

INTRODUCCIÓN

Antecedentes

Siendo de gran utilidad los postes de Eucalipto, dentro de los cerramientos perimetrales se buscara a través de preservación, ampliar su vida útil de la madera. El proceso de impregnación se basará en la utilización del sistema Boucherie Tradicional con cierta modificación implementando dentro de este, un equipo amplificador de presión, que vaya a reemplazar la utilización de la gravedad para este tratamiento. Intercambiando dentro del poste en estado verde, a través del desplazamiento se sustituirá la savia por el producto impregnante

La finalidad del ensayo consiste en la evaluación de la eficiencia del sistema de preservación, a través del análisis de la viabilidad y correcto funcionamiento, que será medido por los efectos proporcionados en los postes como ser: la penetración, la adsorción, la retención y el tiempo de la impregnación.

Dentro del proceso de estudio se brindará mayor énfasis de la madera de la especie *Eucalyptus camaldulensis*, dentro de la preservación por el método modificado del sistema Boucherie Tradicional, debido a que ya existen estudios sobre la madera de Eucalipto. Las sales hidrosolubles centran su preservación ante agente biodegradables, que se encuentran por la exposición de la madera a la intemperie.

El objetivo central de este ensayo consisten en la evaluación de la eficiencia del sistema de preservación por desplazamiento en postes de eucalipto (*Eucalyptus camaldulensis*) con el propósito de otorgar mayor durabilidad ante los agentes destructores de la madera. Los cuales centran su finalidad otorgar mayor durabilidad de postes en los cerramientos, ante ensayos que evaluarán la retención, penetración, adsorción y tiempo de realización en la impregnación con sales hidrosolubles (CCA- cobre-cromo-arsénico) los postes a ser utilizados corresponderán a formas cilíndricas y lo más rectos posible, realizando la extracción de plantaciones privadas, dentro del Valle Central de Tarija.

JUSTIFICACIÓN

La implementación de presión en el sistema tradicional de Boucherie, a través de una bomba hidroneumática de tipo doméstico, se realizó con éxito según la experiencia de Encinas 2005, ya que esta aporta cierta presión que ayuda en el desplazamiento de savia y su posterior reemplazo con sales hidrosolubles.

El estudio de la preservación de madera de *Eucalyptus camaldulensis*, se presenta de forma relativamente común dentro de la zona a ser estudiada, y esta cuenta con dos principales finalidades, la utilización como puntales en construcciones civiles y como postes de cerramientos.

Ante la baja economía que presenta nuestro país, se hace necesaria la búsqueda de un nuevo modelo de preservación que se presente como: un diseño sencillo, adaptable y portátil. Efectivo y de corta duración, que presente fácil aplicación que reduce costos de operación, que prolongue la durabilidad natural de la madera. En la que el promotor (productor) otorgue un mejor y mucho más valioso y duradero producto y de un bajo costo.

La impregnación que se realiza con sales hidrosolubles de tipo de CCA, reúne las características esenciales con las que debe contar un producto para prolongar la vida útil de producto final (postes), siendo este eficaz ante el ataque de organismos biológicos y de fácil fijación en la composición estructural de la madera.

Se manifiesta la utilización de postes descortezados, de los cuales es reemplazada la corteza para evitar la fuga del líquido preservante por los nudos, y aperturas laterales con la que cuenta, convirtiéndose este en un dato preciso al momento de calcular la cantidad de preservante a ser utilizado de forma efectiva.

El acelerado crecimiento de la madera de eucalipto (*Eucalyptus camaldulensis*), y su fácil adaptabilidad, promoverá la utilización de un producto impregnado en el cerramiento de áreas que así lo requieran, y disminuirá la demanda de otras especies maderables mucho más durables (maderas duras), que tienen un prolongado tiempo de desarrollo.

OBJETIVO GENERAL

Determinar el comportamiento del sistema Boucherie modificado, para la preservación de madera por desplazamiento forzado de la savia, con sales hidrosolubles tipo CCA, en postes de *Eucalyptus camaldulensis*, provenientes del Valle Central de Tarija.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Diseñar e instalar un equipo que adicione presión al sistema Boucherie tradicional
- Evaluar, el comportamiento del equipo para la impregnación con sales de tipo CCA en postes de *Eucalyptus camaldulensis*, a través del análisis de tiempo de impregnación, retención, penetración y absorción.
- Realizar ensayos en postes de *Eucalyptus camaldulensis*, con corteza y sin corteza, este ultimo impermeabilizado con pintura, misma que simule la corteza.
- Aplicar presión mediante una bomba hidroneumática para una mayor efectividad del sistema Boucherie.

HIPÓTESIS

La preservación de Eucalipto (*Eucalyptus camaldulensis*) es viable dado que esta especie se encuentra clasificada como madera blanda, por tanto puede satisfacer la penetración y reemplazo de savia con un preservante hidrosoluble de tipo CCA, lo que representará conseguir un producto de mayor durabilidad.

1. MARCO TEORICO

1.1 LA MADERA

La madera es un material biológico de origen vegetal, con una composición química variable y diferenciada estructuralmente entre especies, y de gran importancia tanto tecnológica, como industrial; utilizada desde la antigüedad en la fabricación de máquinas, muebles, herramientas y de uso combustible.

Según Vaca, (1998), la madera está formada anatómicamente por; albura, duramen, corteza, xilema, floema y cambium vascular. Su organización estructural compleja, lleva a convertir este, en un material anisótropo, de propiedades diferenciadas entre los corte vertidos en ella, como son: transversal, tangencial y radial.

1.1.1 ESTRUCTURA ANATÓMICA DE LA MADERA

La madera como materia orgánica, está formada por una serie de células, estas cuando forman parte del tronco se agrupan en otras tantas clases de tejidos adecuados para desempeñar las diferentes funciones que tienen el árbol vivo. Cada especie de madera tiene una forma de tejido especial, siempre constante, dentro de la misma especie, esta forma especial de tejido se llama “plan leñoso”. El cual regula la estructura de cada especie, permitiéndolas identificarlas. (Diéguez J.M. 1976) citado por Donaire, (2000).

Las células que forman la madera, en su mayoría, son cilíndricas o prismáticas, alargadas paralelamente en el eje del árbol y están constituidas por una pared celular que se encierra en una cavidad llamada lumen. (Camacho, 2009).

Durante el desarrollo de un árbol, denota en él, la aparición de radios tanto en su parte central, como así la externa, si se ejecutara en él un corte transversal, fácilmente podrían distinguirse dos importantes zonas: la albura y el duramen.

La zona central con el paso de los años, y después de cumplir con el desarrollo, y al desistir de su funciones de transporte, se convierte en el elemento de sostén para el

individuo, la cual se denominado duramen. Por otro lado el crecimiento y desarrollo sigue su curso, generando y ejecutando el transporte de nutrientes y agua, para su desarrollo de manera externa, incrementando el diámetro en este, esta zona es conocida como albura.

Estas zonas al ser complejas, varían en su composición y distribución celular, pueden presentarse de manera variable, dependiendo principalmente a la especie que pertenezcan. Se muestran naturalmente porosas y en su gran mayoría de formas cilíndricas y alargadas, se pueden clasificar estructuralmente en dos grandes grupos: latifoliadas y coníferas.

Las especies pertenecientes al grupo de las latifoliadas, cuentan con una estructura celular compleja, constituidas por fibras, vasos, canales gomíferos y parénquima.

Estos primeros son células alargadas y agrupadas en haces, provistas de puntuaciones que facilitan el paso de los nutrientes.

La fibra es el componente principal del volumen total de la madera, siendo este el 50%, este a su vez otorga mayor densidad por su presencia cuando existe mayor porcentaje de en la composición de la madera.

Los vasos, son elementos de conducción de agua y sales minerales, se presentan de forma tubular y están anexados por los extremos generalmente abiertos, estos pueden alcanzar hasta un 50% del volumen total de la madera.

Mientras las células parenquimatosas, funcionan como centros de almacenaje de nutrientes y a su vez de transporte, tanto en sentido transversal como en el longitudinal.

Unas de las células especializadas, son los canales gomíferos, ubicados longitudinalmente o en su defecto dentro de los radios, estos pueden variar entre especies ya que no existen en todas.

Mientras que las coníferas, están conformadas de un 80-90% por traqueídas, que están distribuidas en sentido longitudinal, al eje del árbol, alargadas y fusiformes, cumplen la función de transporte de sustancias alimenticias dejando pasar líquidos a

través de ellas; de estructura leñosa la sirve de sostén al árbol; las células son de mayor longitud, mismas que van desde 2-5 mm de dimensión y alcanzar hasta 75 veces mayor que la magnitud de su diámetro.

Las células parenquimáticas son menores que las traqueídas tanto en longitud, como grosor, estas por su parte forman canales transversales a eje del árbol, cumplen la función de transporte de nutrientes desde la corteza hacia la médula.

Los canales resiníferos, por su lado son rodeados de un tejido parenquimatoso especial, para efectuar el transporte de ciertas sustancias tales como resina, propiamente dicho.

Se debe mencionar también, que los contenidos celulares de la madera reaccionan con algunas sustancias químicas, dando lugar a precipitaciones insolubles que disminuyen o impiden la penetración de líquidos en el material al ser preservado, sobre todo si estos precipitados se producen rápidamente. Existen maderas que por su naturaleza tienen un alto peso específico o baja porosidad y cuyos conductos se hallan taponados por gomas y resinas, esto determina que la madera impida la penetración de líquidos y se hace más difícil la preservación del material. (Vaca, 1998).

1.1.2 COMPOSICIÓN DE LA MADERA

La madera está constituida principalmente por celulosa, lignina y hemicelulosa, estos materiales tienen naturaleza de polímeros, y están constituidos por unidades químicamente unidas entre sí. (Tuset y Duran, 1981).

Cuadro N° 1: Composición Química de la Madera

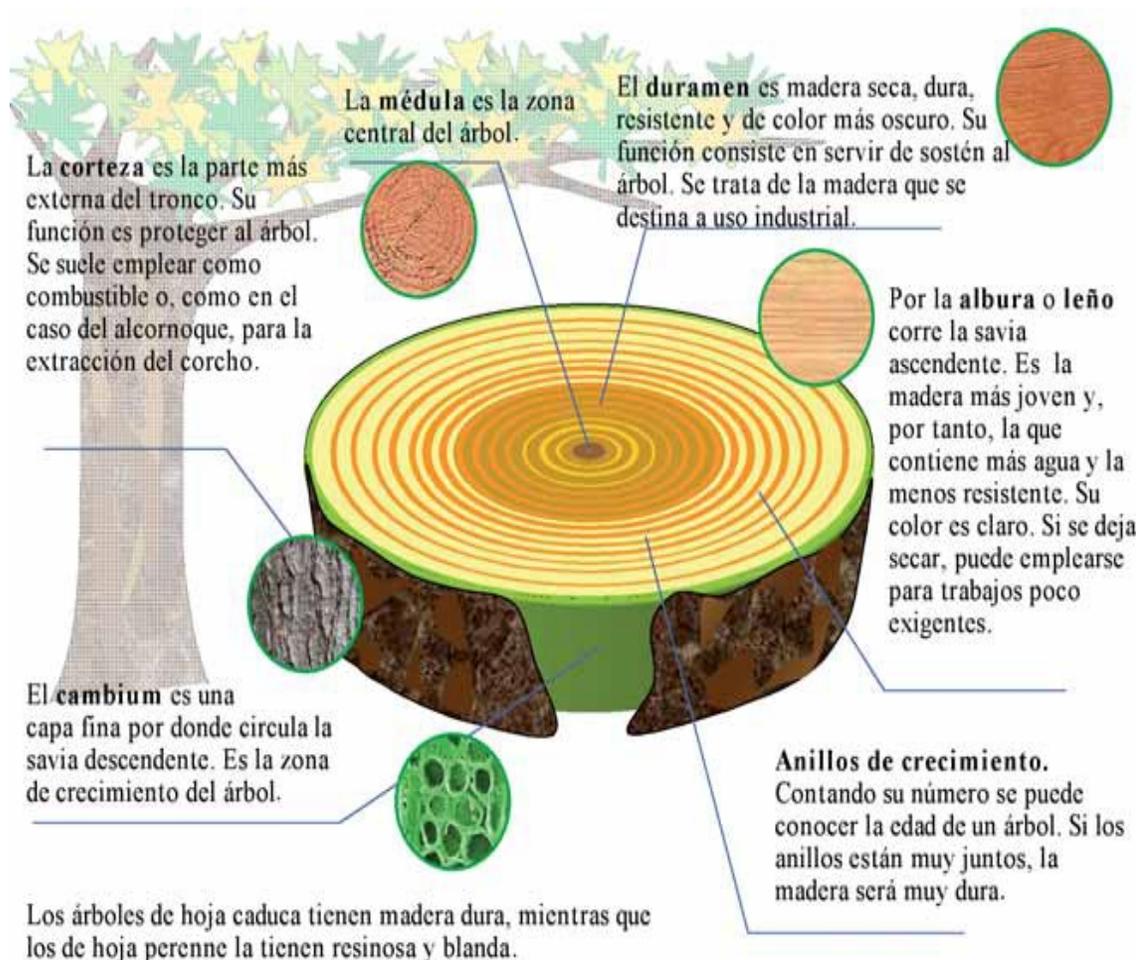
Fuente: (Camacho, 2009).

Componente	Latifoliadas (%)	Coníferas (%)
Celulosa	42-51	40-42
Hemicelulosa	23-36	23-31

Lignina	19-24	37-33
----------------	-------	-------

La madera está formada por fibras de celulosa, sustancia que constituye el esqueleto de los vegetales, y por lignina, sustancia que le proporciona rigidez y dureza. Un tronco de árbol está formado por un 60 % de **celulosa**, un 30 % de **lignina** y el resto, por agua, resinas, almidón, taninos y azúcares.

Figura N°1: Partes de la Madera (tronco)



La celulosa es un polisacárido compuesto de azúcares y su base es la glucosa. La hemicelulosa también es un polisacárido, pero a diferencia de la celulosa contiene más de un tipo de azúcares, como arabinosa, manosa, y xilosa. En contrario la lignina que no es un polisacárido sino basada en derivados del benceno. (Camacho, 2009).

La celulosa y hemicelulosa conforman casi tres cuartas partes de la composición de la madera, siendo fácilmente convertidas en azúcares y constituye con los almidones la principales fuentes de alimento para los hongos e insectos destructores. La lignina siendo un componente más insoluble en la madera, es también transformada en alimento únicamente por ciertos hongos destructores.

1.1.3 DURABILIDAD NATURAL DE LA MADERA

La durabilidad natural que la madera posee, puede entenderse como la cualidad que desarrolla esta, para resistir a exposiciones tanto físicas, como biológicas. Qué bien podrían deteriorarla y destruirla. Esta puede presentarse en mayor grado en el duramen, ya que las células de esta zona, se lignifican y entre los espacios celulares, son depositados algunas sustancias que impiden el ataque de organismos biológicos.

Mientras que en la albura se supone, que fisiológicamente carece de esta cualidad, y al estar en la zona externa se supone esta aun más expuesta a la anterior. Dicha durabilidad natural, también sienta relación a el tipo, la zona y el ambiente de servicio que llega a otorgársela, el ataque podría incrementarse al tener contacto directo con el suelo. Y este a su vez obedece a cierta variación dentro de las propiedades propias de la madera, como ser diferencias entre especies, incluso dentro de la misma especie entre distintos individuos o dentro del mismo, estas variaciones existen por características naturales de la formación de madera, tales como la densidad.

Un concepto más general de durabilidad natural incluye la resistencia del material leñoso tanto al ataque de organismos vivos (hongos, insectos y horadadores), como la resistencia al deterioro por desgaste mecánico y producto de diversas condiciones ambientales (Cartwright, 1958) citado por Guevara y LLuncor, (1993).

En la NORMA BOLIVIANA NB107003, la durabilidad natural se presenta en cinco categorías (Cuadro N°2), en relación a la vida útil, bajo condiciones favorables para el desarrollo de hongos de pudrición y de insectos, en las maderas comerciales.

Cuadro N°2: Durabilidad de la Madera

Fuente: IBNORCA (2011)

<i>Categoría</i>	<i>observaciones</i>
1.- muy durables	Madera cuya vida útil esperada es superior a los 20 años
2.- durables	Con maderas cuya vida útil es superior a los 15 años
3.- moderadamente durables	Cuya vida útil es superior a los 10 años
4.- poco durables	Cuya vida útil es superior a los 5 años
5.- no durables	Cuya vida útil es inferior a los 2 o menos años

1.1.4 DURABILIDAD ADQUIRIDA DE LA MADERA

La capacidad otorgada por parte de preservante hacia la madera, da como resultante la extensión de su durabilidad, hecho que se consolida a partir, de la respuesta que presenta el elemento maderero a ser preservado, lo que implicaría la facilidad en el desplazamiento y la fijación del preservante al interior de la madera. Este elemento maderero por su naturaleza, presenta diferentes adquisiciones, que desde luego tiene influencia el tipo de preservante seleccionado en la utilización de ciertos procesos de protección, tanto preventiva, como así curativa (Encinas,2005), de manera muy general, solo la albura tiene la capacidad de adquirir esta durabilidad, por las propiedades fisiológicas, que esta presenta, pues el desplazamiento en esta zona otorga mayor facilidad en el desplazamiento de liquido impregnante en su interior y a su vez incrementa la oportunidad de fijación de producto preservante en su interior.

En los tratamientos preventivos se encuentran los tratamientos decorativos, que cumplen doble misión, que es proteger y decorar al mismo tiempo las maderas. Dieguez, 1988, citado por Camacho, (2009).

1.1.5 PROTECCIÓN Y CONSERVACIÓN DE LA MADERA

Los preservantes son sustancias químicas que aplicadas convenientemente a la madera pueden proteger de manera temporal preventiva, y/o definitiva, aumentando la durabilidad de la misma. Para que ello ocurra, no solo se debe seleccionar cuidadosamente los protectores y preservantes, sino también las tecnologías, sistemas y procesos técnicos de tratamiento adecuados. (IBNORCA, 2011).

Como las maderas no presentan igual incidencia de ataque de los agentes destructores, se debe introducir en su interior un producto que incremente su vida útil. Por tanto debe considerarse, que la protección de está, resulta ser algo común, pues todo material requiere de cuidado. El principal objetivo es ampliar el servicio de la madera, a través del uso de los agentes preservantes que permitan su exposición a una variedad de condiciones de servicio.

Cada especie presenta distintos comportamientos, en la fijación y retención de productos en si interior. Los distintos sistemas de preservación, con la excepción del de difusión, utiliza como vehículo el agua que contiene la madera, y otros propios para su fijación, cabe mencionar desde luego que la cantidad de producto que entra en la pieza, se encuentra relacionada con su estructura anatómica como: dimensión, la forma y el número de células por unidad de volumen. Estos son factores que reflejan la habilidad de las mismas para transportar líquidos. Como se menciona anteriormente la albura presenta mayor facilidad y mejor comportamiento para ser impregnada.

En los tratamientos preventivos se encuentran los tratamientos decorativos, que cumplen doble misión, que es proteger y decorar al mismo tiempo las maderas. Dieguez, 1988, citado por Camacho, (2009).

1.2 AGENTES DE DETERIORO DE LA MADERA

Los agentes de deterioro, tienen diferentes orígenes. Por lo que es fácil entender que por ningún motivo pueda atribuirse, el origen de este a solo uno de ellos, Sino mas

bien por la interacción de estos, pueden presentarse de manera conjunta, relacionándose entre sí. Y no se puede referir como un determinado agente de deterioro.

Por la capacidad y diversas maneras de ataque, que poseen estos agentes estos pueden ser originados por causales no biológicas (químico, mecánico, ambiental) y también por organismos biológicos (hongos, bacterias, insectos).

1.2.1 DETERIORO DE LA MADERA POR CAUSALES BIOLÓGICAS

A causa de su naturaleza orgánica, la madera, está expuesta a numerosos agentes de deterioro biológico. La frecuencia e intensidad de estos dependen de las condiciones en que se encuentre la madera. En todo caso, se establece una sucesión de agentes biológicos de deterioro en función del contenido de humedad. Esto es válido desde el árbol en pie hasta la madera en servicio. Guevara y LLuncor, (1993).

• HONGOS LIGNÍCOLAS

Los hongos lignícolas son los principales enemigos de la madera. Cartwrigth (1960) distingue particularmente a los hongos propiamente xilófagos, capaces de disolver enzimáticamente la pared de las células leñosas. Aunque la mayoría pertenecen a la clase Basidiomycetes, también pueden causarlo especies de la clase Ascomycetes, especialmente en maderas con alto contenido de humedad y/o escasa disponibilidad de oxígeno.

• INSECTOS LIGNÍCOLAS

Existe una serie de insectos lignícolas que invaden la madera en busca de alimento o lugar de incubación. Económicamente importantes, tanto como por la frecuencia como por el grado de deterioro que ocasionan, son los termites. Son insectos sociales que constituyen colonias organizadas funcionalmente. Una vez invadida la madera, practican galerías internas, reduciendo la resistencia, hasta la total destrucción. Son

frecuentes en zonas de clima cálido-húmedo. Se distinguen los termites subterráneos (*Rhinotermitidae*), no subterráneos o de madera húmeda (*Kalotermitidae*) y de madera seca (*Termitidae*).

1.2.2 DETERIORO DE LA MADERA POR CAUSALES NO BIOLÓGICAS

Para evitar el deterioro de la madera que producen los agentes destructores, se ve por conveniente el aplicar preservantes, que conlleven a la ampliación de su longevidad, dentro de los procesos de deterioración y las causas que favorecen a dichos agentes destructores. JUNAC, (1998).

- **Temporización o meteorización**

Las continuas fluctuaciones de temperatura y humedad por ejemplo causan la contracción o hinchamiento de las capas superficiales de la madera, lo que trae como consecuencia la formación de pequeñas grietas y su posterior desfibramiento,

El viento arrastra partículas de polvo y arena que golpean a la madera contribuyendo también a su desgaste, existe una acción química donde intervienen el oxígeno del aire y la acción de los rayos solares

- **Fuego**

Cuando una madera se calienta, el calor se consume rápidamente, debido a la reacción endotérmica que se produce; pero a partir de 250°C se inicia una reacción exotérmica con una rápida elevación de temperatura, que favorece la combustión y la formación de gases inflamables que contribuyen a la destrucción total del leño.

- **Radiación solar**

Degrada la madera de dos maneras:

- a. **Calentamiento:** Por rayos infrarrojos produce un aumento de la temperatura en las superficies expuestas, provocando grietas y el acceso de agentes bióticos, afloración de resinas, contracción e hinchamiento.

- b. **Fotodegradación:** Producida por rayos ultravioletas que degradan la madera descomponiendo la celulosa, provocando fisuras y pérdida de sustancias, la que es arrastrada por el agua de lluvia. Provoca cambio de color y de textura. Mayor degradación en madera de primavera y albura.

1.3 PRESERVACIÓN DE LA MADERA

La preservación consiste básicamente en incorporar a la madera las sustancias químicas adecuadas para controlar el alimento de los agentes biológicos y/o degradantes, prolongando de esta manera la duración de este material.

El método o proceso de aplicación que se tenga con el preservante tiene mucha importancia en el resultado del tratamiento. Para el éxito de la preservación, es necesario que la madera contenga una cantidad adecuada de preservante para el uso que se le desea dar. Sin embargo es necesario resaltar que hasta la fecha no se ha logrado idear un método práctico para preservar que se garantice la penetración profunda y uniforme en todas las especies y a un costo razonable.

1.3.1 CARACTERÍSTICAS DE UN PRESERVANTE

Para que una sustancia química pueda ser reconocida como preservadora de la madera, debe reunir las siguientes características que acrediten como tal. según el establecimiento de los requisitos que deben cumplir basados en la NORMA BOLIVIANA 107003.

- **Toxicidad**

Los preservantes deben transformar la madera en un material repelente o venenoso para los organismos xilófagos que puedan desarrollarse o vivir en su interior. Para que el producto o la combinación de productos químicos ejerzan su acción letal en forma permanente o prolongada, deben ser solubles en los líquidos de los agentes de destrucción.

- **Penetrabilidad**

Es la profundidad que alcanza un preservante en la madera por efecto de un determinado proceso de tratamiento, factor que depende del grado de viscosidad del producto químico.

- **Permanencia**

Los componentes tóxicos que poseen los preservantes deben ser de tal naturaleza que puedan fijarse en la madera en forma permanente por muchos años.

- **Inocuidad**

Los preservantes deben ser seguros de manejar siguiendo las instrucciones de los fabricantes y normas de prevención y seguridad básica.

- **No Corrosiva**

Los preservantes no deben ser corrosivos para los herrajes y quincallería.

- **No Combustible**

Característica que el preservante no debe aumentar el poder de combustión en la madera.

- **Fácil de Aplicar**

Los preservantes no deben ofrecer dificultades para su incorporación en la madera.

- **Permitir Acabados**

Los preservantes no deben interferir en los acabados que se realicen en la madera tratada.

- **No Fitotóxicas (solo en productos especiales)**

La madera impregnada para ciertos usos finales no debe afectar por exudados de los productos (juguetes de madera, mueblería infantil, contenedores de alimentos o soportes o tutores de productos agrícolas como: tomate, pimiento, maracuyá, vid, etc.).

1.4 MÉTODOS Y SISTEMAS DE PRESERVACIÓN

Los tratamientos se agrupan en dos categorías, en profilácticos y de preservación.

Los métodos profilácticos conservan la calidad de la madera por un tiempo relativamente corto antes de ser procesadas, aserradas, y secadas.

Entre los métodos de preservación que protegen la madera a largo plazo se tienen los siguientes procesos:

a) Procesos sin presión b) Procesos a presión c) Procesos Especiales

1.4.1 Procesos sin presión

Los métodos y procesos que durante el tratamiento, no cuentan con un sistema de presión son:

Brochado	Inmersión en caliente
Pulverización	Ascensión simple
Inmersión en frío	Ascensión doble
Inmersión instantánea	Baño caliente – frío

- **Brochado y Pulverizado**

Son métodos sencillos en los que se aplican sustancias tóxicas a la madera ya instalada o a puesta en servicio y utilizada en construcciones, se logran penetraciones pequeñas y los productos más utilizados son los oleosolubles, es necesario aplicar dos a tres veces para cubrir totalmente la superficie, al manipular el producto para proteger la madera se debe tener mucho cuidado.

- **Inmersión en frío**

En este método se presentan dos modalidades:

*Utilización de preservadores
oleosolubles y oleosos.*

*Empleo de preservadores
hidrosolubles*

En ambos casos el método, consiste en sumergir las piezas de madera en un recipiente apropiado, de modo que puedan quedar las piezas totalmente cubiertas con el producto o sustancia química.

- **Inmersión instantánea**

Este método también consiste, en sumergir a la madera en estado verde en un recipiente que contiene la solución preservante hidrosoluble, luego de este proceso, es necesario colocar a las piezas tratadas una cubierta de plástico u otro material para evitar la evaporación y permitir que el preservante se difunda dentro de la madera. El tiempo está relacionado con el tamaño de la pieza, la retención del preservante en la superficie de la madera mejorará si dicha superficie no ha sido cepillada, la difusión del preservante estará sujeto a varios factores: espesor, contenido de humedad, peso específico de la madera, concentración de la solución, tiempo y coeficiente de difusión.

Generalmente se utilizan mezclas químicas de bórax y ácido bórico, a concentraciones de 20-30 % y se logra una mayor cantidad de radicales activos, proporcionando una mayor efectividad en la protección de la madera.

Es necesario tomar ciertas precauciones, como el de no cepillar las superficies tratadas, utilizar maderas menos densas.

- **Inmersión en caliente**

Generalmente este proceso se efectúa en maderas que se utilizarán para la construcción y consiste en sumergir las piezas dentro de un tanque conteniendo una solución caliente de compuestos de boro con una concentración de 3 a 6% de equivalente en ácido bórico, durante la inmersión, el preservante se difunde dentro de la madera, el tiempo de inmersión varía de acuerdo a factores como concentración de la solución y dimensión de las piezas.

- **Ascensión simple**

Es un método que consiste en colocar postes con extremos gruesos dentro de un tanque conteniendo solución de una sal o una mezcla de sales hidrosolubles, para la realización de un tratamiento correcto, es necesario que el contenido de humedad sea alto, el reactivo asciende por capilaridad favorecida por la evaporación del agua de la madera.

La duración del tratamiento varía en función a la temperatura, dimensiones y densidad.

Para lograr un tratamiento efectivo debe estimarse de 5 a 10 días y el proceso es de bajo costo y un mínimo de requerimiento de equipos necesarios. La protección es muy limitada en la madera, no es uniforme el tratamiento, las condiciones no son fácilmente contables, algunos preservantes tienen propiedad de ser lixiviables y disminuyen el tiempo de eficiencia del tratamiento.

- **Ascensión doble**

Este tratamiento es similar al anterior con la diferencia de que el proceso se repite dos veces cambiando de preservante, se utiliza madera verde descortezada. La eficiencia de este método está relacionada con las sustancias químicas empleadas y se puede obtener una buena protección.

- **Baño caliente – frío**

Para la aplicación de este método, la madera debe ser descortezada, con un contenido de humedad no mayor a 30%, se utiliza preservantes oleosos u oleosolubles durante un tiempo determinado que dependerá de la especie, del tipo de solución y dimensiones de la madera, y la temperatura que debe estar entre 80 a 100 °C. sin poner en peligro la marcha de la operación o la eficacia del preservante utilizado. Las

sales hidrosolubles no son adecuadas para este tratamiento, porque se descomponen al calentarlas por encima de los 45°C.

Al calentarse la madera, el aire contenido en el interior se expande y sale de ella, luego durante el enfriamiento se produce el vacío parcial que favorece la penetración e incrementa la absorción del preservante.

1.4.2 Procesos a presión

Este tipo de procesos permiten regular las condiciones del tratamiento y es posible variar la penetración y retención del producto para satisfacer las exigencias de la utilización de la madera.

Son instalaciones costosas, el equipo de impregnación donde se requiere una gran producción que justifique la inversión realizada, pero a la vez son métodos que proporcionan una protección a la madera. Entre los tratamientos con presión en autoclave se destacan los siguientes:

Bethell

Rueping

Lowry

Una planta a presión consiste en bombas, válvulas, reservorios de almacenamiento, de mezcla, equipo de control, autoclave o cilindro de impregnación.

- **Proceso de Bethell o Célula Llena**

Este proceso, es el más conocido y empleado en la industria de la impregnación, patentado en 1838 por John Bethell, permite inyectar a la madera la mayor cantidad de solución preservante en la zona tratada. La madera debe presentar ciertas características, como ser contenido de humedad de 25 - 28%, libre de corteza, tener buena terminación cubicada y pesada.

Se inicia el proceso cuando la madera es introducida al autoclave con un vacío de 0.60 kg./cm² para la eliminación del aire contenido en la madera y en el cilindro, por un tiempo de 15 a 20 minutos de acuerdo a la especie. Seguidamente la admisión de la solución hasta llenar completamente el cilindro.

Luego se aplica presión (del orden de 8 a 14 kg./cm²) cuya duración depende de la especie a tratar. Se va midiendo la cantidad de preservante que penetra, manteniendo una presión constante hasta la retención deseada. Terminada la impregnación, se devuelve la solución al tanque de almacenamiento. Finalmente la aplicación de un período de vacío para la recuperación del exceso de preservante.

- **Proceso Rueping**

Generalmente este proceso es empleado para soluciones oleosolubles, tiene como característica principal la aplicación de una presión preliminar de aire a la madera antes de inyectar el preservante caliente oleosoluble, esta presión inicial suele ser de 4-5 kg./cm², llenando el autoclave con el producto químico, de manera que el aire inyectado quede aprisionado en la madera.

La penetración del producto es mediante la aplicación de una presión mayor, hasta obtener la absorción deseada comprimiendo aún más el aire que había quedado en

la madera. Finalmente se disminuye la presión; se vacía el autoclave y se somete la carga a un vacío final.

- **Proceso Rueping Mejorado**

Las modificaciones que han sido realizadas en este proceso consisten en el calentamiento rápido de la madera a una temperatura de 100°C. , manteniéndose por un período de 2 horas a una presión de 4 bar. El proceso doble se inicia una vez garantizado el calentamiento completo de la carga de madera.

Cuando se disminuye la presión, se expande el aire comprimido en la madera y expulsa una cantidad considerable de preservante. También se conoce con el nombre de proceso de célula vacía.

- **Proceso Lowry o Célula Vacía**

Este proceso también es denominado de célula vacía al igual que el Rueping, sus absorciones son relativamente bajas, son muy útiles para preservar madera permeables, no se hace presión inicial con el método Bethell, sino que una vez colocada la madera en el cilindro de tratamiento, se llena con la solución a presión atmosférica, se eleva la presión a 10 -12 kg./cm² manteniendo a cierto tiempo, luego se bombea el preservante al tanque de almacenamiento y se hace el vacío final, para luego recuperar el exceso de líquido y secar la superficie de la madera.

1.4.3 Procesos Especiales

Método Boucherie

También existen varios procesos de impregnación que se utiliza con algún tipo de presión, el más generalizado es el ideado por M.A. Boucherie, exclusivo para la protección de la albura en la madera rolliza y en estado verde. El tiempo de procedimiento es variable, consiste en reemplazar la savia de la madera por una solución de sales hidrosolubles, con un equipo sencillo que consta de un

recipiente instalado a 7 ó 10 m. de altura, colocado sobre una torre y con la cañería matriz que conecta a los casquetes de tratamiento.

Cada poste que se va a tratar debe conservar su corteza, colocado sobre soportes inclinados con la base más elevada, para facilitar el desplazamiento de la savia. Después de haber realizado el tratamiento se debe estacionar la madera para la fijación de las sales. Existen algunas limitantes de este proceso como ser el peligro de rajaduras después del tratamiento, la determinación del tiempo empleado, influencia de la temperatura y peligro de contaminación.

1.5 TIPO DE PRESERVANTE A SER UTILIZADO

PRESERVANTES DE MADERA CCA **OSMOSE K 33 TIPO – C** insecticida-fungicida

Grupo Químico: Trióxido de cromo pertenece al grupo químico de los compuestos inorgánicos del Cromo, Óxido Cúprico pertenece al grupo químico de los compuestos de Cobre, y el Pentóxido de Arsénico pertenece al grupo químico de los compuestos inorgánicos del Arsénico.

Cuadro N° 3 Composición de Preservante Osmose K33

Fuente: Osmose, 2011

Composición	
Trióxido de Cromo*	28,5 % p/p 285 g/Kg ≈ 703 g/l
Oxido Cúprico**	11,4 % p/p 114 g/Kg ≈ 281 g/l
Pentóxido de Arsénico***	20,1 % p/p 201 g/Kg ≈ 496 g/l
Coformulantes c.s.p.	100% p/p
*Equivalente a	14,8 % p/p 148g/Kg de Cromo
**Equivalente a	9,1 % p/p 91 g/Kg de Cobre
***Equivalente a	13,1 % p/p 131 g/Kg de Arsénico

Incompatibilidad: Este producto no puede ser mezclado con otros preservantes de madera.

Fitotoxicidad: No corresponde.

Período de carencia: No corresponde.

Descripción del producto:

Este producto es efectivo contra hongos descomponedores (Coniophora olivácea, Trametes versicolor, glocephillum trabeum, Serpula lacrymans); xilófagos marinos (Teredo y limnoria tripunctata); insectos xilófagos (insectos larvarios e insectos sociales)

La madera tratada está superficialmente seca luego del proceso de impregnación, sin embargo es aconsejable encastillarla para lograr su secado completo por un período mínimo de 48 horas.

Esta labor debe realizarse con equipo de protección para evitar el contacto directo con la madera recién tratada.

La Sal de impregnación CCA, debe ser utilizada en tratamientos a vacío – presión. Estos tratamientos requieren que la madera esté limpia y seca (25 a 28% de contenido de humedad), para que pueda absorber el preservante.

Para preparar la solución real de tratamiento se debe mezclar este producto con agua en una concentración entre 2 y 4% que varía según las necesidades de retención. Este producto no debe ser utilizado sin dilución previa en agua.

Es recomendable que la puesta en servicio de la madera tratada sea después de 7 días de finalizado el tratamiento.

Precauciones de uso:

Producto muy peligroso para personas y animales. Debe ser manejado sólo por personal capacitado.

Evite el contacto del producto o la solución con ojos y piel.

Durante la manipulación del producto es obligatorio el uso de elementos de protección personal, utilizar botas y guantes de goma, overol impermeable, delantal impermeable, máscara con filtro y antiparras.

Precaución medioambiental:

El producto es tóxico a aves, peces, abejas y otros organismos silvestres, no verter en cursos ni fuentes de agua.

En el caso de derrame accidental del producto, se recomienda cubrirlo con 50 kg de cal o 180 kg de cemento por cada 100 kg de la sal de impregnación CCA concentrada al 60%.

1.6 DESCRIPCIÓN DE LA ESPECIE EN ESTUDIO**1.6.1 DESCRIPCIÓN**

Árbol siempre verde que puede alcanzar 40-60 m de altura, con copa amplia y el tronco muy grueso, con la corteza lisa, de color blanco con tonos marrones o rojizos y que se desprende en placas con los años. Hojas alternas, colgantes, pecioladas, de color verdegrisáceo, algo coriáceas. Las juveniles de ovadas a anchamente lanceoladas, y las adultas linear-lanceoladas, de 8-30 cm de longitud, con la punta algo torcida. Inflorescencias en umbelas de 7-11 flores en forma de copa con numerosos estambres de color blanquecino-amarillento. Florece en abril-julio. Fruto en cápsula cupuliforme con opérculo puntiagudo de 5-8 mm de longitud. (Ojeda y Mesa, 2008).

La representación, en cuanto a su clasificación taxonómica presentada por Camacho, 2009, indica:

<i>Reino:</i>	Vegetal
<i>Phyllum:</i>	Teleomorphytae
<i>División:</i>	Tracheophytae
<i>Subdivisión:</i>	Angiosperma
<i>Clase:</i>	Dicotiledónea
<i>Orden:</i>	Multiflorales
<i>Familia:</i>	Myrthaceae
<i>Subfamilia:</i>	Leptospermoidea
<i>Tribu:</i>	Leptopemeaeae
<i>Subtribu:</i>	Eucalypinae
<i>Género:</i>	<i>Eucalyptus</i>

Especie: **camaldulensis Den.**

Nombre Botánico: *Eucalyptus camaldulensis*

1.6.2 BIOLOGÍA Y ECOLOGÍA

Árbol longevo, puede alcanzar varios cientos de años. Reproducción por semillas y también rebrota de cepa, la semilla puede germinar incluso después de su madurez, produce miles de semillas en función al tamaño que este alcanza. Puede lograr su madurez sexual a partir de los 5-10 años. Ofrece gran resistencia a la sequía, soporta suelos pobres (incluyendo la presencia de cal, aunque su exceso produce clorosis) resistente ante encharcamientos y se adapta climas marítimos. Presenta una tolerancia que va desde los -5°C, si las heladas no son muy fuertes y alcanza fácilmente los 40°C en zonas cálidas.

1.6.3 HÁBITAT

Naturalmente se encuentra ampliamente distribuida en Australia, comúnmente en zonas ribereñas, ya sean permanentes o estacionales. De preferencia se encuentra en suelos de arcilla gris en zonas eventualmente sujeta a inundaciones. También en los márgenes arenosos de arroyos y cursos de agua. Los que bien pueden ser temporales o continuos.

1.6.4 REQUERIMIENTOS AMBIENTALES

Es una especie heliófila que requiere plena exposición para un crecimiento satisfactorio. Prefiere la humedad edáfica aunque resiste bien la sequía (en su área de distribución natural se le encuentra en zonas con precipitaciones desde 200-1.250mm), lo que se debe a su extraordinario sistema radicular. Se dan en el mundo plantaciones exitosas de la especie en zonas con precipitaciones. Ojeda y Mesa, (2008).

1.6.5 CARACTERÍSTICAS ORGANOLÉPTICAS

Color: Cuenta con una pronunciada diferencia de madera, entre en color de su duramen (castaño-rojiso), ubicado en la parte central y el de su albura de tono u tanto amarillesca.

Olor y Sabor: Indistintamente perceptible, por lo que se considera “ausente”.

Grano: En cuanto al grano (dirección de las fibras), puede presentarse como (grano derecho a ligeramente entrelazado) y (derecho a entrelazado); lo que podría acarrear problemas en su industrialización (trabajabilidad).

Veteado: En general es suave, pero según el corte que se ejerza, se pueden obtener variantes de veteados (tipos acaobado, jaspeado, o floreado).

1.6.6 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

Densidad o peso específico: el *E. camaldulensis* se ubica dentro del grupo de maderas "pesadas" (750-1000 kg/m³), aunque se debe mencionar que existen grandes variaciones dentro de la misma especie, como así también en un mismo individuo (albura y duramen). TINTO, 1991, citado por Sánchez, (1991.)

Dureza: En correlación con su densidad, al considerarse como pesado se clasifica a este como "duro".

Contenido de humedad: Frecuentemente, la madera recién cortada, supera el 100% de humedad, es decir que posee más agua que madera.

Contracción: Debido a las tensiones internas, tiene la particularidad de tener problemas de contracción, lo que significa problemas en la industrialización (las mismas causan rajaduras, grietas y deformaciones).

Durabilidad: Para todos los casos la albura resulta poco durable, por lo que la durabilidad natural está dada por el duramen.

1.6.7 CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS

Flexión y compresión: Los valores de flexión estática y compresión axil indican que su comportamiento es muy bueno, ubicándose en la clasificación de “muy

resistente” a “resistente”. Esta resistencia mecánica, presente en el *E. camaldulensis* lo hace apto para la mayoría de los usos estructurales.

Cuadro N° 4: Valores físico-mecánicos más destacables

(TINTO,

1991).

Propiedad (kg/cm ²)		<i>E.</i> <i>camaldulensis</i>	<i>E.</i> <i>globulus</i>	<i>E.</i> <i>grandis</i>	<i>E.</i> <i>tereticornis</i>	<i>E.</i> <i>viminalis</i>
Flexión estática	mod. rot	1.150	1.047	732	1.576	910
	mod. elast	101.000	105.000	98.345	133.200	95.500
Compresión axil	mod. rot.	572	511	343	698	481
	mod. elast.	128.000	119.600	150.543	163.800	121.500
Cota flexión		muy resist	muy resist	resist	resist	resist
Cota compresión		resist	resist	muy res.	muy res.	resist

1.6.8 CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS

Componentes químicos: En cuanto a componentes característicos del *E. camaldulensis*, se puede mencionar la frecuente presencia de silicio, taninos y kinos. El silicio otorga cierta resistencia a la madera, pues otorga mayor durabilidad a la madera y a su vez brinda coloraciones rojizas.

Aceites esenciales: Los aceites esenciales se encuentran en las hojas, su contenido y calidad, el *E. camaldulensis* que posee un alto contenido de cineol.

Carbonización “Aptitud energética”: La presencia de distintos componentes químicos, la densidad, proporción de lignina, el *E. camaldulensis* por ser este pesado, posee mayor poder calorífico.

1.6.9 TRABAJABILIDAD

Debido a las condiciones de su grano, textura, contracciones, hacen de esta especie una madera muy atractiva, y aunque no es muy fácilmente trabajable con el empleo de técnicas adecuadas podrían lograrse muy buenos productos, como ser: mejores pisos, parquets, torneados, moldurados y muebles de calidad.

Cuadro N° 5: Aptitud de trabajabilidad de los eucaliptos en Argentina. (Sanchez, 1991).

Proceso	<i>E. camaldulensis</i>	<i>E. globulus</i>	<i>E. grandis</i>	<i>E. tereticornis</i>	<i>E. viminalis</i>
Cepillado	bueno	bueno	bueno	bueno	bueno
Torneado	bueno	bueno	bueno	bueno	bueno
Clavado	duro	duro	bueno	duro	bueno
Machihembrado	regular	regular	bueno	regular	regular
Pintado	defic.	defic.	bueno	defic.	Defic.
Teñido	regular	bueno	bueno	regular	bueno

1.7 DESCRIPCION DEL ÁREA DE ESTUDIO

1.7.1 UBICACIÓN GEOGRÁFICA

La zona de estudio comprende el Valle Central de Tarija, puede ser diferenciado entre provincias políticas y conformado geográficamente por:

La provincia Cercado está ubicado en el centro del departamento de Tarija, entre los paralelos 21° 12' - 21° 47' de Latitud Sur y los meridianos 64° 20' - 64° 59' de Longitud Oeste.

La provincia Méndez está ubicada entre los paralelos 21° 12' - 22° 32' de Latitud Sur y el meridiano 64° 17' - 65° 16' de Longitud Oeste.

La provincia Avilés está ubicada entre los 21° 32' y 22° 40' de Latitud Sur y 64° 30' - 65° 25' de Longitud Oeste. (Ver Anexo N°1).

1.7.2 SUELOS

De acuerdo con la regionalización edafológica realizada por el Zonisig, 2001; los suelos en la serranías pueden ser por lo general superficiales con presencia de afloramientos rocosos, por otra parte existen depósitos que se presentan en suelos profundos por acumulación de material coluvial en pie de monte, en los que presenta incidencia en erosión laminar, siendo esta ultima en grado de cárcavas en ciertos sectores.

1.7.3 CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS

En forma general y de acuerdo a la clasificación climática Thoronwaite (en concordancia con el mapa ecológicos de bolivia,1985) el territorio del valle central de Tarija tiene predominancia de clima templado, semiárido con cambios térmicos invernales bien definidos, por encontrarse dentro del sistemas mesotérmico, es seco en otoño invierno y primavera.

1.7.4 HIDROGRAFÍA

La cuenca del río Guadalquivir, se constituye en el bañado esencial de la zona que conecta a todo el valle Central, se origina en la parte superior del valle, conocido como zona Alta o de Montaña la que se caracteriza por presentar suelos y

vegetación afectada por procesos erosivos. Mientras la zona baja o de valle (ver Anexo N°1) cuenta con subcuencas: * Río Tolomosa * Río Camacho * Río Santa Ana.

1.7.5 TEMPERATURA

Según el SENAMHI, 1990 (Cardozo, 2004) las temperaturas que presenta el valle Central la media anual es de 18°C, la máxima media es de 26.4°C y la mínima de 9.6°C. La máxima temperatura que alcanzo fue 40.5°C el día 13 de octubre de 1991, mientras que la mínima se registrada fue de -9.5°C el 14 de agosto de 1978.

1.7.6 HUMEDAD

Debido a las características regionales esta depende a los factores: temperatura, altura sobre nivel del mar, orientación de la pendiente y los regímenes de precipitación.

En la zona alta o de cordillera, puede presentarse grades variaciones por los que la estimación de máximas y mínimas se encuentra 80% en los meses de enero a marzo y 35% para los meses de junio y julio.

La zona baja o de Valles, por otro lado de forma más estacional presenta un 80% época de lluvia y 65% en la de estiaje. (Cardozo, 2004).

2 MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 MATERIALES

Para la correcta aplicación y elaboración del equipo de presión, se optó por la utilización de ciertos elementos, que fueron necesarios para su instalación, de los cuales se buscó piezas (materiales) acordes en el diseño, armado y manejo del equipo, estas piezas pues, permitieron el buen desarrollo operacional.

También se vio por conveniente definir su utilización de acuerdo a la etapa de su uso, mismo que fueron comprendidas por:

2.1.1 Materiales para el Equipo de Presión

- Bomba hidroneumática de baja presión (tipo doméstica de 1.8 HP.)
- Ductos (cañerías, mangueras, reducciones)
- Abrazaderas (cinta, tornillo graduado)
- Plano de diseño (esquema del equipo de presión)

2.1.2 Materiales para el Ensayo de Impregnación

- Sales hidrosolubles de tipo CCA (cromo-cobre-arsénico)
- Postes (puntales- probetas)
- Planillas
- Pintura impermeable (sintética)
- Cromo Azurol
- Balanza electrónica
- Cronometro
- Estufa

2.2 METODOLOGÍA

2.2.1 Descripción del Ensayo

El ensayo consistió en impregnar postes de *Eucalyptus camaldulensis*, con un sistema Boucherie modificado, dicha modificación del sistema, consistió básicamente en adicionar una baja presión proporcionada por una bomba hidroneumática, que incremento, de esa manera la presión que ejercía la gravedad, presión que permitió forzar el paso del preservante para que este llegue a todo el interior de la madera, para facilitar este proceso los postes deberán contar con un lato nivel de humedad, por lo que debe mencionarse que, para efectos positivos en el tratamiento fue conveniente realizar el ensayo antes de las 144 horas (6 días), de realizado el corte de los árboles.

Los postes han sido impregnados con sales hidrosolubles tipo CCA obtenidas del Laboratorio de Tecnología de la Madera, de la universidad. Se ensayo 25 postes de los cuales 15 se impregnaron con corteza y 10 con pintura impermeabilizante luego de retirada la corteza de cada poste, con una longitud de 2.5 metros y diámetros de 7-10 cm, que presentaron una forma casi cilíndrica.

Tras un levantamiento individual de datos genéricos, se evaluó en cada poste la penetración, retención, adsorción y tiempo empleado para el tratamiento.

En el primer ensayo se realizó el tratamiento con corteza real, para priorizar el efecto de pérdida de humedad y posteriormente se lo hizo con el tratamiento de corteza simulada, entendiéndose que al estar, la madera recubierta por el impermeabilizante se prolongaría su estado húmedo.

2.2.2 Selección y Marcado de Árboles

Para la selección de árboles y posteriormente postes (probetas), se tomo en cuenta tres características en la madera: reducidos diámetros, un factor de forma casi cilíndrico y, por la edad, se supone escasa formación de duramen, que garantiza un buen movimiento de los líquidos dentro de la madera.

Dentro del proceso de ubicación y designación de arboles se opta por basarse en la recolección y selección de muestras, establecido en la NORMA BOLIVIANA 101002, que expresa que cada uno de los componentes tenga la misma posibilidad de ser elegido.

2.2.3 Madera

Los postes utilizados en este estudio fueron obtenidas de madera (*Eucalyptus camaldulensis*), en estado juvenil, y tomando en cuenta el estado fisiológico del mismo, obteniendo los mismos en época de primavera, entendiéndose de este modo, que su estado funcional es elevado. El diámetro promedio de los postes fue de 7 a 10 cm con largos de 2.5 metros, en estado seco al aire durante 6 días.

Dicha madera ha sido proveniente de plantaciones privadas, ubicadas en la comunidad de Erquiz Sud, distante a 12 km de la ciudad de Tarija.

2.2.4 Descripción del Equipo de Preservación

El equipo utilizado para el método de desplazamiento de savia forzado, fue una instalación de tuberías y conectores de goma conectados a una bomba de baja presión, del tipo doméstico, con capacidad de hasta 4 Bar de presión.

Los depósitos o tanques, en el proceso de impregnación según el diseño, fueron utilizados como depósito de las sales como así también como depósito recolector de sales y savia provenientes de las probetas; se utilizaron pequeños contenedores de aproximadamente 60 L de capacidad, el depósito recolector fue cortado longitudinalmente por la mitad. Mientras que el depósito de sales se mantuvo la forma.

Las cañerías se encontraban distribuidas de forma sistemática, con un trabajo independiente para cada uno de ellos, estos a su vez se unían a conectores de goma que mejoraran la unión a las probetas. Y para facilitar la succión por la bomba, se instaló una llave de purga.

2.2.5 Lugar de Ejecución

El ensayo se realizó en el Laboratorio de Tecnología de la Madera perteneciente a la Facultad de Ciencias Agrícolas y Forestales de la Universidad Autónoma “Juan Misael Saracho”, en la ciudad de Tarija; distante a 12 Km de la zona de donde proviene la madera.

2.2.6 Tumbado de árboles

Identificados los árboles se procedió a tumbarlos y trocearlos, cada 2.5 m en toda su longitud, y con diámetros de 7-10 cm, se selecciono un total de 25. Estas fueron aserradas con ayuda de motosierra; las piezas fueron sometidas a secado al aire libre bajo cobertizo, para evitar mayores pérdidas en el contenido de humedad, y a su vez evitar que existan grietas.

2.3 Proceso de Impregnación

El método utilizado fue el sistema de preservación de la madera por desplazamiento forzado (*basado en la experiencia de Encinas, 2005*) de la savia en postes de *Eucaiyptus camaldulensis*, mismo que se efectuó como se redacta a continuación:

- Distribución al azar de los postes, en cada uno de los tratamientos, tanto los con corteza real como así en los que simula la corteza.
- El descortezado se lo realizo de forma manual, con ayuda de un martillo, ejerciendo suaves golpes a fin de soltar la corteza sin dañar la pieza. (Solo para piezas en la que simula la corteza).
- A través de un brochado y con una pintura sintética, se procedió a sellar de forma lateral recubriendo toda la longitud del poste, dentro de este ejercicio se opto por esperar un término mínimo de 2 días hasta que se realice un buen secado del recubrimiento.
- El marcado y codificación de las probetas se hizo de forma lateral, en cada una de las piezas, con marcador, en utilizando un sistema alfanumérico que diferencio un tratamiento y otro.

- El pesado inicial, como el levantamiento general de las piezas (dimensionado) en forma individual para cada pieza.
- La conexión de las piezas se las realizó con ayuda de abrazaderas, que otorgan un mejor soporte de las cañerías a las probetas.
- La preparación de la solución fue con una **concentración de 3%** (recomendación en ensayos de Boucherie tradicional) y en cantidad suficiente para todo el ensayo.
- Se determinó una presión máxima de 38 PSI, que se mantuviera regularmente constante durante todo el proceso (según disminuye la presión esta se restablece de manera automática).
- Para otorgar ayuda en el desplazamiento y direccionar el lugar de deposición del líquido preservante, como también la savia, se optó por brindar una pendiente regulada de 10% para todas las piezas.
- El cronometrado se realizó al momento de la apertura de llave, y con conclusión ante la aparición visual del líquido preservante.
- El Planimetrado se realizó pasado los 6 días del ensayo de impregnación, dado a que el tiempo de secado de las piezas se realizó a espera de un estado estable para su manipulación (y después de secadas las muestras en la estufa).

2.4 Evaluación

La eficiencia del equipo de impregnación en la madera de eucalipto (*Eucalyptus camaldulensis*), con sales de tipo CCA, este proceso ha permitido evaluar a partir de los valores de absorción, retención, penetración y tiempo de impregnación; en ambos tratamientos se procedió a la toma de datos que viertan resultados idóneos y mediante las formulación de cálculos que presenta la NORMA BOLIVIANA 107003 de las cuales considera:

2.4.1 Absorción

Existen tres tipos de absorciones en la madera tratada: la longitudinal, radial y tangencial.

En la práctica se utilizan las absorciones laterales media, puesto que el ancho y grosor de las piezas de madera no siguen las direcciones ideales, radiales y tangenciales.

Las absorciones laterales se determinan pesando testigos o trozos de madera antes y después de la impregnación, para ello es necesario sellar las testas a objeto que la impregnación longitudinal no afecte los resultados.

Figura N° 2: Clasificación según la capacidad de Absorción (Fuente Camacho, 2009)

Absorción alta (AA):	mayor de 10 Kg de productos activos por m ³
Absorción Buena (AB):	De 8 a 10 Kg de productos activos por m ³
Absorción Mala (AM):	De 4 a 8 Kg de productos activos por m ³
Absorción Nula (AN):	Menor de 4 Kg de productos activos

- **Absorción líquida**

Esta viene definida por:

$$AL = \frac{K_2 - K_1}{V} (kg/m^3)$$

Siendo:

K₁ y **K₂**: pesos de las maderas antes y después de introducir el protector en la madera.

V: Volumen de la pieza impregnada

$$V = \frac{\pi}{4} * d^2 * l$$

Siendo:

d²: diámetro de la pieza al cuadrado

l: longitud de la pieza

- **Absorción sólida**

Es la cantidad de productos sólidos que se ha metido dentro de la madera.

$$\frac{AL}{AS} = \frac{100}{C} \quad AS = \frac{K_2 - K_1}{V} (kg/m^3) * \frac{C}{100}$$

2.4.2 Retención

Es la cantidad del preservante introducido por unidad de volumen realmente impregnado.

- **Retención líquida**

Es la cantidad de solución o líquido que se ha introducido por unidad de volumen realmente impregnado.

Las retenciones líquida vienen definidas por la diferencia de pesos K_1 y K_2 de las piezas de madera antes y después del tratamiento y representado VL (volumen de la pieza impregnada).

$$RL = \frac{K_2 - K_1}{VL} (kg/m^3)$$

- **Retención sólida**

Es la concentración de sólido que se ha introducido por unidad de volumen realmente impregnado.

Cuando los protectores hidrosolubles y orgánicos se utilizan en soluciones de tratamiento de concentración C% sus retenciones medias son productos sólidos o retenciones sólidas medias RS y están expresadas por:

$$RS = \frac{C\% (K_2 - K_1)}{100 * VL} (kg/m^3)$$

La retención del preservante no será menor a lo detallado a continuación en la NORMA BOLIVIANA 1030001, constando que el uso de estos valores es aplicado a madera tratada de eucalipto para redes aéreas de energía eléctrica.

Cuadro N° 6: Valores de Retención según Zona Geográfica en Bolivia

Fuente IBNORCA,

2009

Zona geográfica característica	Retención mínima, en kg/m ³ de CCA
--------------------------------	---

Altiplano	9.6
Valle	12.8
Trópico (Llano)	16

2.4.3 Penetración

Se llama a la profundidad de la capa tóxica que se protege la madera y dependerá directamente del sistema de impregnación empleado, del contenido de humedad y las características físicas-mecánicas de la madera y de la naturaleza del preservante.

Según la (NB 107003, 2011) sobre los tratamientos de protección y preservación de la madera rolliza y aserrada, las penetraciones pueden ser:

Penetración Total

- **Total regular:** Cuando toda la sección está penetrada con concentración uniforme.
- **Total irregular:** Cuando en la zona penetrada existen lagunas muy pequeñas y con secciones de mayor penetración.

Penetración Parcial

- **Parcial regular:** Cuando la zona penetrada es periférica y más o menos uniforme.
- **Parcial irregular:** Cuando la zona penetrada es periférica y presenta lagunas que no sigue un patrón fijo.
- **Parcial vascular:** Cuando la penetración se realiza siguiendo los elementos de conducción (penetración longitudinal).

Penetración Nula

- Cuando no hay penetración significativa en la zona examinada. (ver Anexo N°2)

2.4.3.1 Penetración Lateral Media

El cálculo de la penetración lateral media (PLM), para lo cual, se procedió a extraer una galleta de 2cm de espesor de la parte central de cada una de las probetas empleadas en el tratamiento. Para lograr una adecuada identificación del área impregnada se procedió a delimitar con un marcador de tinta la profundidad que alcanzó el preservante en el área transversal de la galleta extraída, posteriormente se procedió a realizar el Planimetrado de cada una de ellas.

Para realizar los cálculos en la parte práctica se utilizó la siguiente fórmula Matemática

$$PLM = \frac{R - \sqrt{Sni}}{2}$$

Siendo:

R: radio de la probeta en mm

Sni = Superficie no impregnada en mm²

2.4.4 Consumo del Preservante

$$CP = \frac{\pi}{4} * d^2 * h$$

Siendo:

CP: consumo del preservante para cada pieza

d: diámetro del contenedor de sales

h: la altura consumida en el proceso

2.4.5 Volumen Realmente Impregnado

$$Vi = 4 * l * (p * R)$$

Siendo:

l: longitud de la Pieza

p: penetración lateral media

R: radio de la pieza impregnada

2.4.6 Tiempo de Impregnación

El tiempo de impregnación se determino visualmente a través de la aparición de la sal hidrosoluble, tomando como dato el valor de tiempo que alcanzo a tomar el mismo color que el producto inicial, cabe destacar que las primeras apreciaciones logradas, fueron un tanto más claras por la mezcla existente, entre savia y el producto preservante.

Para determinar esos valores y destacar el tiempo empleado, se opto por el uso del siguiente formato de números **HH: MM: SS**.

- **Desplazamiento**

Se entiende a este como la velocidad necesaria para alcanzar la distribución dentro de la pieza impregnada, y su posterior expulsión de ella.

$$D = \frac{l}{t}$$

Siendo:

l: longitud de la pieza

t: tiempo final de coloración del producto preservante.

3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 ANALISIS ESTADÍSTICO

Para la presentación de los resultados estadísticamente se optó por procesar los datos individuales y colectivos, para cada tipo de evaluación correspondiente, se utilizaron hojas de cálculo de Excel, el número de postes impregnados fue de 25 piezas, las cuales variaron en diámetro, contenido de humedad, obteniendo datos para los cálculos correspondientes ha: absorción, retención, penetración y tiempo. (Ver: **Anexo N°4:** Datos Básicos de Probetas ensayadas con Corteza y **Anexo N°5:** Datos Básicos de Probetas ensayadas sin Corteza).

3.2 RESULTADOS

Los siguientes valores máximos, medios y mínimos analizando la penetración, absorción y retención. Alcanzados durante los 2 tipos de ensayos realizados y se indica la cantidad de postes que compone cada grupo. Posteriormente se trabajan las diferentes variables para obtener las diferencias que se puedan percibir entre ellas.

Tabla N° 1: Resultados para ensayo con Corteza Real

N° DE PROBETA	<i>PENETRACIÓN</i>	<i>ABSORCIÓN</i>		<i>RETENCIÓN</i>		TIEMPO	CONTENIDO DE	DESPLAZAMIENTO (m/s)
	PLM (mm)	LÍQUIDA (Kg/m ³)	SÓLIDA (Kg/m ³)	LÍQUIDA (Kg/m ³)	SÓLIDA (Kg/m ³)			

							HUMEDAD %	
A1	20,1	18,70	0,56	27,31	0,82	0:01:23	86,79	0,03
A2	16,1	28,39	0,85	29,60	0,89	0:01:48	82,98	0,02
A3	20,5	26,61	0,80	39,71	1,19	0:02:11	86,56	0,02
A4	19,9	25,69	0,77	35,11	1,05	0:01:28	100,00	0,03
A5	17,0	24,51	0,74	40,26	1,21	0:00:50	105,10	0,05
A6	20,4	27,62	0,83	39,53	1,19	0:02:18	75,63	0,02
A7	16,4	21,43	0,64	25,22	0,76	0:01:31	81,31	0,03
A8	15,4	37,56	1,13	39,61	1,19	0:02:12	107,39	0,02
A9	12,5	43,06	1,29	56,70	1,70	0:01:01	103,87	0,04
A10	18,0	13,45	0,40	22,35	0,67	0:00:48	90,25	0,05
A11	19,9	17,40	0,52	22,60	0,68	0:01:31	93,49	0,03
A12	17,0	36,73	1,10	46,03	1,38	0:02:16	76,43	0,02
A13	15,4	14,22	0,43	17,24	0,52	0:01:23	74,78	0,03
A14	14,5	28,05	0,84	34,60	1,04	0:01:26	102,37	0,03
A15	20,1	24,99	0,75	46,41	1,39	0:02:19	97,72	0,02
Sum	263,07	388,42	11,65	522,31	15,67	0:24:25	1364,67	0,432
Prom	17,54	25,89	0,78	34,82	1,04	0:01:38	90,98	0,029
Desv	2,52	8,45	0,25	10,78	0,32	0:00:32	11,35	0,011
CV %	14,36	32,64	32,64	30,96	30,96	32,42	12,47	38,647

Tabla N° 2: Resultados para ensayo con Corteza Simulada

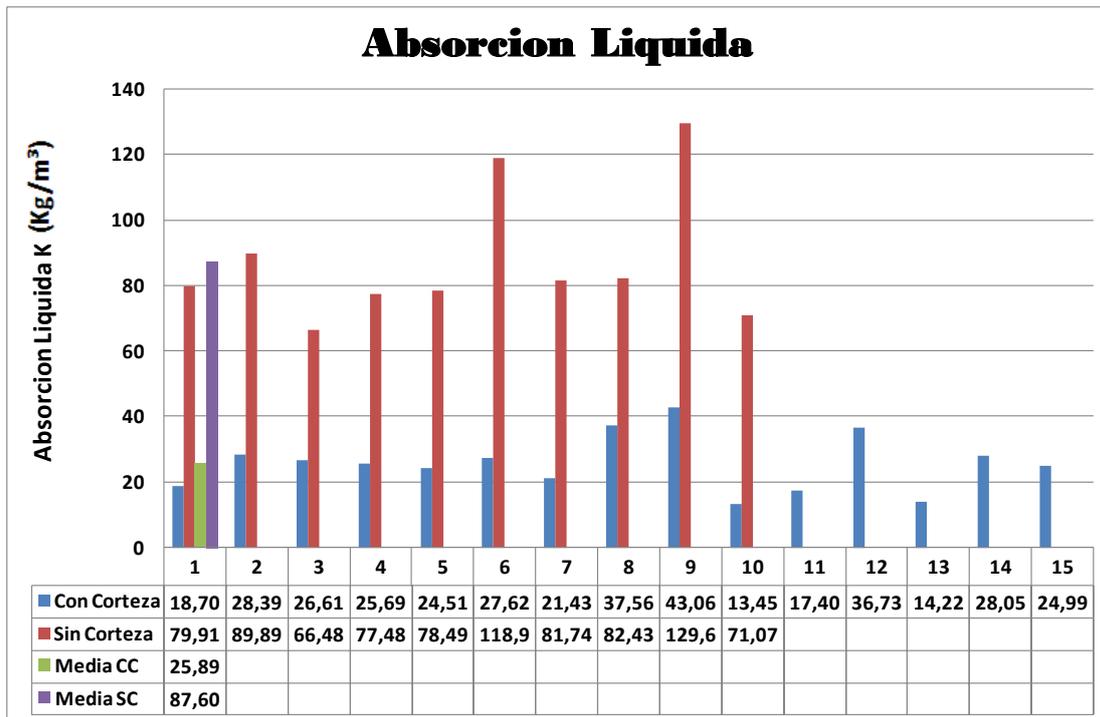
N° DE PROBETA	<i>PENETRACIÓN</i>	<i>ABSORCIÓN</i>		<i>RETENCIÓN</i>		TIEMPO	CONTENIDO DE HUMEDAD %	DESPLAZAMIENTO (m/s)
	PLM (mm)	LÍQUIDA (Kg/m³)	SÓLIDA (Kg/m³)	LÍQUIDA (Kg/m³)	SÓLIDA (Kg/m³)			
B1	17,33	79,91	2,40	260,76	7,82	0:04:23	103,04	0,0095

B2	15,89	89,89	2,70	389,31	11,68	0:07:37	103,43	0,0055
B3	21,53	66,48	1,99	113,94	3,42	0:05:56	99,01	0,0070
B4	17,33	77,48	2,32	281,69	8,45	0:07:35	96,75	0,0055
B5	16,35	78,49	2,35	316,11	9,48	0:04:11	62,48	0,0099
B6	14,98	118,93	3,57	536,17	16,08	0:06:13	85,18	0,0067
B7	17,73	81,74	2,45	190,18	5,71	0:07:37	90,47	0,0055
B8	16,91	82,43	2,47	389,74	11,69	0:05:21	80,86	0,0078
B9	14,93	129,62	3,89	464,24	13,93	0:03:06	83,50	0,0109
B10	16,83	71,07	2,13	269,58	8,09	0:05:55	88,60	0,0070
Sum	169,79	876,04	26,28	3211,71	96,35	0:57:54	893,32	0,0754
Prom	16,98	87,60	2,63	321,17	9,64	0:05:47	89,33	0,00754
Desv	1,86	20,49	0,61	126,51	3,80	0:01:34	12,388	0,002
CV %	10,98	23,39	23,39	39,39	39,39	27,063	13,868	26,059

3.2.1 ABSORCIÓN

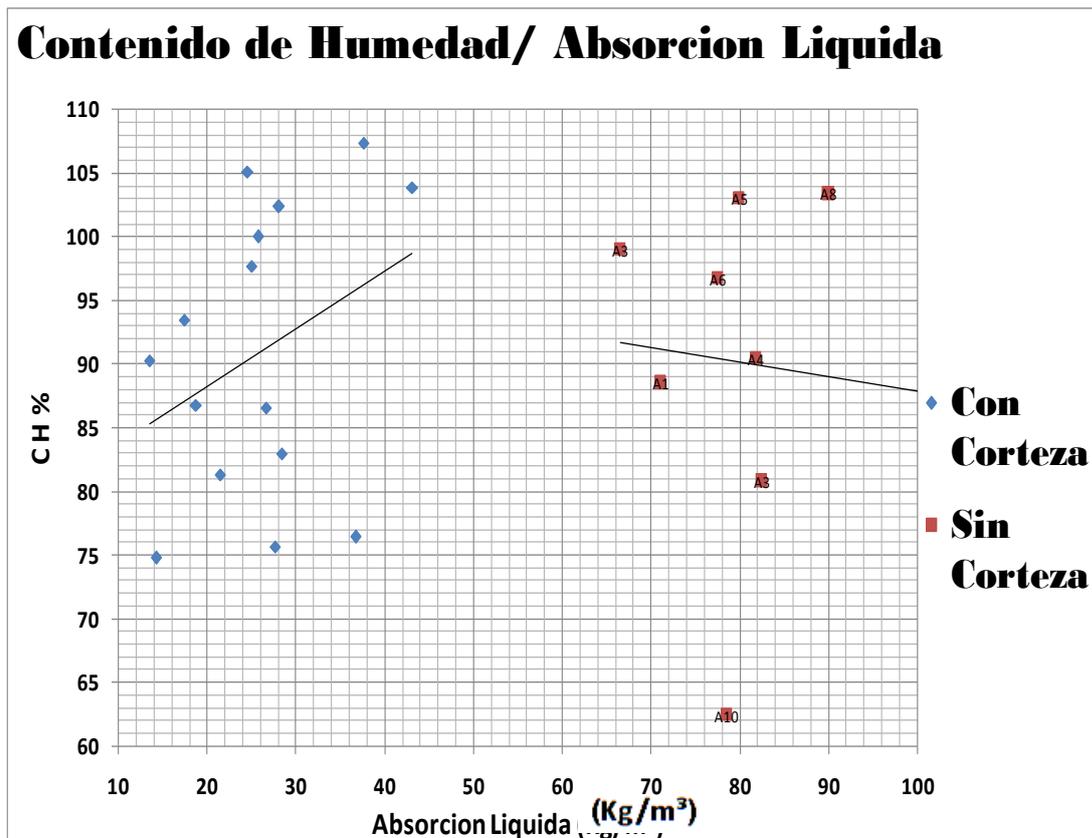
La absorción líquida con mayor incidencia de las piezas en la que simula la corteza se manifiestan con valores mínimos de **66.48 Kg/m³** para la pieza B3 y un máximo de **129.60 Kg/m³** para la pieza B9, con un valor promedio de **87.60 Kg/m³**. Los cuales superan a todas las piezas con corteza real, que reflejan un valor mínimo en la pieza A10 con apenas **13.45 Kg/m³** y un máximo en las piezas de **43.06 Kg/m³**, con un valor promedio de **25.89 Kg/m³**; los que reducen la cantidad de absorción por pieza, pero refleja mayor homogeneidad en el proceso.

Gráfica N°1: Absorción Líquida



Seguidamente se puede apreciar la relación existente entre el Contenido de Humedad y la Absorción Líquida de las diferentes piezas. Entre los contenidos de humedad más elevados mejoran la absorción presente en las piezas, tal como marca la tendencia. En ambos casos y casi de forma relativamente homogénea sucede con las piezas de corteza real y para piezas en las que simula la corteza, pero que entre ambos tratamientos existe una muy marcada diferencia en cuanto al grado de absorción.

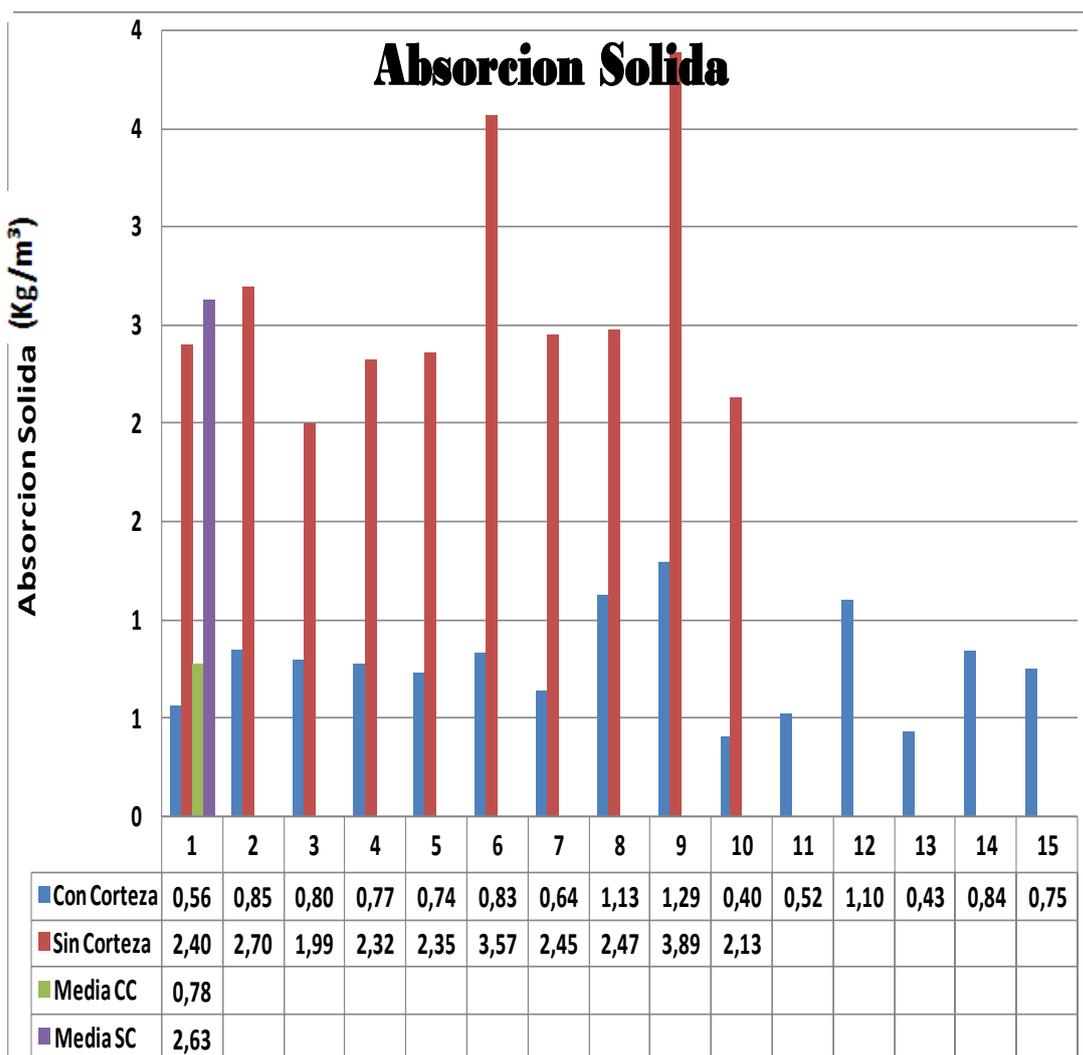
Gráfica N° 2: Relación CH/AL



Para la absorción sólida los valores entre un tratamiento y otro, muestran un gran incremento en los valores, podría decirse de forma general que los valores obtenidos para piezas con corteza real pueden hasta duplicarse con relación a los que se ensayaron simulando la corteza.

Los valores logrados para las piezas con corteza real, indican una mínima de **0.40 Kg/m³**, en la pieza A10, una máxima de **1.29Kg/m³** en la pieza A9, y un valor promedio de **0.78 Kg/m³**, mientras que para piezas con corteza simulada se obtuvo una mínima de **1.99 Kg/m³** en la pieza B3, la máxima de **3.39 Kg/m³** en la pieza B9, y un valor promedio de **2.63 Kg/m³**.

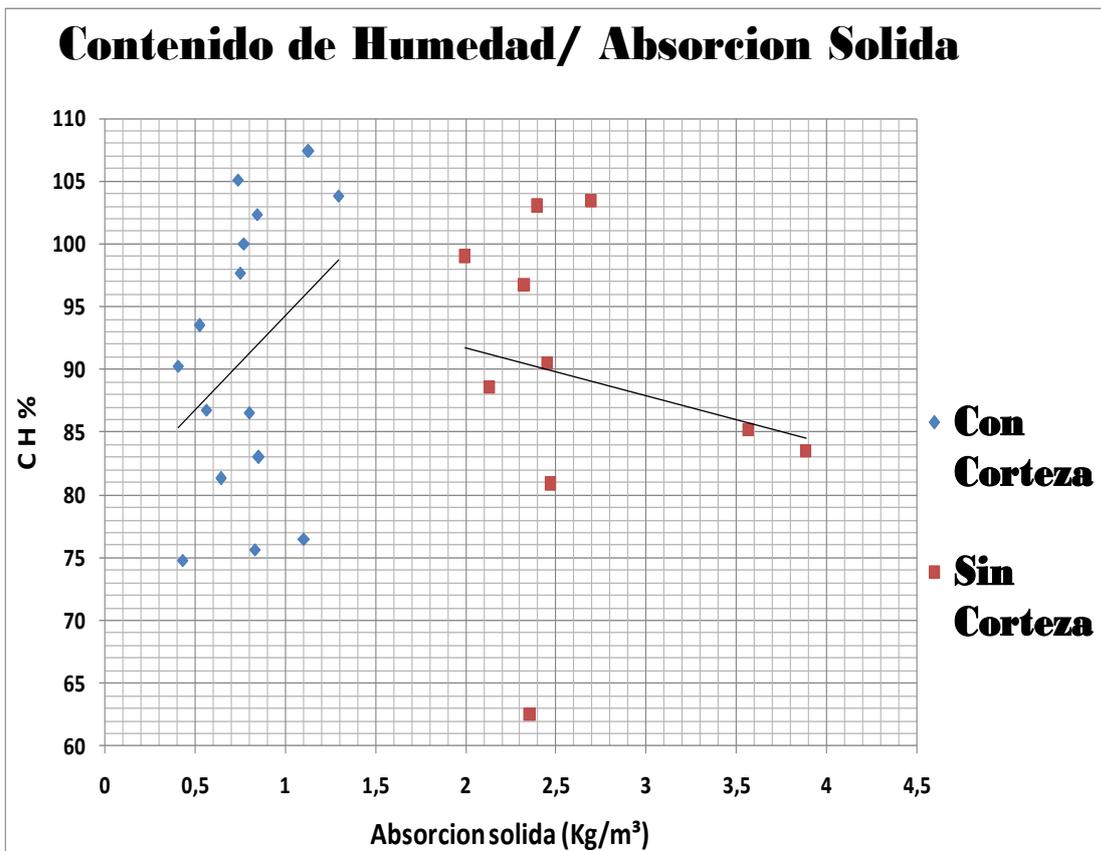
Gráfica N° 3: Absorción Sólida



Con relación a lo presentado anteriormente, la absorción sólida para piezas con corteza real se muestra con cierta homogeneidad, sin embargo presenta tendencia a elevar sus valores con el incremento del Contenido de Humedad,

Del mismo modo se presenta para las piezas con corteza simulada, de las que se puede destacar que la tendencia no sigue el patrón de incremento al valor de Contenido de Humedad.

Gráfica N°4: Relación CH/AS

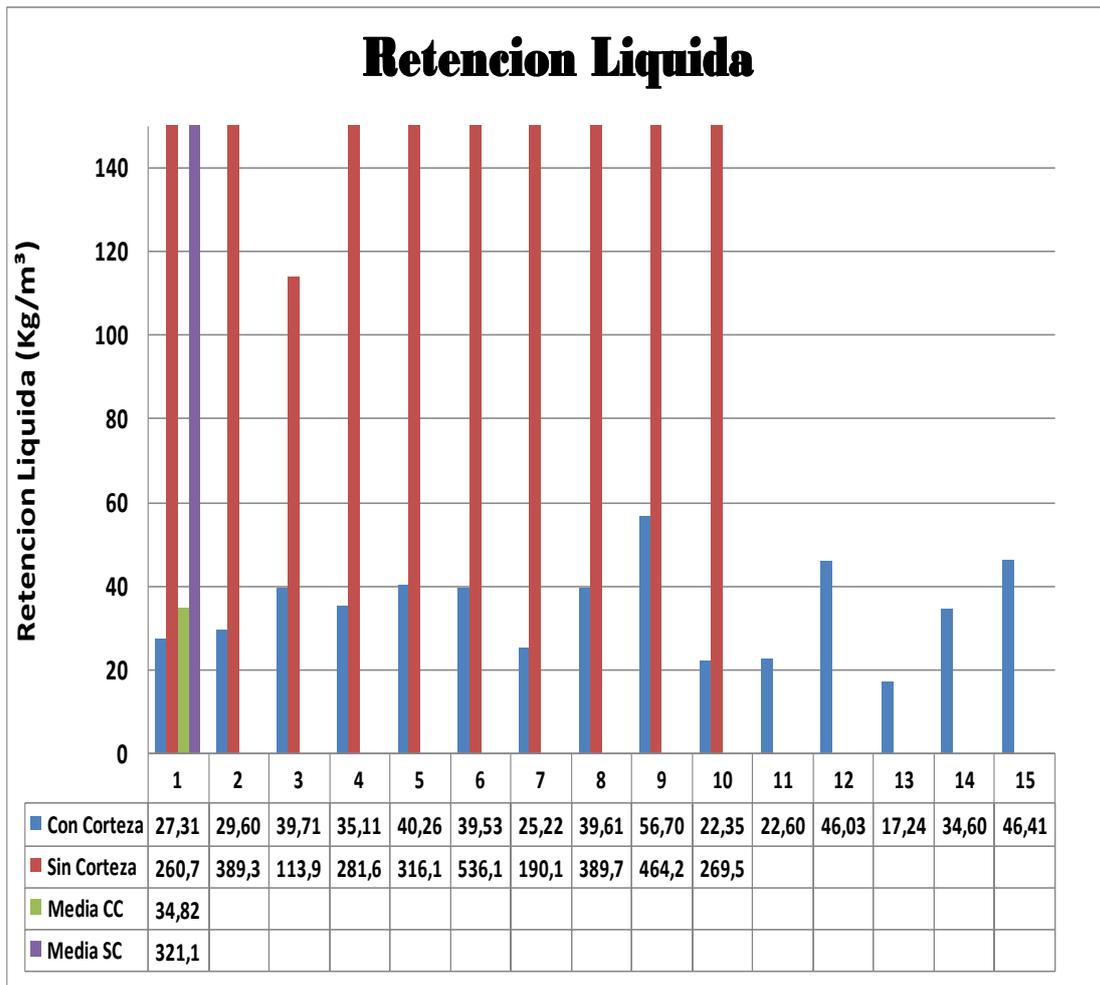


3.2.2 RETENCIÓN

La retención líquida muestra una gran diferencia para los valores que presenta entre uno y otro tratamiento pudiendo hasta cuadruplicar los valores de uno con relación al otro. Las piezas con corteza real, son un tanto homogéneas, mientras que para aquellos con corteza simulada es más heterogénea debido al volumen presentado por cada pieza.

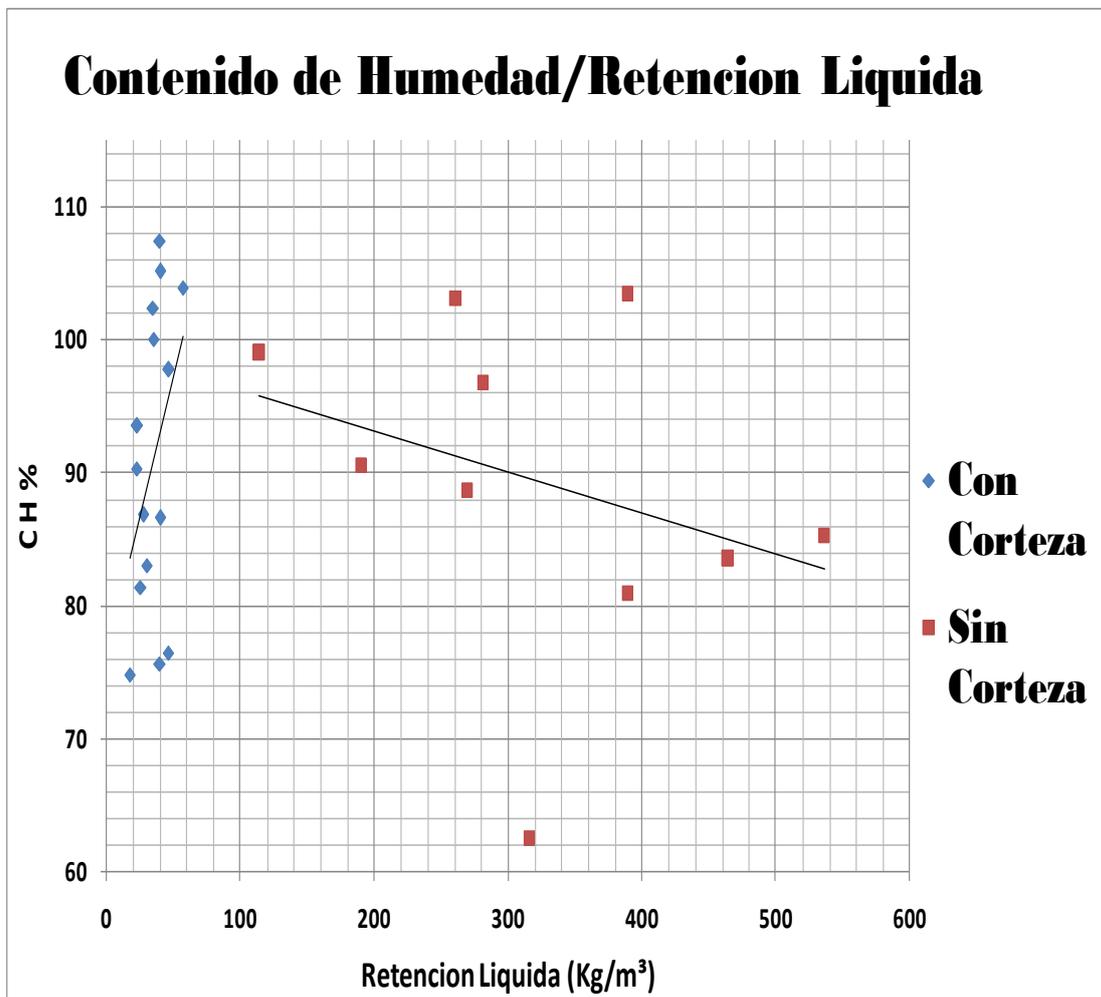
Los valores promedio para piezas con corteza real son **34.82 Kg/m³**, con un máximo en la pieza A9 de **56.70 Kg/m³**, el mínimo se registro en la pieza A13 con **17.24 Kg/m³**. Entre tanto para piezas en la que se simuló la corteza se tiene un promedio de **321.1 Kg/m³**, presentada un valor máximo en la pieza B6 de **536.1 Kg/m³**, y por último un mínimo de **113.9 Kg/m³**.

Gráfica N°5: Retención Líquida



Las piezas con corteza real, que reflejan valores con una tendencia creciente en valores de Contenido de Humedad y contrarias a las que se manifiestan en los que se simula la corteza ya que la tendencia indicaría que a valores intermedios existe mejor retención.

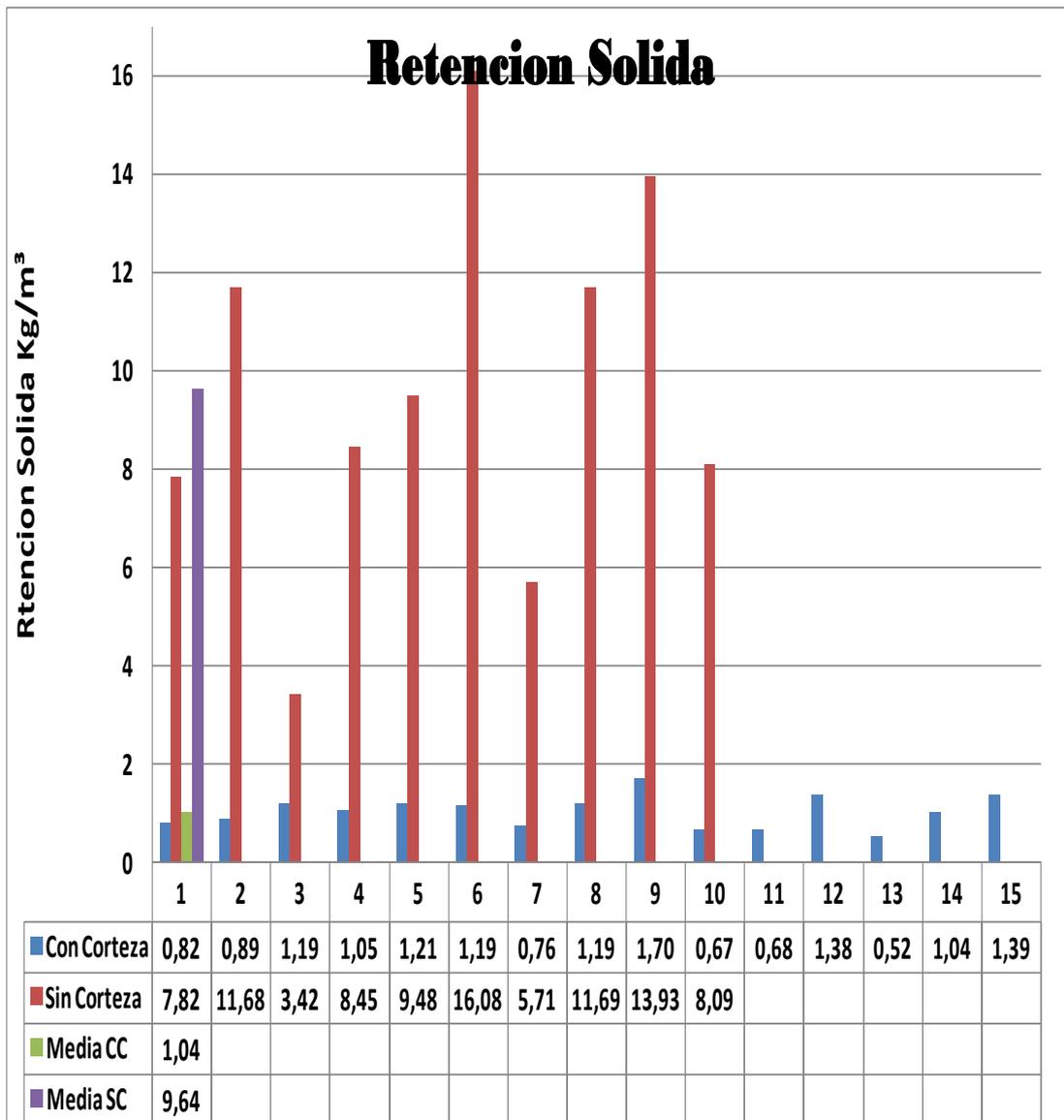
Gráfica N°6: Relación CH/RL



Para la retención sólida los valores entre un tratamiento y otro muestran un enorme incremento en los valores, podría decirse de forma general que los valores obtenidos para piezas con corteza real de triplicarse pueden hasta quintriplicarse con relación a los que se ensayaron simulando la corteza.

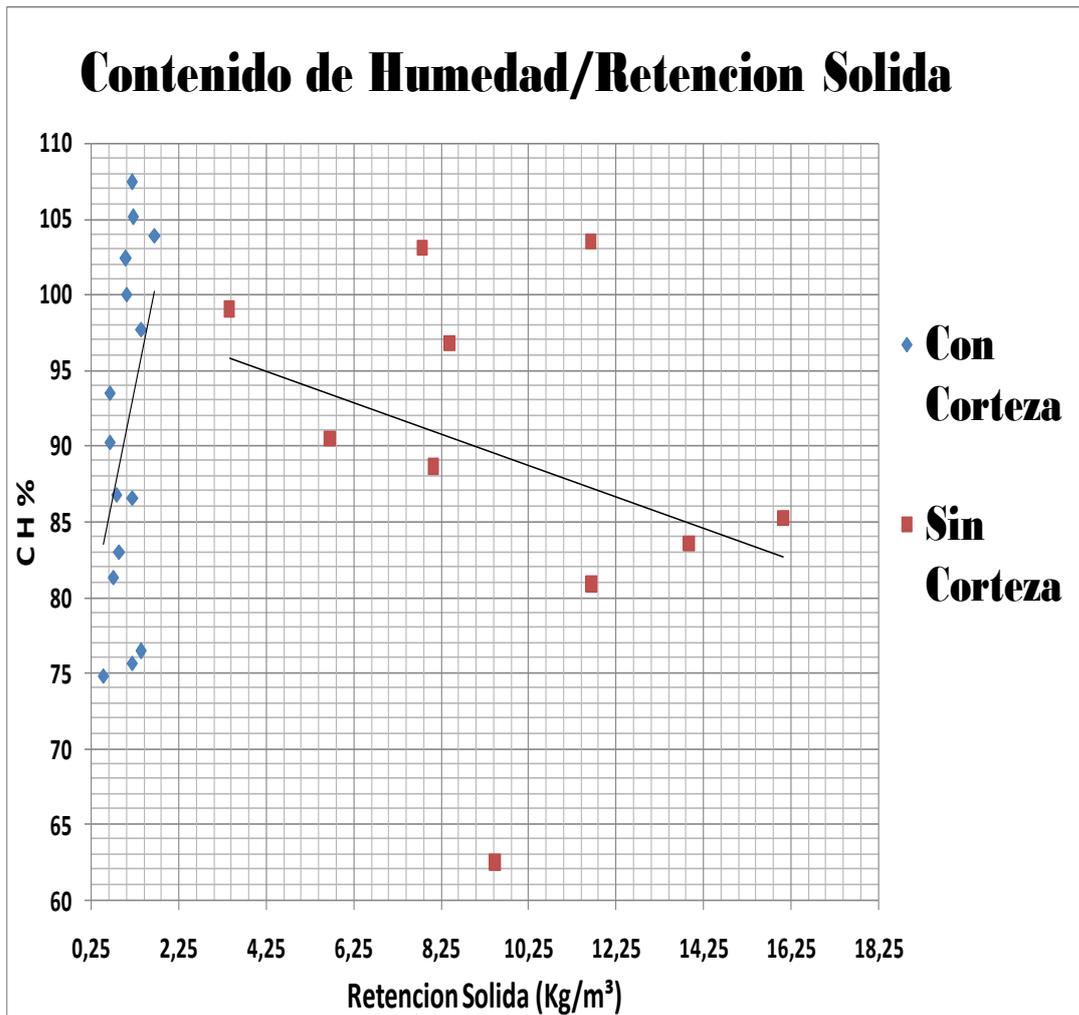
Para piezas con corteza real se obtuvo un promedio de **1.04 Kg/m³**, con una mínima en la pieza A13 de **0.52 Kg/m³**, una máxima de **1.70 Kg/m³** para la pieza A9. Para piezas con corteza simulada se tiene un promedio de **9.64 Kg/m³**, una mínima en la pieza B3 de **3.42 Kg/m³** y el máximo en la pieza B6 de **16.08 Kg/m³**.

Gráfica N°7: Retención Solida



Al igual que para la retención líquida, la retención sólida muestra, que las piezas con corteza real, marcan una tendencia creciente en valores de Contenido de Humedad y contrarias a las que se manifiestan en los que se simula la corteza ya que la tendencia indicaría que a valores intermedios existe mejor retención.

Gráfica N° 8: Relación CH/RS

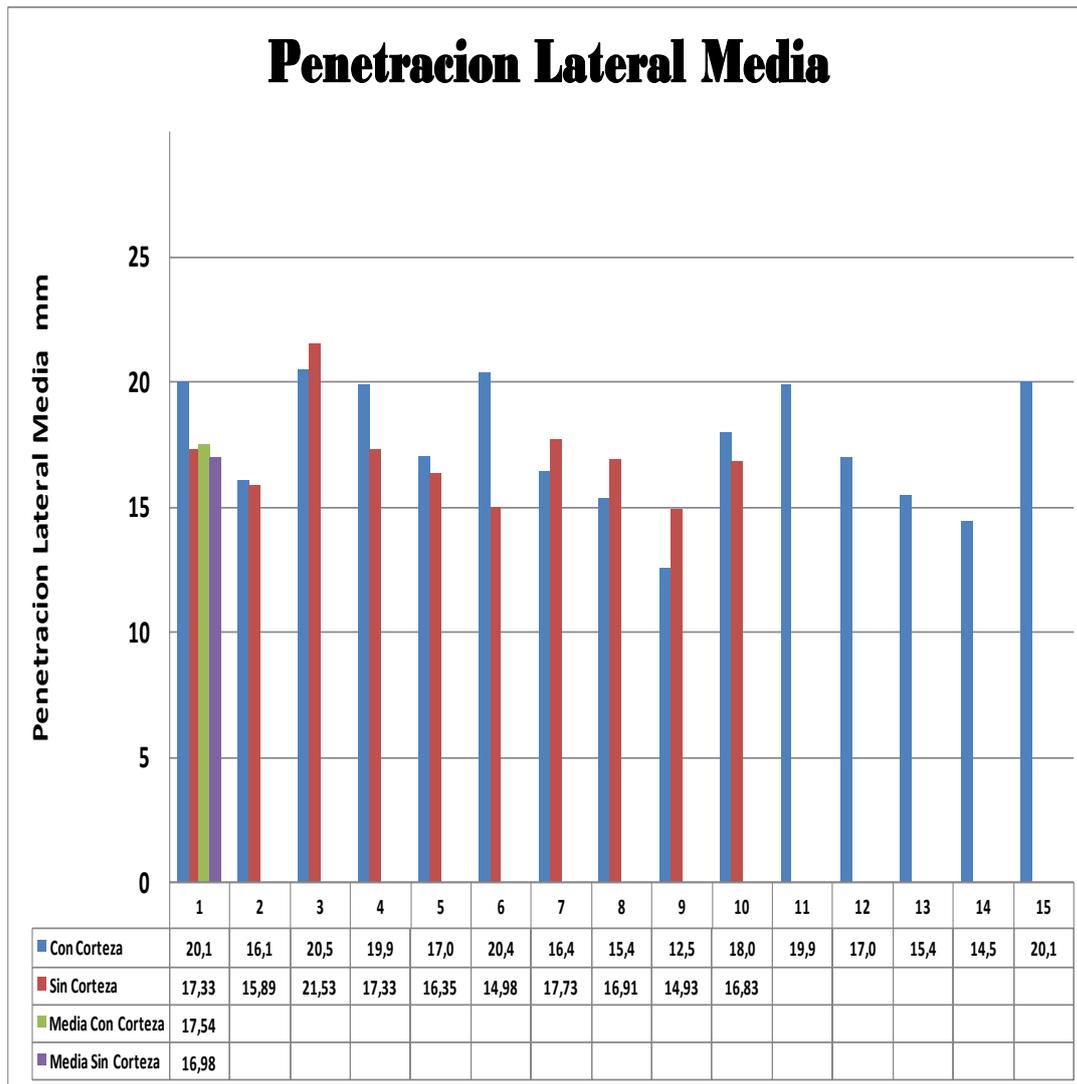


3.2.3 PENETRACIÓN LATERAL MEDIA

Los valores representados por la penetración no muestran una gran variación entre los tratamientos ensayados, como así diferencias poco notables entre los diferentes las piezas de un mismo grupo.

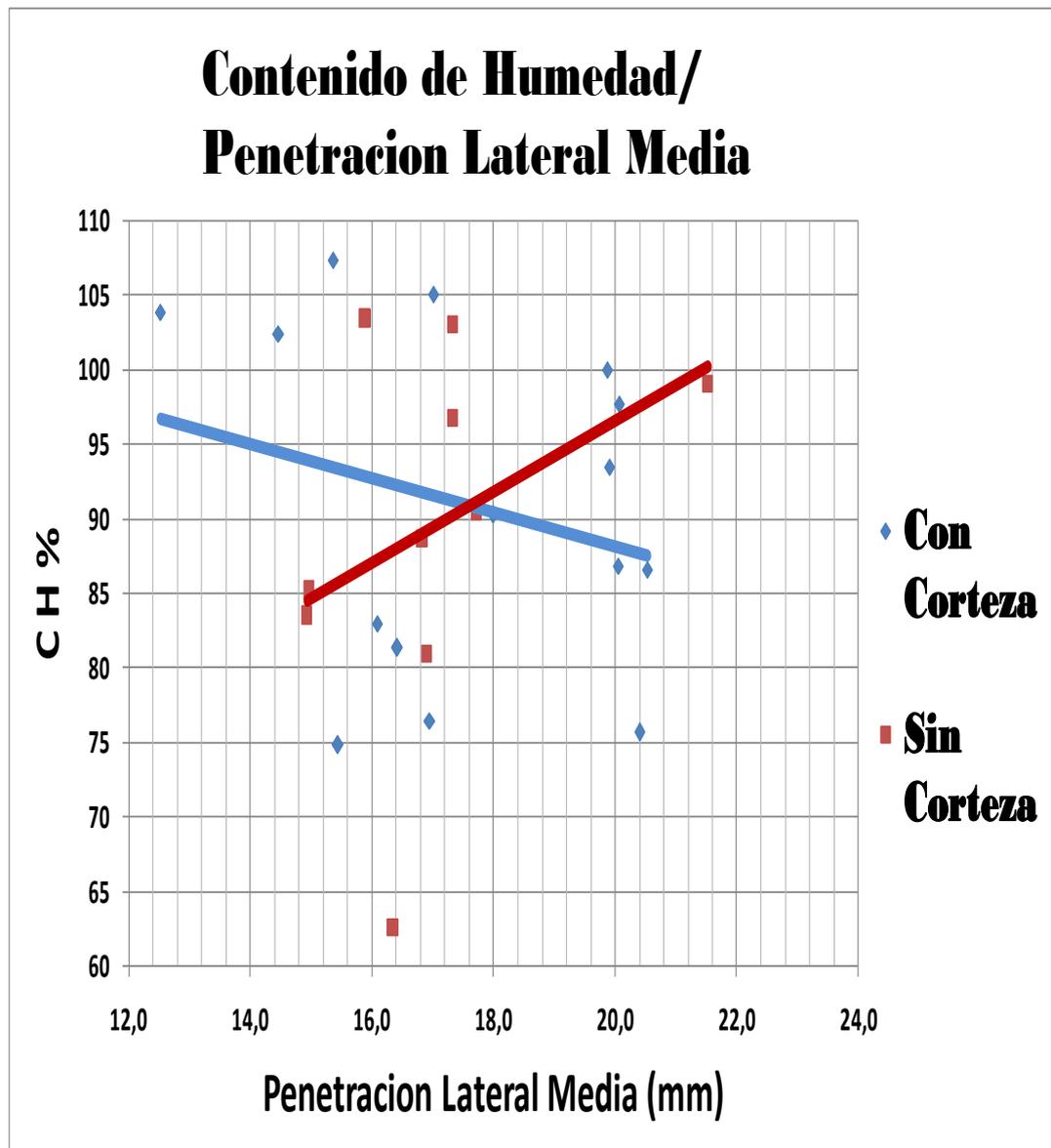
Los valores medios para la Penetración Lateral Media: para el ensayo con Corteza fue de **17.54 mm**, mientras en le ensayo sin corteza fue de **16.98 mm**. Lo que indica que obtuvo rendimientos paralelos en los tratamientos.

Gráfica N° 9: Penetración Lateral Media



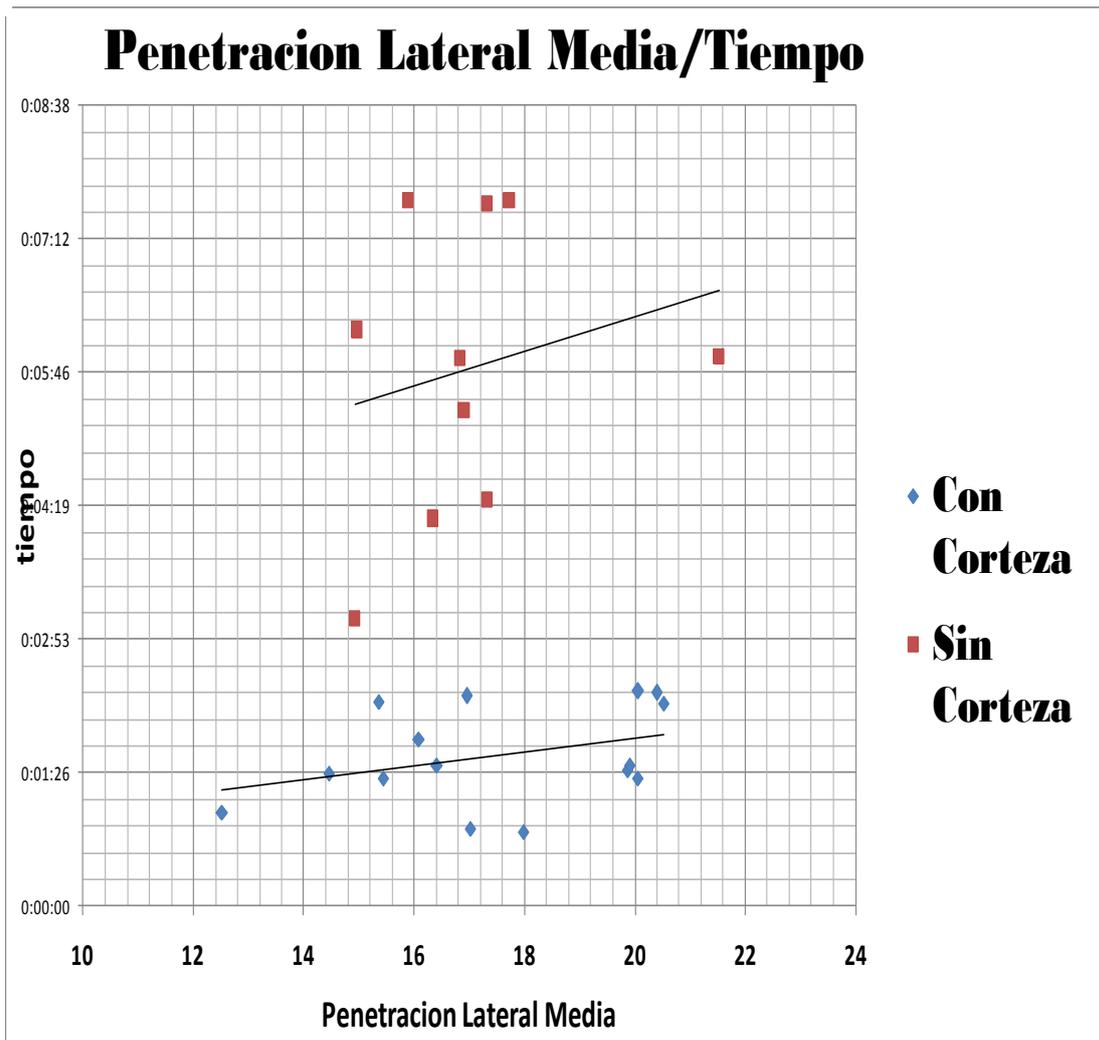
En este gráfico se puede ver la relación directa que existe entre el contenido de humedad y la penetración. Para las piezas en la que se mantuvo la corteza se puede apreciar que entre el contenido de humedad es creciente esta relación y denota claramente que deja de ser tan influyente la humedad de la pieza, pues esta asimila mejor el proceso con valores intermedios. Por otro lado las piezas en la que se simula la corteza se puede apreciar que entre el contenido de humedad causa una buena influencia en la penetración, a mayor humedad mejor penetración.

Gráfica N° 10: Relación Contenido de Humedad/ PLM



La relación existente entre penetración lateral media y el tiempo de ejecución, hace notar que el tiempo es indiferente al momento de la penetración, pues solo puede atribuirse que el hecho de simular la corteza con pintura, incrementa las variables, pero presenta mayor retraso en el tratamiento.

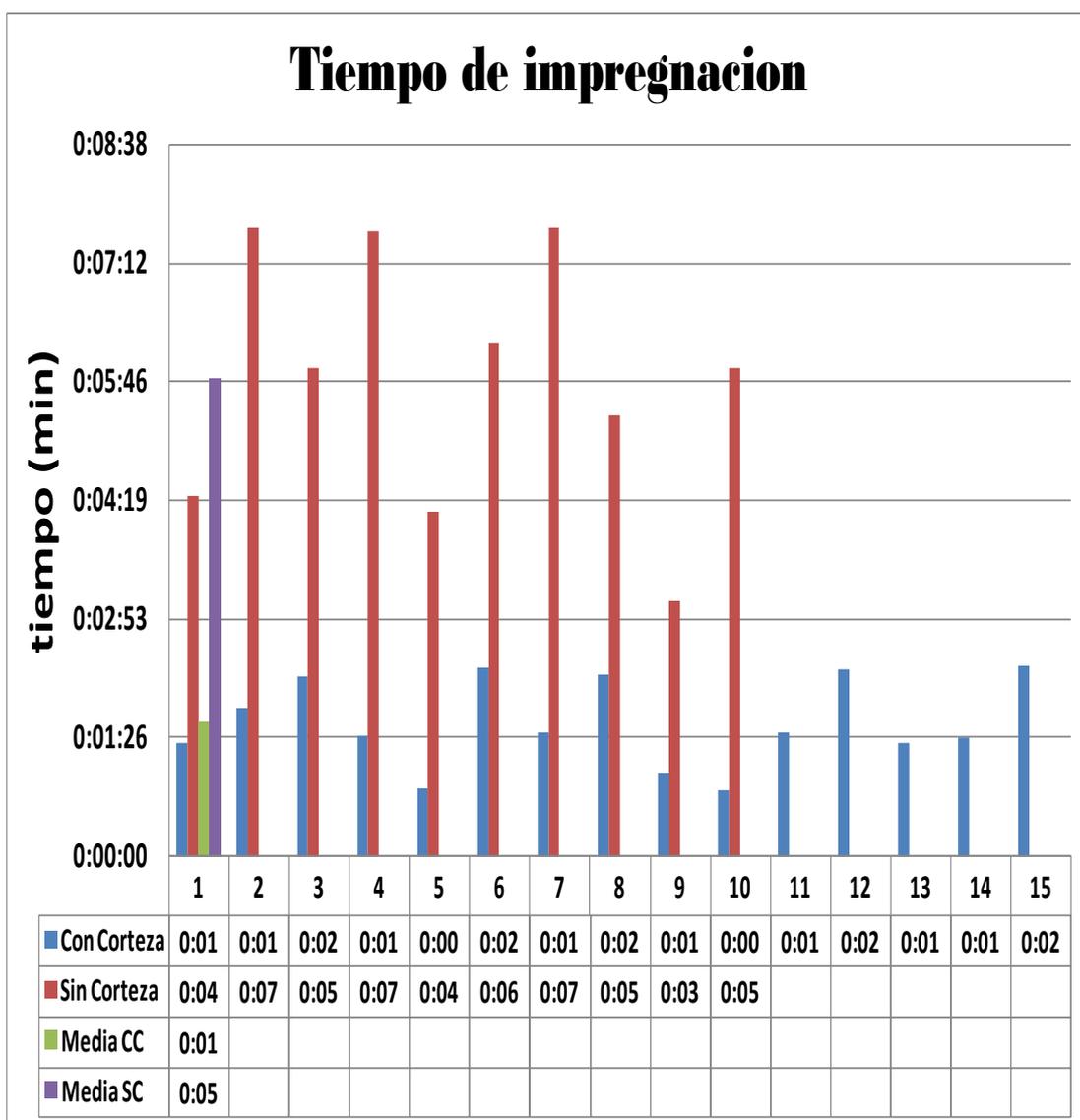
Gráfica N° 11: Penetración Lateral Media/ Tiempo



3.2.4 TIEMPO DE IMPREGNACIÓN

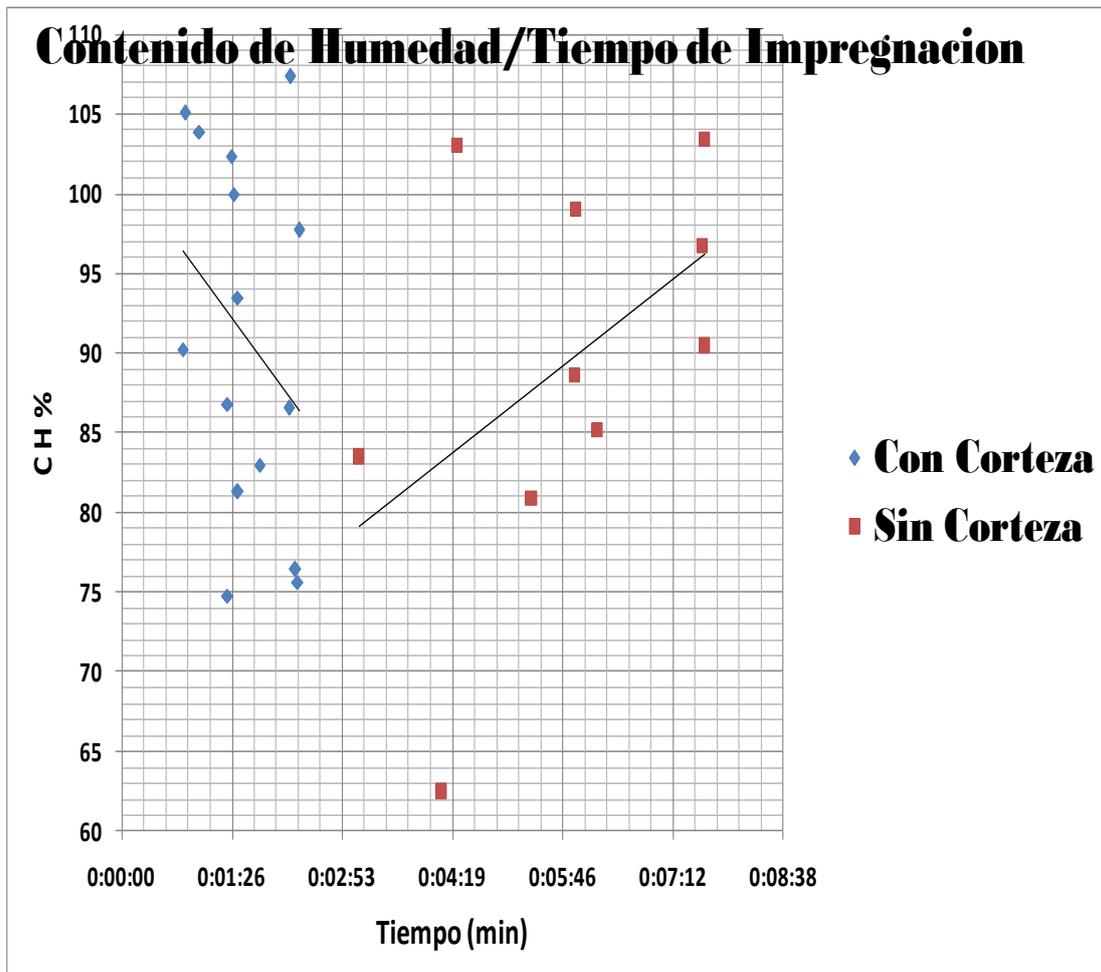
Los tiempos de impregnación, establecidos para las piezas de corteza real indican un comportamiento relativamente homogéneo, con promedio de **0:01:38** entre el máximo **0:02:19** para la pieza A15 y en mínimo **0:00:48** en la pieza A10. Mientras que estos varían con relación a los que indican los ensayos con corteza simulada que son heterogéneos con una variación de **0:04:31** que denotan un máximo de **0:07:37** en la pieza B2 y mínimo de **0:03:06** para la pieza B9.

Gráfica N°12: Tiempo de Impregnación



Según la relación existente entre tiempo de impregnación y el contenido de humedad para las diferentes piezas tratadas. Se puede apreciar que entre los no hay diferencia a en la significativa, pues este indica que la humedad no reducen los tiempos, por lo que se considera que los efectos de la humedad en la piezas no tendría influencia en el comportamiento del tiempo y que a este le corresponden propiedades netamente fisiológicas y anatómicas de la madera.

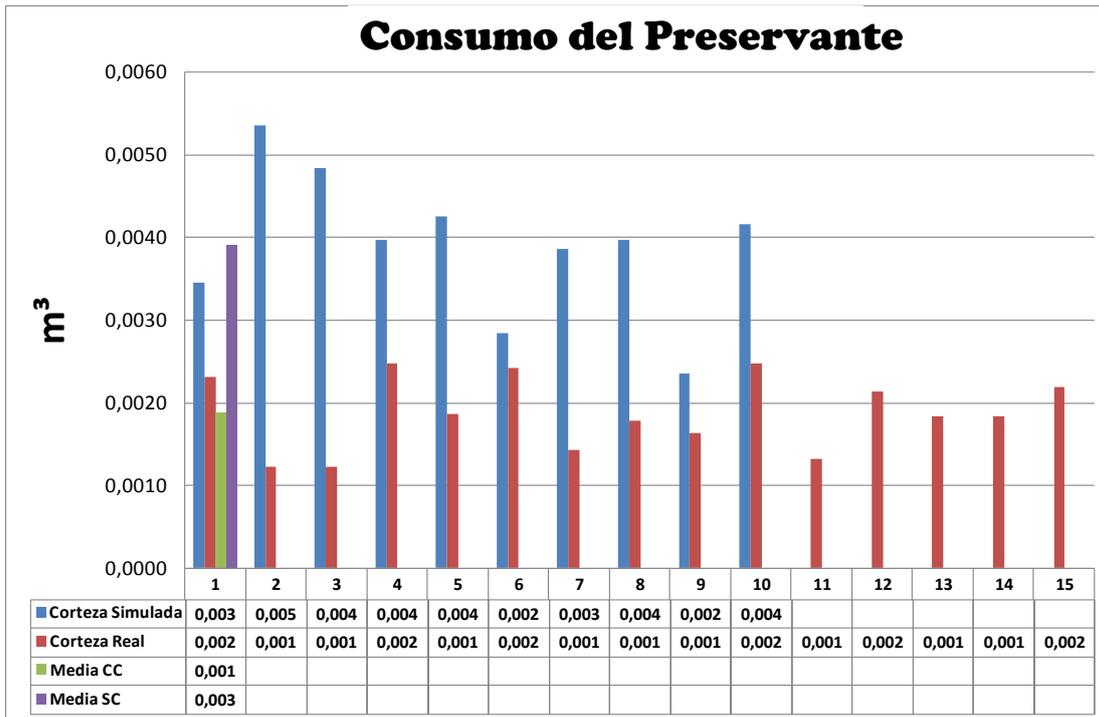
Gráfica N°13: Relación CH/Tiempo de Impregnación



2.2.5 CONSUMO DEL PRESERVANTE

El comportamiento de consumo del preservante se encuentra ligado al volumen con el que cuenta cada pieza tanto en un tratamiento como en el otro, obteniendo un promedio de **0,0019 m³** para piezas con corteza real, con valores máximo de **0,00025 m³** en la pieza A10 y mínimo de **0,00012m³** en las piezas A2 y A3. Mientras que en piezas donde se simuló la corteza el valor promedio fue de **0,0039 m³** de los cuales el valor mínimo fue de **0,0024m³** en la pieza B9 y un máximo de **0,0054m³** en la pieza B2 respectivamente.

Gráfica N° 14: Consumo del Preservante

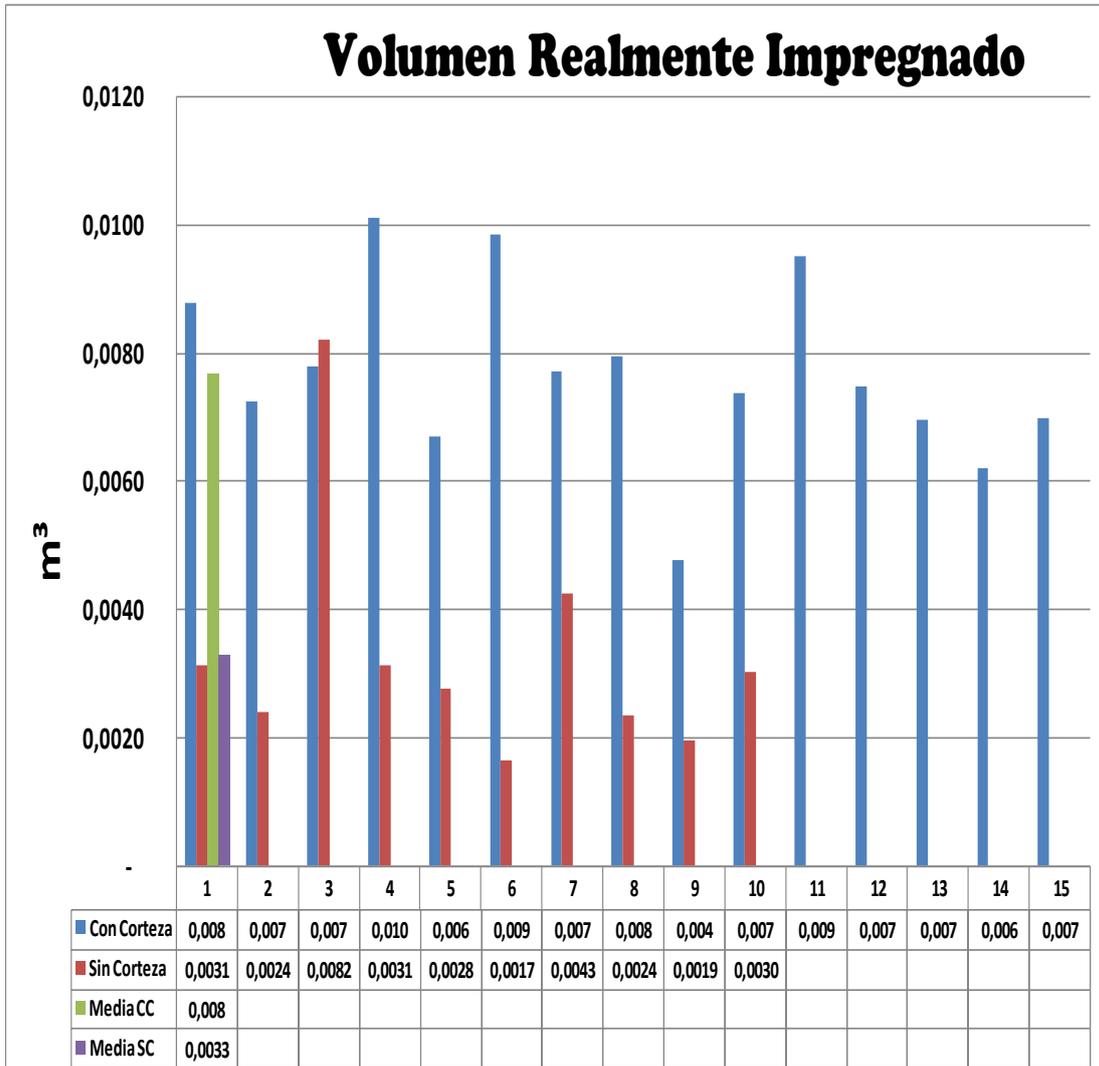


En los diferentes tratamientos, las piezas con corteza y sin ella; gráficamente se puede ver que a medida que el consumo del preservante aumenta los valores en general también incrementan para todos los índices de evaluación, obteniendo de esa forma datos aceptables en penetrabilidad, absorción y retención. Pero este es indistinto en relación al tiempo en el que realizo.

2.2.6 VOLUMEN REALMENTE IMPREGNADO

Estos parecen ser con cierto grado de homogeneidad, en los dos tratamientos, correspondiente de igual forma, al volumen de cada una de las piezas presentes en la impregnación, obteniéndose una media para piezas con corteza de **0.008 m³**, mientras que para las piezas sin corteza el promedio fue de **0.0033 m³**.

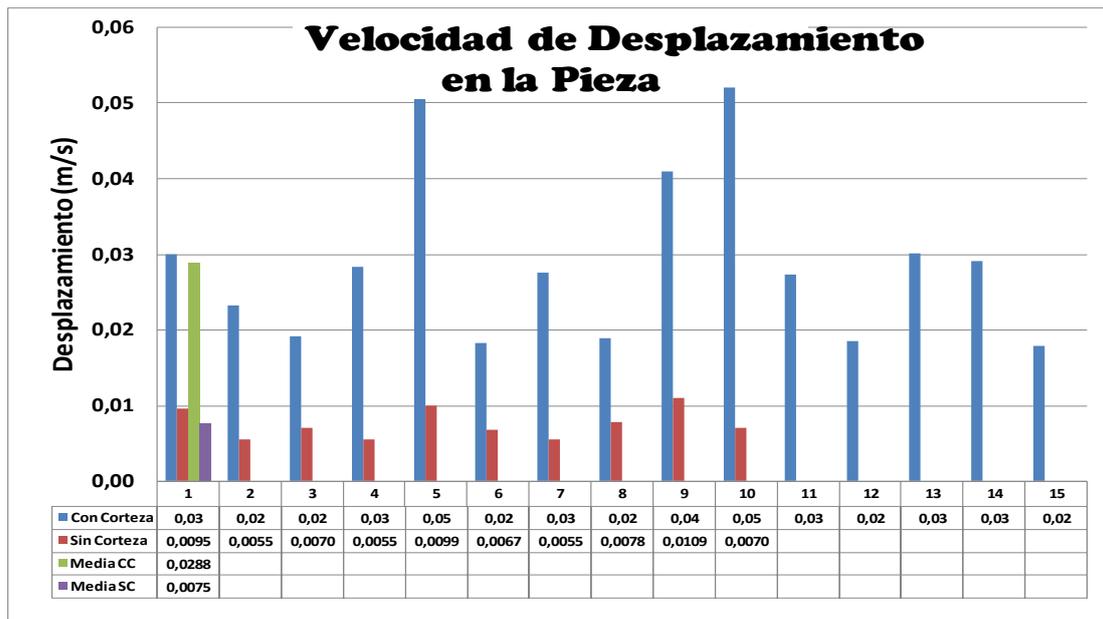
Gráfica N° 15: Volumen Realmente Impregnado



2.2.7 DESPLAZAMIENTO

Para valores de desplazamiento el comportamiento relativo a las piezas, pues estas varían, por lo que se tiene un valor promedio para piezas con corteza de **0.028 m/s**, con una valor máximo de **0.05 m/s** para las piezas A10 y A5, mientras que el mínimo fue **0.02 m/s** en la pieza A6. Para piezas sin corteza se tiene un promedio de **0.0075 m/s**, un valor máximo en la pieza B5 de **0.0099m/s** y un mínimo de **0.0055 m/s** en la pieza B2.

Gráfica N° 16: Consumo del Preservante



El siguiente cuadro indica a todos los valores obtenidos de los promedios para cada uno de los tratamientos, y relacionados entre sí, para obtener un resultado de Promedio Total para cada parámetro, a través de estos resultados y de forma general, indicarían, si estos tratamientos y sus posteriores parámetros, se identificarían como aceptables.

Cuadro N° 7: Resultados de Promedios Totales para todos los parámetros de Evaluación.

	Con Corteza	Sin Corteza	Promedio Total
Penetración (mm)	17,54	16,98	17,26
Absorcion líquida (Kg/m³)	25,89	87,6	56,75
Absorcion Sólida (Kg/m³)	0,78	2,63	1,71
Retencion líquida (Kg/m³)	34,82	321,17	178,00
Retencion Sólida (Kg/m³)	1,04	9,64	5,34
Tiempo de Impregnación (HH:MM:SS)	0:01:38	0:05:47	0:03:42
Contenido de Humedad (%)	90,98	89,33	90,16
Desplazamiento (m/s)	0,0029	0,0075	0,0052

3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 ANALISIS ESTADÍSTICO

Para la presentación de los resultados estadísticamente se optó por procesar los datos individuales y colectivos, para cada tipo de evaluación correspondiente, se utilizaron hojas de cálculo de Excel, el número de postes impregnados fue de 25 piezas, las cuales variaron en diámetro, contenido de humedad, obteniendo datos para los cálculos correspondientes ha: absorción, retención, penetración y tiempo. (Ver: **Anexo N°4:** Datos Básicos de Probetas ensayadas con Corteza y **Anexo N°5:** Datos Básicos de Probetas ensayadas sin Corteza).

3.2 RESULTADOS

Los siguientes valores máximos, medios y mínimos analizando la penetración, absorción y retención. Alcanzados durante los 2 tipos de ensayos realizados y se indica la cantidad de postes que compone cada grupo. Posteriormente se trabajan las diferentes variables para obtener las diferencias que se puedan percibir entre ellas.

Tabla N° 1: Resultados para ensayo con Corteza Real

N° DE PROBETA	<i>PENETRACIÓN</i>	<i>ABSORCIÓN</i>		<i>RETENCIÓN</i>		TIEMPO	CONTENIDO DE	DESPLAZAMIENTO (m/s)
	PLM (mm)	LÍQUIDA (Kg/m ³)	SÓLIDA (Kg/m ³)	LÍQUIDA (Kg/m ³)	SÓLIDA (Kg/m ³)			

							HUMEDAD %	
A1	20,1	18,70	0,56	27,31	0,82	0:01:23	86,79	0,03
A2	16,1	28,39	0,85	29,60	0,89	0:01:48	82,98	0,02
A3	20,5	26,61	0,80	39,71	1,19	0:02:11	86,56	0,02
A4	19,9	25,69	0,77	35,11	1,05	0:01:28	100,00	0,03
A5	17,0	24,51	0,74	40,26	1,21	0:00:50	105,10	0,05
A6	20,4	27,62	0,83	39,53	1,19	0:02:18	75,63	0,02
A7	16,4	21,43	0,64	25,22	0,76	0:01:31	81,31	0,03
A8	15,4	37,56	1,13	39,61	1,19	0:02:12	107,39	0,02
A9	12,5	43,06	1,29	56,70	1,70	0:01:01	103,87	0,04
A10	18,0	13,45	0,40	22,35	0,67	0:00:48	90,25	0,05
A11	19,9	17,40	0,52	22,60	0,68	0:01:31	93,49	0,03
A12	17,0	36,73	1,10	46,03	1,38	0:02:16	76,43	0,02
A13	15,4	14,22	0,43	17,24	0,52	0:01:23	74,78	0,03
A14	14,5	28,05	0,84	34,60	1,04	0:01:26	102,37	0,03
A15	20,1	24,99	0,75	46,41	1,39	0:02:19	97,72	0,02
Sum	263,07	388,42	11,65	522,31	15,67	0:24:25	1364,67	0,432
Prom	17,54	25,89	0,78	34,82	1,04	0:01:38	90,98	0,029
Desv	2,52	8,45	0,25	10,78	0,32	0:00:32	11,35	0,011
CV %	14,36	32,64	32,64	30,96	30,96	32,42	12,47	38,647

Tabla N° 2: Resultados para ensayo con Corteza Simulada

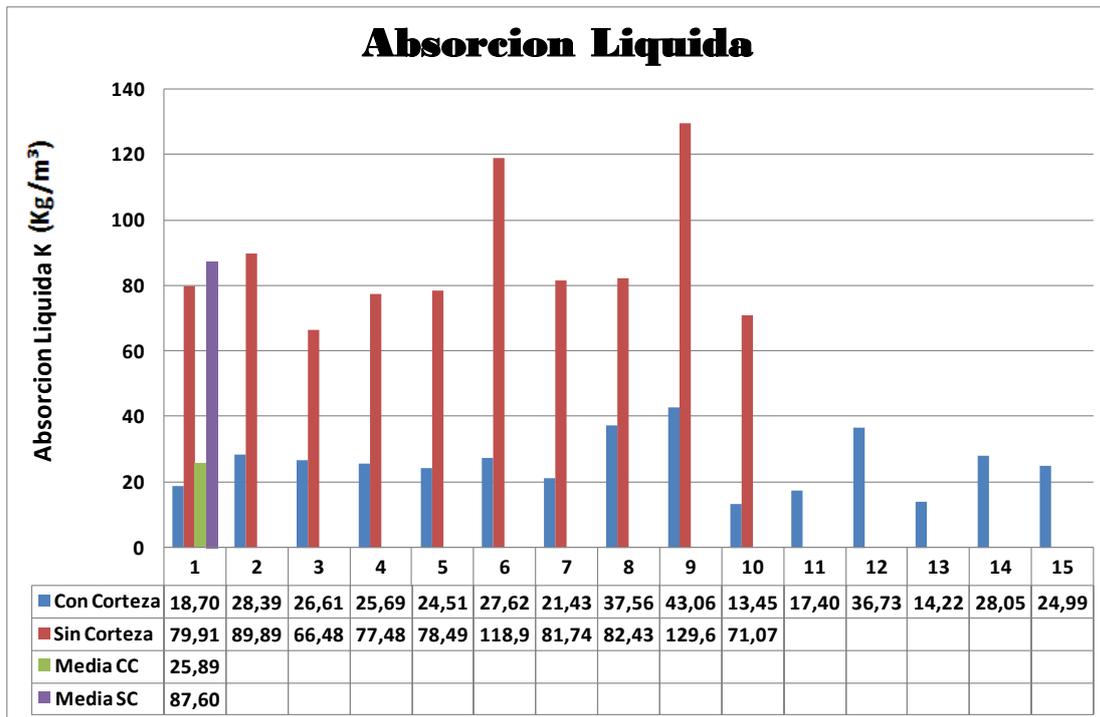
N° DE PROBETA	<i>PENETRACIÓN</i>	<i>ABSORCIÓN</i>		<i>RETENCIÓN</i>		TIEMPO	CONTENIDO DE HUMEDAD %	DESPLAZAMIENTO (m/s)
	PLM (mm)	LÍQUIDA (Kg/m³)	SÓLIDA (Kg/m³)	LÍQUIDA (Kg/m³)	SÓLIDA (Kg/m³)			
B1	17,33	79,91	2,40	260,76	7,82	0:04:23	103,04	0,0095

B2	15,89	89,89	2,70	389,31	11,68	0:07:37	103,43	0,0055
B3	21,53	66,48	1,99	113,94	3,42	0:05:56	99,01	0,0070
B4	17,33	77,48	2,32	281,69	8,45	0:07:35	96,75	0,0055
B5	16,35	78,49	2,35	316,11	9,48	0:04:11	62,48	0,0099
B6	14,98	118,93	3,57	536,17	16,08	0:06:13	85,18	0,0067
B7	17,73	81,74	2,45	190,18	5,71	0:07:37	90,47	0,0055
B8	16,91	82,43	2,47	389,74	11,69	0:05:21	80,86	0,0078
B9	14,93	129,62	3,89	464,24	13,93	0:03:06	83,50	0,0109
B10	16,83	71,07	2,13	269,58	8,09	0:05:55	88,60	0,0070
Sum	169,79	876,04	26,28	3211,71	96,35	0:57:54	893,32	0,0754
Prom	16,98	87,60	2,63	321,17	9,64	0:05:47	89,33	0,00754
Desv	1,86	20,49	0,61	126,51	3,80	0:01:34	12,388	0,002
CV %	10,98	23,39	23,39	39,39	39,39	27,063	13,868	26,059

3.2.1 ABSORCIÓN

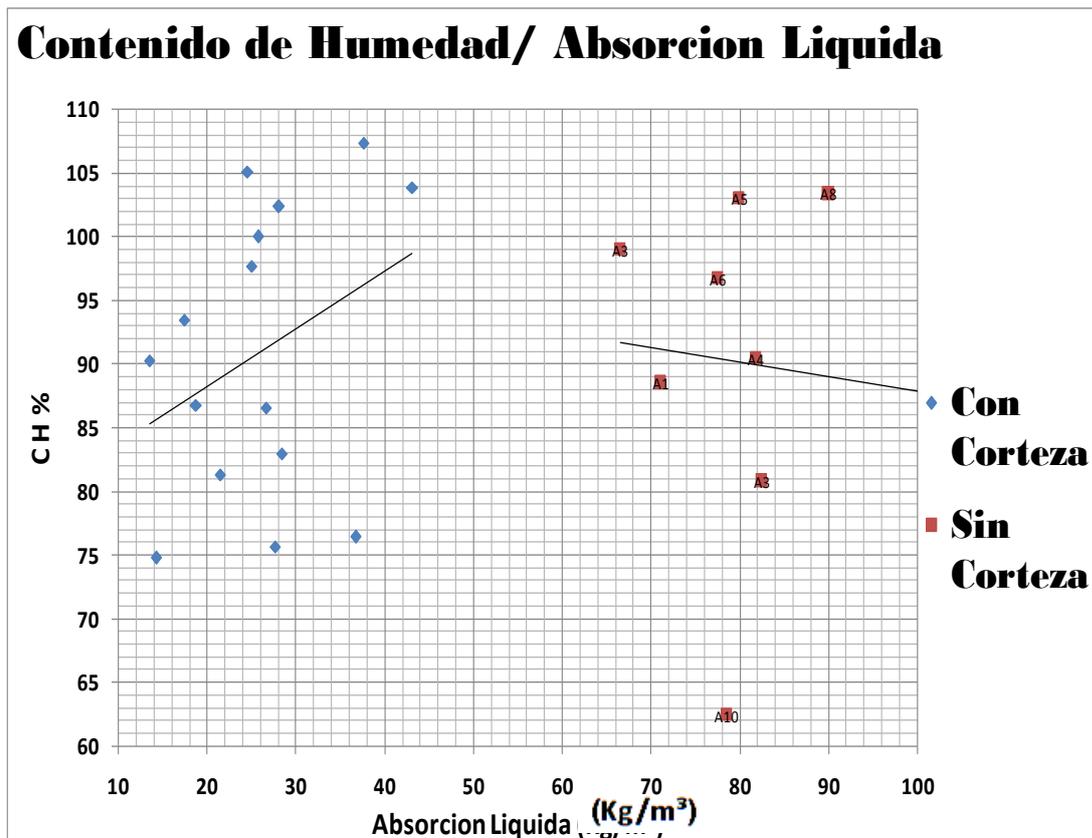
La absorción líquida con mayor incidencia de las piezas en la que simula la corteza se manifiestan con valores mínimos de **66.48 Kg/m³** para la pieza B3 y un máximo de **129.60 Kg/m³** para la pieza B9, con un valor promedio de **87.60 Kg/m³**. Los cuales superan a todas las piezas con corteza real, que reflejan un valor mínimo en la pieza A10 con apenas **13.45 Kg/m³** y un máximo en las piezas de **43.06 Kg/m³**, con un valor promedio de **25.89 Kg/m³**; los que reducen la cantidad de absorción por pieza, pero refleja mayor homogeneidad en el proceso.

Gráfica N°1: Absorción Líquida



Seguidamente se puede apreciar la relación existente entre el Contenido de Humedad y la Absorción Líquida de las diferentes piezas. Entre los contenidos de humedad más elevados mejoran la absorción presente en las piezas, tal como marca la tendencia. En ambos casos y casi de forma relativamente homogénea sucede con las piezas de corteza real y para piezas en las que simula la corteza, pero que entre ambos tratamientos existe una muy marcada diferencia en cuanto al grado de absorción.

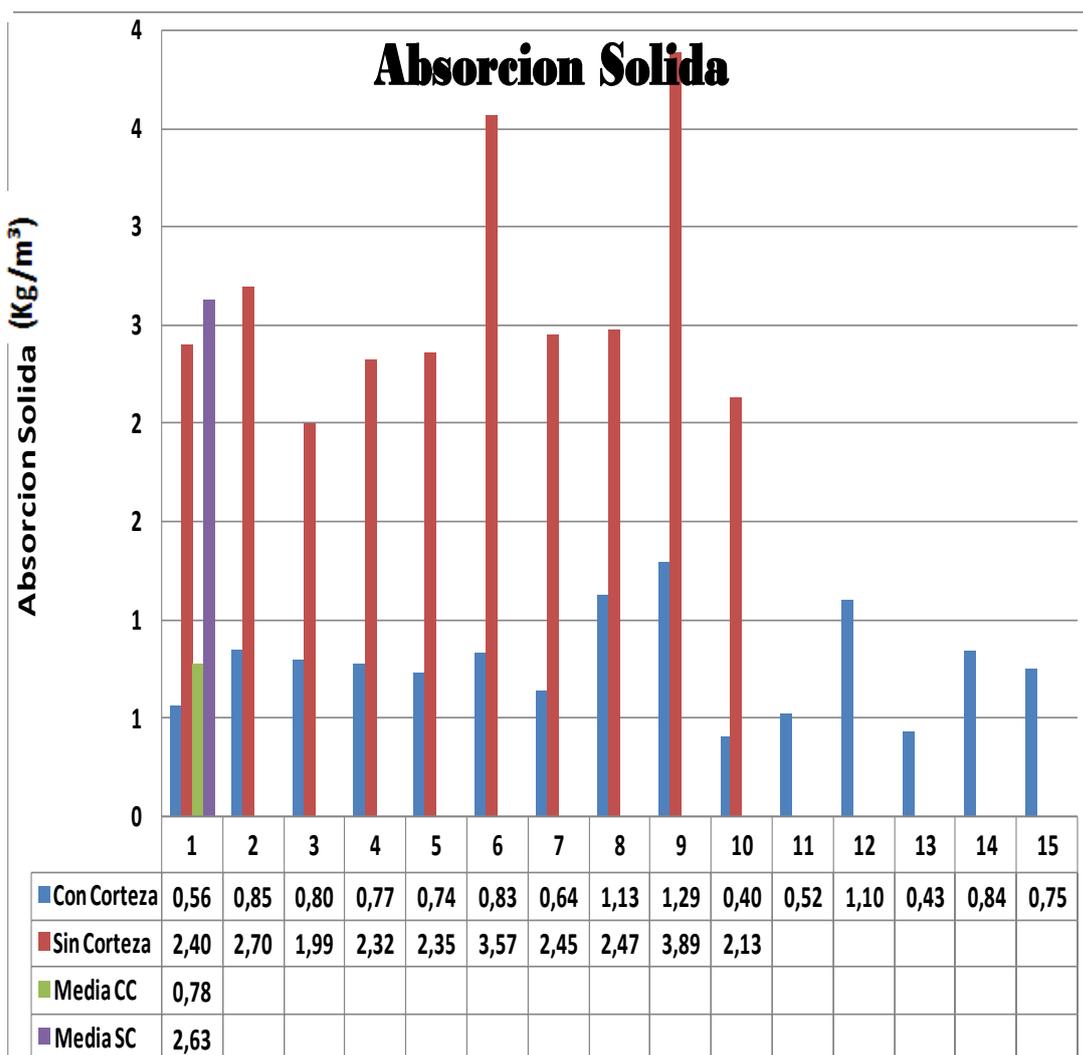
Gráfica N° 2: Relación CH/AL



Para la absorción sólida los valores entre un tratamiento y otro, muestran un gran incremento en los valores, podría decirse de forma general que los valores obtenidos para piezas con corteza real pueden hasta duplicarse con relación a los que se ensayaron simulando la corteza.

Los valores logrados para las piezas con corteza real, indican una mínima de **0.40 Kg/m³**, en la pieza A10, una máxima de **1.29Kg/m³** en la pieza A9, y un valor promedio de **0.78 Kg/m³**, mientras que para piezas con corteza simulada se obtuvo una mínima de **1.99 Kg/m³** en la pieza B3, la máxima de **3.39 Kg/m³** en la pieza B9, y un valor promedio de **2.63 Kg/m³**.

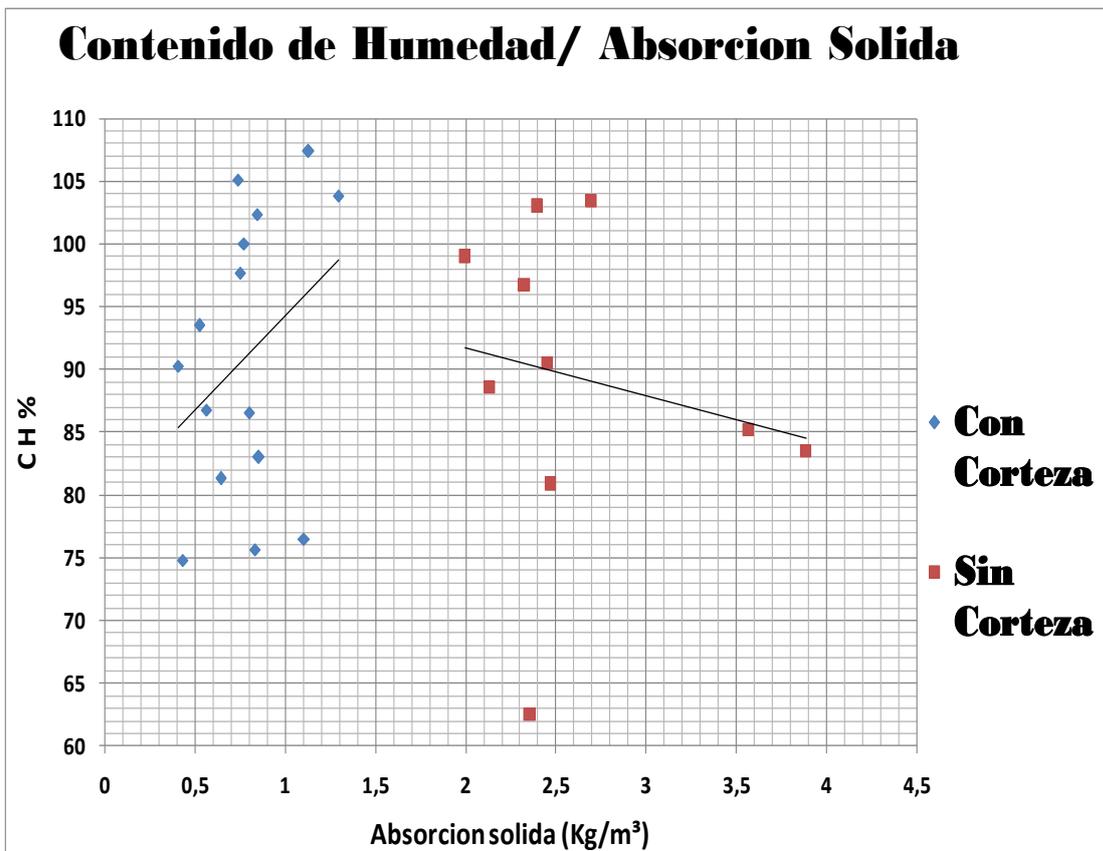
Gráfica N° 3: Absorción Sólida



Con relación a lo presentado anteriormente, la absorción sólida para piezas con corteza real se muestra con cierta homogeneidad, sin embargo presenta tendencia a elevar sus valores con el incremento del Contenido de Humedad,

Del mismo modo se presenta para las piezas con corteza simulada, de las que se puede destacar que la tendencia no sigue el patrón de incremento al valor de Contenido de Humedad.

Gráfica N°4: Relación CH/AS

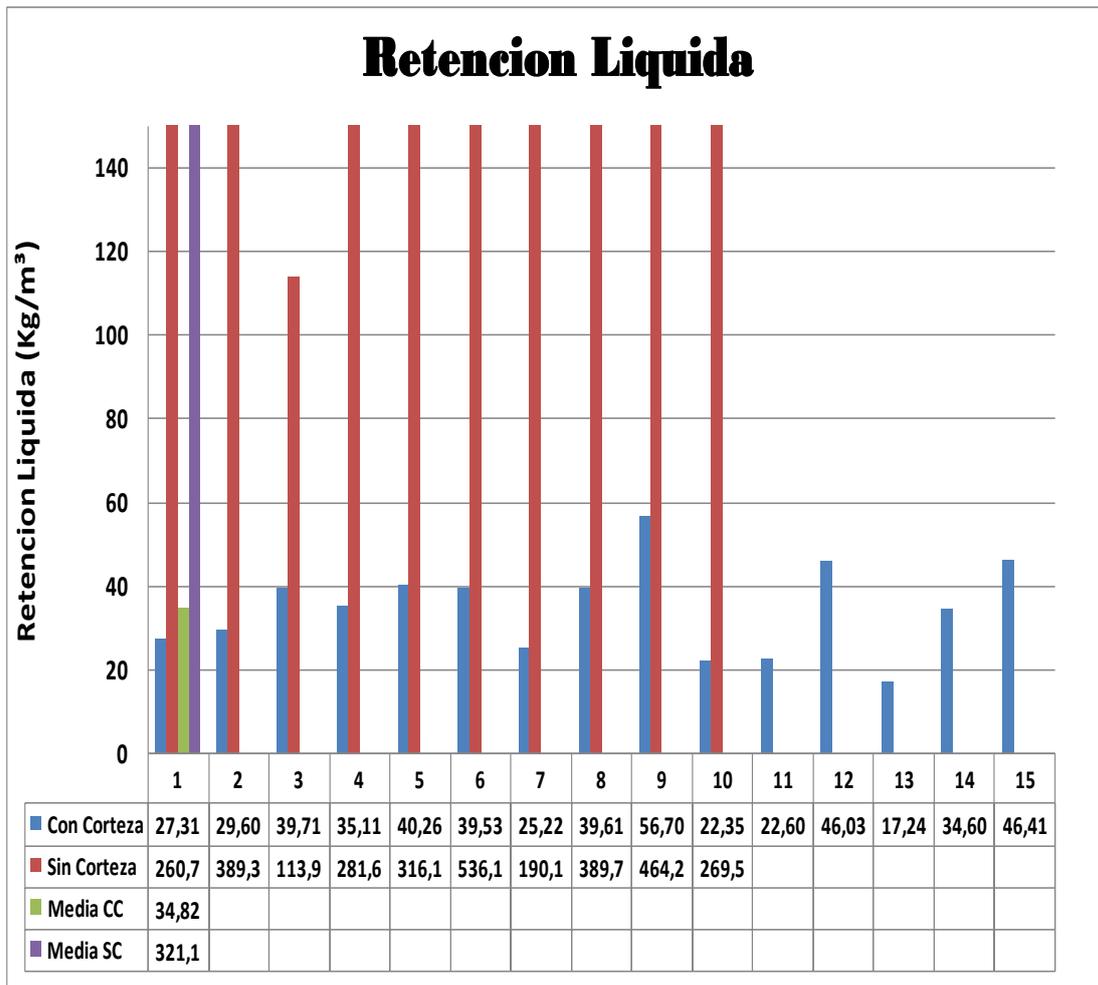


3.2.2 RETENCIÓN

La retención líquida muestra una gran diferencia para los valores que presenta entre uno y otro tratamiento pudiendo hasta cuadruplicar los valores de uno con relación al otro. Las piezas con corteza real, son un tanto homogéneas, mientras que para aquellos con corteza simulada es más heterogénea debido al volumen presentado por cada pieza.

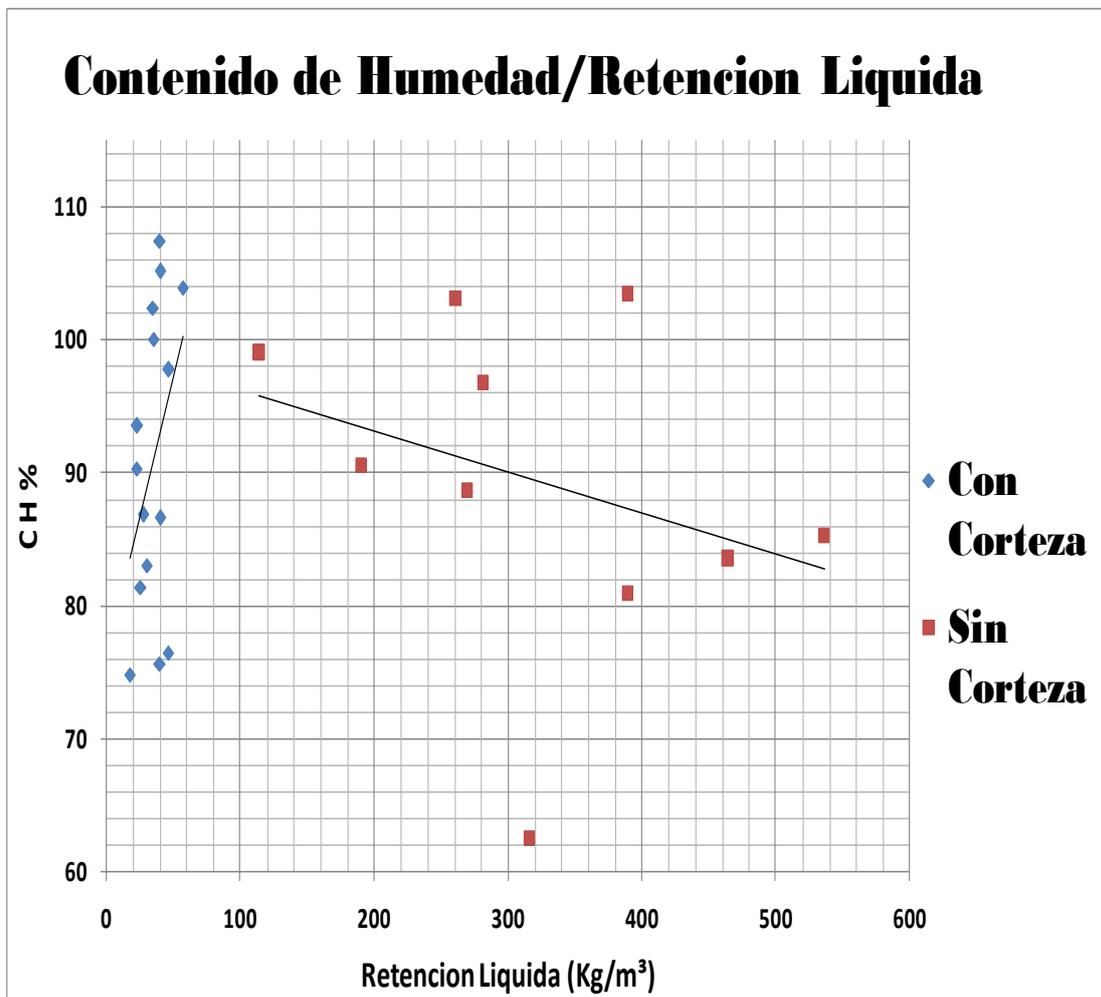
Los valores promedio para piezas con corteza real son **34.82 Kg/m³**, con un máximo en la pieza A9 de **56.70 Kg/m³**, el mínimo se registro en la pieza A13 con **17.24 Kg/m³**. Entre tanto para piezas en la que se simuló la corteza se tiene un promedio de **321.1 Kg/m³**, presentada un valor máximo en la pieza B6 de **536.1 Kg/m³**, y por último un mínimo de **113.9 Kg/m³**.

Gráfica N°5: Retención Líquida



Las piezas con corteza real, que reflejan valores con una tendencia creciente en valores de Contenido de Humedad y contrarias a las que se manifiestan en los que se simula la corteza ya que la tendencia indicaría que a valores intermedios existe mejor retención.

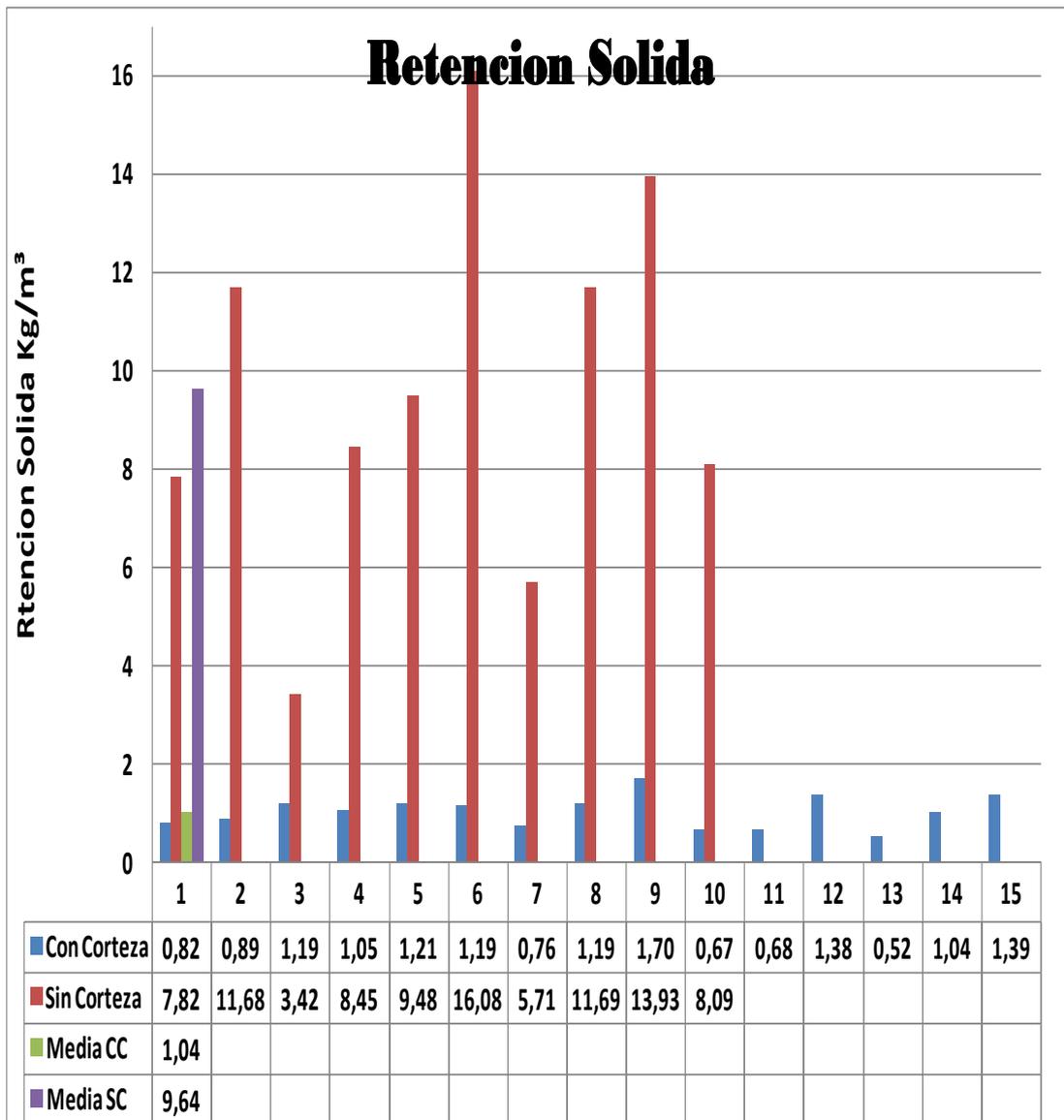
Gráfica N°6: Relación CH/RL



Para la retención sólida los valores entre un tratamiento y otro muestran un enorme incremento en los valores, podría decirse de forma general que los valores obtenidos para piezas con corteza real de triplicarse pueden hasta quintriplicarse con relación a los que se ensayaron simulando la corteza.

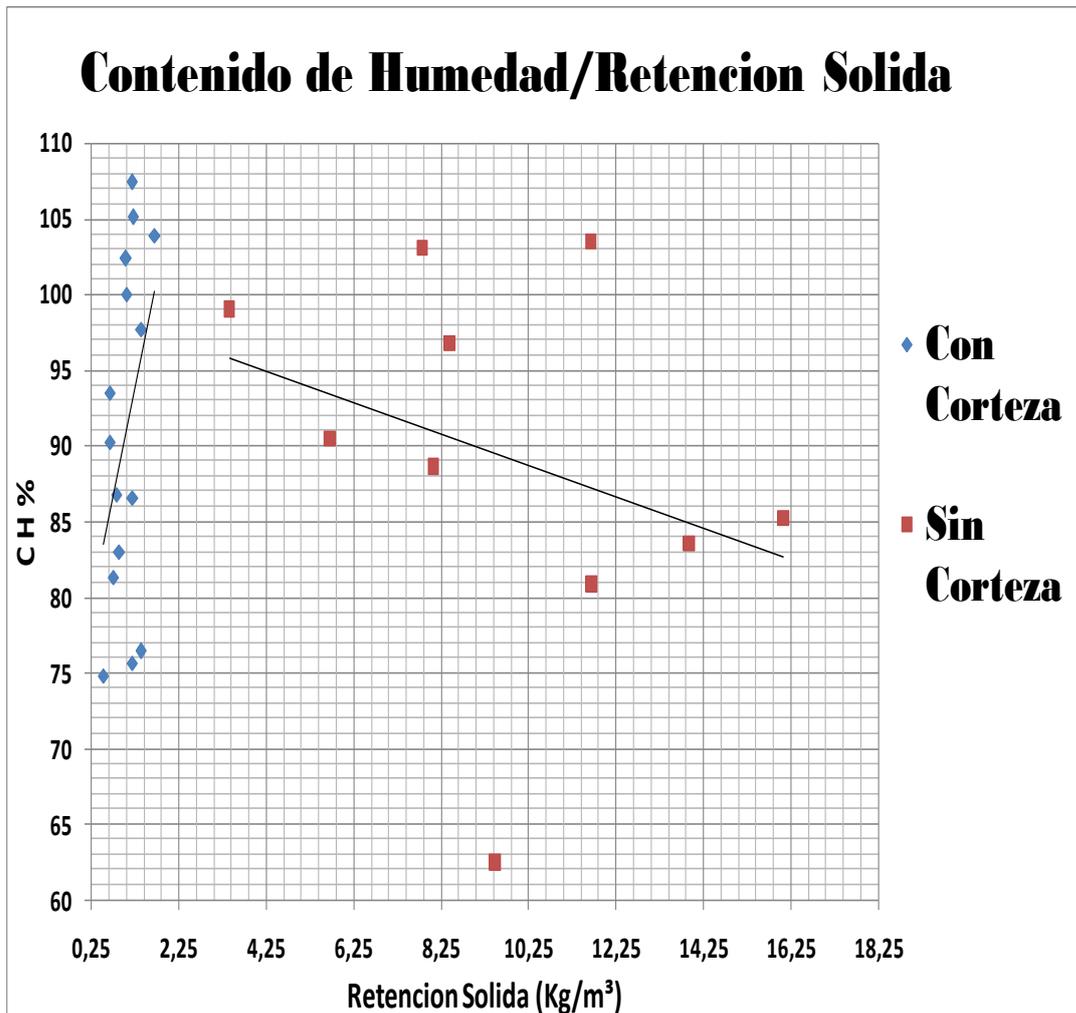
Para piezas con corteza real se obtuvo un promedio de **1.04 Kg/m³**, con una mínima en la pieza A13 de **0.52 Kg/m³**, una máxima de **1.70 Kg/m³** para la pieza A9. Para piezas con corteza simulada se tiene un promedio de **9.64 Kg/m³**, una mínima en la pieza B3 de **3.42 Kg/m³** y el máximo en la pieza B6 de **16.08 Kg/m³**.

Gráfica N°7: Retención Solida



Al igual que para la retención líquida, la retención sólida muestra, que las piezas con corteza real, marcan una tendencia creciente en valores de Contenido de Humedad y contrarias a las que se manifiestan en los que se simula la corteza ya que la tendencia indicaría que a valores intermedios existe mejor retención.

Gráfica N° 8: Relación CH/RS

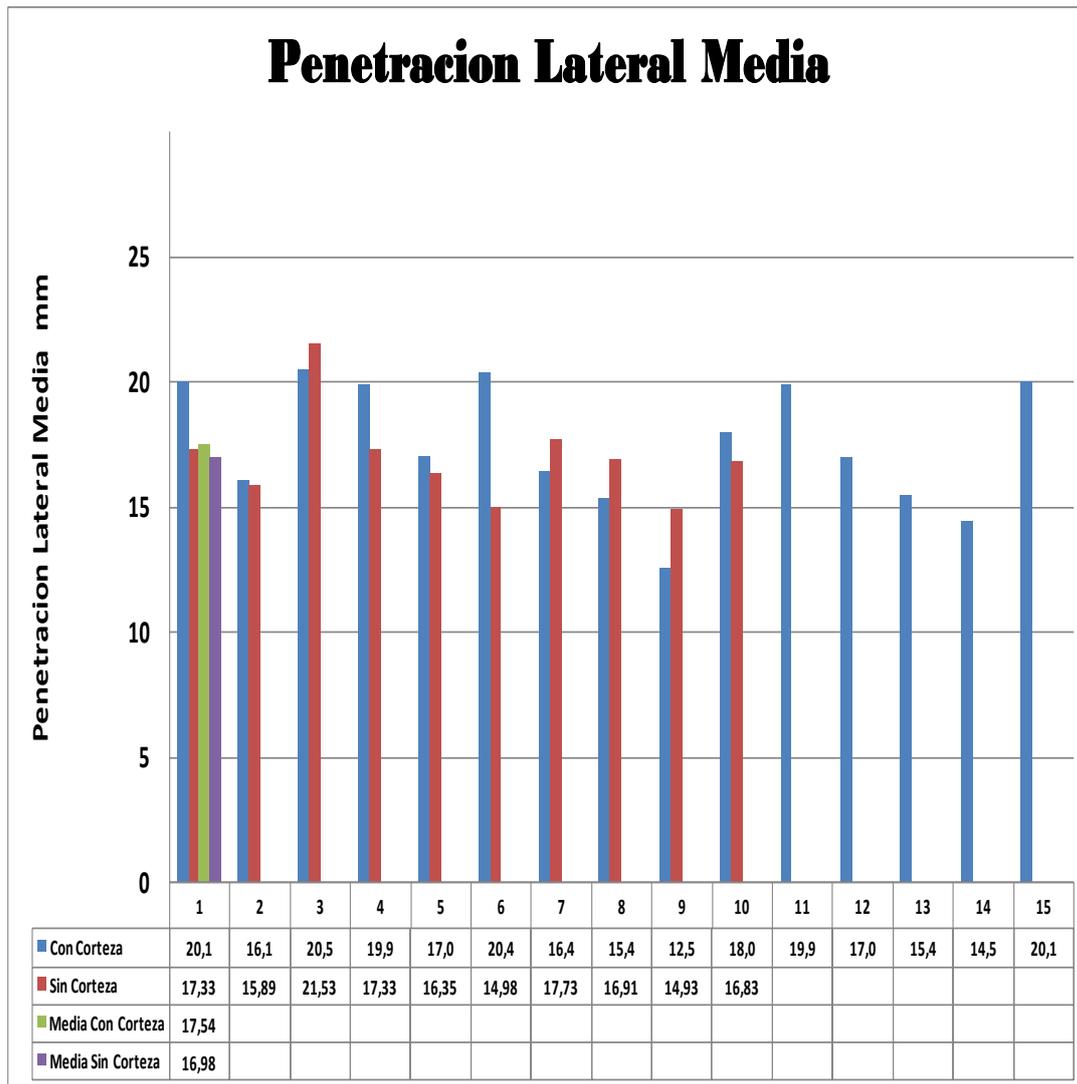


3.2.3 PENETRACIÓN LATERAL MEDIA

Los valores representados por la penetración no muestran una gran variación entre los tratamientos ensayados, como así diferencias poco notables entre los diferentes las piezas de un mismo grupo.

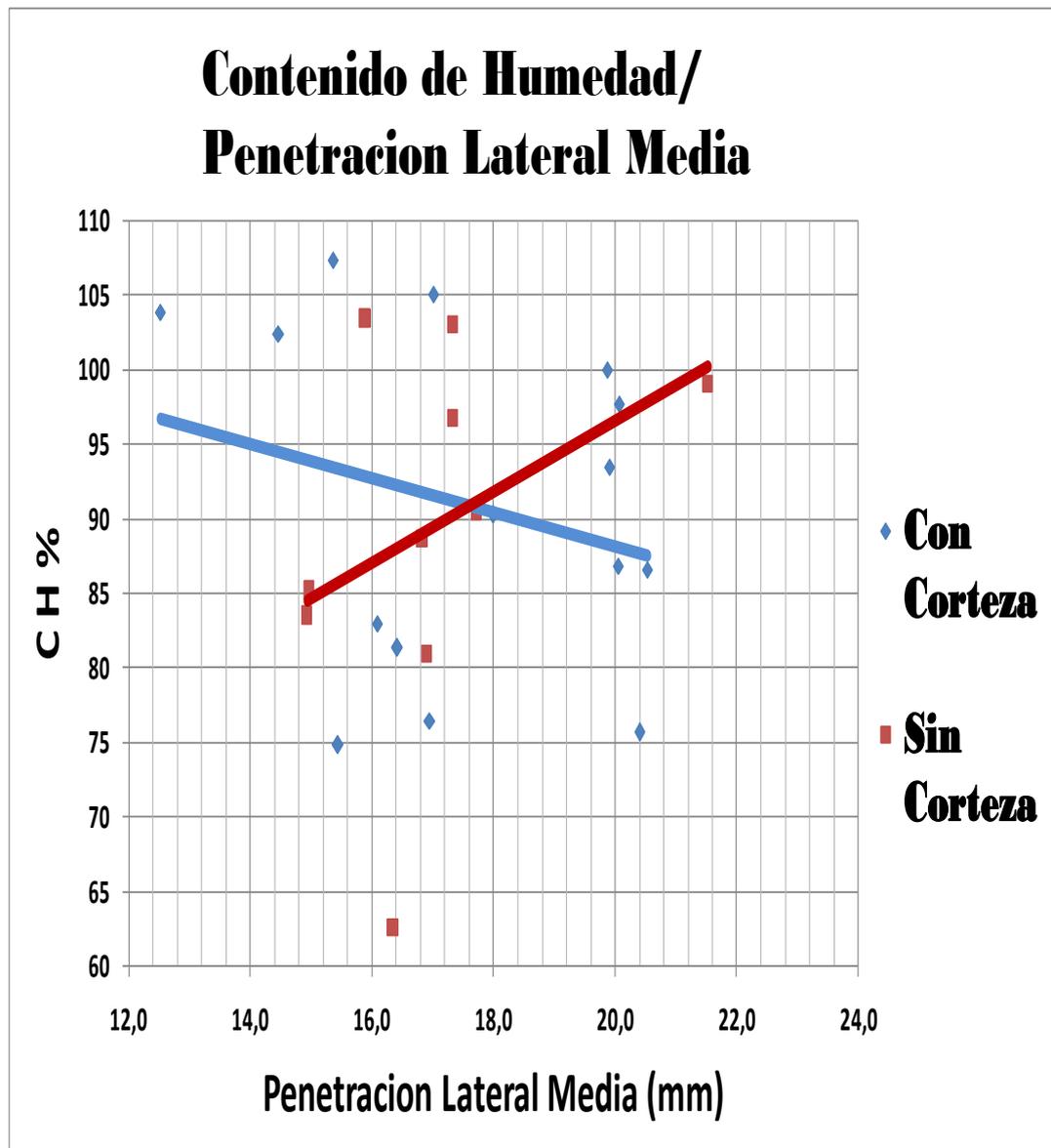
Los valores medios para la Penetración Lateral Media: para el ensayo con Corteza fue de **17.54 mm**, mientras en le ensayo sin corteza fue de **16.98 mm**. Lo que indica que obtuvo rendimientos paralelos en los tratamientos.

Gráfica N° 9: Penetración Lateral Media



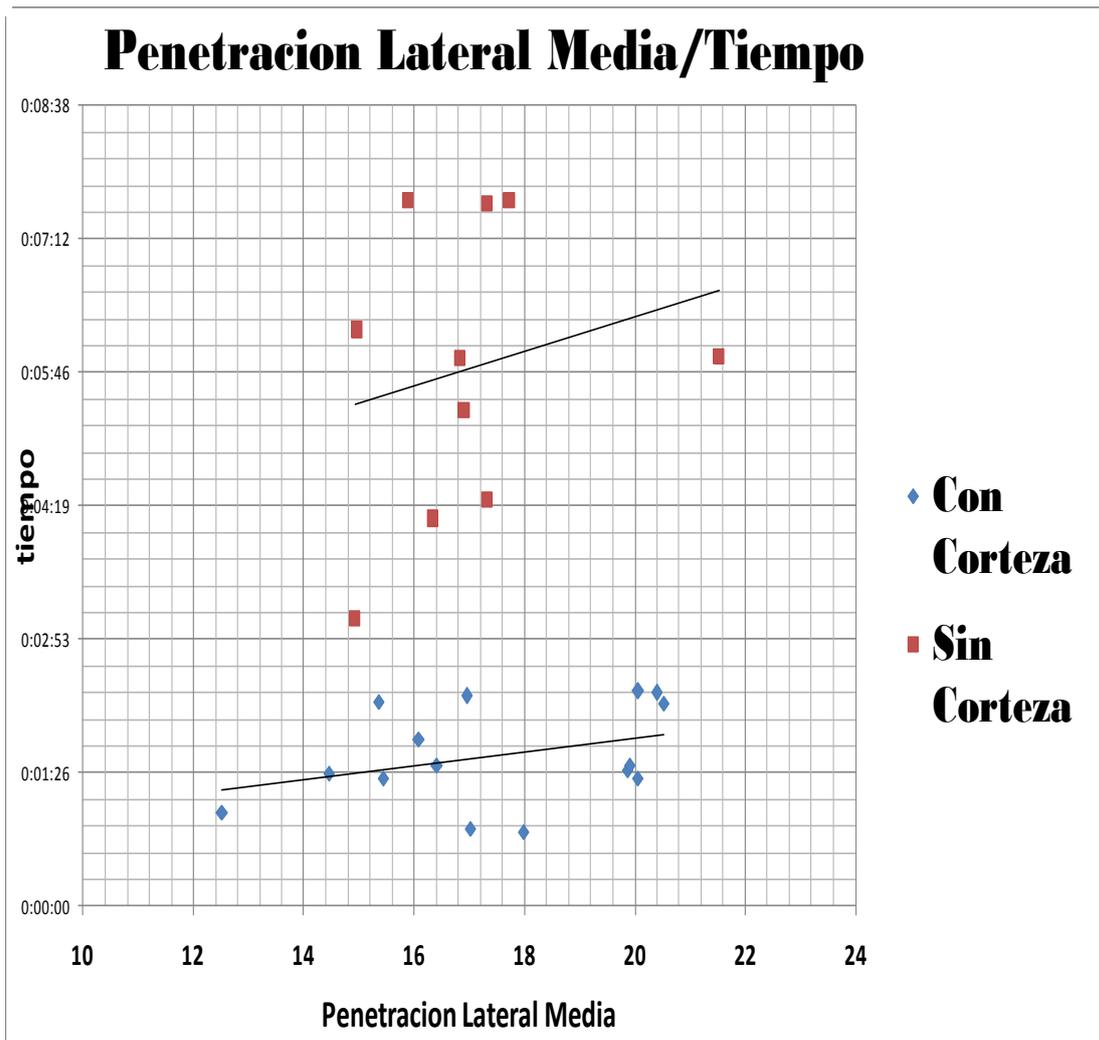
En este gráfico se puede ver la relación directa que existe entre el contenido de humedad y la penetración. Para las piezas en la que se mantuvo la corteza se puede apreciar que entre el contenido de humedad es creciente esta relación y denota claramente que deja de ser tan influyente la humedad de la pieza, pues esta asimila mejor el proceso con valores intermedios. Por otro lado las piezas en la que se simula la corteza se puede apreciar que entre el contenido de humedad causa una buena influencia en la penetración, a mayor humedad mejor penetración.

Gráfica N° 10: Relación Contenido de Humedad/ PLM



La relación existente entre penetración lateral media y el tiempo de ejecución, hace notar que el tiempo es indiferente al momento de la penetración, pues solo puede atribuirse que el hecho de simular la corteza con pintura, incrementa las variables, pero presenta mayor retraso en el tratamiento.

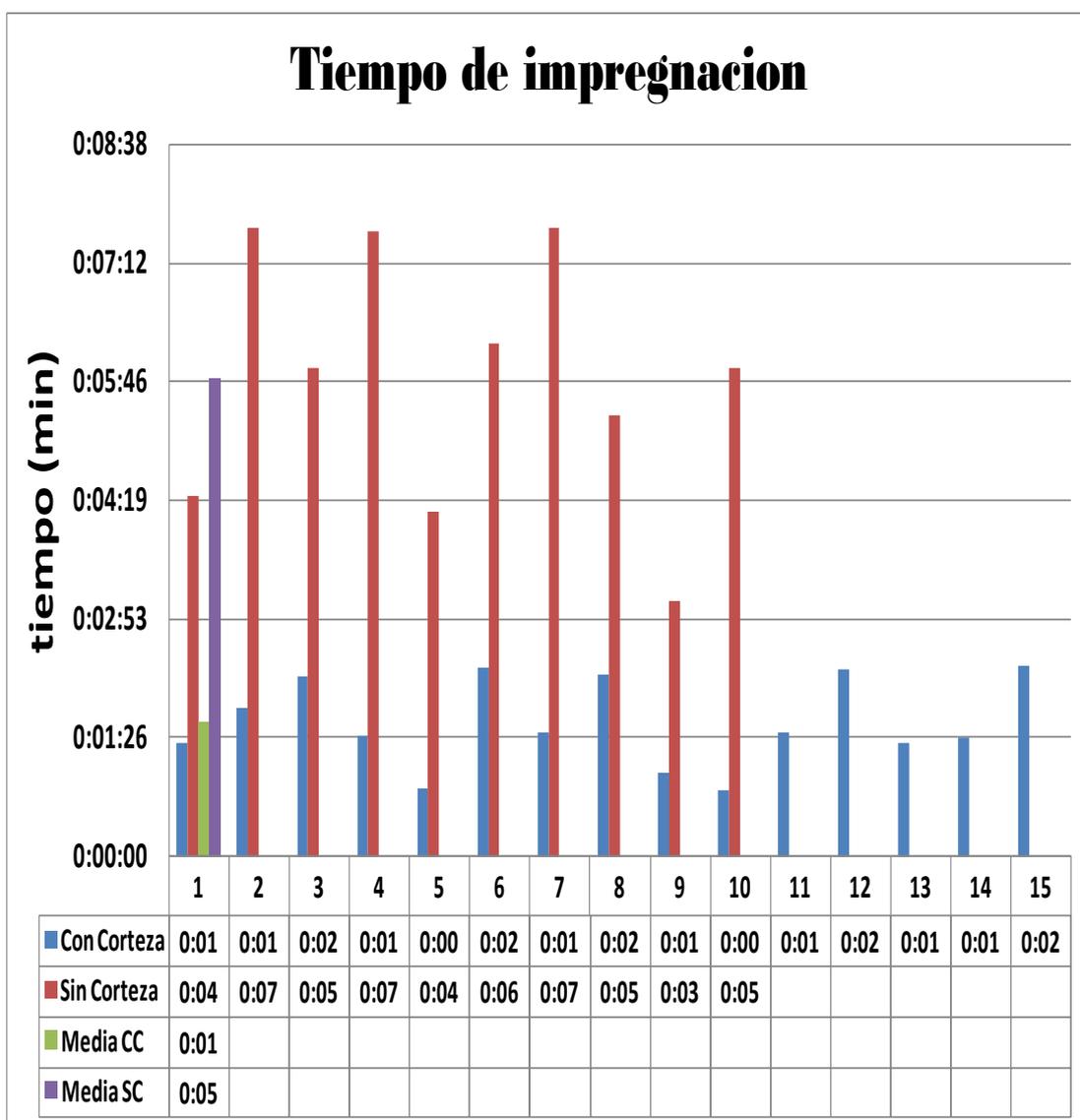
Gráfica N° 11: Penetración Lateral Media/ Tiempo



3.2.4 TIEMPO DE IMPREGNACIÓN

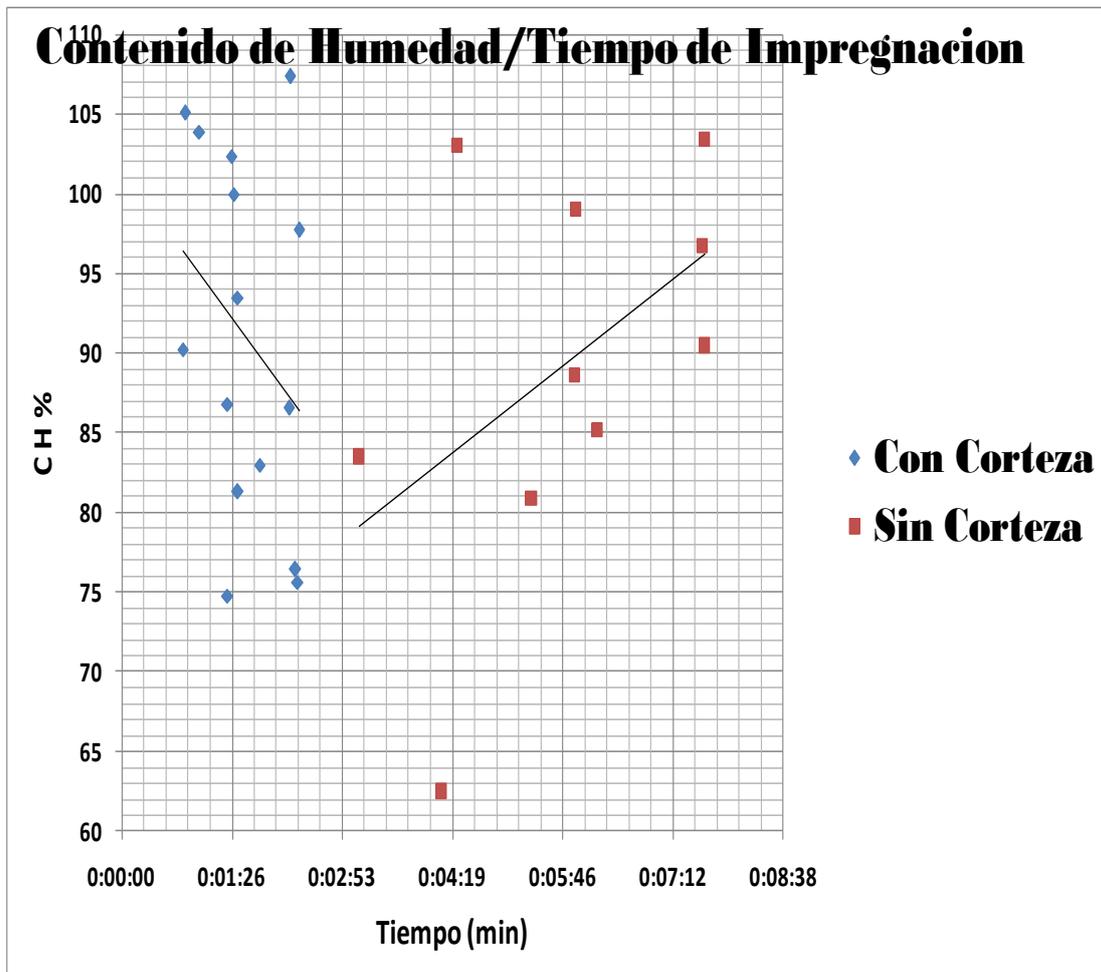
Los tiempos de impregnación, establecidos para las piezas de corteza real indican un comportamiento relativamente homogéneo, con promedio de **0:01:38** entre el máximo **0:02:19** para la pieza A15 y en mínimo **0:00:48** en la pieza A10. Mientras que estos varían con relación a los que indican los ensayos con corteza simulada que son heterogéneos con una variación de **0:04:31** que denotan un máximo de **0:07:37** en la pieza B2 y mínimo de **0:03:06** para la pieza B9.

Gráfica N°12: Tiempo de Impregnación



Según la relación existente entre tiempo de impregnación y el contenido de humedad para las diferentes piezas tratadas. Se puede apreciar que entre los no hay diferencia a en la significativa, pues este indica que la humedad no reducen los tiempos, por lo que se considera que los efectos de la humedad en la piezas no tendría influencia en el comportamiento del tiempo y que a este le corresponden propiedades netamente fisiológicas y anatómicas de la madera.

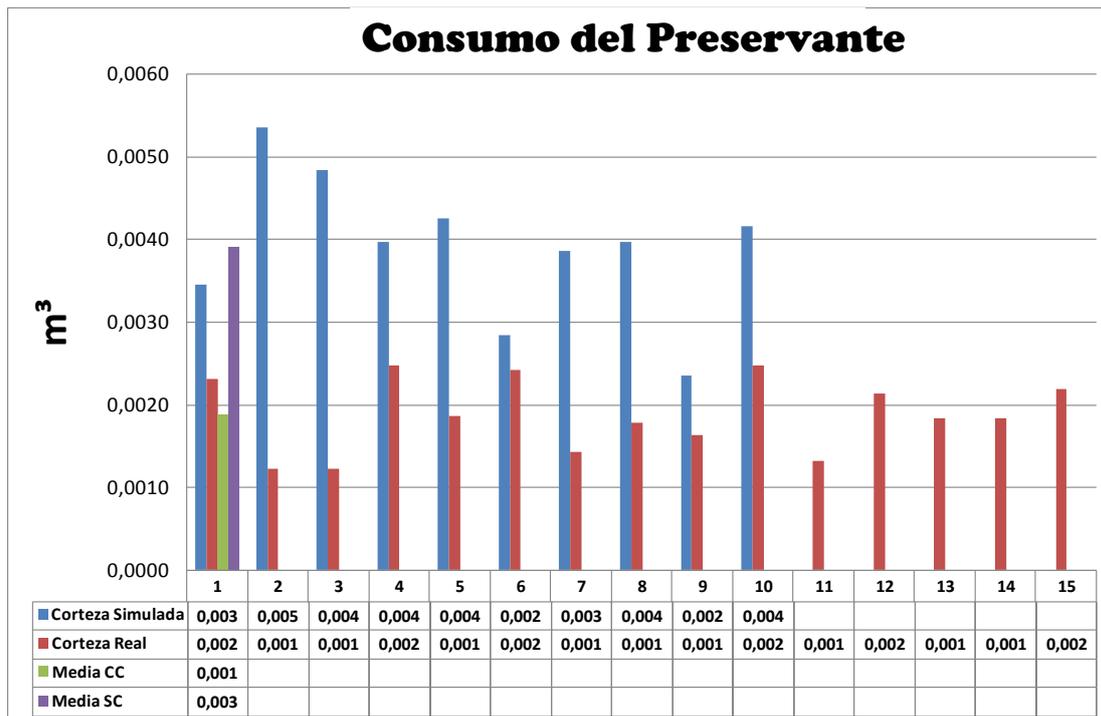
Gráfica N°13: Relación CH/Tiempo de Impregnación



2.2.5 CONSUMO DEL PRESERVANTE

El comportamiento de consumo del preservante se encuentra ligado al volumen con el que cuenta cada pieza tanto en un tratamiento como en el otro, obteniendo un promedio de **0,0019 m³** para piezas con corteza real, con valores máximo de **0.00025 m³** en la pieza A10 y mínimo de **0.00012m³** en las piezas A2 y A3. Mientras que en piezas donde se simuló la corteza el valor promedio fue de **0,0039 m³** de los cuales el valor mínimo fue de **0,0024m³** en la pieza B9 y un máximo de **0,0054m³** en la pieza B2 respectivamente.

Gráfica N° 14: Consumo del Preservante

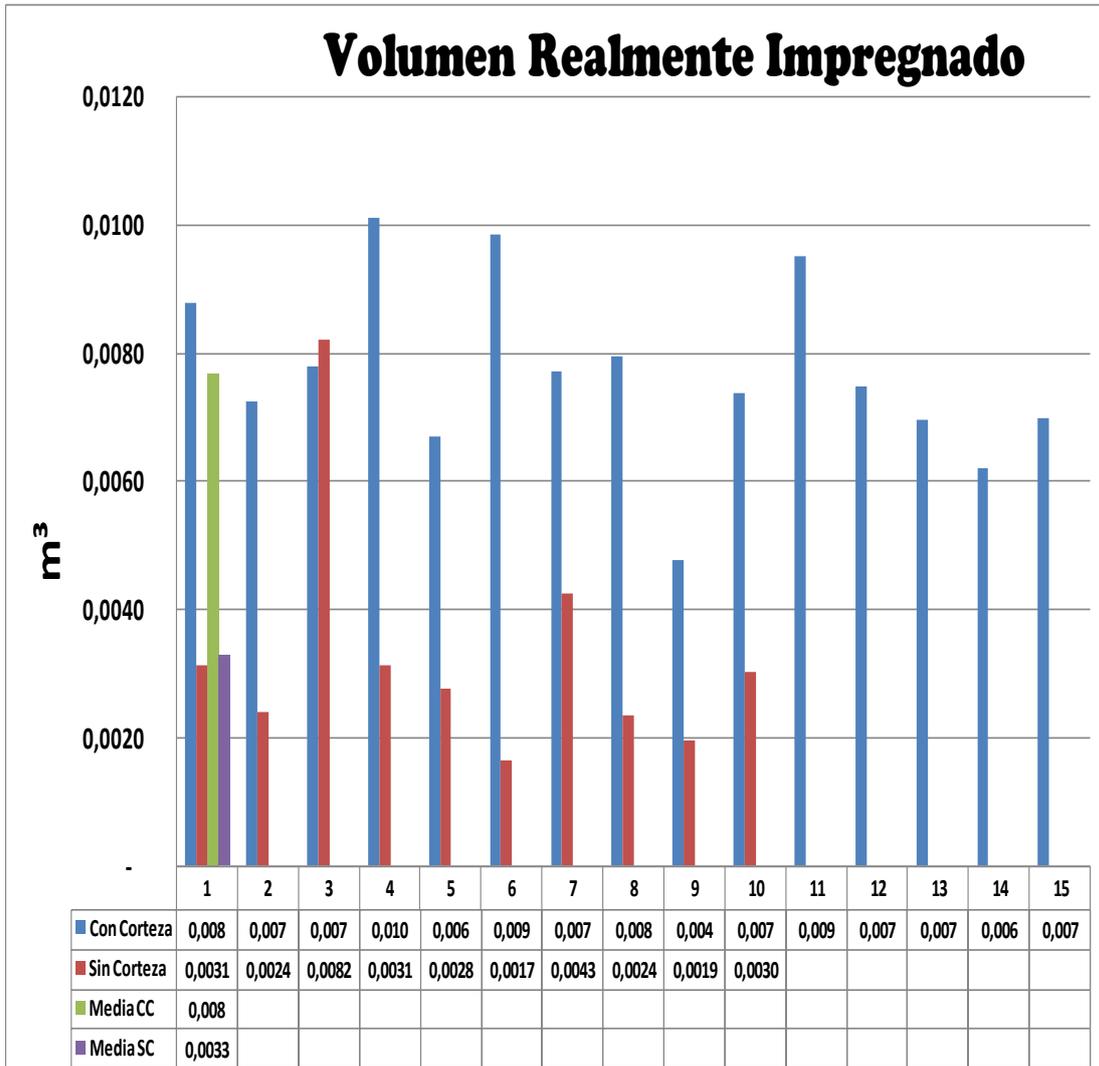


En los diferentes tratamientos, las piezas con corteza y sin ella; gráficamente se puede ver que a medida que el consumo del preservante aumenta los valores en general también incrementan para todos los índices de evaluación, obteniendo de esa forma datos aceptables en penetrabilidad, absorción y retención. Pero este es indistinto en relación al tiempo en el que realizo.

2.2.6 VOLUMEN REALMENTE IMPREGNADO

Estos parecen ser con cierto grado de homogeneidad, en los dos tratamientos, correspondiente de igual forma, al volumen de cada una de las piezas presentes en la impregnación, obteniéndose una media para piezas con corteza de **0.008 m³**, mientras que para las piezas sin corteza el promedio fue de **0.0033 m³**.

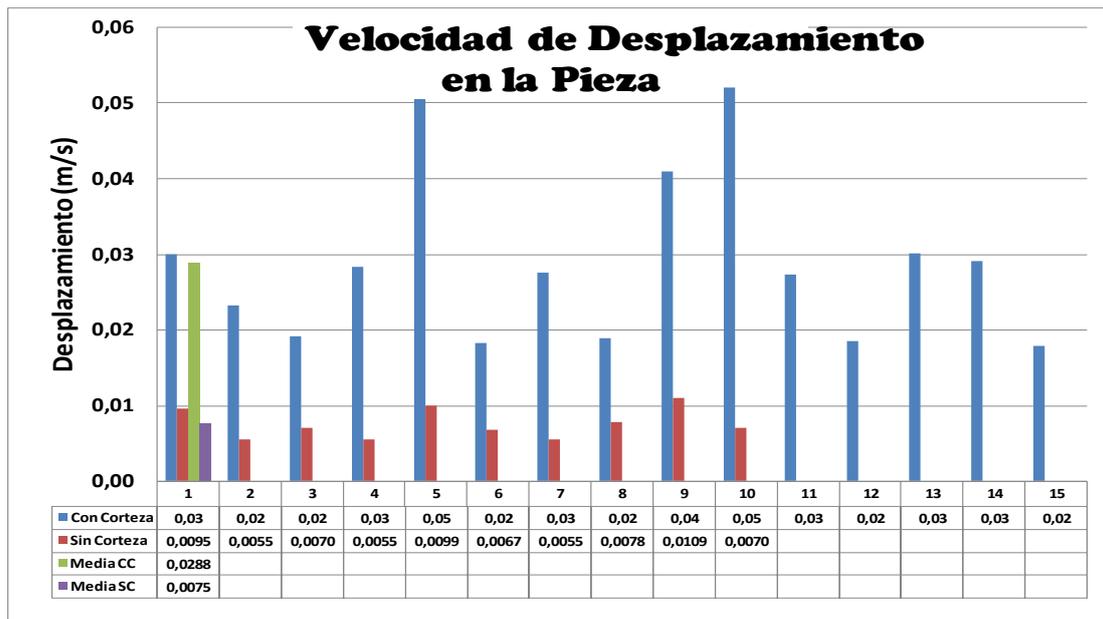
Gráfica N° 15: Volumen Realmente Impregnado



2.2.7 DESPLAZAMIENTO

Para valores de desplazamiento el comportamiento relativo a las piezas, pues estas varían, por lo que se tiene un valor promedio para piezas con corteza de **0.028 m/s**, con una valor máximo de **0.05 m/s** para las piezas A10 y A5, mientras que el mínimo fue **0.02 m/s** en la pieza A6. Para piezas sin corteza se tiene un promedio de **0.0075 m/s**, un valor máximo en la pieza B5 de **0.0099m/s** y un mínimo de **0.0055 m/s** en la pieza B2.

Gráfica N° 16: Consumo del Preservante



El siguiente cuadro indica a todos los valores obtenidos de los promedios para cada uno de los tratamientos, y relacionados entre sí, para obtener un resultado de Promedio Total para cada parámetro, a través de estos resultados y de forma general, indicarían, si estos tratamientos y sus posteriores parámetros, se identificarían como aceptables.

Cuadro N° 7: Resultados de Promedios Totales para todos los parámetros de Evaluación.

	Con Corteza	Sin Corteza	Promedio Total
Penetración (mm)	17,54	16,98	17,26
Absorcion líquida (Kg/m³)	25,89	87,6	56,75
Absorcion Sólida (Kg/m³)	0,78	2,63	1,71
Retencion líquida (Kg/m³)	34,82	321,17	178,00
Retencion Sólida (Kg/m³)	1,04	9,64	5,34
Tiempo de Impregnación (HH:MM:SS)	0:01:38	0:05:47	0:03:42
Contenido de Humedad (%)	90,98	89,33	90,16
Desplazamiento (m/s)	0,0029	0,0075	0,0052

4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 CONCLUSIONES

En el proceso de impregnación de postes de *Eucalyptus camaldulensis*, otorgado por el sistema Boucherie Modificado; y después de haber obtenido los datos necesarios y una vez analizados estos, en base a los resultados se pudo observar y concluir que:

- Dentro de los análisis de absorción se obtuvieron mejores resultados el promedio de para absorción líquida de **56.74 Kg/m³** y el promedio en la absorción sólida lograda fue **1.71 Kg/m³** por lo que se considera como una **Absorción Alta (AA)**, pues este valor supera a el rango de productos activos en Kg/m². (Ver Cuadro N°6).
- Para la retención líquida, el promedio alcanzado fue **421.59Kg/m³** y para la retención sólida se tuvo un promedio de **5.34Kg/m³**, valores que sobrepasan a los valores establecidos como Retención mínima de Sales CCA, por la **(NB 103001,2009)**, lo que muestra un valor muy bueno dentro del rango de retención nominado para los valles.
- La respuesta promedio de la penetración obtenida para el total de las piezas fue PML **17.26 mm.**, **(NB 107003,2011)**, y esta se clasifica como **parcial regular**, ya que esta se conduce por los elementos de conducción.

EL sistema de preservación para madera de *Eucalyptus camaldulensis* por desplazamiento forzado de la savia, cumple con la Hipótesis presentada pues, la instalación del equipo se cumplió satisfactoriamente, es funcional ya que cumplió con los parámetros de evaluación establecidos, para los tratamientos en los que se simula la corteza, como así en la que mantiene dicho elemento de protección natural, logrando un desplazamiento bueno a través de la madera facilitando la entrada de el producto impregnante como lo fue la Sal CCA.

4.2 RECOMENDACIONES

Cumplido con el trabajo de investigación realizado, me permito brindar algunas recomendaciones, que vayan a mejorar los estudios que cubran necesidades preservación, que alcancen mejores rendimientos o que por los menos lleguen a satisfacer las necesidades básicas de durabilidad en la madera:

- Establecer estudios de la influencia Fisiológica y Anatómica de la madera en el proceso de Impregnación y establecer parámetros de aplicación para la especie estudiada (*Eucalyptus camaldulensis*).
- Analizar el efecto de Lixiviación para este sistema de preservación, y estudio de durabilidad de la especie *Eucalyptus camaldulensis*.
- Realizar tratamientos de preservación a diferentes concentraciones, pues la utilización de esta variable puede otorgar una mayor retención, y alcanzar valores elevados al igual que los sistemas de presión convencionales, pues existen bombas de tipo domestica que cuentan con más amplios rangos de presión.
- Continuar las investigaciones para determinar el límite de contenido de humedad y los requerimientos que presenta como variable, para obtener mejores resultados de preservación en diversas maderas.
- Ejecutar un estudio de costos, que determine de la viabilidad en procesos de industrialización a pequeña y mediana escala.