Sistema de Lavado de Troncos, hacia los Harneros de Recuperación de Madera. El sistema tritura la madera de mayor tamaño y reduce la humedad del material combustible. La corteza procesada es almacenada en el Galpón de Corteza.

- **Sistema de Manejo de Astillas:** Recupera las astillas desde la Pila de Almacenamiento por medio de tornillos. Las astillas son posteriormente clasificadas en harneros de acuerdo a las siguientes clases: aceptados, sobretamaño, sobreespesor y finos. Las astillas clasificadas como sobreespesor son reastilladas para lograr el tamaño adecuado, trasladando posteriormente las astillas aceptadas a Digestores y el fino al Galpón de Corteza.

- **Sistema de Manejo de Aguas:** Recolecta el agua lluvia generada en las canchas de acopio de madera, luego la almacena y envía al Tratamiento de Efluentes.

- 

### 2.2.2 Digestores (SuperBatch – K) [13]

El proceso de cocción Super Batch-K, utiliza método de pulpaje Kraft, el cual consiste en un pulpaje químico que involucra una cocción alcalina de las astillas en una solución de hidróxido de sodio (NaOH) y sulfuro de sodio (Na<sub>2</sub>S), bajo condiciones de temperatura y presión.

La técnica que usa la cocción SuperBatch-K, es combinar ventajas de energía con la química de cocción modificada. Desplazando licor para recuperar el licor negro caliente al

final de la cocción permitiendo la reutilización de calor en las cocciones siguientes. El perfil de álcali es controlado en un bajo contenido de materia disuelta.

El Área de Digestores, se ubica entre el Área de Madera y el Área de Lavado.

El Área de los Digestores, es el segundo proceso de la línea de Fibra y consiste en dos líneas de cinco Digestores cada una, tres acumuladores presurizados de licor caliente (dos de negro y uno de blanco), cuatro estanques atmosféricos (Licor de desplazamiento, Separación de Jabón, Estanque de Licor K y Estanque de Descarga de Pulpa). También es parte de los equipos principales del área, el silo de astillas, intercambiadores de calor, donde se recupera el calor de los licores calientes y calentadores de Licor.

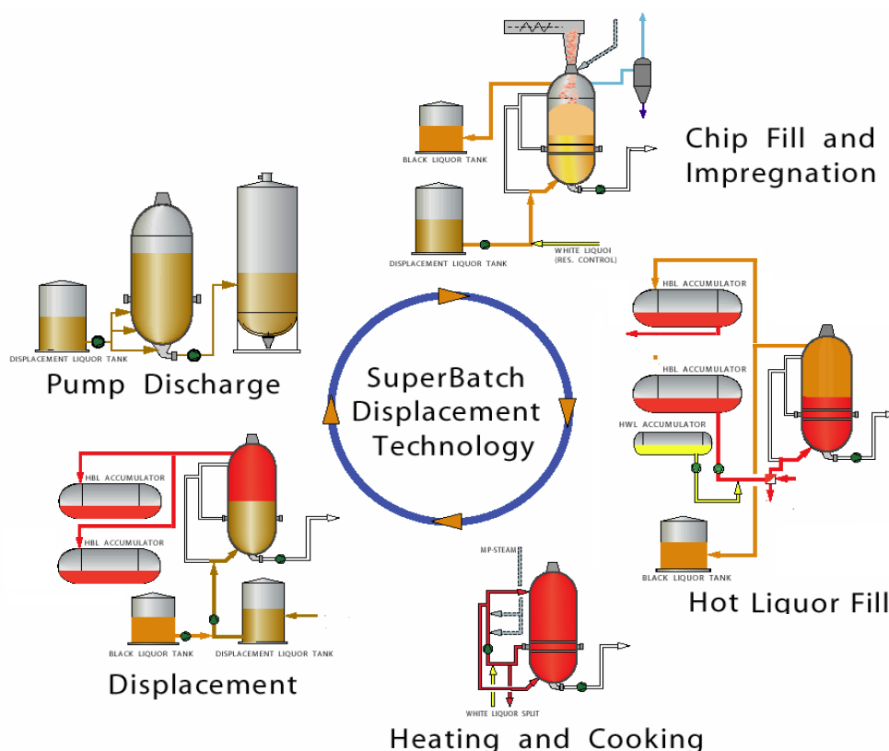


Figura 2.9: Sistema de Cocción SuperBatch K en Planta Valdivia

### 2.2.3 Lavado y Deslignificación [14]

- Separadores de Nudos y Clasificación:** En esta etapa se separan los nudos de la pasta y se clasifica la pulpa, con lo cual tenemos menores consumos de químicos en el proceso de blanqueo, lo que se traduce en una mejor calidad de la pulpa que poner en el mercado en forma competitiva. Tanto los nudos como los rechazos, son recuperados al proceso.

- **Lavado Pre Oxígeno:** En esta etapa la pulpa, ya clasificada, es lavada con licores más débiles para retirar los arrastres del proceso de cocción (soda, lignina, jabón), preparando así las condiciones para la Deslignificación con Oxígeno. Esto permite mejores condiciones de Deslignificación.
- **Deslignificación:** La Deslignificación con Oxígeno es una forma más selectiva de continuar la cocción, asociando una menor degradación de la celulosa que al aplicar una cocción prolongada. En el proceso de Deslignificación en dos etapas (Deslignificación con Oxígeno extendida), se obtiene una alta deslignificación así como una buena selectividad, lo cual constituye la única justificación de la deslignificación extendida con oxígeno. Este Proceso se basa tanto en la cinética de deslignificación con oxígeno y las diferentes condiciones que afectan la deslignificación (Presión, Temperatura, Consistencia).
- **Lavado Post Oxígeno:** Posterior a la Deslignificación con Oxígeno la pulpa es lavada con el fin de retirar los sólidos generados en la etapa anterior, con el fin de preparar la pulpa para el proceso de blanqueado. Este lavado tiene como fin disminuir el consumo de químicos en el proceso de blanqueo.

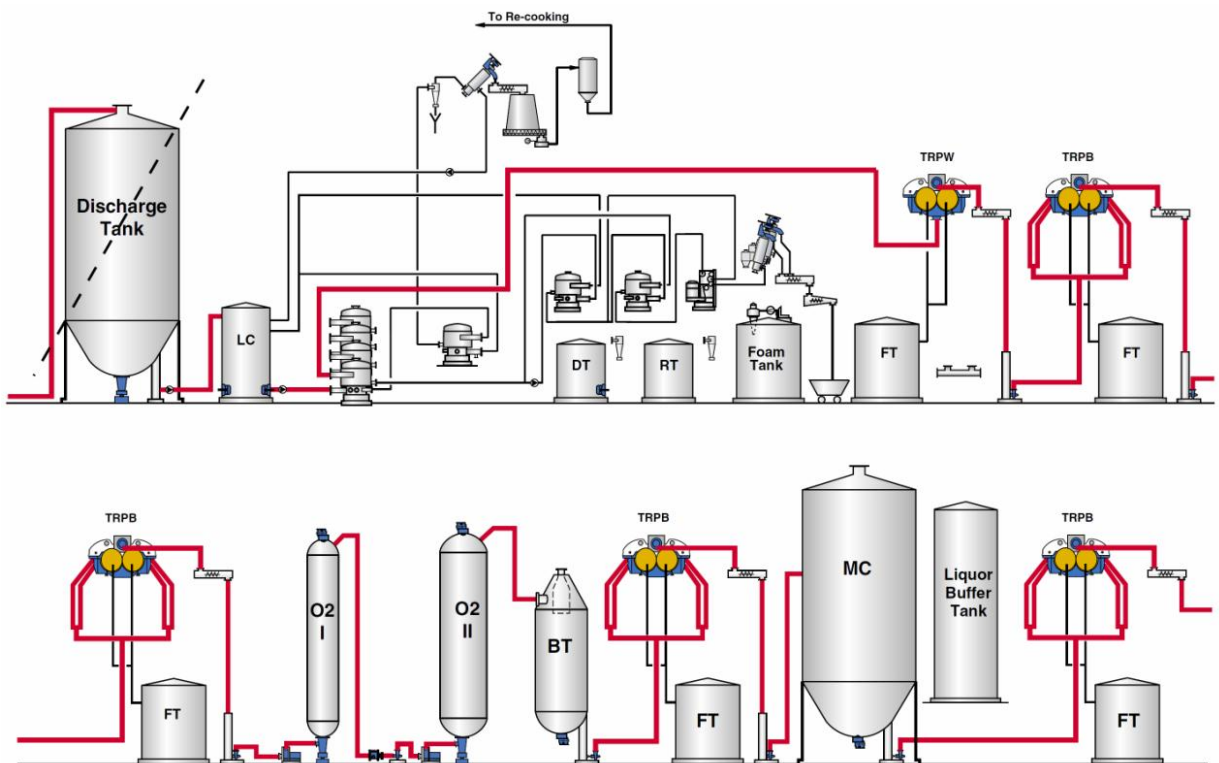


Figura 2.10: Área Lavado y Deslignificación de Planta Valdivia.

## 2.2.4 Blanqueo [15]

- **Prensa Pre-Blanqueo:** Lava la pulpa proveniente del área de Lavado para retirarle la soda residual que contenga antes de ingresar a la primera etapa de Blanqueo (Etapa Do), permitiendo disminuir el consumo de reactivos químicos.
- **Etapa Do:** Reacciona la lignina contenida en la pulpa con dióxido de cloro proveniente del Área Química, de tal modo de disminuir el contenido de lignina e ir incrementando la blancura de la pulpa.
- **Etapa EOP:** Reacciona la lignina que aún permanece en la pulpa con oxígeno y peróxido de hidrógeno, además se solubilizan con soda cáustica los compuestos generados en la primera y segunda etapa del blanqueo, disminuyendo el contenido de la lignina para poder incrementar la blancura en las etapas posteriores.
- **Etapa D1:** Reacciona la lignina que aún permanece en la pulpa con dióxido de cloro de tal modo de disminuir su contenido y así poder incrementar la blancura en la etapa D2.
- **Etapa D2:** Reacciona la lignina que aún permanece en la pulpa con dióxido de cloro de tal modo disminuir su contenido y así poder alcanzar una blancura mayor a 89 °ISO al final de blanqueo.
- **Scrubber de Blanqueo:** Absorbe los residuales de dióxido de cloro gas, que existen en los vahos de las etapas de blanqueo, con una solución de dióxido de azufre y los neutraliza con soda cáustica o filtrado alcalino para disminuir el impacto sobre el medio ambiente.

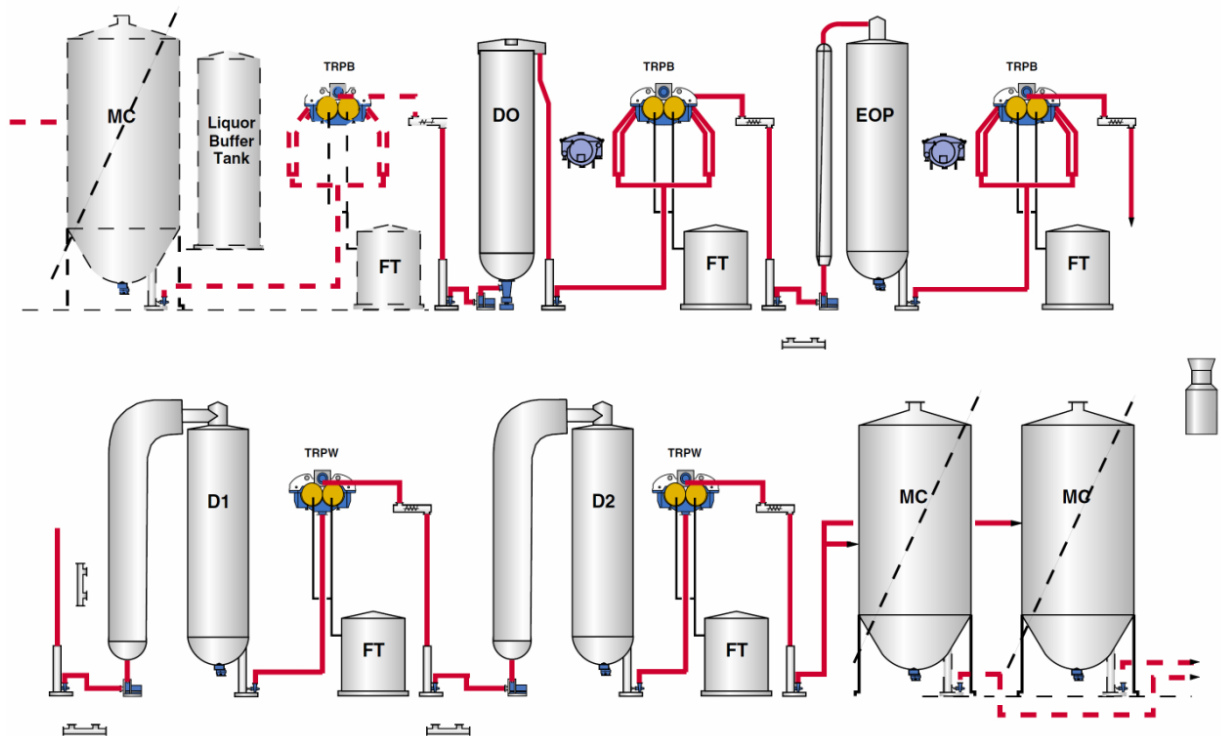


Figura 2.11: Área Blanqueo de Planta Valdivia

## 2.3 Características área Máquina [6]

El área de Máquina es la encargada de recibir la Pulpa proveniente desde el área de Blanqueo, para formar una hoja continua. A ésta se le retira el agua mediante prensado y secado con aire caliente, luego es cortada en hojas de formato determinado para obtener fardos de Celulosa Blanca, los que son prensados, embalados, identificados, marcados.

El área esta subdivida en varias sub-etapas que se describen a continuación

- **Preparación Pasta y Limpieza:** La función es recibir la pulpa desde el área de Blanqueo, para ajustar su consistencia, eliminar las impurezas y suciedades presentes en la pulpa, esto se realiza por medio de un sistema de harneo. Posteriormente es entregada al Extremo Húmedo.
- **Extremo Húmedo:** Recibe la pulpa desde al área de Preparación Pasta y Limpieza para extraer el agua en forma progresiva y, obtener una hoja resistente y continua. Luego, se extrae el agua por presión y succión en distintas etapas. Posteriormente la hoja es entregada al Secador.

- **Sistema Vacío:** La función de éste es proveer del vacío necesario para reducir el contenido de agua en la hoja de Celulosa y, además, retirar el agua remanente en los distintos paños.
- **Recorte:** La función de éste es almacenar temporalmente el recorte en sus pozos repulpadores y estanque, para su posterior incorporación al proceso.
- **Recuperación de Agua:** La función de éste es almacenar, reutilizar y distribuir en forma adecuada las aguas que se recuperan o ingresan a la Máquina.
- **Secador:** La función es recibir la hoja desde el extremo húmedo, para evaporar el agua retenida por las fibras por medio de aire caliente. Posteriormente es entregada a la Cortadora.
- **Sistema Condensado:** Este es el encargado de recibir y administrar el condensado producido en la secadora, evitando perder el líquido y calor de éste.
- **Cortadora:** La función es recibir la Hoja desde el Secador para dimensionarla y formar fardos de Celulosa. Posteriormente estos son entregados a las Líneas de Embalaje.
- **Líneas Finales:** La función es recibir los fardos desde la Cortadora, transportarlos, pesarlos, embalarlos, identificarlos y entregarlos Bodega de Pulpa.

### 2.3.1 Extremo Húmedo

El extremo húmedo extrae el agua en forma gradual mediante sistemas de vacío y prensado, logrando así una hoja continua y resistente, de manera que soporte las acciones mecánicas a la que será sometida en el Secador.

Tal como se presenta en la Figura 2.12, está constituido de dos componentes principales: Fourdrinier (A) y Sección prensas (B)

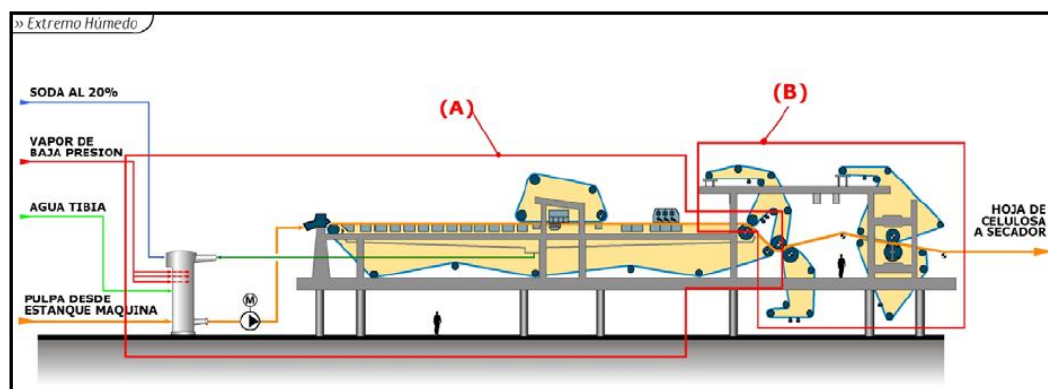


Figura 2.12: Extremo Húmedo área Máquina Planta Valdivia



- **Fourdrinier:** A continuación se presentan los principales componentes del Fourdrinier (
- Figura 2.13).

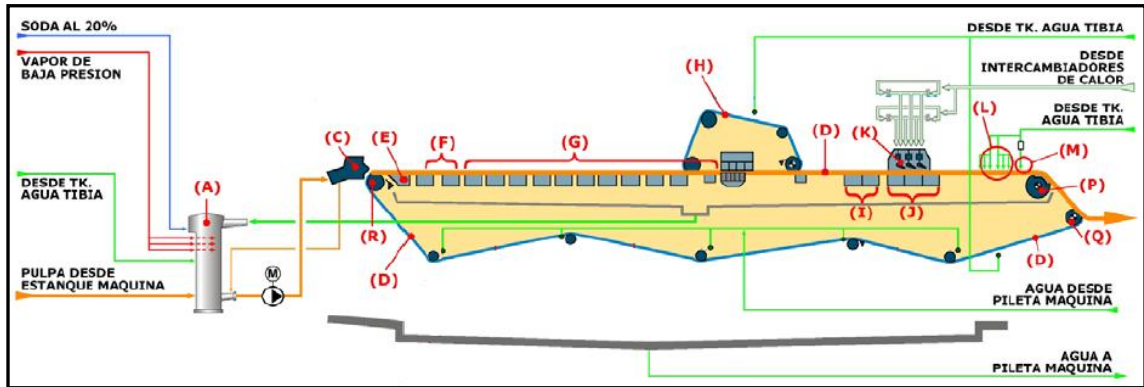


Figura 2.13: Componentes del Fourdrinier

(C) Cajón de Cabeza: Alimenta de pulpa a la Tela Principal del Fourdrinier en forma uniforme a todo el ancho del cajón, eliminando los grumos y regulando la salida por medio de la abertura de la regla. Sus componentes principales son: Cabezal de entrada (1), Colector (2), Cámara de Ecuilización(3), Generador de Turbulencia (4), Labio Superior(6), Ajuste Vertical del Labio Superior(7), Ajuste Fino de Abertura del Labio(8).

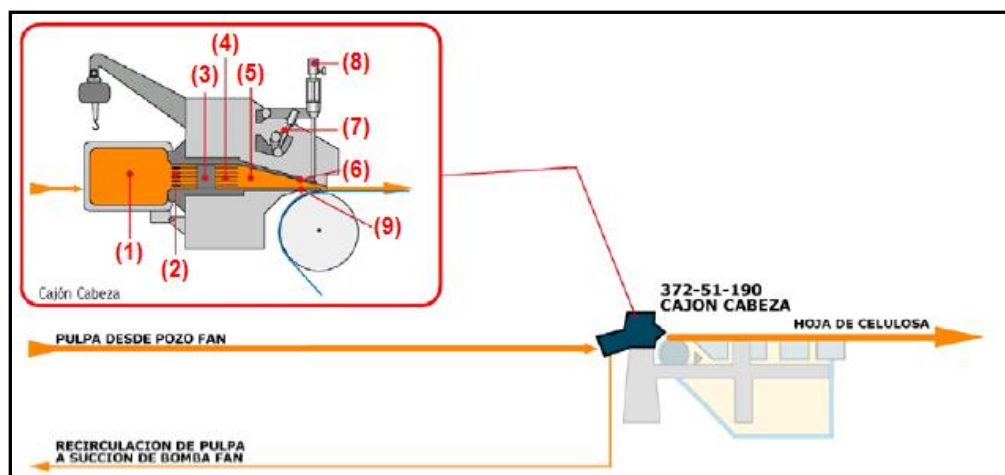


Figura 2.14: Componentes del cajón de cabeza

(D) Tela Principal: Recibe la pulpa proveniente del Cajón de Cabeza, la que funciona como soporte de la pulpa. Es a través de ésta que se extrae el agua, con la ayuda de elementos de drenaje.

(E) Mesa de Formación: Sirve de soporte al flujo de pasta sobre la tela, evita que las fibras se introduzcan en la tela, retardando el drenaje brusco de agua y obteniendo con ello una mejor formación. La mesa consta de cuatro barras de polietileno de alta densidad.

(F) Cajas Hidrofoil (2 unidades): Extraen el agua de la hoja ayudados por la gravedad (peso del agua) y el roce con las cubiertas de las Cajas (Foil).

(G) Cajas de Bajo Vacío (11 unidades): Extrae el agua ayudado por dos extractores de bajo vacío (soplador). Además existe un sistema de control de presión asociado a cada una de las 11 unidades del bajo vacío.

(H) Tela Superior (MB Former): Sistema de Tela Superior, ubicado al final del bajo vacío. Encargado principalmente de extraer el agua, por la parte superior de la hoja y mejorar la formación. Como muestra la figura 2.7 posee: Caja de Succión de Transferencia (1), Caja Superior de Succión (2), Mesa de Carga (3).

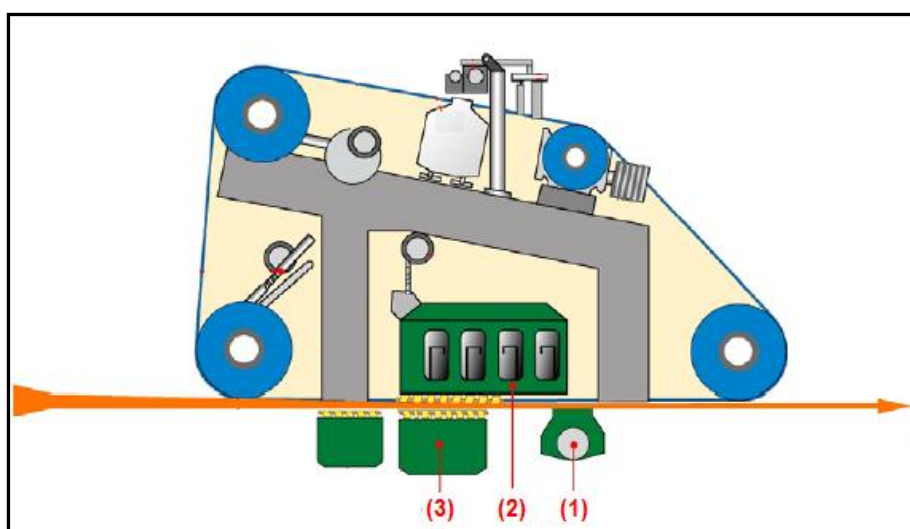


Figura 2.15: Componentes de la tela superior (MB-Former)

(I) Cajas de Alto Vacío (doble): Extraen el agua, ayudadas por una Bomba de Alto Vacío, hacia el final del Fourdrinier.

(J) Cajas de Alto Vacío (triple): Extrae el agua ayudada por una Bomba de Alto Vacío, hacia el final del Fourdrinier y reciben el flujo de agua del Vertedero de Agua Caliente.

(K) Vertedero de Agua Caliente: Vierte agua caliente hacia el final del Fourdrinier, mejora la formación de la hoja y aumenta la temperatura para aumentar la drenabilidad de la pulpa (baja la viscosidad del agua).

(L) Chorros Cortadores Fijos: Son los encargados de delimitar el formato de la hoja a la salida del Fourdrinier, con un chorro de agua de alta presión.

(M) Chorro Viajero: Es el encargado de cortar la hoja longitudinalmente a la salida del Fourdrinier, para enhebrar la Hoja a la Sección Prensas y el Secador, con un chorro de agua de alta presión que se traslada transversalmente en el Fourdrinier.

(P) Polín Couch: Transmite el movimiento de la Tela y succiona agua de la hoja por medio de un sifón que se encuentra en su interior. En la figura 3.6 se presenta la configuración del polín.

(Q) Polín Forward: Transmite el movimiento de la Tela y es la referencia de velocidad de la Máquina. Permite además la formación del NIP de la primera prensa.

(R) Polín Pecho: Soporta la Tela y la mantiene paralela al eje transversal al eje del Cajón Cabeza.

- **Sección Prensas**

La sección prensas recibe la hoja proveniente del Fourdrinier, la cual pasa por las cuatro etapas de prensado y sus correspondientes vacíos, extrayendo el agua y consolidando la formación de la Hoja realizada en el Fourdrinier. En esta sección permite la extracción de agua con menos costos que en la sección de secado. Adicionalmente permite el incremento al rasgado.

En la Figura 2.16 se presentan los componentes más importantes de la sección prensas.

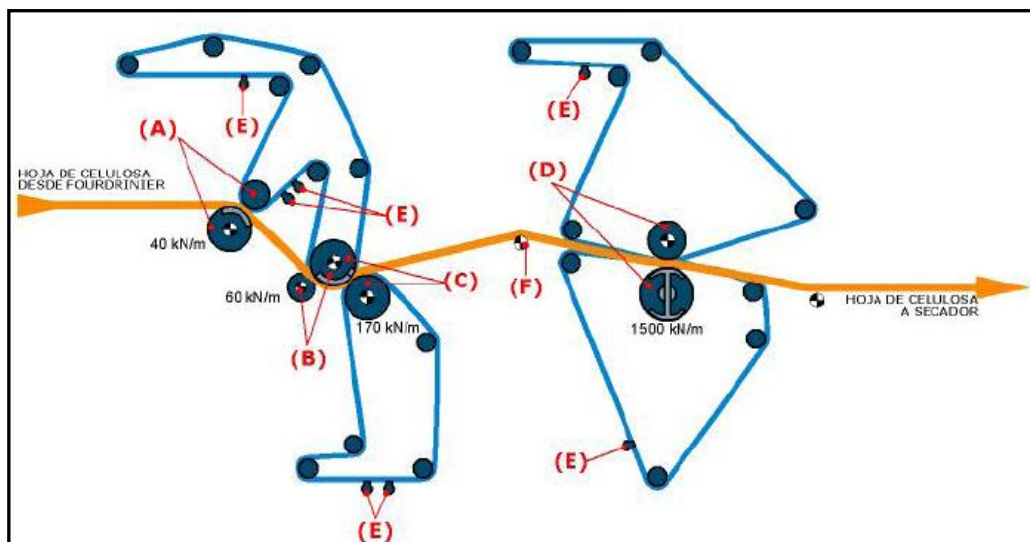


Figura 2.16: Componentes de la sección prensas

(A) Couch Press: Esta Prensa está formada por el Polín Couch (inferior) y el Polín Lump-Breaker (superior). Aquí mediante la presión ejercida por el polín Lump Breaker (con

un máximo de trabajo de 40kN/m) se extrae el agua de la hoja de celulosa, agua que es succionada mediante un sifón que se encuentra en el interior del polín Couch.

(B) Primera Prensa: Esta Prensa está formada entre el Polín Forward y el Polín Pick-Up que en su interior posee una cámara de succión que ayuda a la remoción del agua. La primera prensa posee una presión máxima de trabajo de 60kN/m.

(C) Segunda Prensa: Con una presión máxima de trabajo de 170kN/m. Esta Prensa está formada entre el Polín Pick-Up y el Polín de Segunda Prensa. En esta sección, al igual que en la primera prensa, el polín Pick-Up posee una segunda cámara de succión que permite la extracción del agua en este segundo NIP.

(D) Tercera Prensa (Shoe-Press): Esta Prensa está formada por un Polín de Tercera Prensa Inferior (SymBelt) y uno Superior (SymZL), con una presión de trabajo entre 800 a 1200kN/m. Esta prensa puede lograr grandes valores de presión, gracias a que cuenta con un Polín Inferior (SymBelt) con una Zapata y una Manta de Presión, que permite lograr un ancho de NIP mayor que las prensas convencionales. Además el Polín Superior (Sym ZL) está equipado con una camisa rígida y un sistema de hidráulico interno, que le ayuda a evitar deformaciones por altas presiones.

(E) Cajas de Succión (Uhle-box): Son las encargadas de remover las partículas extrañas del paño y el agua absorbida por éste, después del prensado de la Hoja.

(F) Polín Descurvador: Polín ubicado entre la Segunda y Tercera Prensa, cumple la función de evitar pliegues a la entrada del NIP de la Tercera Prensa, y con esto minimizar el daño (reventón) de la Hoja, además sirve de soporte de la Hoja entre la Segunda y la Tercera Prensa, permitiendo una alimentación horizontal a la Tercera Prensa.

### **2.3.2 Secador**

La subárea de secado tiene por objetivo aumentar el seco de la hoja de la Celulosa desde 52% BD, proveniente de la Sección Prensas hasta un 91% BD, mediante el uso de aire caliente. La hoja a la salida del secador tiene una temperatura aproximada de 44°C para evitar la reversión de blancura y la mala formación de los Fardos en la Bodega de Pulpa.

El aire que circula dentro del secador es forzado mediante ventiladores, el cual pasa por una batería de intercambiadores de tubos con aletas en cuyo interior circula vapor de baja presión el cual es el encargado de calentar el aire antes de entrar a las boquillas de inyección.

Figura 2.17 se presentan las partes más importantes del Secador:

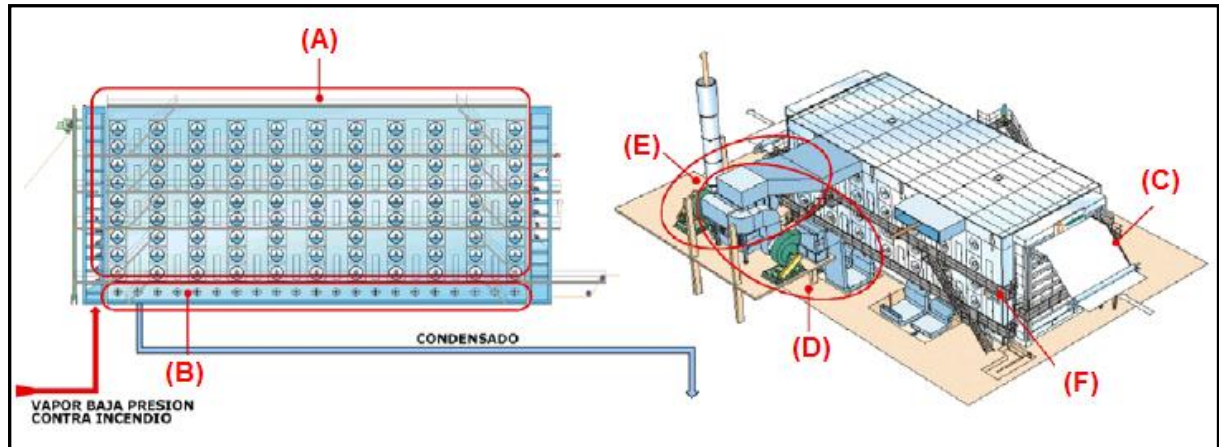


Figura 2.17: Componentes del Secador

(A) **Sección de Secado:** Esta sección es la encargada de recibir la Hoja húmeda, proveniente de la Sección Prensas, y secarla a través de una corriente de aire caliente. Con esto se evapora el agua que no es posible retirar, en las secciones anteriores.

(B) **Sección de Enfriamiento:** En esta sección del Secador, la Hoja proveniente de la sección de secado es enfriada por medio de un flujo de aire a temperatura ambiente. Este enfriamiento se realiza antes que la Hoja sea entregada a la Cortadora.

(C) **Sistema de Enhebrado:** Consiste en una cinta plegada (banda), a la que se le entrega una sección longitudinal de la Hoja de Celulosa húmeda (punta). Esta cinta transporta la punta a través de todas las cubiertas del Secador, entregándola a la salida del Secador.

(D) **Suministro de Aire al Secador:** El suministro de aire se realiza por unos ventiladores de Flujo axial. Los cuales, introducen aire desde la sala de Máquina, que es precalentado con el aire de salida y finalmente es calentado al interior del Secador, para producir la evaporación del agua desde la Hoja de Celulosa.

(E) **Sistema de Recuperación de Calor:** Este sistema consiste en utilizar el aire caliente saturado con agua que abandona el Secador, haciéndolo pasar por los Intercambiadores de Calor, para calentar el aire que va a ingresar al Secador.

(F) **Sistema de Limpieza al Vacío:** Este sistema sirve para limpiar los filtros y mallas de los Intercambiadores, en los cuales queda depositada las Fibrillas de la Celulosa. El Sistema es operado por una aspiradora industrial (ventilador y bolsa receptora).

La limpieza se realiza a través de mangueras de succión, operadas en forma manual. Las Fibrillas recolectadas son succionadas hacia un colector a través de tuberías ubicadas en plataformas de servicio a ambos lados de la Secadora.

El taponamiento de las mallas reduce el caudal de aire de recirculación, esto provoca una disminución en la capacidad de secado de la Secadora, es decir, se pierde producción.

### 3 Materiales y métodos

#### 3.1 Materiales: características Astillas Eucaliptus

Durante el mes de Enero de 2011 se desarrolló la producción de Eucaliptus en la línea de Fibra de Planta Valdivia. La característica especial de esta campaña es que fue realizada con astillas de Eucaliptus Nitens y Globulus de 11 meses de antigüedad o de almacenamiento en la pila.

Respecto a la edad de Plantación de la madera de Eucaliptus procesada durante el año 2010, se presentan las características de edad de corta y densidad básica promedio en la

Figura 3.1 y en la tabla 3.1, respectivamente.

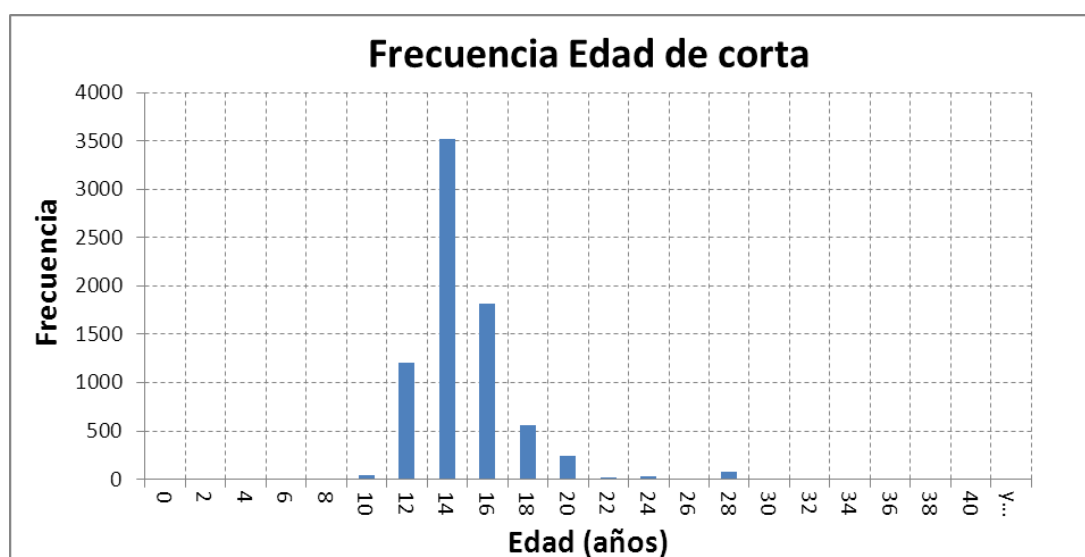


Figura 3.1: Frecuencia de edad de corta de madera de Eucaliptus utilizada en campaña de Enero 2011

Tabla 3.1: Características de Densidad Eucaliptus utilizado en campaña Enero 2011.

Densidad Básica (kg/m3)	Eucaliptus Globulus	Eucaliptus Nitens
Promedio	495.9	438.7
Desvest	25.2	24.1
Máx.	553	500
Mín.	384	364

## 3.2 Métodos

### 3.2.1 Determinación de Densidad Básica en astillas

- **REFERENCIAS**
  - Densidad básica basado en norma SCAN-CM 43:95
  - Toma de muestra basado en norma SCAN-CM 41:94
  - Distribución por tamaño basado en norma SCAN-CM 40:01
  
- **EQUIPOS Y MATERIALES**
  - **Equipos**
    - Estufa de Secado a  $105 \text{ oC} \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$
    - Balanza Digital de 0,1g
    - Bomba para aplicar vacío
    - Clasificador de astilla, basado en SCAN-CM 40:01
  - **Materiales**
    - Toallas Absorbentes.
    - Balde Plástico con capacidad aproximada de 10 L.
    - Canastillo cilíndrico con tapa de capacidad de 2 a 3 litros de malla de acero inoxidable mesh 2 x 2, con dimensiones recomendadas de un diámetro de 170 mm y una altura de 200 mm.
      - Bandejas de Aluminio para contener las astillas.
      - Mallas Metálicas, para separar las muestras dentro del sistema de vacío.
      - Base soporte universal con pinzas, para sostener el canastillo
      - Sistema de vacío, (preferente de vidrio o plástico).
  - **Reactivos**
    - Vaselina
  
- **DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD**
  - **Muestreo y Preparación de la Muestra**
    - Seleccionar la fracción de aceptado para el análisis de Densidad básica.
    - La clasificación utiliza 5 bandejas, considerando la distribución de astillas por tamaño en: Sobretamaño, Sobreespesor, Aceptado, Pin Chip y Finos, según norma SCAN-CM 40:01.

- Luego de recepcionada la muestra de astillas en laboratorio, entre 8 a 10 Litros, clasificar según procedimiento 03.202.004 (clasificación mecánica de astillas en harnero).

- **Procedimiento**

- Para complementar las instrucciones detalladas a continuación, ver figura N°1 presentada en el Anexo

- Luego de clasificada la muestra, tomar de la fracción de aceptado una muestra representativa de 400 a 500 gramos (homogenizar, cuartear y tomar dos cuartos opuestos hasta obtener la masa requerida), y pesarla. La muestra debe estar libre de restos de corteza.

- Introducir la muestra en el Saturador, tapar con una malla metálica circular, para separar una muestra de otra, y llenar con agua hasta que la muestra esté 100% sumergida. Aplicar vacío continuo por 2 horas o hasta obtener a lo menos un 90% de la muestra saturada.

- Extraer la muestra del saturador, colocar en un recipiente de 3 L y agregar agua hasta que sobrepase la muestra. Si hay un 90 % de astillas sumergidas, se eliminan las que quedan flotando y se dispone de la muestra para su desplazamiento, extrayendo el agua superficial adherida a las astillas con toallas absorbentes. En caso contrario, se repite el proceso de saturación de la muestra.

- Llenar el contenedor "C" (Fig.1), con agua a temperatura ambiente y colocarlo sobre la balanza.

- Tomar el canastillo "A" tapado y sumergirlo completamente en el agua, hasta la marca ubicada en el soporte (según Fig.1). Moverlo para remover burbujas de aire.

- Registrar el peso de la balanza o si ésta tiene "Tara" ajustar la lectura a cero.

- Levante parcialmente el canastillo a una altura adecuada, retire la tapa y cuélguela con el gancho metálico de tal modo que el agua adherida caiga dentro del balde.

- Transfiera las astillas dentro del canastillo (A, en Fig.1), tape y vuelva a sumergirlo hasta la marca ubicada en el soporte. Moverlo para remover burbujas de aire. Cuidar que el canastillo no toque las paredes del balde.

- Registrar la lectura de la balanza, que corresponde al volumen verde, expresado en cm<sup>3</sup>

- Trasvasar cuantitativamente las astillas a bandeja de aluminio con su identificación correspondiente. Llevar las bandejas a estufa de secado a 105 ± 2 °C, por un periodo continuo de 16 hrs. ± 15 min.



- Transcurrido este tiempo retirar las bandejas de la estufa, por una cantidad no mayor de 5 bandejas a la vez, verter las astillas a un balde y registrar inmediatamente el valor del peso.

- Para confirmar el peso seco de la muestra, pesar nuevamente las astillas una hora después de realizada la primera pesada, si la diferencia de peso entre la primera medición y la medición actual es inferior o igual a 0,5 %, registrar el último valor medido como “peso seco” en **Planilla Lab. 21** y en Planilla de Identificación y Resultados según corresponda. De ser mayor a 0.5% repetir este punto realizando una tercera pesada.

- Cálculos: Densidad básica (Kg. / m<sup>3</sup>) = x 1000

### **3.2.2 Determinación de humedad en astillas**

- **REFERENCIAS**

- Humedad: Basado en norma SCAN CM 39:94 y en Norma Chilena 176/1.
- Distribución por tamaños: Basado en norma SCAN-CM 40:01.
- Procedimiento 03.202.004, Clasificación Mecánica de Astillas en Harnero.

- **EQUIPOS Y MATERIALES**

- **Equipos**

- Estufa de Secado a 105 °C ± 2 °C
- Balanza digital con sensibilidad de 0.1 g.
- Clasificador de astillas basado en norma SCAN-CM 40:01.

- **Materiales**

- Bandeja de aluminio para contener las astillas

- 

- **DESCRIPCION DE LA ACTIVIDAD**

- **Preparación de la muestra**

- Luego de recepcionada la muestra de astillas en laboratorio, entre 8 a 10 Litros, clasificar según procedimiento 03.202.004 (Clasificación mecánica de astillas en harnero).

- La clasificación utiliza 5 bandejas, considerando la distribución de astillas por tamaño en: Sobretamaño, Sobreepesor, Aceptado, Pin Chip y Finos, según norma SCAN-CM 40:01 Seleccionar la fracción de aceptado para el análisis de humedad.

- **Procedimiento**

- De la fracción de aceptado, libre de corteza, tomar una muestra representativa de 400 a 500 g. (homogenizar, cuartear y tomar dos cuartos opuestos hasta obtener la masa requerida).
- Colocar la bandeja de aluminio con las astillas, en la estufa a  $105\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$  hasta peso constante, por un período continuo de 16 hrs.  $\pm$  15 minutos.
- Transcurrido este tiempo retirar las bandejas de la estufa, por una cantidad no mayor de 5 bandejas a la vez, verter las astillas a un balde y registrar inmediatamente el valor del peso.
- Para confirmar el peso seco de la muestra, pesar nuevamente las astillas una hora después de realizada la primera pesada, si la diferencia de peso entre la primera medición y la medición actual es inferior o igual a 0,5 %, registrar el último valor medido como “peso seco”.
- **Cálculos:** % Humedad astillas b.h. =  $100 * (\text{Peso húmedo (g)} - \text{Peso seco (g)}) / \text{Peso húmedo (g)}$

### 3.2.3 Clasificación mecánica de astillas

- **REFERENCIAS**
  - Muestreo de camiones con astillas proveedores externos
  - Procedimiento 03.202.011
- **EQUIPOS Y MATERIALES**
  - **Equipos**
    - Clasificador o Harnero de Astillas
    - Balanza Digital de 0.1 g
  - **Materiales**
    - Balde Plástico 10 L
- **DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD**
  - **Muestreo y Preparación de la Muestra**
    - No aplica
  - **Verificación Harnero Astillas:**
    - Una vez por turno, verificar el tiempo programado en el temporizador del Harnero, mediante un cronómetro.
      - Registrar en planilla
      - Procedimiento
      - Astillas Propias y de Terceros

- Colectar las astillas, en un balde de 10 L (entre 3 a 5 kg. Húmedos de astillas).
- Verter las astillas homogéneamente sobre el tamiz superior del Clasificador de astillas.
- Tamizar por 10 minutos (programación automática del equipo).
- Pesarse cada fracción que queda sobre los tamices en balanza digital, con precisión de 0,1 g y registrar en ticket pesaje camiones que acompaña cada muestra.
- Registrar los valores obtenidos en Planilla Lab 21. Los cálculos se realizan automáticamente expresados en porcentajes. La suma de todas las fracciones debe ser 100%.
- En caso de existir problemas con este sistema de registro, calcular el % de cada fracción según punto 9.3 de este procedimiento e ingresar los resultados en planillas definidas según corresponda a cada área.
- Si el producto no cumple con las especificaciones de planta Valdivia, para Astillas Externas  $\leq 5\%$ , Pin Chips y Corteza  $\leq 2\%$ , (Anexo 1 del Procedimiento 03.202.011 Muestreo de Camiones con Astillas de Proveedores Externos), el analista de madera genera un informe de Análisis Especiales según Procedimiento 03.202.217 R1. Este informe se envía por correo electrónico al jefe de operaciones de madera con copia al Ingeniero Ayudante Área Madera, Jefe de Turno de Producción, Jefe de Laboratorio y Control de Calidad.
- Cálculos
  - Sobretamaño, % =  $\text{Peso astillas sobretamaño (g)} \times 100 / \text{Peso total astillas (g)}$
  - Sobreepesor, % =  $\text{Peso astillas sobreepesor (g)} \times 100 / \text{Peso total astillas (g)}$
  - Aceptado, % =  $\text{Peso astillas aceptado (g)} \times 100 / \text{Peso total astillas (g)}$
  - Pin chips, % =  $\text{Peso astillas pin chips (g)} \times 100 / \text{Peso total astillas (g)}$
  - Finos, % =  $\text{Peso finos (g)} \times 100 / \text{Peso total astillas (g)}$

### 3.2.4 Determinación de Freeness

- **REFERENCIAS**
  - Norma ISO 5267-2:2001 **Pulps – Determination of Drainability – Part 2 “Canadian Standard” freeness method.**
  - Norma TAPPI T 227 om – 04 **Freeness of pulp (Canadian standard method) test method.**
  - Procedimiento 03.202.094
- **EQUIPOS Y MATERIALES**

- **Equipos**
  - Medidor de Freeness
  - Plancha de Secado Rápido
  - Agitador Frank de 10 L
  - Balanza Digital de Precisión 0,01 g
- **Materiales**
  - Probeta Plástica 1000 mL
  - Termómetro 0 – 100°C
- **DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD**
  - **Muestreo y Preparación de la Muestra**
    - Muestra de Cajón de Entrada Extremo Húmedo.
    - Muestra producto final. de
    - Análisis no rutinario.
    - Realizar el análisis de Consistencia según Procedimiento 03.202.094 Determinación de Consistencia en Pulpa y Lodos de Proceso.
      - Con la consistencia calcular la cantidad de 3.00 g secos (Según punto 9.3 de este procedimiento)
      - En una probeta tarada de 1000 mL pesar la cantidad de muestra calculada y diluir con agua desmineralizada hasta que la balanza indique  $1000 \pm 0,5$  g.
  - **Procedimiento**
  - **Análisis de la muestra**
    - Análisis de Drenabilidad de la pulpa.
    - Muestra de Cajón de Entrada Extremo Húmedo.
    - Una vez preparada la suspensión de pulpa en la probeta, medir la temperatura.
      - Ubicar el vaso de drenaje en ranura del soporte de la parte superior del embudo.
      - Cerrar la tapa inferior del vaso de drenaje del equipo.
      - Ubicar un envase bajo el orificio de salida inferior de líquido.
      - Agitar la suspensión de pulpa de la probeta por unos segundos.
      - Verter rápidamente, pero con suavidad, en el vaso de drenaje del equipo.
      - Esperar unos 5 segundos hasta que la superficie del líquido esté quieta
      - Cerrar la tapa superior del vaso y la válvula de venteo (posición horizontal).
      - Colocar la probeta vacía bajo la boca del orificio lateral de descarga de líquido. Se iniciará la descarga del líquido.

- Abrir la tapa inferior del vaso de drenaje y válvula de venteo.
- Cuando termine de escurrir el agua drenada, retirar la probeta de Freeness y pesar el contenido en balanza analítica.
  - Corregir el valor obtenido según factor de corrección de Tabla Ajuste de Temperatura a 20°C. (Anexo 1 de este procedimiento)
    - En caso de Existir problemas con este Sistema de Registro ingresar datos en planillas definidas, según corresponda a cada Área.
      - Registrar valor en **Planilla Lab 21**.
      - **Verificación de Equipo**
      - **Verificación de Medidor de Freeness.**
        - Mida el Freeness del agua desmineralizada a  $20\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ , el valor obtenido debe estar en el rango de **880 ± 10 ml**.
          - Si obtiene un valor fuera de este rango, limpie la malla con solvente orgánico o detergente, enjuague con agua caliente y repita la prueba. Si después de haber limpiado, no obtiene el valor de Freeness indicado, se solicitará que se ajuste por personal externo. Por ello avise inmediatamente al Jefe de Lab. Y Control de Calidad.
            - **Verificación de la dimensión del orificio inferior.**
              - Previamente se debe limpiar y retirar restos de celulosa de los conductos y de la tela metálica.
                - Tapar con un corcho el orificio del tubo lateral y mantener tapado con el dedo el orificio del tubo central.
                - Verter medio litro de agua a  $20\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ , una vez lleno el tubo lateral vaciar el agua restante.
                - Tapar nuevamente el orificio del tubo inferior y verter 1 litro de agua desmineralizada a  $20\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 
                  - Cronometrar el tiempo que demora en pasar el litro de agua.
                  - El tiempo de desagüe deber ser  $74,7\text{ s} \pm 0,7\text{ s}$ .
              - **Verificación de la posición del orificio lateral.**
                - Cerrar la salida del orificio inferior (con el dedo)
                - Llenar con agua desmineralizada a  $20\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$  hasta que rebase el orificio lateral y escape el exceso de agua por éste
                  - Destapar el orificio inferior y recibir el agua en un recipiente limpio y previamente tarado.
                  - Pesar la cantidad de agua, los gramos corresponderán al volumen en ml del orificio.

- El valor debería ser 23,5 ml a 0,2 ml
- Si este no fuera el valor esperado se solicitará que se ajuste por personal externo.
- La verificación de la calibración, se realizará mensualmente y será de responsabilidad del Analista de Máquina. Registrar las verificaciones en Planilla Verificación de Medidor de
  - Cálculos : Gramos de muestra equivalentes a 3,00 g secos = ( 3,00 g \*100 ) /consistencia.

### 3.2.5 Determinación de índice de rasgado

- **REFERENCIAS**
  - Norma TAPPI 414 om-04 **Internal Tearing Resistance of Paper (Elemndorf – Type Method)**.
  - Norma TAPPI 220 sp-06 **Physical Testing of Pulp Handsheets**.
  - Norma TAPPI 402 sp-03 **Standard Conditioning and Testing Atmospheres for Paper, Board, Pulp Handsheets, and Related Products**.
  - Procedimiento 03.202.135 **Peso Base o Gramaje en Papel**.
  - Procedimiento 03.202.103 **Corte de las Hojas de Papel para Análisis Físico-Mecánicos**.

- **EQUIPOS Y MATERIALES**
  - **Equipos**
    - Medidor de Rasgado
    - Guillotina Simple
  - **Materiales**
    - Plantilla Metálica de Rasgado
- **DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD**
  - **Muestreo y Preparación de la Muestra**
    - Seleccionar un set de Hojas de refinación, previamente ambientado en la sala de clima, según Norma Tappi 402 sp-03 en donde se indica que las condiciones atmosféricas requeridas para realizar el análisis deben ser 50.0% ± 2.0% HR y 23.0 ± 1.0°C.
      - Efectuar los cortes indicados en el Anexo 1 del procedimiento 03.202.103 Corte de Hojas de Papel para Análisis Físico-Mecánicos, basado en Norma Tappi 220 sp-06 Physical Testing of Pulp Handsheets.
  - **Procedimiento**

- **Lectura de Muestras**
  - En el caso que el Medidor de Rasgado se encuentre apagado, encenderlo una media hora antes de su uso.
  - Medir el Rasgado a las muestras según norma Tappi TAPPI 414 om-04 Internal Tearing Resistance of Paper (Elemndorf – Type Method).
  - Tomar las 12 mitades de las hojas del set de refinación, separadas para medir Rasgado.
  - Separar en grupos de 4 y marcar con plantilla metálica los sectores destinados al corte para la medición de Rasgado.
  - Cortar las hojas con guillotina según Esquema de Corte de las
  - Hojas para Análisis Físico-Mecánicos, referidas en Norma Tappi 220 sp-06 Physical Testing of Pulp Handsheets.
  - Poner el primer set de hojas entre las mordazas del equipo con su lado satinado hacia el péndulo. Realizar el corte inicial.
  - Liberar péndulo y al retorno de la oscilación sujetar el péndulo con la mano izquierda para depositarlo contra el mecanismo liberador.
  - Eliminar el trozo cortado y deslizar el grupo de hojas sobre las mordazas hasta la siguiente posición de corte. Hacer lo anterior hasta completar las 4 mediciones.
  - Repetir con los 2 grupos restantes del set. Se obtendrá un total de 12 mediciones.
  - Con el valor de gramaje obtenido según Procedimiento 03.202.135 Peso Base o Gramaje en Papel, calcular el Índice de Rasgado ( $mNm^2/g$ ), como se indica en el punto 9.3 de éste Procedimiento.
  - Registrar en Bitácora Personal.
  - Ajustar el valor obtenido utilizando las Tablas de Ajuste a 25 y 30 °SR del Procedimiento 03.202.121 R1 o R2 dependiendo de la especie (Pino o Eucaliptus).
  - Registrar en Bitácora Personal, en Planilla Lab 21, en Informe Acumulativo de Físico Mecánicos Diarios 03.202.123.R2 o R3 y en archivo Valcarac 03.202.207.R1.
- **Verificación de la Calibración del Equipo**
- **Verificación Bimensual**
  - Esta verificación de la calibración se realiza cada dos meses con patrones CTS-TAPPI, según Procedimiento 03.202.138 Verificación de la Calibración de los Instrumentos para la Medición de las Propiedades Físico Mecánicas del Papel.
- **Verificación Mensual**

- Esta verificación de la calibración se realiza en forma mensual según el Procedimiento 03.202.139 Verificación de Calibración Medidor de Rasgado L&W SE 009. Además se puede realizar en cualquier momento si hay dudas con las lecturas del equipo.

- **Cálculos:** Ingresar los valores obtenidos en planilla Excel y Calcular la media (X) y desviación estándar (S). Eliminar los valores que excedan 2 (S). Recalcular la media (X) de los valores aceptados y aplicar la fórmula:

$$\text{Índice de Rasgado (mNm}^2\text{/g)} = \text{Resistencia al Rasgado (mN)}/\text{Gramaje (g/m}^2\text{)}$$

### 3.2.6 Determinación de índice de tensión

- **REFERENCIAS**

- Norma TAPPI 220 sp-06 **Physical Testing of Pulp Handsheets**
- Norma TAPPI 494 om-06 **Tensile Properties of Paper and Paperboard (Using Constant Rate of Elongation Apparatus).**
- Norma TAPPI 402 sp-03 **Standar Conditioning and Testing Atmospheres for Paper, Board, Pulp Handsheets, and Related Products.**
- Procedimiento 03.202.135 **Peso Base o Gramaje en Papel.**
- Procedimiento 03.202.103 **Corte de las Hojas de Papel para Análisis Físico-Mecánicos.**

- **EQUIPOS Y MATERIALES**

- **Equipos**
  - Medidor de Tensión

- **DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD**

- **Muestreo y Preparación de la Muestra**
  - Seleccionar un set de Hojas de refinación, previamente ambientado en la sala de clima, según Norma Tappi 402 sp-03 en donde se indica que las condiciones atmosféricas requeridas para realizar el análisis deben ser 50.0% ± 2.0% HR y 23.0 ± 1.0°C.
    - Efectuar los cortes indicados en el Anexo 1 del procedimiento 03.202.103 Corte de Hojas de Papel para Análisis Físico-Mecánicos, basado en Norma Tappi 220 sp-06 Physical Testing of Pulp Handsheets.
- **Procedimiento**
- **Lectura de Muestras**
  - En el caso que el Medidor de Tensión se encuentre apagado, encenderlo una media hora antes de su uso.



- Elegir el programa correspondiente al análisis e ingresar el gramaje de la muestra (g/m<sup>2</sup>), obtenido según Procedimiento 03.202.135 Peso Base o Gramaje en Papel.
- Medir el Índice de Tensión, Elongación e Índice de Rigidez a la Tensión de las muestras, según Norma TAPPI 494 om-06 Tensile Properties of Paper and Paperboard (Using Constant Rate of Elongation Apparatus).
- Colocar cada tira entre las mordazas del equipo con su lado satinado hacia abajo e iniciar la medición en las 9 tiras. La distancia entre mordazas debe ser de 100 mm.
- Registrar los valores en Bitácora Personal.
- Calcular el promedio y desviación estándar de los resultados entregados por el equipo, Según punto 9.2 de éste Procedimiento.
- Ajustar los valores obtenidos utilizando las Tablas de Ajuste a 25 y 30 °SR del Procedimiento 03.202.121 R1 o R2 dependiendo de la especie (Pino o Eucaliptus).
- Registrar en Bitácora Personal, en Planilla Lab 21, en Informe Acumulativo de Físico Mecánicos Diarios 03.202.123.R2 o R3 y en archivo Valcarac 03.202.207.R1.
- **Verificación de la Calibración del Equipo**
  - La verificación de la calibración de este equipo se realiza cada dos meses con patrones CTS-TAPPI, según Procedimiento 03.202.138 Verificación de la Calibración de los Instrumentos para Medición de resistencia en Papel.
  - **Cálculos:** Ingresar los valores obtenidos en planilla Excel y Calcular la media (X) y desviación estándar (S). Eliminar valores que excedan 2 (S). Recalcular la media (X) de los valores aceptados. Los Valores de Índice de Tensión, Elongación e Índice de Rigidez a la Tensión, son entregados directamente por el Equipo.

## 4 Resultados

### 4.1. Propiedades de las astillas

Antes de comenzar con la campaña de eucaliptus en el mes de enero del 2011, se realizaron muestreos aleatorios en 3 posiciones de la pila tanto de Eucaliptus Nitens como de Eucaliptus Globulus.

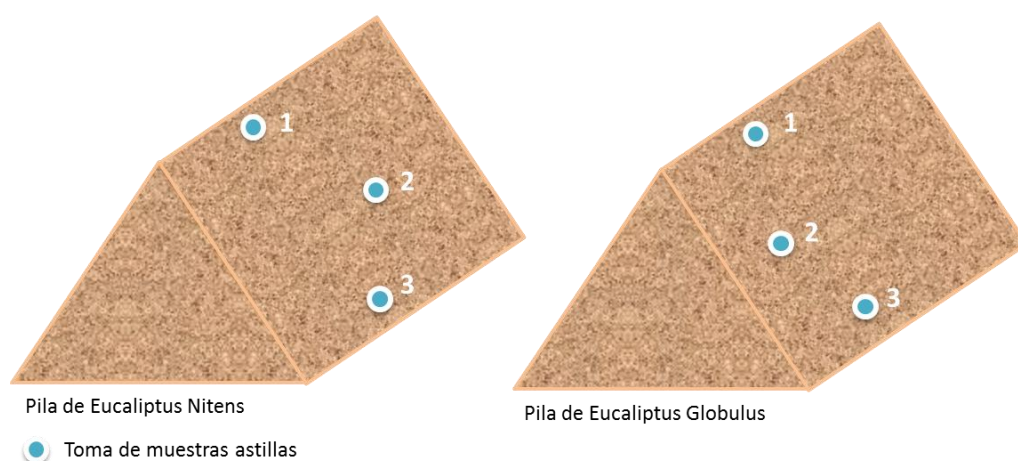


Figura 4.1: Representación de toma muestras de astillas en las pilas

Considerando la ubicación presentada en la Figura 4.1 se muestrearon astillas de cada una de las pilas, encontrándose una relación entre posición y características de densidad y humedad, así las astillas que se encuentran en la parte superior presentan menor humedad y menor densidad básica, con una clara tendencia a menores propiedades en las astillas de Eucaliptus Nitens, tal como se muestran en las Figura 4.2 y Figura 4.3

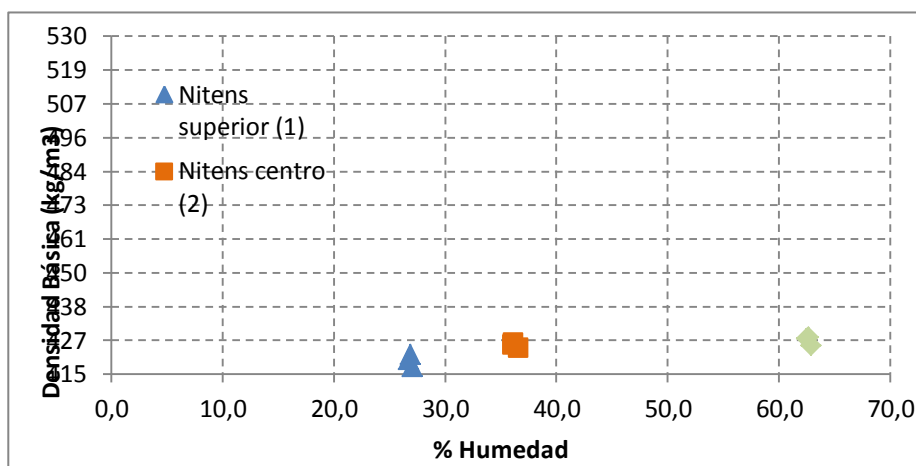


Figura 4.2: Astillas de Eucaliptus Nitens

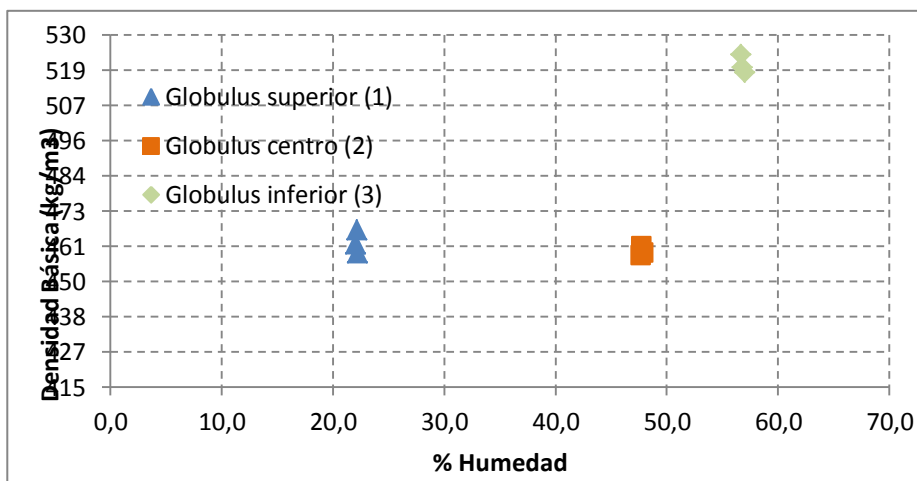


Figura 4.3: Astillas Eucalyptus Globulus

Las astillas existentes al momento de comenzar la campaña de eucaliptus corresponden a madera picada durante el año 2009 y 2010 cuyas características de tiempo de corta y almacenamiento se presentan en la

Figura 4.4 y

Figura 4.5 respectivamente.

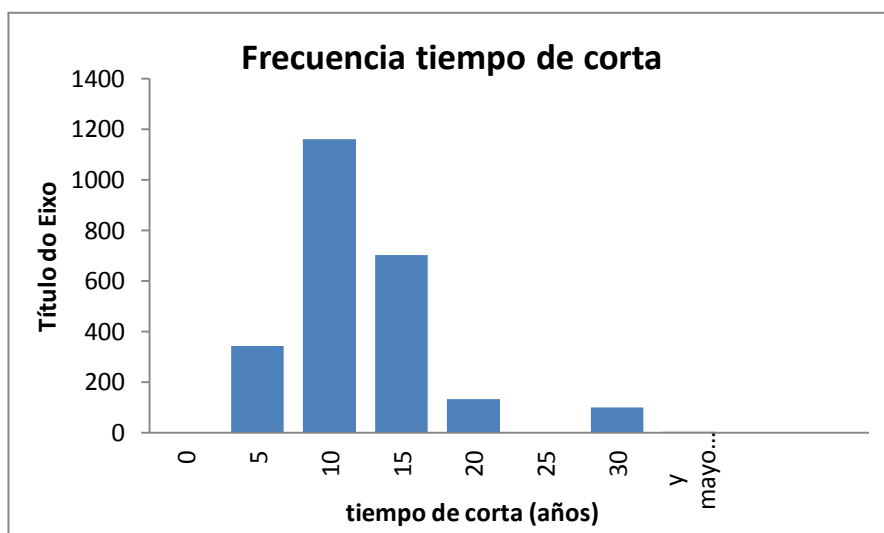


Figura 4.4: Frecuencia de tiempo de corta de madera de eucaliptus producida en el 2011.

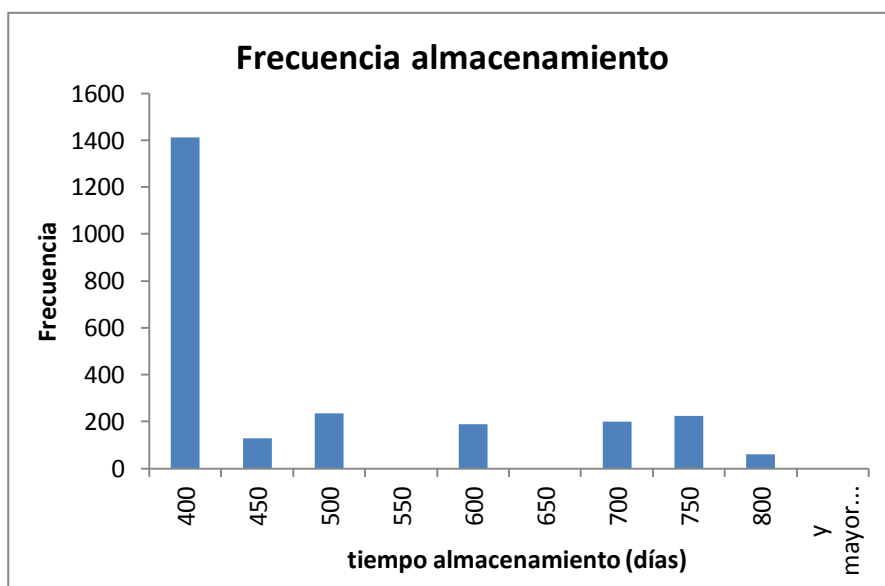


Figura 4.5: Frecuencia tiempo de almacenamiento madera eucaliptus tratada el 2011.

En la Figura 4.6 y la Figura 4.7 , respectivamente, se presentan las características de densidad básica y granulometría de las astillas de 11 meses de almacenamiento en comparación con las mismas características de astillas promedio utilizadas durante las campañas del 2009 – 2010.

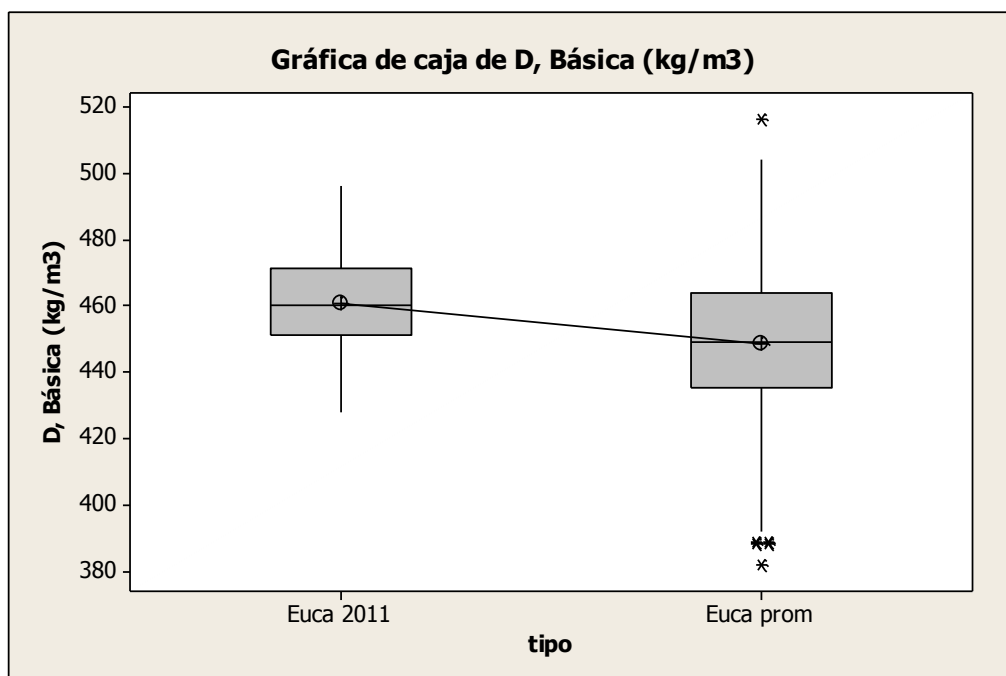


Figura 4.6: Comparación entre densidades básicas Euca 2011 y Euca 2009 - 2010

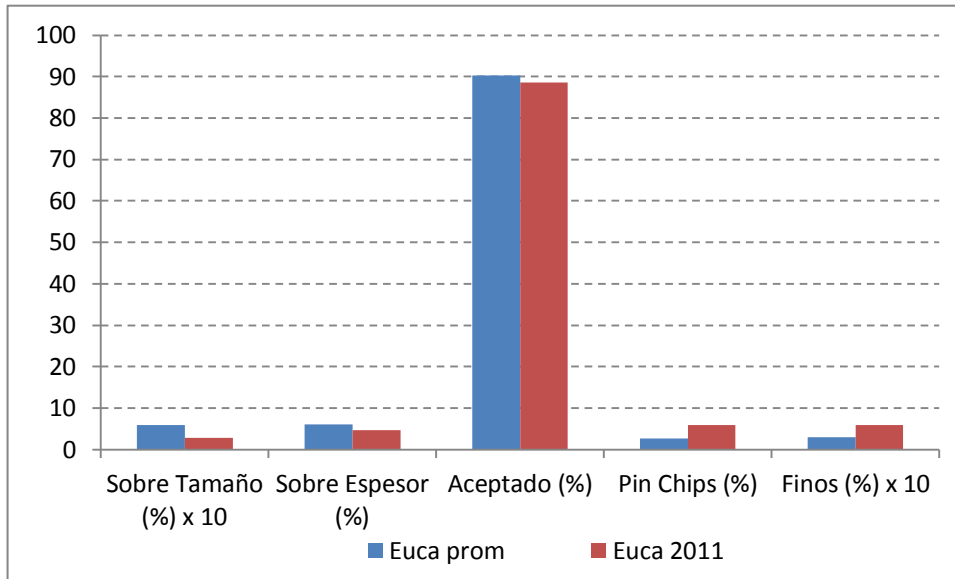


Figura 4.7: Comparación granulometría astillas promedio (2009 – 2010) y astillas 2011.

## 4.2. Propiedades físicas de la pulpa

Antes de comenzar con la campaña de eucaliptus se realizaron varias pruebas respecto al comportamiento de la pulpa considerando condiciones de cocciones, deslignificación y blanqueo similares a las utilizadas normalmente en Planta Valdivia durante las campañas de eucaliptus, como resultado se obtuvieron propiedades físico mecánicas categorizadas según lo establecido en el punto 4.1. Los resultados se presentan en la FIGURA 4.8.

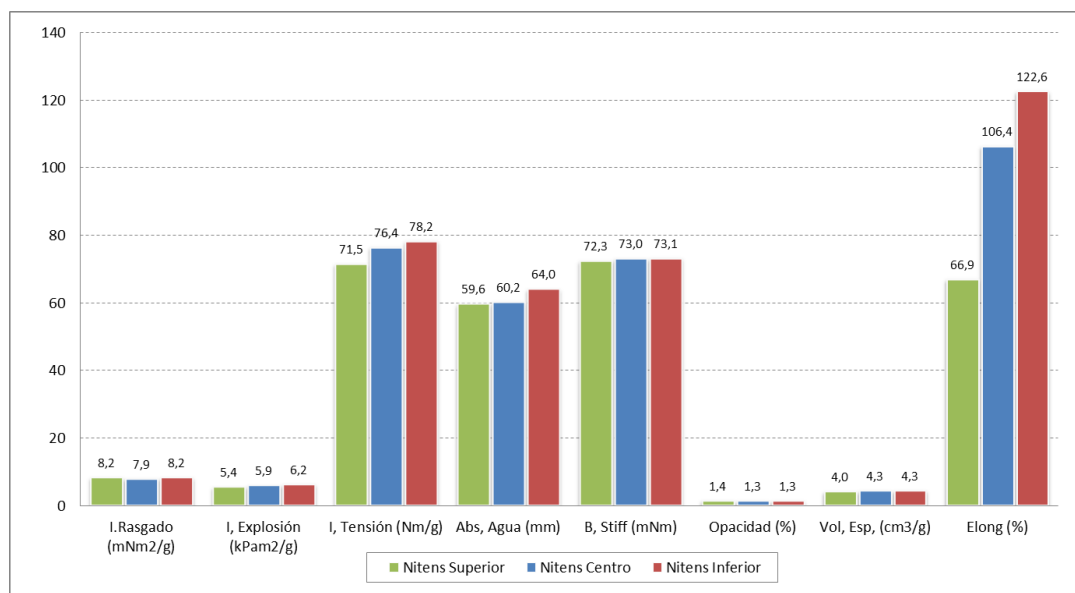


Figura 4.8: Propiedades Físico-Mecánicas pulpa de laboratorio Euca Nitens

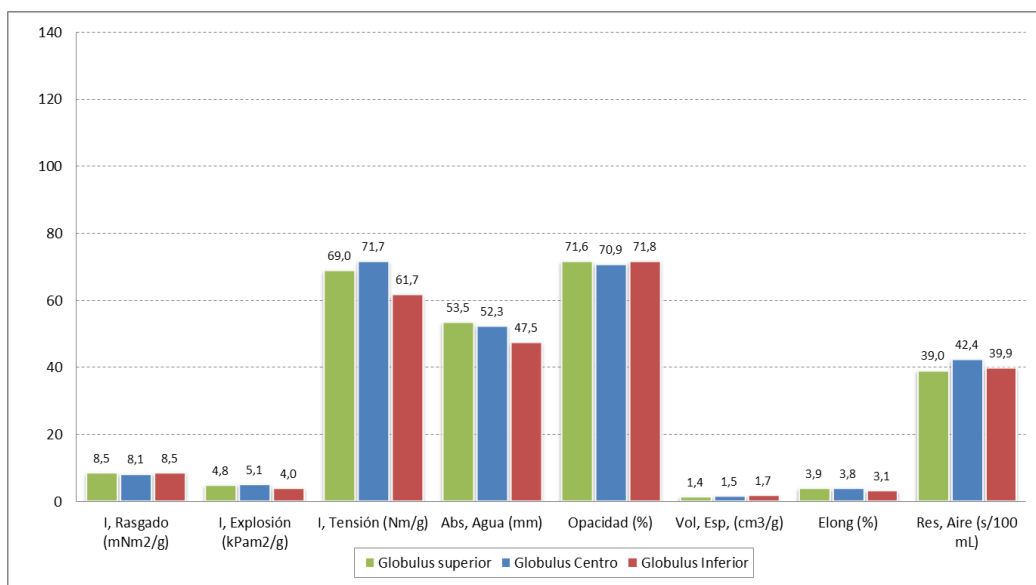


Figura 4.9: Propiedades Físico-Mecánicas pulpa de laboratorio Euca Globulus.

Durante la campaña de Euca de enero del 2011, se realizaron análisis de la calidad y propiedades de la pulpa de eucaliptus asociadas a características Físico-Mecánicas, Biométricas.

Como condición inicial se tomaron como referencia las campañas de 2009 y 2010 de Eucaliptus realizadas en planta, para establecer parámetros de comparación, adicionalmente durante la campaña de eucaliptus realizada entre los días 03.01 al 13.01 del 2011, se realizaron análisis de las propiedades físico-mecánicas de la pulpa con hojas a la salida del secador diariamente.

Durante la campaña de eucaliptus de enero del 2011, se registraron 4 cortes de hoja en la secadora, de los cuales el más representativo corresponde a ocurrido el día 07.01. A la pulpa producida ese día se le realizaron análisis para obtener sus propiedades físico-mecánicas, las cuales se presentan en la Figura 4.10. Adicionalmente se comparan con los valores promedio de campaña de referencia y la campaña de Eucaliptus de enero 2011.

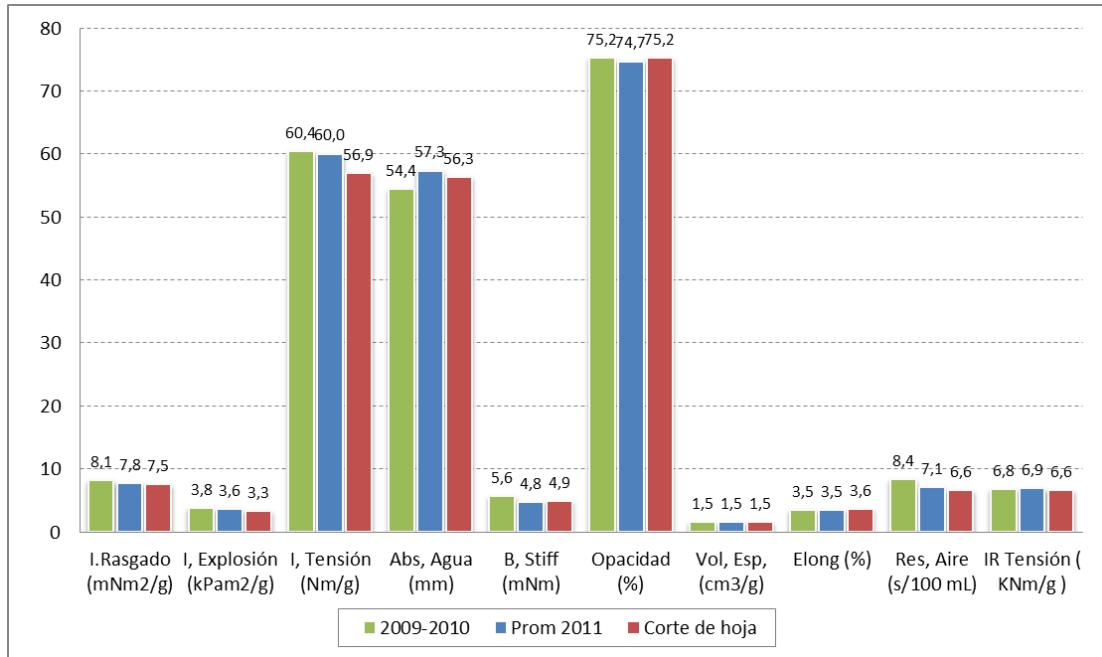


Figura 4.10: Propiedades físico-mecánicas de campañas de eucaliptus y corte de hoja.

De la comparación de los datos promedio año 2009 - 2010 y los datos obtenidos durante la campaña del 2011 es factible ver las diferencias en lo que corresponde al I. Rasgado, Abs Agua y opacidad como las diferencias más importantes, las cuales desde el punto de vista de formación poseen relevancia, específicamente el I. Rasgado.

Es posible ver que los valores obtenidos en el día del corte de hoja mantienen la tendencia de menor valor como lo presentado para el promedio de la campaña de 2011 en las variables de I. Rasgado, I. Tensión.

Finalmente se presenta en la Figura 4.11 la comparación del freness de entrada entre las campañas del año 2011 y las campañas promedio del 2009 y 2010.

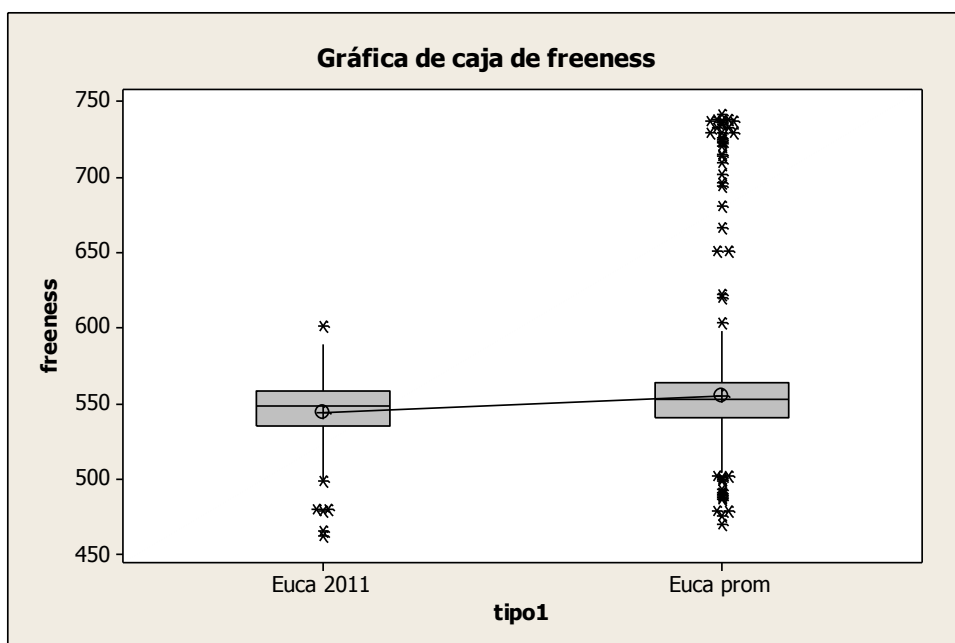


Figura 4.11: Comparación Freeness de entrada pulpa a fourdrinier.

### 4.3 Características de Operación

En cuanto a lo establecido para la operación tanto del extremo húmedo, como del secador, se definieron algunos parámetros importantes a considerar, como son: vacío en el sector de la mesa de formación, vacío y cargas en la sección prensas.

En la Figura 4.12, se presentan los valores de vacíos utilizados en la mesa de formación durante la campaña de Eucaliptus de enero de 2011. Adicionalmente se comparan con los valores promedios de vacíos utilizados en operación durante los años 2009 y 2010 en campañas de eucaliptus.



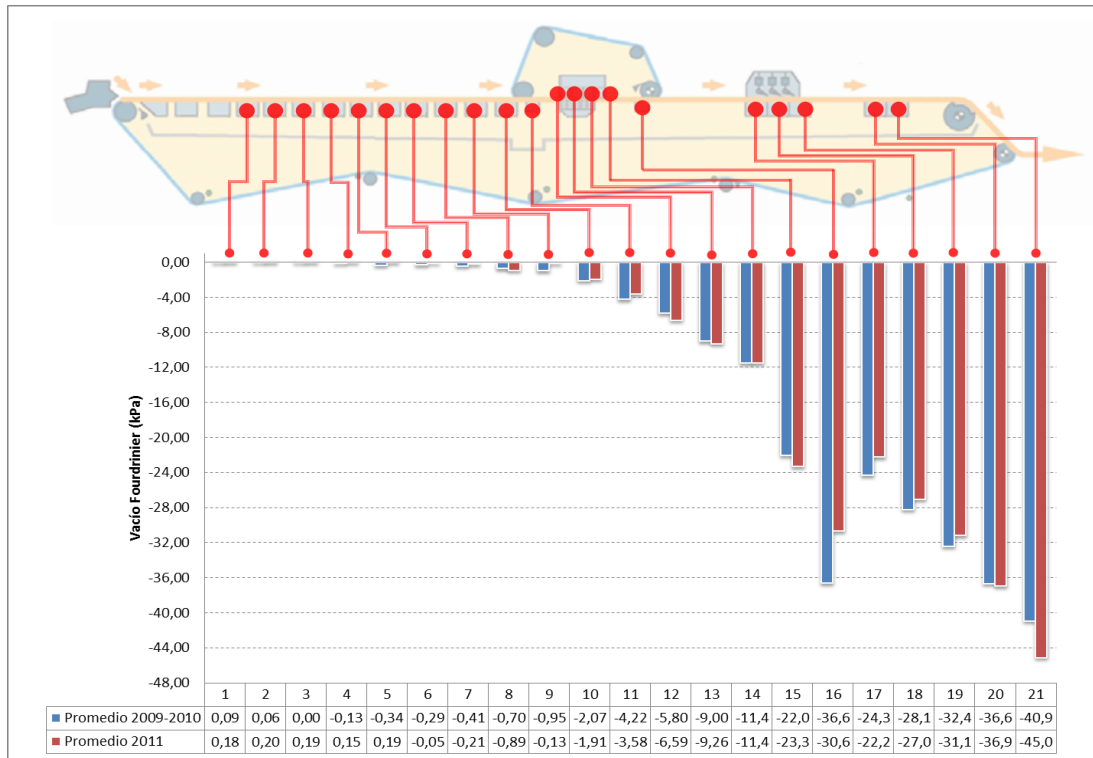


Figura 4.12: Vacíos utilizados en la mesa de formación

Es factible apreciar el aumento de vacío en las últimas etapas antes de llegar a la sección prensas.

En la sección prensas la configuración de vacío para la campaña de Eucaliptus de 2011 se presenta en la Figura 4.13, allí se muestra el aumento de la succión en el segundo NIP.

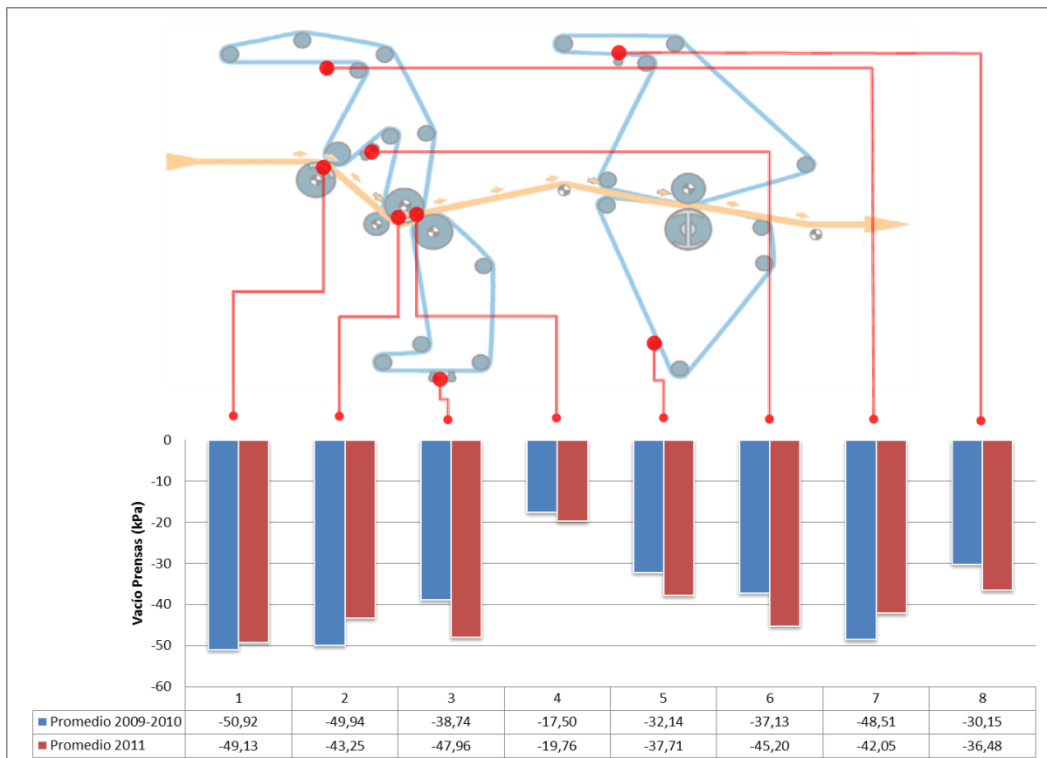


Figura 4.13: Comparación vacíos en la sección prensas entre campañas 2009-2010 y 2011

Adicionalmente para la sección prensas se presenta en la Figura 4.14 la configuración de la carga de cada uno de los NIP's, estableciendo claramente el aumento en las cargas respecto al promedio de una campaña de Eucaliptus.

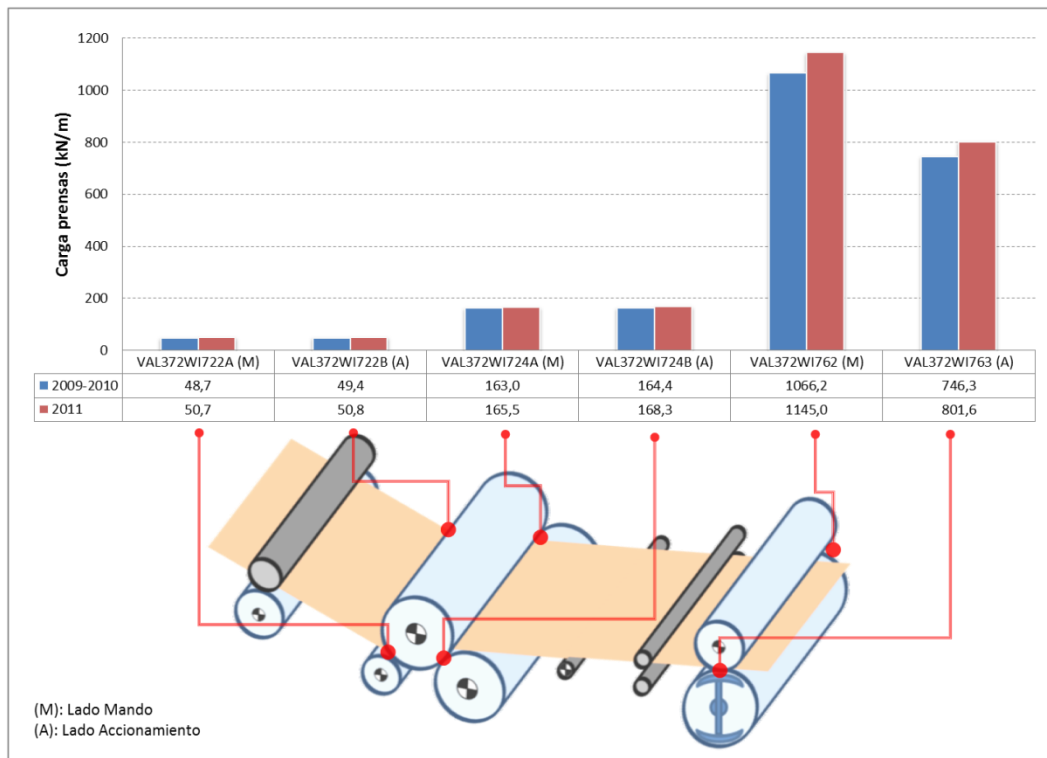


Figura 4.14: Comparación de cargas en la sección prensas

En la Figura 4.15 se presentan las variables de presión dentro del secador (PI907) y la potencia de los extractores e impulsores de aire dentro del secador. Como es factible apreciar existen ciertas diferencias en el comportamiento de cada una de estas variables, sin embargo, estadísticamente no existe diferencia en cada una de ellas (ver anexo 1).

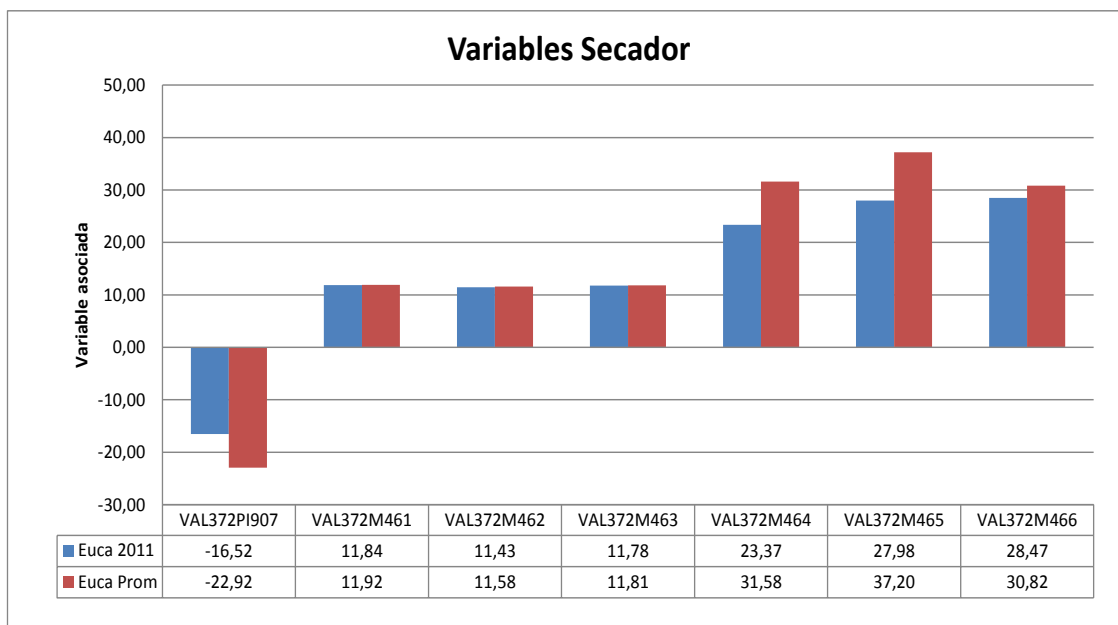


Figura 4.15: Variables de presión y cargas de motor asociadas al secador.

Adicionalmente se presenta la tabla que compara los secos de entrada al secador, para establecer referencia respecto a mayor presión en la shoe press e igual valor de seco de entrada.

| Seco entrada    | 2009-2010 | 2011  |
|-----------------|-----------|-------|
| <b>Promedio</b> | 51,22     | 52,51 |
| <b>Max</b>      | 56,00     | 53,90 |
| <b>Min</b>      | 47,60     | 51,00 |
| <b>Desv</b>     | 1,70      | 0,72  |

## 5 Discusión y Conclusiones

Con respecto a las propiedades y características de las astillas, es factible mencionar que las condiciones de almacenamiento generan un efecto en las condiciones de densidad y granulometría de la astillas. Como es factible ver en las comparaciones del Figura 4.7, la degradación sufrida en la pila de almacenamiento, causa un efecto directo en las características del picado o reastillado. Es posible apreciar el aumento de pinchips y finos en las astillas a Digestores, esto debido a la degradación y rompimiento de cadenas de lignina, facilitando la separación de haces de fibra. No obstante lo anterior, se muestra una tendencia anormal respecto a la densidad básica, ya que el promedio entrando a Digestores es superior al promedio de las campañas de los años pasados, esto posiblemente se deba a que se incluyeran en los datos de densidad del año 2011, valores de astillas frescas o de corto almacenamiento en cancha entrando a Digestores.

Respecto de las propiedades de la pulpa, el realizar un análisis simulando condiciones de proceso en laboratorio, es factible establecer los parámetros que podríamos esperar respecto a una campaña normal. Es factible apreciar la semejanza entre las especies de Glóbulos y Nitens.

En cuanto a las propiedades físico-mecánicas de las pulpas asociadas la diferencia es significativa estadísticamente específicamente el índice de tensión e índice de rasgado. Claramente existe una relación descendente entre estas variables para las campañas promedio, del año 2011 y específicamente para un corte de hoja. Es posible definir que astillas de alto tiempo de almacenamiento, independiente de sus características de densidad, producirán pulpa de menor resistencia a la tracción, variable atribuible al mal comportamiento en el fourdrinier y sector prensas en la máquina.

Con respecto al freeness evaluado en ambas campañas, es factible establecer que es de esperar que esta variable disminuya para pulpa de bajo rendimiento causado específicamente por alto tiempo de almacenamiento y condiciones de cocción y blanqueo un poco más agresivo respecto a una campaña normal de eucaliptus.

Las variables de operación en el fourdrinier, específicamente en el vacío, no presentaron diferencias significativas que establezcan algún parámetro a considerar para la optimización de la formación de la hoja en pulpas producidas con astillas de alto tiempo de almacenamiento. No obstante lo anterior, es significativamente distinta la operación en el vacío de las prensas, donde claramente fue necesario aumentar la carga de trabajo dada la dificultad de extraer el agua en el sector de prensas.

Lo anterior se ve reforzado por el aumento en la presión de la shoe-press, donde es factible apreciar el aumento en carga para lograr secos de entrada del secador cercanos a 52%.

En cuanto al comportamiento de la presión dentro del secador, estadísticamente no existe diferencia significativa en la operación, por lo que el gran trabajo de ajuste se desarrolla en la sección del fourdrinier y prensas para calidad de pulpa menores en cuanto a formación de hoja se refieren.

## 6 Bibliografía

- (1) Casey, James P., Pulpa y Papel Química y tecnología química, volumen 2, México, Limusa 1991,757p
- (2) Gullichsen, J. et al, Chemical Pulping book 6ª, Finlandia, 1999,
- (3) Chaves de Oliveira, Rubens, Tecnología y propiedades del papel, Pos-Graduação Lato Sensu en Tecnología de Celulosa y Papel,2008-2009,
- (4) Rogerio Peixoto et al. , Floculación y formación em maquina de papel, Pos-Graduação Lato Sensu en Tecnología de Celulosa y Papel,2008-2009,
- (5) Peixoto, F, Máquina de extracción de Celulosa, Pos- Graduação Lato Sensu en Tecnología de Celulosa y Papel,2008-2009,
- (6) Arauco, Manual de Fundamentos Máquina, Valdivia, Febrero 2007. Disponible en intranet. <http://10.51.1.5/372/03372001MC0.pdf>
- (7) Jones R, Rush/Drag, Technical Bulletin 101190, 2005, disponible en <http://www.xerium.com/weavexx/aboutWeavexx/weavexxHistory.aspx>
- (8) Solin R, Metso's new-generation air-borne Pulp Dryer is ready to meet future demands, Metso Paper customer magazine Volume 10, Issue 1 2008, disponible en [http://www.reeddrill.fi/MP/Marketing/mpv2store.nsf/BYWID/WID-080401-2256E-AA0DB/\\$File/Pages37-39from108Fiber&Paper&power.pdf?openElement](http://www.reeddrill.fi/MP/Marketing/mpv2store.nsf/BYWID/WID-080401-2256E-AA0DB/$File/Pages37-39from108Fiber&Paper&power.pdf?openElement)
- (9) Gomide, José Livio, Tecnología y Química de la producción de Celulosa, Pos-Graduação Lato Sensu en Tecnología de Celulosa y Papel,2008-2009.
- (10) Rivera, Noé Aguilar, Análisis de la capacidad de drenado de celulosa de bagazo de caña de azúcar, Ingeniería 17 (2): 103-113, ISSN: 1409-2441; 2007. San José, Costa Rica
- (11) Rendina, Alfredo, Formación Parte 1: Formación en formas redondas y fourdrinier, disponible en [http://pixelcodex.com/SecadoEnLaIndustriaDelPapel/images/FORMACION\\_parte\\_1.pdf](http://pixelcodex.com/SecadoEnLaIndustriaDelPapel/images/FORMACION_parte_1.pdf)
- (12) Arauco, Manual de Fundamentos Preparación Madera, Valdivia, Febrero 2007. Disponible en intranet. <http://10.51.1.5/331/fu/V331FU02.pdf>
- (13) Arauco, Manual de Fundamentos Digestores, Valdivia, Febrero 2007. Disponible en intranet. <http://10.51.1.5/341/fu/V341FU02.PDF>
- (14) Arauco, Manual de Fundamentos Lavado & deslignificación Valdivia, Febrero 2007. Disponible en intranet. <http://10.51.1.5/346/fu/V346FU02.PDF>
- (15) Arauco, Manual de Fundamentos Blanqueo, Valdivia, Febrero 2007. Disponible en intranet. <http://10.51.1.5/347/fu/V347FU02.PDF>

## **ANEXO**

# Anexo 1: Estadística de variables de proceso y pulpa.

## ANOVA unidireccional: I, Rasgado (mNm2/g) vs. tipo

| Fuente | GL  | SC     | CM    | F    | P     |
|--------|-----|--------|-------|------|-------|
| tipo   | 2   | 1,430  | 0,715 | 5,65 | 0,005 |
| Error  | 108 | 13,670 | 0,127 |      |       |
| Total  | 110 | 15,100 |       |      |       |

S = 0,3558 R-cuad. = 9,47% R-cuad.(ajustado) = 7,79%

ICs de 95% individuales para la media  
basados en Desv.Est. agrupada

| Nivel     | N   | Media  | Desv.Est. |               |
|-----------|-----|--------|-----------|---------------|
| Corte     | 1   | 7,5000 | *         | (-----*-----) |
| Euca 2011 | 9   | 7,7778 | 0,4410    | (----*----)   |
| Euca prom | 101 | 8,1366 | 0,3481    | (*-)          |

+-----+-----+-----+-----+  
6,80 7,20 7,60 8,00

Desv.Est. agrupada = 0,3558

Agrupar información utilizando el método de Tukey

| tipo      | N   | Media  | Agrupación |
|-----------|-----|--------|------------|
| Euca prom | 101 | 8,1366 | A          |
| Euca 2011 | 9   | 7,7778 | B          |
| Corte     | 1   | 7,5000 | A B        |

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Intervalos de confianza simultáneos de Tukey del 95%  
Todas las comparaciones de dos a dos entre los niveles de tipo

Nivel de confianza individual = 98,07%

tipo = Corte restado de:

| tipo      | Inferior | Centro | Superior |
|-----------|----------|--------|----------|
| Euca 2011 | -0,6132  | 0,2778 | 1,1688   |
| Euca prom | -0,2128  | 0,6366 | 1,4861   |

| tipo      |               |
|-----------|---------------|
| Euca 2011 | (-----*-----) |
| Euca prom | (-----*-----) |

+-----+-----+-----+-----+  
-0,60 0,00 0,60 1,20

tipo = Euca 2011 restado de:

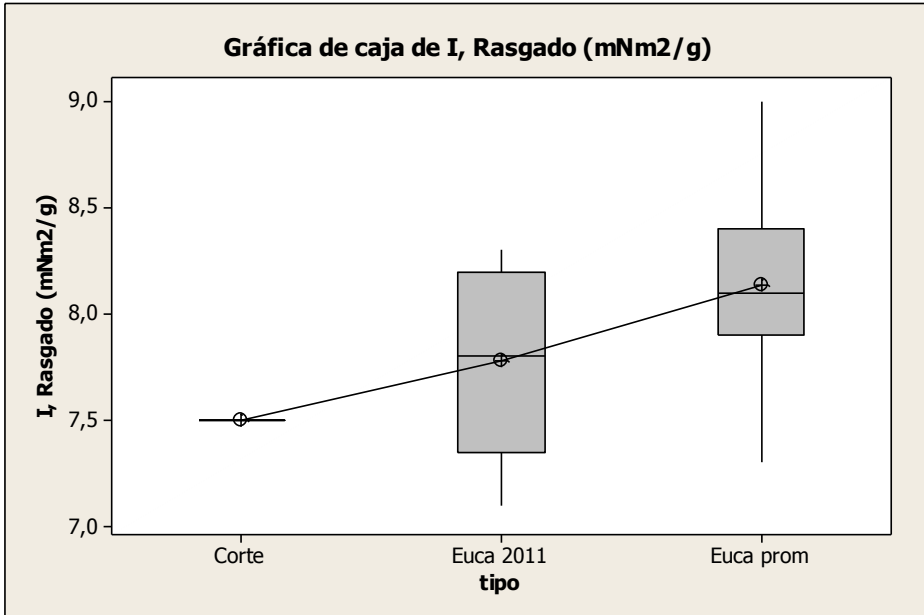
| tipo      | Inferior | Centro | Superior |
|-----------|----------|--------|----------|
| Euca prom | 0,0648   | 0,3589 | 0,6529   |

| tipo      |             |
|-----------|-------------|
| Euca prom | (----*----) |

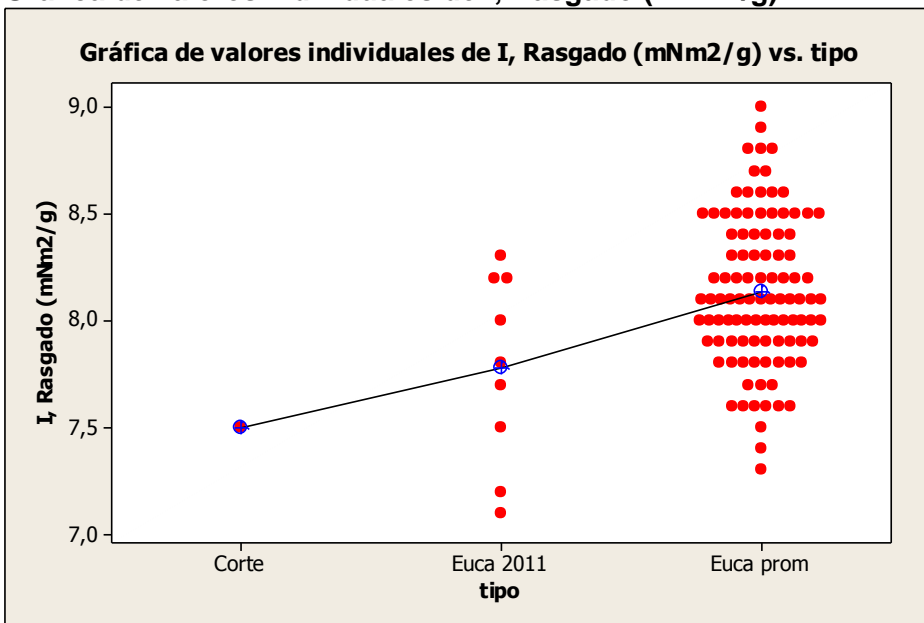
+-----+-----+-----+-----+  
-0,60 0,00 0,60 1,20



**Gráfica de caja de I, Rasgado (mNm2/g)**



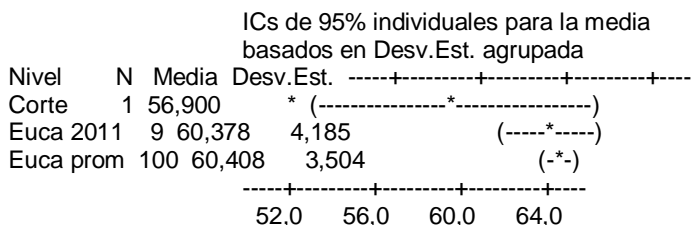
**Gráfica de valores individuales de I, Rasgado (mNm2/g)**



### ANOVA unidireccional: I, Tensión (Nm/g) vs. tipo

| Fuente | GL  | SC     | CM   | F    | P     |
|--------|-----|--------|------|------|-------|
| tipo   | 2   | 12,2   | 6,1  | 0,48 | 0,620 |
| Error  | 107 | 1355,6 | 12,7 |      |       |
| Total  | 109 | 1367,8 |      |      |       |

S = 3,559 R-cuad. = 0,89% R-cuad.(ajustado) = 0,00%



Desv.Est. agrupada = 3,559

Agrupar información utilizando el método de Tukey

| tipo      | N   | Media  | Agrupación |
|-----------|-----|--------|------------|
| Euca prom | 100 | 60,408 | A          |
| Euca 2011 | 9   | 60,378 | A          |
| Corte     | 1   | 56,900 | A          |

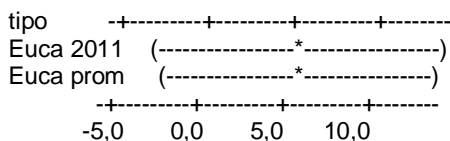
Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Intervalos de confianza simultáneos de Tukey del 95%  
Todas las comparaciones de dos a dos entre los niveles de tipo

Nivel de confianza individual = 98,07%

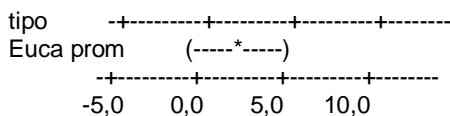
tipo = Corte restado de:

| tipo      | Inferior | Centro | Superior |
|-----------|----------|--------|----------|
| Euca 2011 | -5,436   | 3,478  | 12,392   |
| Euca prom | -4,991   | 3,508  | 12,007   |

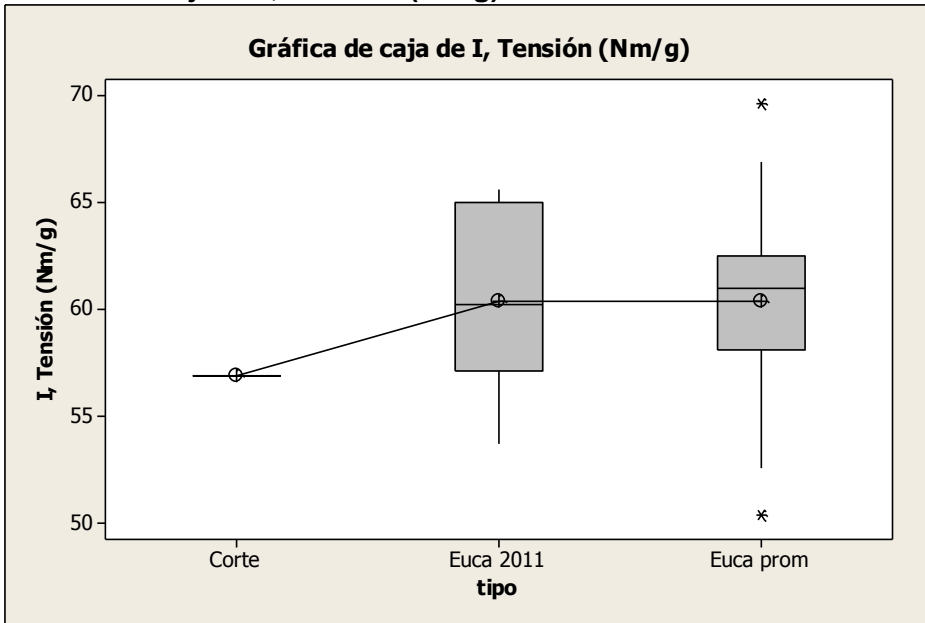


tipo = Euca 2011 restado de:

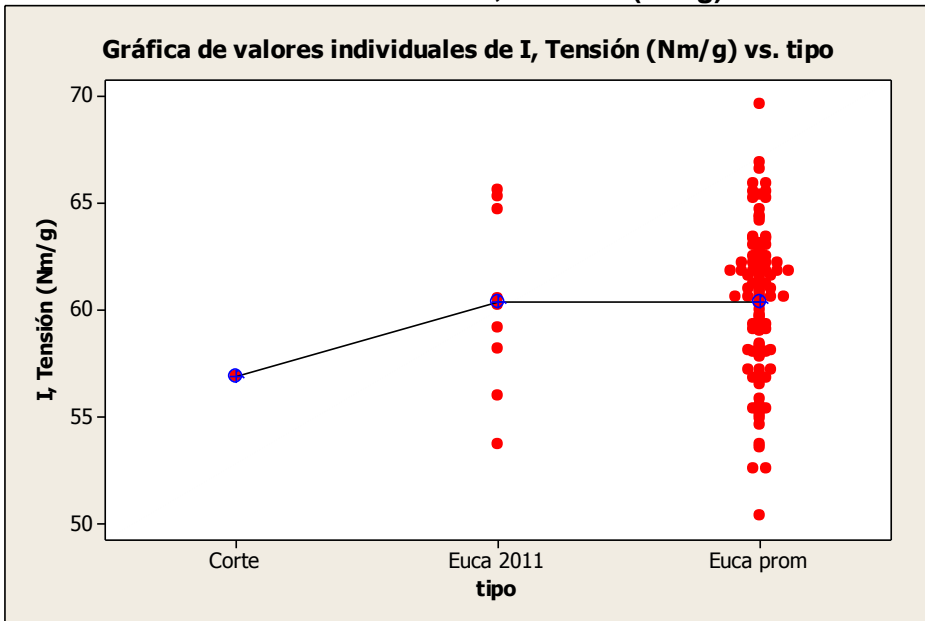
| tipo      | Inferior | Centro | Superior |
|-----------|----------|--------|----------|
| Euca prom | -2,913   | 0,030  | 2,973    |



**Gráfica de caja de I, Tensión (Nm/g)**



**Gráfica de valores individuales de I, Tensión (Nm/g)**



## ANOVA unidireccional: IR Tensión ( KNm/g ) vs. tipo

| Fuente | GL  | SC     | CM     | F    | P     |
|--------|-----|--------|--------|------|-------|
| tipo   | 2   | 0,1931 | 0,0966 | 1,07 | 0,346 |
| Error  | 107 | 9,6505 | 0,0902 |      |       |
| Total  | 109 | 9,8436 |        |      |       |

S = 0,3003 R-cuad. = 1,96% R-cuad.(ajustado) = 0,13%

ICs de 95% individuales para la media  
basados en Desv.Est. agrupada

| Nivel     | N   | Media  | Desv.Est. |               |
|-----------|-----|--------|-----------|---------------|
| Corte     | 1   | 6,6000 | *         | (-----*-----) |
| Euca 2011 | 9   | 6,9111 | 0,3333    | (----*----)   |
| Euca prom | 100 | 6,7720 | 0,2975    | (-*--)        |

+-----+-----+-----+-----+  
6,00 6,30 6,60 6,90

Desv.Est. agrupada = 0,3003

Agrupar información utilizando el método de Tukey

| tipo      | N   | Media  | Agrupación |
|-----------|-----|--------|------------|
| Euca 2011 | 9   | 6,9111 | A          |
| Euca prom | 100 | 6,7720 | A          |
| Corte     | 1   | 6,6000 | A          |

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Intervalos de confianza simultáneos de Tukey del 95%  
Todas las comparaciones de dos a dos entre los niveles de tipo

Nivel de confianza individual = 98,07%

tipo = Corte restado de:

| tipo      | Inferior | Centro | Superior |
|-----------|----------|--------|----------|
| Euca 2011 | -0,4410  | 0,3111 | 1,0632   |
| Euca prom | -0,5451  | 0,1720 | 0,8891   |

| tipo      |               |
|-----------|---------------|
| Euca 2011 | (-----*-----) |
| Euca prom | (-----*-----) |

+-----+-----+-----+-----+  
-0,50 0,00 0,50 1,00

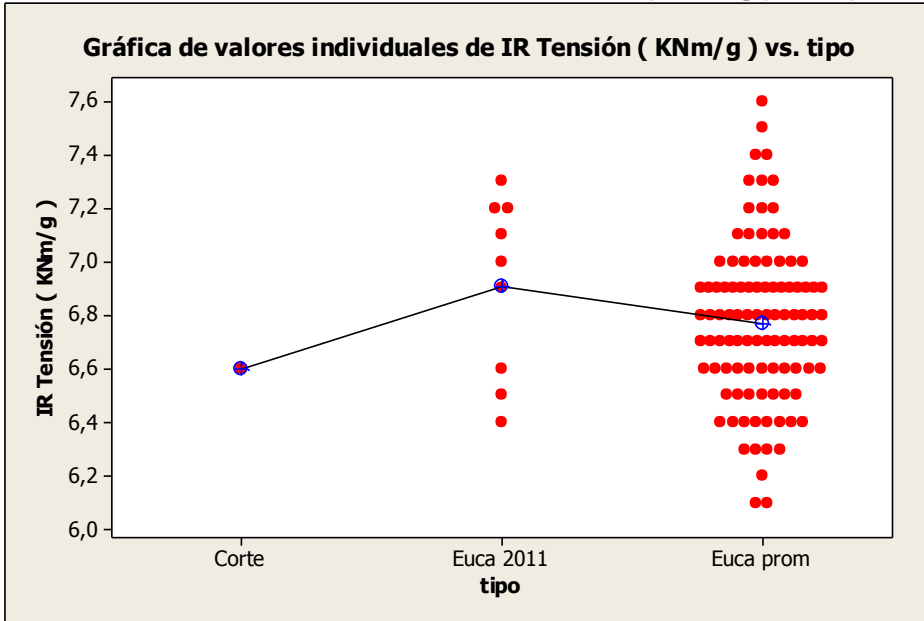
tipo = Euca 2011 restado de:

| tipo      | Inferior | Centro  | Superior |
|-----------|----------|---------|----------|
| Euca prom | -0,3874  | -0,1391 | 0,1092   |

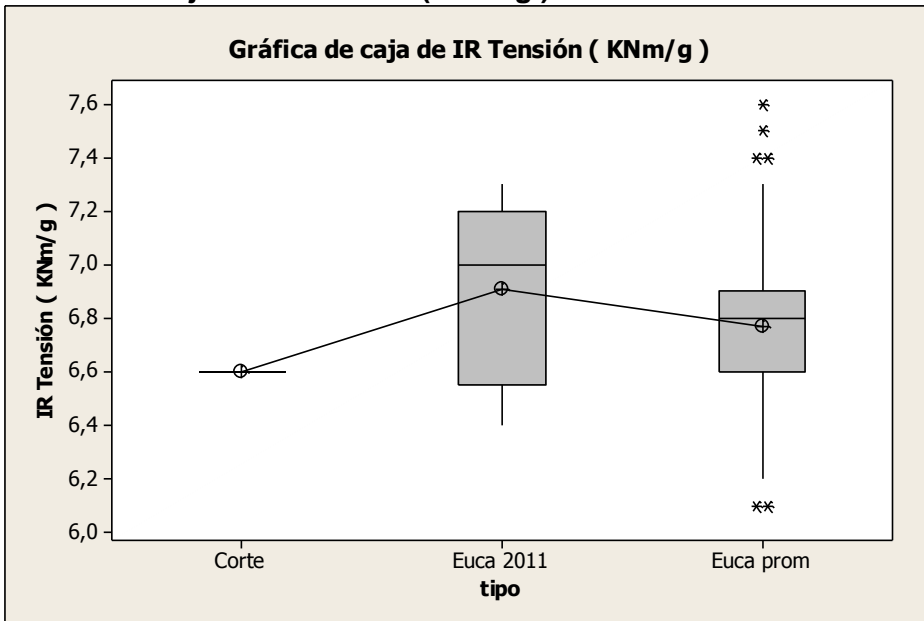
| tipo      |           |
|-----------|-----------|
| Euca prom | (---*---) |

+-----+-----+-----+-----+  
-0,50 0,00 0,50 1,00

**Gráfica de valores individuales de IR Tensión ( KNm/g ) vs. tipo**



**Gráfica de caja de IR Tensión ( KNm/g )**



## ANOVA unidireccional: freeness vs. tipo1

| Fuente | GL   | SC      | CM    | F     | P     |
|--------|------|---------|-------|-------|-------|
| tipo1  | 1    | 14064   | 14064 | 15,14 | 0,000 |
| Error  | 1291 | 1198821 | 929   |       |       |
| Total  | 1292 | 1212885 |       |       |       |

S = 30,47 R-cuad. = 1,16% R-cuad.(ajustado) = 1,08%

ICs de 95% individuales para la media  
basados en Desv.Est. agrupada

| Nivel     | N    | Media  | Desv.Est. |               |
|-----------|------|--------|-----------|---------------|
| Euca 2011 | 130  | 543,94 | 22,41     | (-----*-----) |
| Euca prom | 1163 | 554,91 | 31,24     | (---*--)      |

-----+-----+-----+-----+-----  
540,0 545,0 550,0 555,0

Desv.Est. agrupada = 30,47

Agrupar información utilizando el método de Tukey

| tipo1     | N    | Media  | Agrupación |
|-----------|------|--------|------------|
| Euca prom | 1163 | 554,91 | A          |
| Euca 2011 | 130  | 543,94 | B          |

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Intervalos de confianza simultáneos de Tukey del 95%  
Todas las comparaciones de dos a dos entre los niveles de tipo1

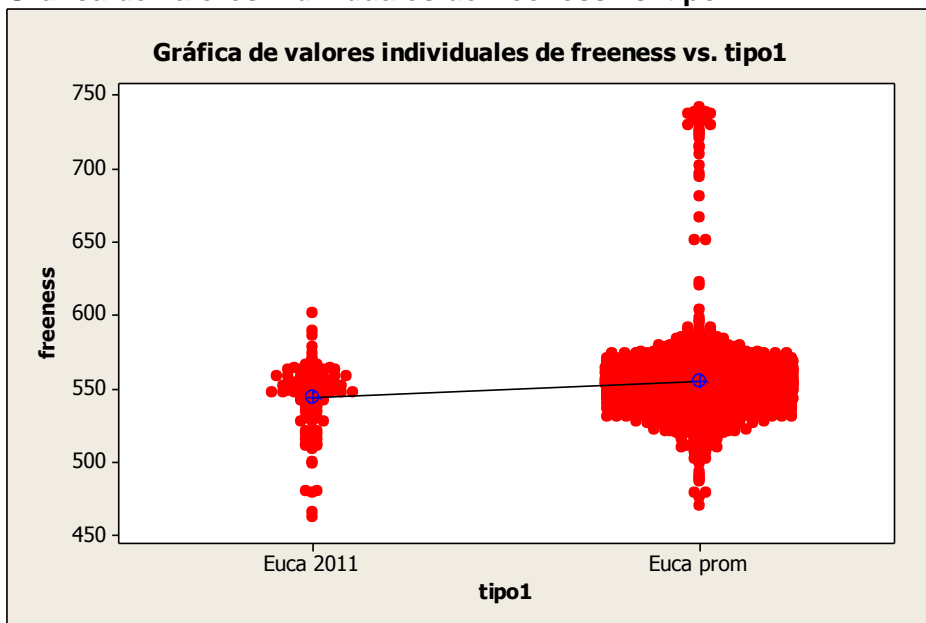
Nivel de confianza individual = 95,00%

tipo1 = Euca 2011 restado de:

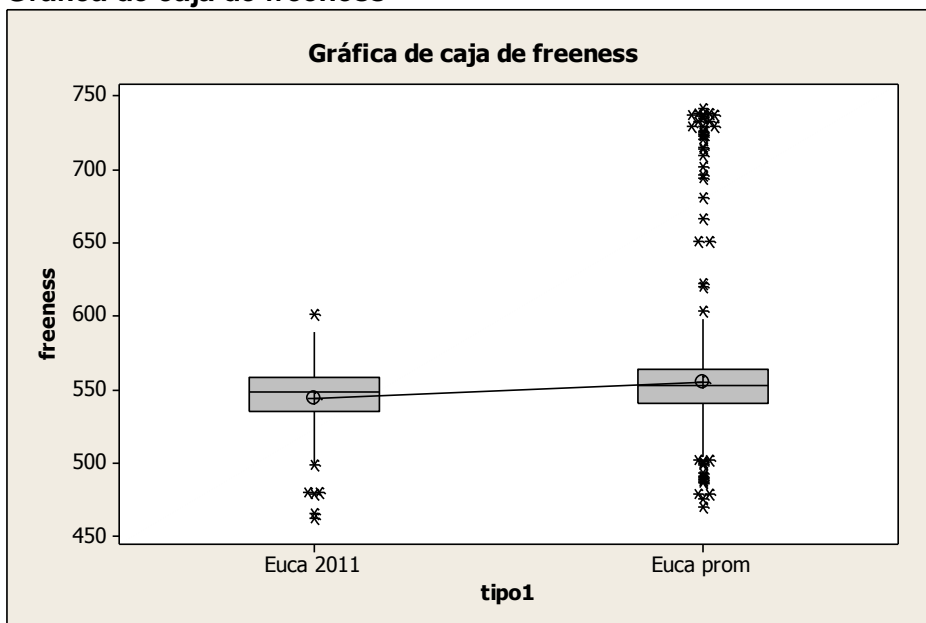
| tipo1     | Inferior | Centro | Superior |               |
|-----------|----------|--------|----------|---------------|
| Euca prom | 5,44     | 10,97  | 16,50    | (-----*-----) |

-----+-----+-----+-----+-----  
0,0 5,0 10,0 15,0

### Gráfica de valores individuales de freeness vs. tipo1



### Gráfica de caja de freeness



## ANOVA unidireccional: VAL372WI762 vs. tipo

| Fuente | GL  | SC       | CM     | F    | P     |
|--------|-----|----------|--------|------|-------|
| tipo   | 1   | 412182   | 412182 | 8,92 | 0,003 |
| Error  | 338 | 15616754 | 46203  |      |       |
| Total  | 339 | 16028936 |        |      |       |

S = 214,9 R-cuad. = 2,57% R-cuad.(ajustado) = 2,28%

ICs de 95% individuales para la media basados en Desv.Est. agrupada

| Nivel     | N   | Media  | Desv.Est. | Intervalo     |
|-----------|-----|--------|-----------|---------------|
| euca 2011 | 34  | 1138,0 | 25,6      | (-----*-----) |
| euca prom | 306 | 1022,0 | 226,1     | (---*---)     |

1020 1080 1140 1200

Desv.Est. agrupada = 214,9

Agrupar información utilizando el método de Tukey

| tipo      | N   | Media  | Agrupación |
|-----------|-----|--------|------------|
| euca 2011 | 34  | 1138,0 | A          |
| euca prom | 306 | 1022,0 | B          |

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Intervalos de confianza simultáneos de Tukey del 95%  
Todas las comparaciones de dos a dos entre los niveles de tipo

Nivel de confianza individual = 95,00%

tipo = euca 2011 restado de:

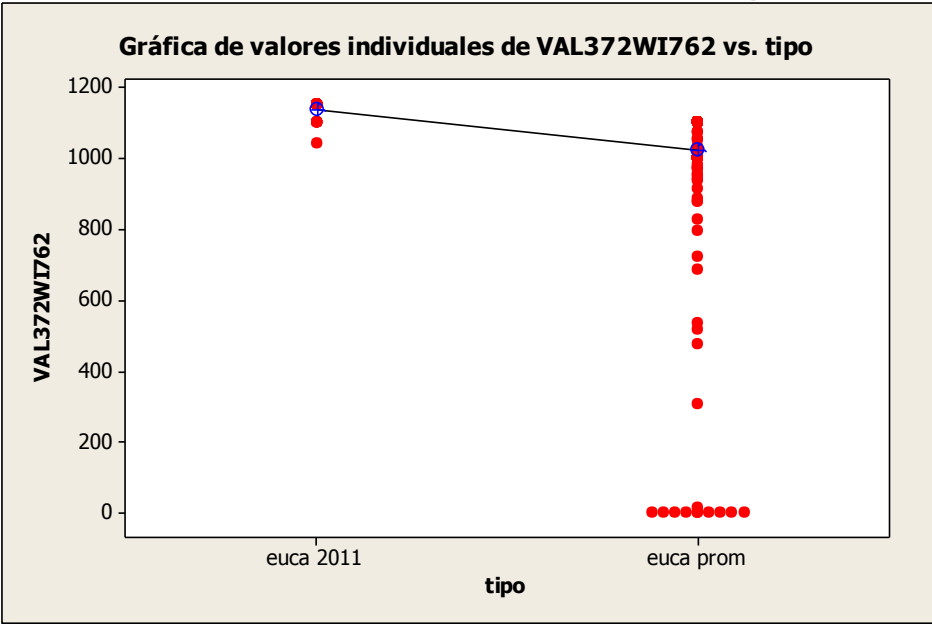
| tipo      | Inferior | Centro | Superior |
|-----------|----------|--------|----------|
| euca prom | -192,5   | -116,1 | -39,6    |

| tipo      | Intervalo     |
|-----------|---------------|
| euca prom | (-----*-----) |

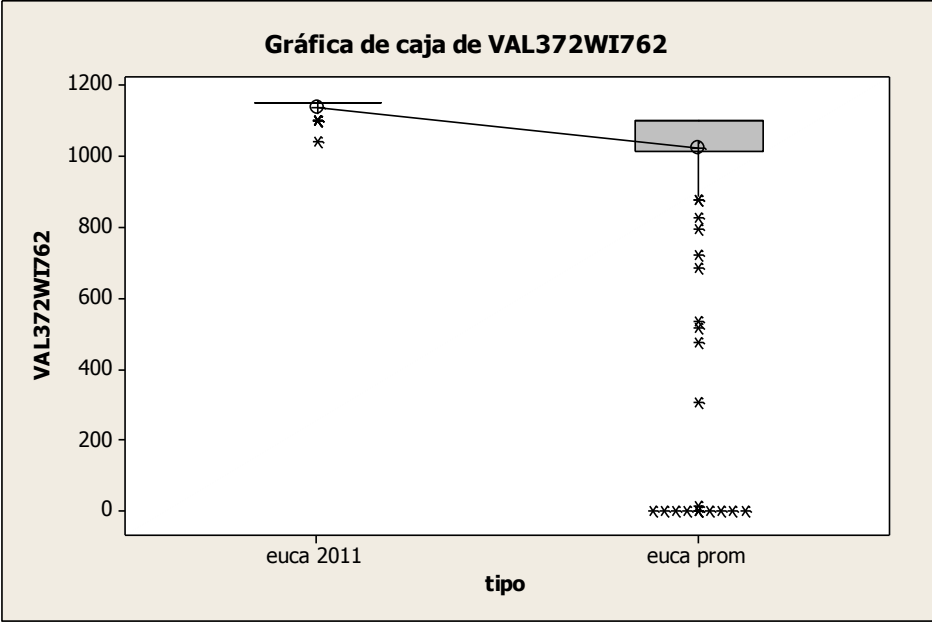
-180 -120 -60 0



**Gráfica de valores individuales de VAL372WI762 vs. tipo**



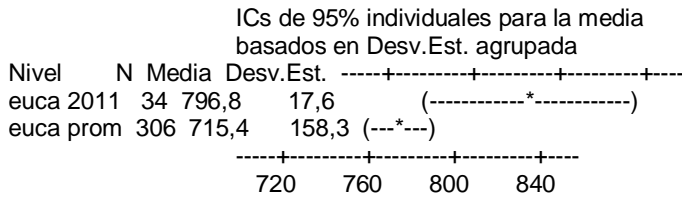
**Gráfica de caja de VAL372WI762**



**ANOVA unidireccional: VAL372WI763 vs. tipo**

| Fuente | GL  | SC      | CM     | F    | P     |
|--------|-----|---------|--------|------|-------|
| tipo   | 1   | 202796  | 202796 | 8,96 | 0,003 |
| Error  | 338 | 7654324 | 22646  |      |       |
| Total  | 339 | 7857120 |        |      |       |

S = 150,5 R-cuad. = 2,58% R-cuad.(ajustado) = 2,29%



Desv.Est. agrupada = 150,5

Agrupar información utilizando el método de Tukey

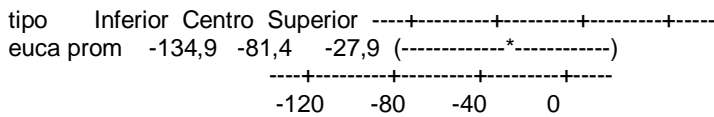
| tipo      | N   | Media | Agrupación |
|-----------|-----|-------|------------|
| euca 2011 | 34  | 796,8 | A          |
| euca prom | 306 | 715,4 | B          |

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

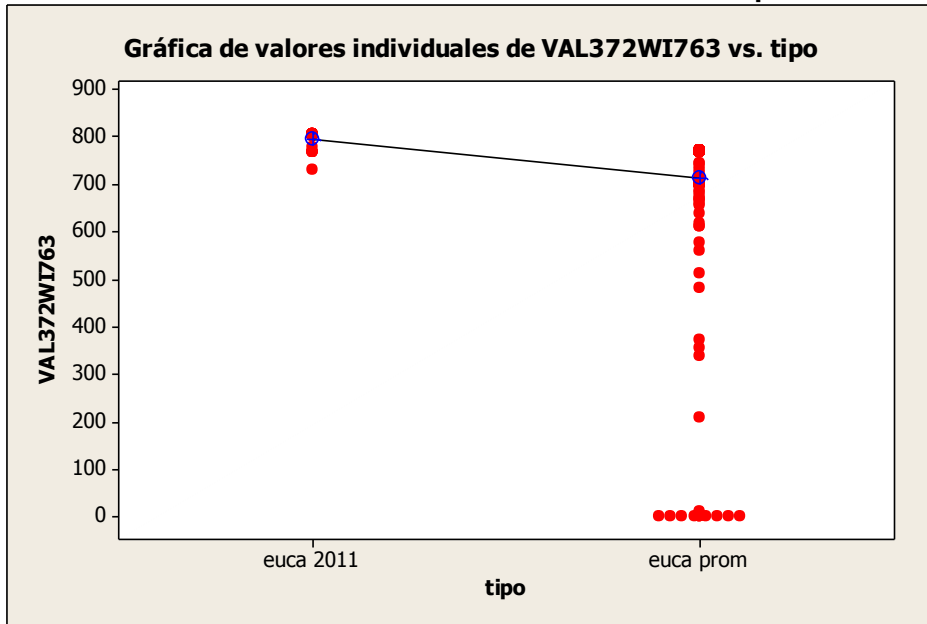
Intervalos de confianza simultáneos de Tukey del 95%  
 Todas las comparaciones de dos a dos entre los niveles de tipo

Nivel de confianza individual = 95,00%

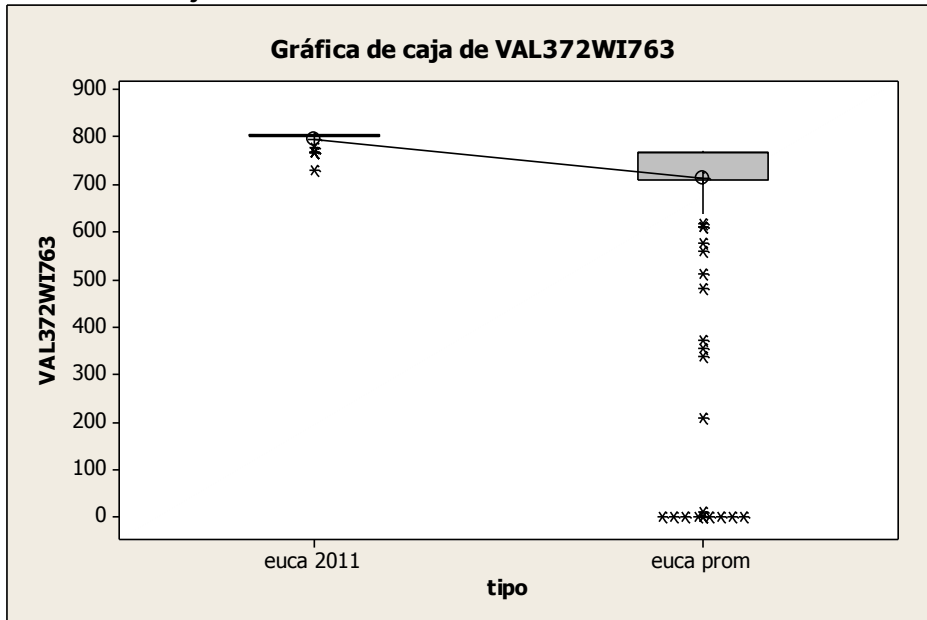
tipo = euca 2011 restado de:



Gráfica de valores individuales de VAL372WI763 vs. tipo



Gráfica de caja de VAL372WI763

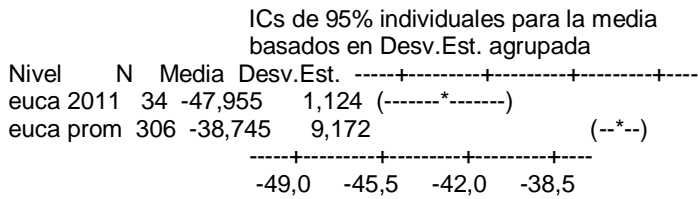


## Resultados para: Hoja de trabajo 5

### ANOVA unidireccional: VAL372PI335 vs. tipo

| Fuente | GL  | SC      | CM     | F     | P     |
|--------|-----|---------|--------|-------|-------|
| tipo   | 1   | 2596,1  | 2596,1 | 34,14 | 0,000 |
| Error  | 338 | 25700,3 | 76,0   |       |       |
| Total  | 339 | 28296,4 |        |       |       |

S = 8,720 R-cuad. = 9,17% R-cuad.(ajustado) = 8,91%



Desv.Est. agrupada = 8,720

Agrupar información utilizando el método de Tukey

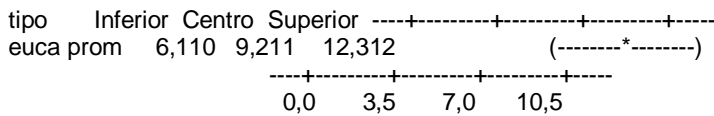
| tipo      | N   | Media   | Agrupación |
|-----------|-----|---------|------------|
| euca prom | 306 | -38,745 | A          |
| euca 2011 | 34  | -47,955 | B          |

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

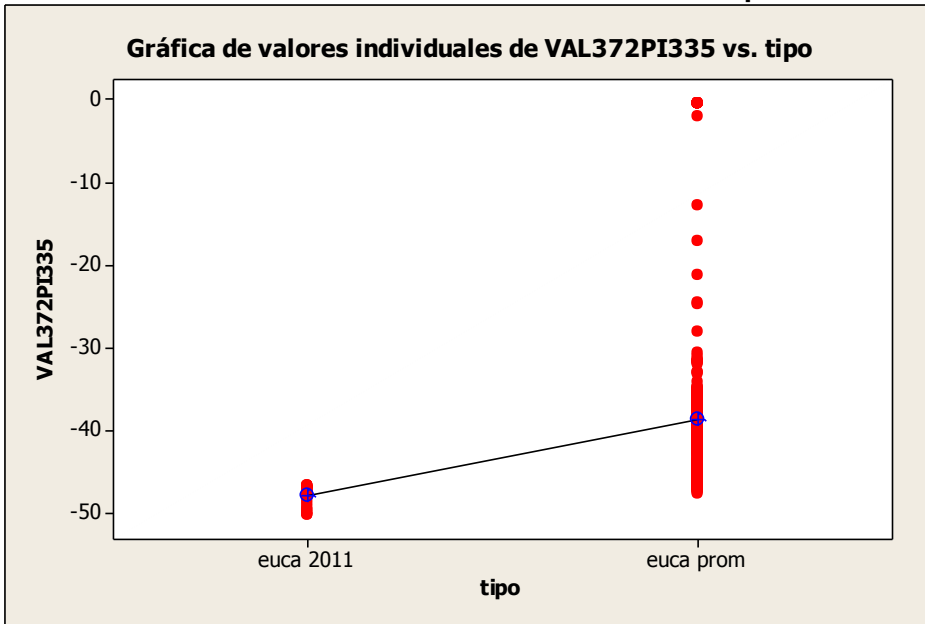
Intervalos de confianza simultáneos de Tukey del 95%  
Todas las comparaciones de dos a dos entre los niveles de tipo

Nivel de confianza individual = 95,00%

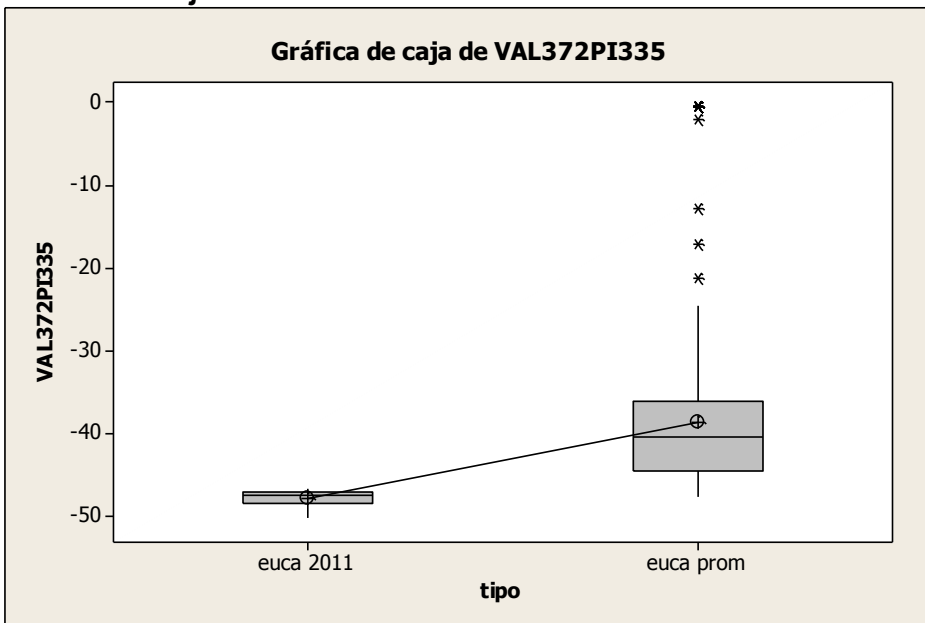
tipo = euca 2011 restado de:



Gráfica de valores individuales de VAL372PI335 vs. tipo



Gráfica de caja de VAL372PI335

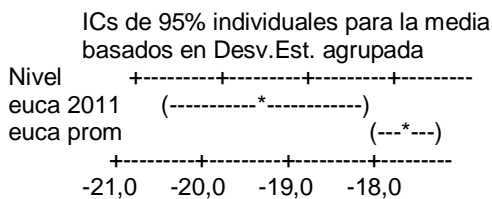


**ANOVA unidireccional: VAL372PI337 vs. tipo**

| Fuente | GL  | SC     | CM    | F     | P     |
|--------|-----|--------|-------|-------|-------|
| tipo   | 1   | 155,2  | 155,2 | 11,74 | 0,001 |
| Error  | 338 | 4466,6 | 13,2  |       |       |
| Total  | 339 | 4621,8 |       |       |       |

S = 3,635 R-cuad. = 3,36% R-cuad.(ajustado) = 3,07%

| Nivel     | N   | Media   | Desv.Est. |
|-----------|-----|---------|-----------|
| euca 2011 | 34  | -19,756 | 0,085     |
| euca prom | 306 | -17,504 | 3,827     |



Desv.Est. agrupada = 3,635

Agrupar información utilizando el método de Tukey

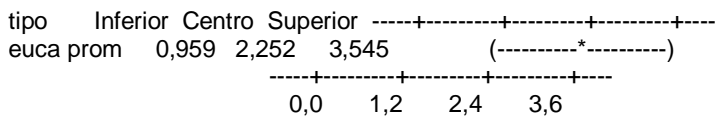
| tipo      | N   | Media   | Agrupación |
|-----------|-----|---------|------------|
| euca prom | 306 | -17,504 | A          |
| euca 2011 | 34  | -19,756 | B          |

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

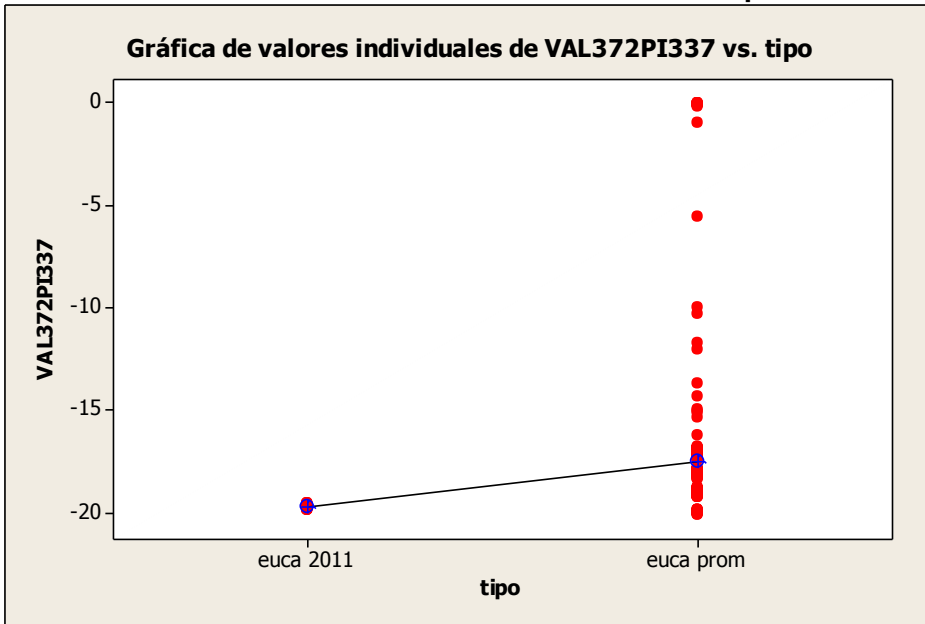
Intervalos de confianza simultáneos de Tukey del 95%  
 Todas las comparaciones de dos a dos entre los niveles de tipo

Nivel de confianza individual = 95,00%

tipo = euca 2011 restado de:



**Gráfica de valores individuales de VAL372PI337 vs. tipo**



**Gráfica de caja de VAL372PI337**

