

Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas.

Facultad de Construcciones.

Departamento de Ingeniería Civil.



Trabajo de Diploma.

*Titulo: Estudio de las propiedades de los
tableros de madera de bambú obtenidos a
partir de esteras tejidas.*

Autor: Félix Aguilar Rodríguez.

Tutor: Msc. Ing. Leonardo Cabrera Farias.

Santa Clara, Cuba.

Curso: 2008-2009.



Pensamiento.



Si perdemos el sentido del misterio, la vida no es más que una vela apagada.

Albert Einstein.



Agradecimientos.



Que esta tesis se hiciera realidad es el resultado del esfuerzo y la buena voluntad de muchas personas. Como principales inspiradores están mis padres, a los cuales les estaré eternamente agradecido porque nunca dejaron de darme ese aliento que todos necesitamos. Agradecerle de manera especial a mi tutor porque a pesar de todas las peripecias siempre supo encontrar una buena salida, porque me brindo su amistad, su casa y los mas importante de todo, sus sabias críticas, porque se sacrificó conmigo en los últimos momentos como si él fuera el que se estuviese graduando, porque puso todos los recursos disponibles por su parte en función de esta obra, por todo lo que hizo mi más sincero agradecimiento y muestra de respeto hacia él, agradecer a su familia que me acogió como a uno más de ella, a Pupa su mujer que en los momentos finales cuando parecía que no alcanzaba el tiempo siempre fue optimista. Agradecerle también a todos los profesores de la universidad y a los de la facultad de construcciones en especial a los que tuvieron que ver con mi formación académica. Agradecer también a las mujeres del taller forestal de Manicaragua donde se elaboraron las esteras, a Dagoberto el director de ese centro, que en un momento determinado colocó el taller a mi disposición. Quisiera agradecer también al profesor Camilo que me ayudo con la parte estadística, al igual que mi primo Félix Arley. Mi agradecimiento también al equipo del departamento de polímeros del ICIDCA que laboró conmigo, a Adolfo, a Juan, a Andres, a Maria Elena, a Pablo y a todas las demás que me ayudaron aun cuando no era su prioridad. Agradecerle a la profesora Lena y a Yosvany por ayudarme a interpretar los resultados. Agradecerle de manera especial a Recarey por su importantísima ayuda con el procesamiento de los resultados y las rectificaciones que le hizo a la tesis, por sus recomendaciones para mejorar la información que nos ofrecían los resultados y por aportarnos la visión de cómo seguir el futuro camino de esta investigación. Agradecer también la preocupación de mis familiares sobre todo de mi abuela Carmen, a mi tía Miriam, a Luis a mi tío Francisco, a mi tío el Pipo (Ramón), a Javier, a Luisito, a Cari, a Anay, a mi tía Mari, su hija Yanet, a mi tía Carmen, a mi tío Alberto, a Ruli, a Heriberto, Yaneisy y a su



Agradecimientos.



marido. No podía faltar el agradecimiento a Magalis a Pititi y a su bella hija Imaray que con paciencia y amor siempre estuvo a mi lado estimulando y procurando que no perdiera el tiempo, demostrándome la importancia de un minuto que se pierde. Agradecerle también al profesor Pedro Seijo porque me hizo el favor de llevarme a la Habana lo cual definió que los ensayos se hicieran en tiempo. Le doy muchas gracias a mis compañeros de aula que me ayudaron en todo momento a lo largo de la carrera. Gracias de manera general a todos los que hicieron posible esta obra, a mi amigo Jandry por preocuparse y darme siempre esa fuerza que los amigos saben dar, mi agradecimiento también a Alexis y a Lidier. Agradezco al profesor Martirena por la prontitud de su trabajo sin cuyo aporte no hubiésemos quedado conforme con la terminación del mismo. Agradecer también al proyecto bambú biomasa el cual financió la investigación. A todos muchas e infinitas gracias.



Dedicatoria



A los máximos inspiradores de mi vida y de esta obra; mi madre y mi padre.



Resumen.



Resumen.

En el presente trabajo se realiza una amplia revisión bibliográfica acerca de las principales características del bambú y de los procesos asociados a su aprovechamiento, es decir corte, curado y tratamiento para la preservación, se abordan además aspectos relacionados con los usos de la planta y en especial los relacionados con la construcción. Se estudia de manera particular el caso de los tableros de bambú prensados.

Se elaboran tableros de esteras de fibras de bambú aglomerados con acetato de polivinilo y urea para-formaldehído en condiciones similares a las que se pueden obtener en una producción semi-industrial y se le realizan ensayos para valorar de manera preliminar el comportamiento de las principales propiedades de los mismos, valorando preliminarmente la influencia de los parámetros tiempo, presión y concentración de la resina que se utilizan en el proceso de producción en las propiedades finales del tablero.

Summary

This work carried out a bibliographical revision on the main characteristic of the bamboo, and the processes associated with their use, cut, curing and preservation. Aspects related with the uses of the plant are also approached and especially those related with construction. The case of the pressed bamboo boards is studied in detail.

They are elaborated boards made with mats of fibers of bamboo bound with polyvinyl acetate and urea para-formaldehído in similar conditions to semi-industrial production. The work included test to evaluate the behavior of the main properties of the prototype, focused mainly on the influence of the time, pressure and concentration of the resin that are used in the process of production on the final properties of the board.



Índice.



Introducción	11
Capítulo 1: Estado del arte de los tableros de bambú prensado.	16
1. Tableros de Bambú Prensado.	16
1.1 Estado del arte de los tableros de bambú prensado.....	16
1.1.2 Curado y preservación de plantaciones de bambú.....	20
1.1.3 Preservación y fumigación de las plantaciones.	20
1.1.4 Curado a inicios del secado.	20
1.1.5 Curado por inmersión en agua.	21
1.1.6 Curado por inmersión en agua salada.....	22
1.1.7 Curado por inmersión en petróleo.....	22
1.1.8 Curado por inmersión en tabaquina.....	22
1.1.9 Curado por inmersión en soluciones químicas.	23
1.1.10 Curado por calentamiento.....	23
1.1.11 Curado por el método de Boucherie.	23
1.2 Usos en la construcción de los tableros de bambú.	24
1.3.1 Tipos de tableros de bambú prensado.	27
1.4 Propiedades de los Tableros.	30
1.5 Conclusiones Parciales del capítulo 1	32
Capítulo 2: Tableros de bambú prensados; experimentación.	34
2.1 Introducción a la experimentación con los tableros de bambú prensado a partir de esteras tejidas.....	34
2.2 Alcance y contenido del trabajo experimental con los tableros de bambú prensado a partir de esteras tejidas.....	34
2.3 Caracterización de los materiales.	35
2.4 La fibra del bambú.....	35
2.4.1 Datos característicos de las fibras de bambú. Ensayos.....	36



Índice.



2.5 Los adhesivos. Características técnicas.....	39
2.6 Proceso de elaboración de los tableros.	41
2.6.1 Confección de las esteras de fibras de bambú.....	41
2.6.2 Tejido de esteras.....	42
2.6.3 Aplicación del adhesivo.....	43
2.6.4 Construcción el tablero de bambú aglomerado con acetato de polivinilo a partir de esteras tejidas.	43
2.6.5 Construcción el tablero de bambú aglomerado con urea para formaldehído a partir de esteras tejidas.....	44
2.7 Parámetros tecnológicos a evaluar.	44
2.7.1 Presión de prensado.....	45
2.7.2 Temperatura de prensado.	45
2.7.3 Porcentaje de resina empleado.	45
2.7.4 Tiempo de prensado.	45
2.8 Diseño de experimentos.	46
2.9 Preparación de las probetas.	48
2.10 Descripción de los ensayos a los tableros de bambú prensado.....	48
2.10.1 Ensayos de densidad.	48
2.10.2 Ensayos a flexión.	49
2.10.3 Ensayos a tracción perpendicular.	49
2.10.4 Ensayos de absorción y dilatación en 2 y 24 horas.....	49
2.10.5 Ensayos de humedad.....	50
2.11 Conclusiones parciales del capítulo.	50
Capítulo 3: Análisis de los resultados experimentales.....	51
3. Análisis de los resultados experimentales.	51
3.1 Resultados experimentales.....	51
3.2 Equipamiento de ensayos y parámetros de respuesta.	51



Índice.



3.2.1 Características de la prensa.	51
3.2.2 Características de la balanza.	51
3.2.3 Características del medidor de espesor con indicador.	51
3.2.4 Características del Dinamómetro Universal.	52
3.2.5 Características del baño termostático.	52
3.3 Características de los parámetros de respuesta.	52
3.4 Resultados de los ensayos.	52
3.4.1 Análisis de los resultados de los ensayos.	53
3.4.2 Influencia de los parámetros sobre la resistencia a la flexión.	54
3.4.3 Influencia de los parámetros sobre la resistencia a la tracción.	57
3.4.4 Influencia de los parámetros sobre el módulo de elasticidad a flexión.	62
3.4.5 Influencia de los parámetros sobre la densidad.	65
3.4.6 Influencia de los parámetros sobre la absorción.	70
3.4.7 Influencia de los parámetros sobre la dilatación.	74
3.5 Valoración de la incidencia de las variables propuestas para los tableros aglomerados con resina urea para-formaldehído (UPF).	78
3.5.1 Influencia de los parámetros sobre la resistencia a la flexión.	78
3.5.2 Influencia de los parámetros sobre el módulo a la flexión.	79
3.5.3 Influencia de los parámetros sobre la resistencia a la tracción perpendicular.	80
3.5.4 Influencia de los parámetros sobre la densidad.	82
3.5.5 Influencia de los parámetros sobre la absorción.	83
3.5.6 Influencia de los parámetros sobre la dilatación.	85



Índice.



3.6 Análisis preliminar de las diferencias obtenidas con la utilización de los dos tipos de resinas.....	87
3.7 Comparación entre algunos parámetros de la fibra natural y del tablero obtenido.....	88
3.8 Conclusiones parciales del capítulo.....	89
Conclusiones generales.....	91
Recomendaciones.....	93
Referencias bibliográficas.....	94
Anexos.....	96



Introducción

El bambú como material está siendo muy utilizado en los últimos años debido a sus múltiples ventajas sobre la madera y los demás materiales de construcción tradicionales. Es así, que además de los usos convencionales que este tenía, se le han sumado un sin número de otros usos en el campo de la construcción, gracias las ventajas económicas que reporta su utilización y por lo ecológico que resulta su proceso de explotación.

El bambú pertenece a la subfamilia Bambusoideae, la cual está representada por 90 géneros y más de mil especies. Su distribución está ubicada principalmente en zonas tropicales y a veces en zonas templadas, por lo que podemos encontrar bambúes desde el nivel del mar hasta las altas montañas ^[3]. Esta planta crece en todos los continentes de forma natural, exceptuando a Europa, con mayor notoriedad en Asia de donde son nativas el 62 % de las especies mientras que en América solo se encuentran el 34% y en África y Oceanía el 4%.

Según lo declarado por Matilda McQuaid, "Hay muchas razones para la apelación al bambú: Es barato, es intensamente renovable (crece hasta quince metros en su primer año), su cultivo puede prevenir la erosión del suelo, y convierte más dióxido de carbono en oxígeno que muchas otras plantas. La planta esta apta para su uso en la construcción de entre cinco a ocho años, y tiene un rendimiento veinticinco veces superior a la madera. A diferencia de la madera, se regenera después de ser cosechada. Es muy resistente debido a su interior hueco, que es ligero y elástico" ^[2]. Otra de las razones que hace a esta planta ganar popularidad en el mundo, es que no necesita ser replantada después de cortada, es un producto renovable, de auto sustitución, que crece más rápido que cualquier otra planta en el planeta, pues solo necesita de tres a seis meses para que alcance su altura máxima.

El bambú es un excelente regulador del medio ambiente, su raíz forma un sistema entretelado, el follaje es tupido y liviano, por lo que se convierte en una especie excelente para la conservación de suelos y aguas. En Cuba donde la superficie dañada por la erosión de los suelos alcanza cerca del 14



Introducción.



por ciento del país, fundamentalmente en la región oriental debido a las altas temperaturas que experimenta esa zona del país y la escasez de lluvia, se está llevando a cabo la implementación de bancos de semillas con el objetivo de asegurar material vegetal para asumir a una mayor escala la habilitación de las cuencas hidrográficas del río Sagua de Tánamo en Holguín y el Bayamo en Granma. De manera similar se realizan estas labores en otras 7 provincias del país coordinadas por el proyecto de colaboración Bambú Biomasa que se ejecuta en el país liderado por el CIDEM que pretende estimular una economía local del recurso bambú.

El bambú es considerado en varios países un excelente material de construcción, sobre todo en lugares donde son frecuentes los sismos, gracias a su gran flexibilidad, lo que le permite mayor capacidad de deformación antes de la ruptura, permitiéndole aliviar las tensiones existentes. También se emplea por su belleza, dureza y su poca conductividad térmica, en elementos de artesanía. Como la aplicación más promisoría en los últimos tiempos aparece el bambú laminado colado con el cual se realizan utensilios para la cocina, cabos de herramientas, muletas para discapacitados, tableros para pisos, etc.

Problemática general:

En la actualidad existe en nuestro país un déficit importante de madera para la construcción, este déficit se ha generado por la explotación a que ha estado sometida durante décadas la masa de bosques. En estos momentos la producción nacional no satisface las demandas de este material, la madera que se utiliza para la construcción es generalmente importada y esta se cotiza a altos costos en el mercado internacional.

Problemática particular:

Utilizar la madera obtenida a partir del bambú como alternativa para enfrentar el déficit de la producción nacional de madera para la construcción y a la vez asegurar una mayor superficie boscosa debido al rápido crecimiento y fácil propagación que tiene esta planta. .



Introducción.



Hipótesis:

Es posible producir tableros a partir de esterillas de fibra de bambú aglomeradas con resina e implementar su utilización como material de construcción en sustitución de la madera convencional.

Objetivos de la investigación:

La investigación constará de un objetivo general y tres objetivos específicos.

Objetivo general:

Realizar estudio preliminar, que sirva como punto de partida para futuros trabajos, de la producción de tableros a partir de esteras de fibras de bambú aglomeradas con resina, donde se analicen preliminarmente las características de los tableros obtenidos y el comportamiento de los factores presión, tiempo de prensado y cantidad de aglomerante en el proceso de producción.

Objetivos específicos:

1. Realizar una actualización sobre el tema de la producción de madera a partir de Bambú.
2. Obtener preliminarmente algunas propiedades físico-mecánicas de los tableros de fibras de bambú aglomerados con resinas obtenidos en similares condiciones a las de la producción semi-industrial.
3. Obtener información preliminar del comportamiento de los parámetros: presión, cantidad de resina y tiempo de prensado para la fabricación de dichos tableros.

Tareas de investigación

Etapas I Se realiza una revisión bibliográfica detallada para lograr contar con una amplia información sobre el tema del Bambú y su actualidad en el mundo y en nuestro país. Esta incluye las principales características biológicas, los métodos para la preservación ante el ataque de hongos e insectos y las aplicaciones constructivas del mismo.

Etapas II



Introducción.



Se definen los parámetros del experimento, se diseña y se obtiene el tablero de fibras de bambú aglomerado con resina.

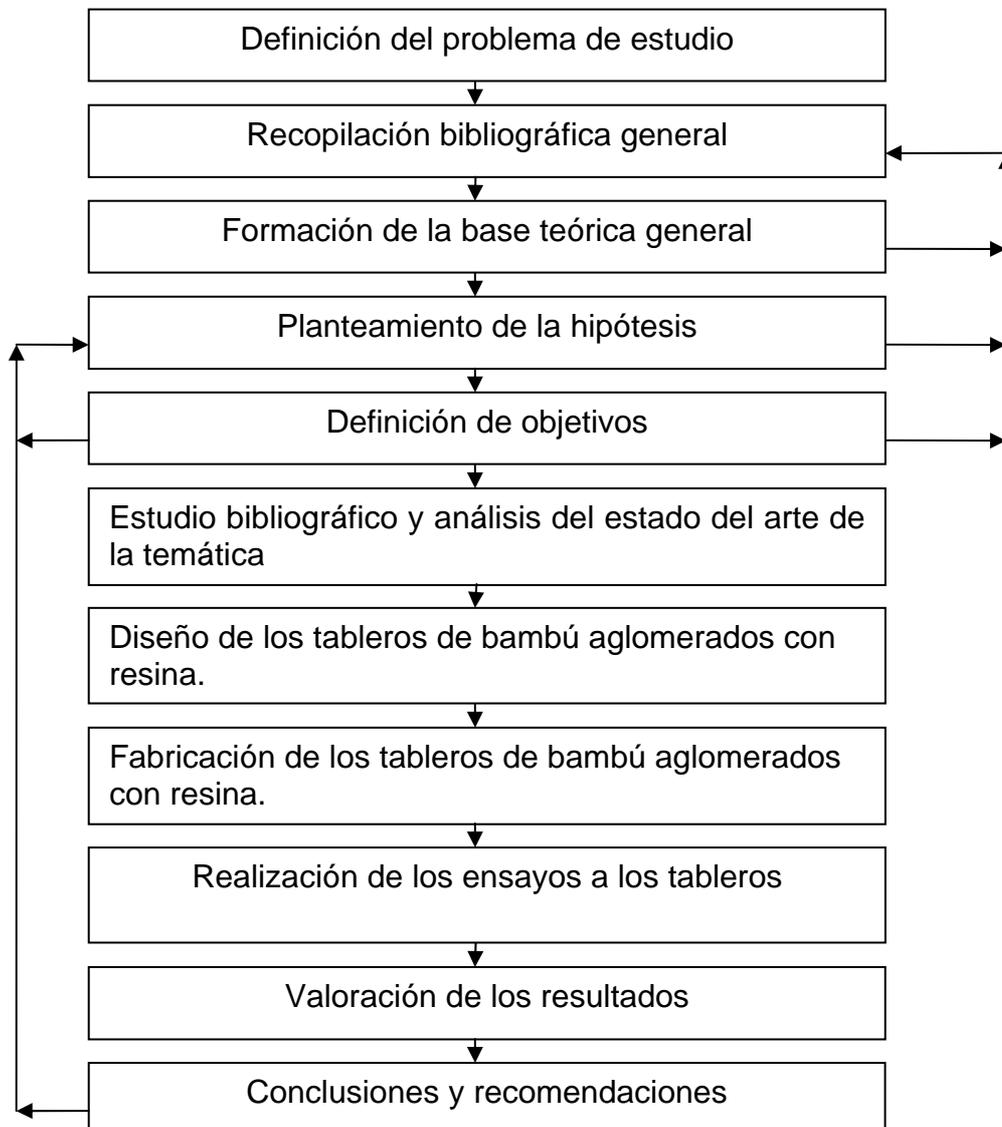
Etapa III

Se realizan los ensayos para obtener las principales propiedades físico - mecánicas de los tableros confeccionados.

Etapa IV

Se interpretan los resultados y se ofrecen recomendaciones preliminares del comportamiento de los parámetros estudiados para la fabricación de los tableros.

Metodología general de la investigación:





Introducción.



Novedad científica del trabajo:

La obtención preliminar del comportamiento de los principales parámetros para la producción y las propiedades físico-mecánicas de los tableros de fibras de bambú aglomerados con resina en condiciones semi-industriales.

Resultados de la investigación:

Los resultados de esta investigación se producen desde el punto de vista teórico-práctico.

Resultados teórico-prácticos

1. Se brindan ideas preliminares del comportamiento e incidencia de los parámetros para el diseño de la tecnología para la producción de tableros a partir de esteras de bambú aglomerados con resinas en condiciones semi-industriales.
2. Se brindan las tendencias preliminares de comportamiento de las propiedades físico-mecánicas de los tableros, que posibilita la búsqueda de posibles aplicaciones para el material.
3. Se ofrece amplia información actualizada sobre el recurso Bambú.

Campo de aplicación

Producción local de materiales de construcción, en especial producción de madera para ser utilizada en soluciones de pequeño y mediano compromiso estructural.



Capítulo 1: Estado del arte de los tableros de bambú prensados.



Capítulo 1: Estado del arte de los tableros de bambú prensado.

1. Tableros de Bambú Prensado.

1.1 Estado del arte de los tableros de bambú prensado.

La confección de los tableros prensados de bambú es una de las aplicaciones del uso del bambú que más auge está teniendo en todo el mundo en la actualidad debido a su fácil realización, bello acabado y a la bondad que brinda esta planta de reforestarse tan rápidamente que lo hace ser un material ecológicamente inigualable.

Demostrado está que no es necesario utilizar un equipamiento demasiado novedoso ni costoso para la elaboración de dichos tableros, como tampoco es difícil cultivar la planta, lo cual ofrece una oportunidad que nuestro país no debe pasar por alto. De acuerdo con lo antes descrito es que aparece el posible aporte de esta investigación a la implementación de la tecnología para la confección de tableros prensados.

Diversas investigaciones realizadas en el mundo, han llegado a establecer que el tablero de bambú laminado prensado (esteras de bambú) tiene muy buenas propiedades físico – mecánicas, cuando su utilización parte de cumplir con algunas recomendaciones referidas a la edad del bambú, la época de su recolecta , en especial la fase de la luna, recomendándose por diferentes autores que el corte debe ser en cuarto menguante y preferiblemente en la época de seca, con una edad superior a los tres años cuando la planta se considera madura, aunque es necesario acotar, que para nuestro país, debido a la especie que se propone utilizar (*Bambusa Vulgaris*), “por ser la mas abundante y por poseer paredes relativamente gruesas y longitudes de sus culmos lo suficientemente rectos que permiten un buen procesamiento mecánico y por tanto un mayor aprovechamiento de su masa fibrosa” ^[1], se recomienda el corte de los culmos entre los cuatro y seis años.

La belleza que proporciona el bambú, lo lleva a ser un material usado para elaborar diferentes productos como son: pisos, tableros de enchape,



Capítulo 1: Estado del arte de los tableros de bambú prensados.



muebles domésticos, vigas laminadas, etc. En el lenguaje estético el bambú se identifica con lo natural, dando la idea de una vida más placentera en el interior de locales, creando ambientes más ecológicos, bellos, causante de una impresión de serenidad, lo cual es aprovechado por los comercializadores de estos productos e incluso por los diseñadores y arquitectos.

El bambú es considerado una planta muy ecológica, lo que también hace pensar en su uso, debido a que es un excelente regulador del terreno por la acción de sus raíces y sus rizomas como sujetadores del suelo lo que impide la erosión, “los rizomas y hojas en descomposición conforman en el suelo símiles de esponjas, evitando que el agua fluya de manera rápida continua, con lo cual se propicia la regulación de los caudales y la protección del suelo” [4].

La importancia económica del uso de esta planta, esta muy ligada a múltiples aspectos, entre los que se encuentran lo rápido de su crecimiento y poca edad para su utilización pues solo se necesitan de entre cuatro y seis años desde su nacimiento, lo que con cualquier otro tipo de madera tomaría entre 15 o 40 años, no podemos olvidar que esta es una planta que se auto-sustituye, lo cual representa una ventaja al no tener que ser replantada, aunque también existen métodos para su propagación los cuales mencionamos: transplante total, transplante parcial, por pedazos de rizomas, por pedazos de culmos y por ramas laterales, otro aspecto que abarata su uso es que las herramientas y equipos para la producción de tableros son muy sencillos, sin mucha carga de tecnología.

Una aplicación del bambú muy utilizada es la confección de encofrados perdidos, del cual en el mundo se tienen algunas experiencias como esta que mencionamos a continuación: Encofrados perdidos de bambú: el estudio dedicado al uso del bambú como refuerzo del hormigón y para encofrados perdidos se inició en los años 80 en la PUC de Río de Janeiro. Tras el desarrollo de una técnica que permitía adherir de forma satisfactoria el

bambú y el hormigón, se observó que las membranas del bambú tenían una fuerte influencia sobre el momento flector conseguido finalmente en las losas que actúan como conectores, hasta conseguir una resistencia a la rotura de alrededor de 12 MPa^[5].(ver figura 1)



A- Refuerzo de bambú con media membrana a modo de conector



B- Losa de hormigón reforzada con bambú tras ser fraguada

Figura 1: Encofrados perdidos de bambú

Sin embargo, a pesar de mostrar buenos resultados los tableros anteriores, los que más se están desarrollando en el mundo son los de esteras debido a su gran aplicación en el campo de la construcción y para la ambientación de locales ya sea en forma de enchapes o de pisos, teniendo en cuenta los perfectos acabados que se obtienen, estos gozan de gran aceptación por ser considerada una madera de primerísima calidad, por lo que será el objeto de esta investigación:

Las siguientes figuras muestran diferentes tejidos de las esteras^[1]:



Figura 2: Tejidos de esteras.

1.1.1 El bambú en Cuba.



Capítulo 1: Estado del arte de los tableros de bambú prensados.



El bambú se introdujo en Cuba como parte de colecciones botánicas en el siglo XIX, siendo la especie *Bambusa vulgaris* la más extendida en todo el país, encontrándose actualmente diseminada a todo lo largo y ancho del archipiélago nacional. No fue hasta el año 1990 cuando se creó el Grupo Nacional de Bambú y Ratán con el objetivo de desarrollar un programa de propagación y reforestación con bambú, en conjunto con el Instituto de Investigaciones Forestales.

El impacto de la deforestación en Cuba se vio muy acentuado en la época de la colonia y neocolonia cuando se exportaban maderas preciosas hacia Europa sin la conciencia de los gobiernos de esa época por la reforestación, lo que obligó al gobierno revolucionario a tomar medidas para mitigar la situación de los bosques del país los que casi fueron extinguidos, situación que ha mejorado mucho pero que aún no se soluciona completamente, sobre todo si tenemos en cuenta que se presentan problemas por el déficit de madera aserrada y materiales maderables, lo que nos impone el pensamiento de buscar como una alternativa viable la utilización del bambú en la reforestación, planta la cual además de reproducirse rápidamente, tiene la ventaja de tener múltiples usos.

Otra ventaja importante que presenta esta planta, son los múltiples beneficios que le aporta al suelo, el sistema entretrejido de rizomas y raicillas origina una malla, que les permite comportarse como eficientes muros biológicos de contención que controlan la socavación lateral y amarran fuertemente el suelo, previniendo la erosión y haciendo del bambú una especie con función protectora, especial para ser usada en suelos de ladera de cuencas hidrográficas.

Otro motivo por el cual se considera importante el uso del bambú en la reforestación en Cuba es el aprovechamiento de la madera que se obtendría para poder ir suplantando el déficit que presentamos, si tenemos en cuenta, que la literatura internacional refiere que una hectárea de bambú puede representar entre 70 a 80 m³ de madera elaborada.



Capítulo 1: Estado del arte de los tableros de bambú prensados.



1.1.2 Curado y preservación de plantaciones de bambú.

El bambú, como las demás maderas, es también susceptible al ataque de insectos y hongos, y si tenemos en cuenta que este puede tener una vida útil, según algunos autores, de uno a tres años cuando no son tratados y entre diez y quince o aún más cuando son tratados convenientemente, nos damos cuenta de la importancia que hay que conferirle a la aplicación de un tratamiento preventivo.

“La durabilidad del bambú está directamente ligada a la forma de tratamiento aplicado al culmo y a la destinación de su uso” ^[7], de aquí que se conocen numerosos métodos para la preservación y el curado, estos se pueden dividir en métodos tradicionales y métodos químicos, los primeros son métodos que no utilizan la presencia de ningún tipo de sustancia perseverante por lo que se utilizan mucho en zonas rurales y como tratamiento primario, los segundos por el contrario y como su nombre lo indica si usan sustancias químicas con el objetivo de envenenar la planta ante la agresión de los organismos degradantes.

El curado y preservación del bambú se inicia en los plantones mediante el control y eliminación de las plagas que dañan las plantas y la calidad de los culmos, y continúa durante el desarrollo del secado. Los métodos utilizados son variados, desde los más simples a los más sofisticados, sin embargo deben tenerse sólo en cuenta los más prácticos y efectivos: ^[6]

1.1.3 Preservación y fumigación de las plantaciones.

Para evitar la presencia, en las plantaciones, de plagas y enfermedades debe fumigarse tan pronto se detecte la presencia de una plaga (hongo o insecto depredador). Como medida preventiva se deben eliminar de los plantones y sacar fuera de la plantación o incinerar, a los culmos que presenten síntomas de vejez, rajaduras, roturas o enfermedad ^[3].

1.1.4 Curado a inicios del secado.



Capítulo 1: Estado del arte de los tableros de bambú prensados.



En este método se tienen en cuenta las partes de la planta más vulnerables al ataque de los insectos depredadores de la misma, de modo tal, que se protegen los extremos de la planta con una sustancia preservativa, la cual penetra a la planta por unos orificios que previamente se la debieron de haber hecho en los entrenudos con un pequeño taladro, en la parte inmediata e inferior del nudo, con el objetivo de que dicha sustancia se deposite en la parte cóncava del tabique nodal, luego de realizado este procedimiento se coloca la caña de manera vertical y se mantiene de este modo hasta su secado final.

1.1.5 Curado por inmersión en agua.

Luego de cortados los culmos de bambú estos pueden ser sumergidos en agua corriente (ríos) o agua estancada (lagos), el objetivo es lograr diluir las azúcares y almidones que se encuentran en los tejidos de la planta, esto se produce debido a la acción de las corrientes o a la fermentación biológica anaerobia. Este método tiene una duración de uno o dos



Figura 3: Inmersión en agua estancada

meses y tiene como inconvenientes que hay que prolongar el secado y los culmos deben ser limpiados de toda costra de algas y musgos adheridos a la corteza, también se dice en la literatura que el método es más eficiente cuando se sumerge en agua estancada debido a que la descomposición de los azúcares y almidones es más intensa que cuando son arrastradas por las corrientes, aunque cabe resaltar que este método tiene sin dudas inconvenientes ya que demasiado tiempo en agua estancada puede provocar la aparición de manchas, también el olor resultante de la degradación biológica es desagradable por lo que se aconseja hacer cambios frecuentes de agua y al final del proceso debe ser limpiado con agua corriente.



Capítulo 1: Estado del arte de los tableros de bambú prensados.

1.1.6 Curado por inmersión en agua salada.

Este tipo de curado se realiza igual que el anterior, pero directamente en el mar o en un estanque lleno con agua salada; el resultado es más efectivo y el tiempo de inmersión se reduce a un mes. El agua de mar contamina y transforma a los azúcares y almidones contenidos en los culmos, y suele ocasionar manchas oscuras^[3].

1.1.7 Curado por inmersión en petróleo.

Después de secados y cortados los culmos en tamaños requeridos, se perforan por ambos extremos de los mismos y se sumergen en petróleo dentro de un estanque largo y estrecho por unos 30 minutos, se extraen del estanque y se colocan en posición vertical sobre un recipiente para que se escurran, después se limpian externamente con agua y cepillo, y se almacenan horizontalmente en estantes según sus características (largo, diámetro y espesor de las paredes).

Otra variante es hacer circular el petróleo por dentro de las cañas, colocadas en posición inclinada, con el extremo inferior dentro de un recipiente. La emulsión de petróleo y agua es también un método efectivo.



Figura 4: Inmersión en petróleo.

1.1.8 Curado por inmersión en tabaquina.

En este método se utilizan los desechos del despalillado de tabaco los cuales se hierven en agua, a lo cual puede añadirse nitrato de sodio o cualquier otra sustancia preservante. Es recomendable introducir



Figura 5: Inmersión en tabaquina.



Capítulo 1: Estado del arte de los tableros de bambú prensados.

durante la hervidura ambos extremos de las cañas a curar. El bajo costo de este producto y la facilidad de adquisición no amerita el estudio de las proporciones mínimas a utilizar^[3].

1.1.9 Curado por inmersión en soluciones químicas.

Este método de curado cuando son utilizados los productos químicos en concentraciones adecuadas, deben ser tóxicos a los organismos xilófagos, por ello se utilizan soluciones de diversos productos químicos, tales como bórax al 20% y ácido bórico al 2% ,aunque a veces se suelen combinar.



Figura 6: Bambú sumergido en borax y hirviendo en agua.

1.1.10 Curado por calentamiento.

Este método consiste en colocar los culmos sobre un horno hecho en un agujero, a fuego lento, o someterlos al calor de una estufa en un local cerrado^[6]. El objetivo es eliminar la savia por exudación, durante este tratamiento se derrite una cera natural presente en las camadas periféricas del culmo, lo que ocasiona una coloración poco brillante al estar en fricción constante con un tejido seco, formándose un aspecto extremadamente agradable en culmos destinados a la fabricación de muebles o que sean entregados a las industrias de varas de pescar.

Según Luis Catasús Guerra; las poblaciones de bambúes presentes en Cuba son bastante sanas y sólo son dañados sus culmos cuando secos por *Dinoderus minutus* (F.). Para evitar la presencia en los bambusales de *Dinoderus minutus* hay que cortar las cañas y darles aprovechamiento antes de que envejeczan dentro de los plantones; durante las cosechas, junto con la aplicación de otros tratamientos culturales, que implican la extracción de los restos leñosos^[3].

1.1.11 Curado por el método de Boucherie.



Capítulo 1: Estado del arte de los tableros de bambú prensados.

Este método es efectivo si se puede obtener el material aún verde. Consiste en reemplazar la savia del bambú por una solución de sales hidrosolubles, con la ayuda de un equipo de tratamiento sencillo que consta de un recipiente para la solución preservante, colocado a cierta altura para que el preservante baje por gravedad. Este recipiente se conecta al distribuidor donde van conectadas salidas individuales a los extremos de las secciones de los culmos. Este método ha sido modificado colocando una bomba hidroneumática conectada al recipiente con preservante, con esto el tiempo de tratamiento puede ser reducido desde varios días a unas 3 a 8 h. (Hidalgo, 1974; Liese, 1985). La penetración y absorción del preservante depende de la concentración de la solución, tiempo de tratamiento, naturaleza del químico usado, dimensión del bambú, su edad y contenido de humedad.^[17]

En este método se prefiere que los culmos estén con ramas y follaje ya que también ayudan por efecto de la transpiración de las hojas a que el bambú absorba más la sustancia preservante. (ver figura 7)

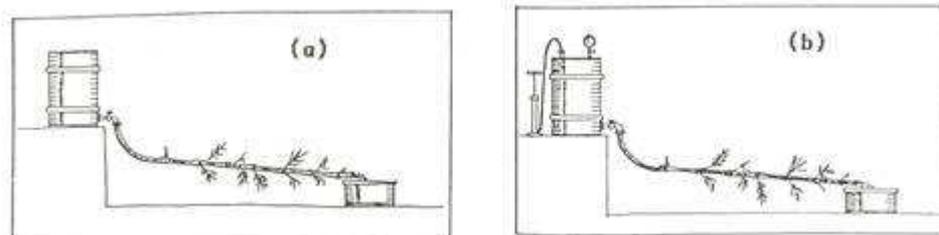


Figura 7: Método de Boucherie (a) simple, (b) bomba de aire.

1.2 Usos en la construcción de los tableros de bambú.

El desarrollo de la tecnología y el afán por encontrar materiales más ecológicos a hecho que se intensifiquen en los últimos años los estudios de tableros confeccionados utilizando el bambú como una alternativa para la construcción de edificaciones sociales.

Se encuentran en la bibliografía muchas experiencias, en países con alto nivel de desarrollo, que tratan acerca de la construcción de viviendas



Capítulo 1: Estado del arte de los tableros de bambú prensados.

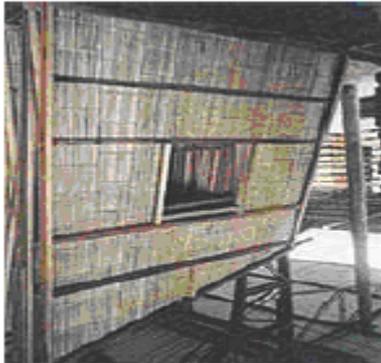


prefabricadas utilizando tableros de madera, lo cual acelera el proceso de tal modo que en un día queda terminada la vivienda debido a que las instalaciones vienen adheridas a los paneles. Analizando esto, el profesor Xuhe Chen ^[8] afirma que, “comparado con la madera, el bambú tiene un coeficiente más alto de fuerza/peso dándole capacidad para sustituirla. Los paneles basados en bambú tienen características similares a los paneles basados en madera. Existe un gran potencial para que los paneles basados en bambú sean utilizados como materiales de construcción de viviendas. Si es así, esto contribuiría no solamente a una industria y a un ambiente más sostenible de construcción, además beneficiaría a campesinos locales y a la economía”.

El empleo de bambú en la fabricación de tableros y paneles decorativos se ha incrementado fuertemente en Asia, en particular India y China, existiendo demanda de tableros del tipo decorativo especialmente en EE. UU, Japón, Indonesia, Tailandia y países de Europa con buenos precios. ^[9]

La fabricación de tableros en base a bambú no representa en sí misma una novedad, más bien es un buen ejemplo de la posibilidad de fabricar tableros con diversos tipos de materiales lignocelulósicos. Existen en el mercado dos productos que están llamando la atención, ellos están compuestos con sólidos impregnados, uno es el tablero contrachapado estructural, impregnado con fibra de vidrio reforzado con plástico. El otro es el tablero contrachapado estructural con resinas fenólicas con alta o media densidad, conocidas en el mundo a través de las siglas (HDO) High Density Overlay y (MDO) Médium Density Overlay de sus respectivos nombres en inglés. La principal ventaja que brindan estos paneles es la alta relación peso / resistencia, la durabilidad y la resistencia a los malos tratos. De los dos el tablero contrachapado estructural con HDO o MDO es el de más interés, pues es el que más se ajusta a la ingeniería civil, ya que este es usado en la señalización de carreteras, para darle diferentes y complejos moldes al hormigón entre otros usos de carácter industrial.

Las cubiertas en estos paneles están usualmente impregnadas con un mínimo de 45 y 22 % de resina fenólica para el HDO y el MDO, respectivamente [3].



Muro de bambú



Refuerzos de bambú con membrana completa a modo de conector.



Puente de bambú en Alemania



Puente de bambú en Colombia.

Figura 8: Usos en la construcción.

Algunos tipos de tablero de bambú que están siendo utilizados en el mundo son: el encofrado perdido, en la confección de pisos para puentes de peatones, como elementos de paredes y en la confección de tejas onduladas para la protección de cubiertas.

Las previsiones apuntan a cambios drásticos y rápidos en nuestro planeta, con una pérdida potencial de la calidad de vida de sus habitantes, lo que exige que la humanidad reconsidere su actitud actual, su percepción del planeta y la forma de extraer del planeta lo que necesitamos [5].



Capítulo 1: Estado del arte de los tableros de bambú prensados.



El uso de tecnologías dirigidas al desarrollo sostenible con el uso de materiales renovables como el bambú y tecnologías no contaminantes basadas en soluciones semi-industrializadas, nos puede abrir el horizonte a ese mundo mejor al que aspiramos y encaminarnos para evitar los desastres futuros y mitigar los que hemos provocado a lo largo de la historia.

1.3 Tableros de bambú prensado.

Los tableros de bambú se han hecho atractivos y en los últimos años se han convertido en alternativas tecnológicas para sustituir algunas maderas.

Los laminados de bambú son producidos a partir de tablillas o latillas que se extraen de los culmos o tallos redondos mediante el uso de sierras que hacen cortes paralelos a la fibra. Estas latillas o tablillas se unen mediante el uso de adhesivos o resinas y prensados en frío o en caliente para dar forma a la pieza deseada y acabados con pinturas o barnices de acuerdo a los requerimientos del mercado^[11].

El producto resultante, tiene un amplio uso en diferentes sectores como son: la industria de muebles y muebles de cocina, fabricación de puertas decorativas, pisos, vigas laminadas, elementos estructurales, elementos decorativos y en la industria de herramientas de trabajo y de carpintería. Es por esto que se esta considerando en los últimos años a los tableros laminados de bambú como la “madera del futuro” debido a sus características especiales que logran sustituir de manera eficiente a la madera convencional.

Su durabilidad es casi eterna con un cuidado adecuado mínimo (mucho menos exigente que otras maderas), es altamente resistente a la humedad (de hecho se utiliza desde hace siglos en oriente para cocinar), su sanidad (no contiene sustancias tóxicas) y su fácil limpieza convierten a la caña de bambú en una opción adecuada al pensar, por ejemplo, en el suelo o la cocina de nuestra vivienda^[12].

1.3.1 Tipos de tableros de bambú prensado.



Capítulo 1: Estado del arte de los tableros de bambú prensados.

En la actualidad en el mundo se producen diferentes tipos tableros de bambú, este es el caso de:

a) Tableros tejidos de bambú (Mat plybamboo).

Son esteras tejidas con láminas o fibras de bambú las cuales son ensambladas, encoladas y prensadas, generalmente se usan de dos a cinco capas. Por ser un producto ligero, flexible y de buena resistencia ante el impacto fundamentalmente se destina para paredes y techos prefabricados.



Figura 9: Mat plybamboo

b) Tableros de tablillas verticales de bambú (listonado)

Tablillas de bambú elaboradas (con espesores y anchos mayores de 4 mm y 20 mm respectivamente), se unen de forma paralela, por sus caras con adhesivos y son sometidas a presión hasta obtener el tablero.

El tablero de tablillas verticales es el mejor desarrollado, producido y utilizado de los otros tipos de tableros de bambú. El espesor y ancho pueden ser ajustados según el producto final, además su consumo de adhesivo es menor que el tablero tejido. Posee mejor estabilidad y mejores propiedades mecánicas que los demás tableros. Como material de construcción puede ser utilizado como paredes, techos y tabiques. En Cuba existe una fábrica en Bayamo que produce tableros con esta tecnología.



Figura 10: Tablero listonado.

c) Tablero de capas horizontales de tablillas de bambú.



Figura 11: Tableros de capas horizontales.



Capítulo 1: Estado del arte de los tableros de bambú prensados.



Tablillas de bambú elaboradas se unen con adhesivos de forma paralela, por su canto, son ensambladas y son sometidas a presión hasta obtener el tablero. Este procedimiento asegura una alta fortaleza de este tablero. Se usa en la construcción como viga, pilares, puertas, en la ebanistería y como pared en las construcciones prefabricadas.

d) Tablero de capas de tablillas contrachapas de bambú.

Se conforma con diferentes capas (de tablillas) ordenadas en forma cruzada, una capa longitudinal y otra transversal, unidas por un pegamento y prensado en caliente. Es un material excelente por las grandes dimensiones que se logran con él, las bajas deformaciones y su gran estabilidad. En la construcción se utiliza en paredes, techos y puertas debido a su poco peso.

e) Tablero de partículas de bambú.

El proceso productivo para la confección de estos tableros es similar al de partículas de madera, incluyendo la fase de recolección de materia prima. Donde mas uso tiene este tablero es en la industria de confección de muebles, en la construcción se emplea en la elaboración de paneles prefabricados, puertas y carpintería en general.

f) Tableros compuestos de bambú.

Los tableros compuestos de bambú surgen por la necesidad de reducir los costos de producción y a la vez ampliar el número de materias primas con el objetivo de mejorar las propiedades físico-mecánicas y de que estos tengan mayores respuestas a las exigencias que se le imponen a los materiales de construcción. Dentro de la extensa gama de productos que se consideran materias primas para la elaboración de estos tableros se tienen el cemento, la madera y la poliespuma entre otros. Estos tableros no emiten ningún elemento químico contaminante y son muy buenos materiales de construcción destacándose su uso en paredes, techos, pilares y para paneles prefabricados.



Capítulo 1: Estado del arte de los tableros de bambú prensados.



1.4 Propiedades de los Tableros.

Las propiedades de los tableros están muy relacionadas con las propiedades del bambú. El bambú tiene un 38% más de dureza que el roble rojo, un 13% más que la madera de arce, y también se ha verificado que es un 50% más estable, con menos dilatación y contracción que el roble rojo ^[13].

Según datos publicados por J.E. Austin Associates, Arlington, Virginia Corporación CEA, Bogotá, Colombia ^[14], las propiedades del tablero de fibras de bambú utilizados para pisos son (ver tabla 1):

Densidad	0.76g/cm ³
Contenido de humedad	8-10%
Resistencia a flexión, MOR	1688kgf/cm ²
Resistencia a flexión, MOE	228,980kgf/cm ²
Fuerza cortante máxima a flexión	155.8kgf/cm ²
Absorción de agua, pert. (26C, 24 Hr.)	11.80%
Absorción de agua, Swelling (26C, 24 Hr.)	0.23%
Tolerancia en la variación del espesor	+ 0.2 mm
Fuerza de impacto	1.16kgf,m/cm ²

Tabla 1: Especificaciones Técnicas de los pisos de bambú en el mercado

Otro estudio publicado, esta vez por Antonio Ludovico Beraldo y Lourdes Abbade Rivero ^[15], ofrecen como resultado que los tableros confeccionados a partir de la *Bambusa vulgaris* tienen resistencias a la compresión como valores medios de 46,25 MPa y 47,25 MPa (para resorcinol-formaldeído y uréa-formaldeído, respectivamente). El módulo de elasticidad del tablero para compresión fue del orden de los 11GPa. Para el caso de la flexión



Capítulo 1: Estado del arte de los tableros de bambú prensados.



estática el modulo de ruptura ronda los valores entre 40 MPa y 70 MPa influyendo notablemente el adhesivo.

Por ultimo citamos los resultados obtenidos por el equipo de Chen Xuhe ^[16], ellos compararon valores de los Módulos de Ruptura y de Elasticidad (MOR/MOE) respectivamente (22 MPa/3.5 GPa) y comprobaron que son superiores en 5 veces a los tableros de virutas orientadas (OSB), según la norma (BS EN 300:1997) para condiciones de humedad. También realizaron otros estudios de estos paneles y arrojan como resultados que según las normas chinas se pueden utilizar en la construcción de viviendas, ellos fueron:

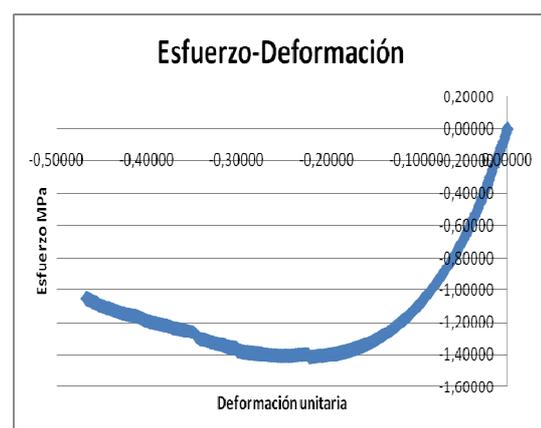
1. Aislamiento del sonido, para ello emplearon la norma GBJ75-84, y obtuvieron como resultado 32db.
2. Resistencia al fuego, empleando la norma GB/T9978-1999, alcanzaron un límite de 20 minutos
3. Transmisión de calor, emplearon la norma GB/T 13475-92, obteniendo como resultado una resistencia de 0.29 m².K/W con un coeficiente de transmisión de 2.3 W/ m².K.

En nuestro país existen algunas experiencias con el objetivo de definir las propiedades de los tableros de fibras de bambú aglomerados con acetato de polivinilo como es el caso de la profesora Ing. Lena Mora Rodríguez ^[18], que obtuvo los siguientes resultados a tracción y flexión:

Ensayos a flexión con probeta de dos esteras con una presión de 2MPa bajo una temperatura de 80°C.



Curva Carga-desplazamiento



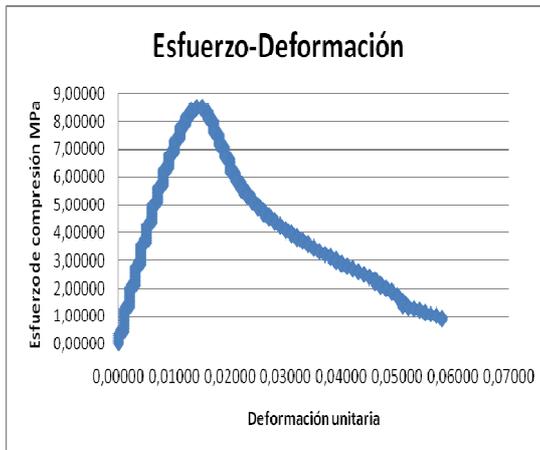
Curva Esfuerzo-Deformación



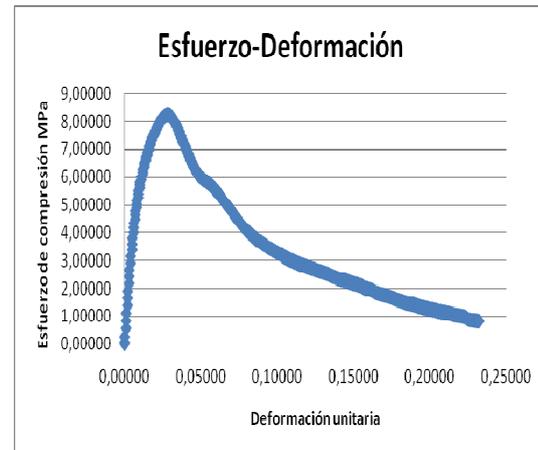
Capítulo 1: Estado del arte de los tableros de bambú prensados.



También, como parte de este estudio, se realizan ensayos a compresión con sólo una parte de las muestras, seleccionando aquellas con respuestas aceptables bajo esfuerzos de tracción y flexión. A continuación se muestran los diagramas Esfuerzo-Deformación del ensayo a compresión para muestras de dos capas.



**Curva Esfuerzo-Deformación Presión
6 MPa y Temperatura 60°C**



**Curva Esfuerzo-Deformación Presión
4 MPa y Temperatura 80°C**

1.5 Conclusiones Parciales del capítulo 1

1. El bambú es una planta con excelentes propiedades tanto por sus beneficios desde el punto de vista ambiental, como por sus variadas utilidades.
2. El Bambú es utilizado para la producción de elementos para la construcción de viviendas en el mundo y este uso puede ser interesante para las condiciones de Cuba.
3. La utilización del bambú debido a las facilidades en su cultivo, tratamiento y su posterior procesamiento puede ser muy atractivo para beneficiar a comunidades rurales y ser una fuente de generación de empleo e ingresos personales.
4. Actualmente en Cuba solo existen estudios preliminares sobre algunas de las propiedades físico-mecánicas de los tableros de bambú prensado con la utilización de acetato de polivinilo (PVA) con



Capítulo 1: Estado del arte de los tableros de bambú prensados.



recomendaciones de los parámetros de temperatura, presión y tiempo de prensado.

5. En la actualidad en Cuba no existen normas, para la fabricación de tableros ni edificaciones con la utilización de Bambú.



Capítulo 2: Tableros de bambú prensados; experimentación..



Capítulo 2: Tableros de bambú prensados; experimentación.

2.1 Introducción a la experimentación con los tableros de bambú prensado a partir de esteras tejidas.

Para poder definir los parámetros óptimos para la producción de los tableros de bambú prensados (presión, temperatura, tiempo de prensado y cantidad de aglomerante) se hace imprescindible realizar ensayos experimentales.

Corresponde a este capítulo presentar estos análisis experimentales y para ello partiremos de realizar una caracterización de los dos materiales que intervienen en el proceso de elaboración de los tableros, estos son: la fibra del bambú y el adhesivo utilizado para garantizar la unión entre las esteras.

Se exponen además en este capítulo los ensayos realizados al tablero como material compuesto, para llegar a conocer las características y propiedades de este, así como la influencia de los parámetros que intervienen en el proceso de producción de los mismos.

2.2 Alcance y contenido del trabajo experimental con los tableros de bambú prensado a partir de esteras tejidas.

Hipótesis de experimentación:

A partir de la determinación de las propiedades físicas y mecánicas de los tableros confeccionados utilizando esteras de bambú aglomerados con resina, producidos con variaciones en los rangos de los parámetros presión, cantidad de resina, temperatura y tiempo de prensado se pueden llegar a establecer los rangos más adecuados de estos parámetros para de esta forma proponer una tecnología para la producción de los mismos.

Objetivos del trabajo experimental:

1. Conocer las características generales de los materiales que componen los tableros.
2. Obtener las tendencias de las principales propiedades físico-mecánicas de los tableros de bambú obtenidos a partir de esteras.



Capítulo 2: Tableros de bambú prensados; experimentación..



3. Definir de manera preliminar las tendencias de los parámetros (presión, cantidad de resina, temperatura y tiempo) en el proceso producción de los tableros.

A continuación se realiza una caracterización de los elementos constituyentes de los tableros, con el fin de conocer las características de los materiales del compuesto, entiéndase: la fibra del bambú a través de la experimentación y las propiedades de la resina tomadas según los datos del fabricante y la experimentación. Se expone el proceso de obtención de los tableros y también se muestra el diseño del experimento, así como una descripción de los ensayos que se realizan.

2.3 Caracterización de los materiales.

Los tableros de bambú prensado a partir de esteras tejidas tienen como constituyentes principales las fibras de bambú y el aglomerante que se utilice para pegarlos, en este caso se ha decidido utilizar dos tipos de adhesivo para poder establecer comparaciones, el acetato de polivinilo y la resina urea para-formaldehído.

2.4 La fibra del bambú.

El bambú es un material diferente de la madera en términos de su anatomía, morfología, crecimiento y propiedades de resistencia, teniendo variaciones importantes en sus propiedades tanto en la dirección vertical, altura (de la base del culmo en dirección a su punta), así como en la dirección horizontal, espesura (a través de la pared del culmo). Variaciones que ocurren también en función de la especie estudiada, de las condiciones locales de cultivo y principalmente también en función de la edad de los culmos ^[20].

El bambú es en virtud de su composición química sin lugar a dudas madera (70% celulosa, 20% lignina) ^[21].

La sección transversal del bambú se diferencia en dos zonas, una zona oscura exterior de aproximadamente 30% y una zona blanca porosa interior de 70% aproximadamente. Con el aumento de la altura sobre el suelo, la porción de las fibras externas densas en relación con la sección transversal es más alta y por eso los tallos delgados se encuentran mejor que los tallos



Capítulo 2: Tableros de bambú prensados; experimentación..



gruesos en relación con la sección transversal. La acumulación de fibras de alta resistencia en la zona externa hace que el bambú sea efectivo a las fuerzas de tracción, flexión y cortante, teniendo gran elasticidad. Igual que la madera, al aumentar la carga, se reduce el módulo de la elasticidad (5-10%) [22].

Utilizando *Bambusa vulgaris* se determinó que el tamaño y el espesor de las células de las fibras presentan una relación directa con el módulo de elasticidad y la resistencia en el límite de proporcionalidad, además que el espesor del lumen es inversamente proporcional a la resistencia última. Esta relación se da principalmente para los esfuerzos a compresión y a tracción. El conocimiento de las estructuras de las células de las fibras ayuda al entendimiento de las propiedades mecánicas de los materiales biológicos, y se convierte en parte fundamental para el diseño y producción de nuevos materiales. Cuando se modela un material vegetal, es importante conocer a nivel jerárquico, que parte del elemento es importante y la que se quiere conocer, dada la compleja estructura que forman las células de las fibras [23].

2.4.1 Datos característicos de las fibras de bambú. Ensayos.

a) Determinación del contenido de humedad.

Para obtener el contenido de humedad ambiente de la fibra, se utilizó el método de la diferencia de peso. Esta se realiza tomando una muestra de 50 haces de fibra, éstas son pesadas individualmente en una balanza electrónica, luego son introducidas en un horno con circulación interna de aire durante 24 horas a una temperatura de 100 ± 3 °C y son pesados nuevamente. El porcentaje de contenido de humedad se calcula según la ecuación (2.1):

$$\% C.H = \frac{P_h - P_o}{P_h} \times 100 \quad (2.1)$$

Donde:

- **% C.H:** es el porcentaje de contenido de humedad.
- **P_h :** es el peso en humedad ambiente.
- **P_o :** es el peso en humedad cero.



Capítulo 2: Tableros de bambú prensados; experimentación..



Después de establecer la media aritmética, el valor de la humedad de la fibras da como resultado 7.81%.

b) Determinación del porcentaje de absorción de agua.

Para realizar la medición del porcentaje de absorción de agua, se toma una muestra de 50 haces de fibra, éstas son pesadas individualmente en una balanza. Posteriormente, se sumergen en agua destilada ($\text{pH } 7 \pm 1$), durante 24 horas, y son pesadas nuevamente para registrar su peso en el punto de saturación. Para realizar esta medición se retira el agua adherida superficialmente a los paquetes de fibra utilizando una tela absorbente. El porcentaje de absorción de agua se calcula mediante la ecuación (2.2):

$$\% \text{ absorción} = \frac{P_h - P_s}{P_h} \times 100 \% \quad (2.2)$$

Donde:

- **Ph:** es el peso en gramos de la fibra en humedad ambiente.
- **Ps:** es el peso en gramos en el punto de saturación de la fibra.

Después de establecer la media aritmética el valor de la absorción de las fibras da como resultado 46.07%.

c) Determinación de la densidad aparente.

La densidad aparente de los haces de fibra se determinó mediante la norma DIN-52182 que regula este procedimiento, este proceso se realiza tomando los haces de fibras y midiéndole todas las dimensiones y sus respectivas masas, luego se dividen estos valores de masas entre las dimensiones y realizando un análisis estadístico sencillo se determinan los valores de la densidad. Las probetas utilizadas fueron de 30X100X3 mm y los resultados que se obtuvieron rondan los valores 0.6 - 0.7 (g/cm^3).

d) Determinación de la resistencia a la tracción (RT) y módulos de elasticidad en tracción (Et).

Para obtener los valores de resistencia a la tracción y posteriormente los de los módulos de elasticidad en tracción se toman las probetas y se introducen

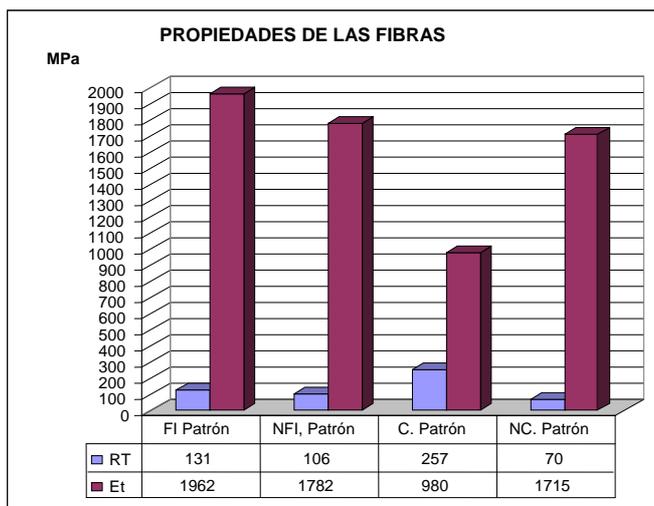


Capítulo 2: Tableros de bambú prensados; experimentación..



en el Dinamómetro Universal aplicándosele carga y cuando estas se rompen se obtiene la lectura digital que da este equipo.

En la **gráfica 2.1** y en la **tabla 2** se muestran los valores de la resistencia a la tracción (RT) en el sentido paralelo de la fibra y el valor de los módulos de elasticidad en tracción (Et). Estos parámetros están reportados para las fibras interiores internodales (FI Patrón), para las fibras de corteza internodales (NC Patrón), así como para los tramos que incluyen el nudo en el centro de los extremos de las fibras de corteza (NFI Patrón) y de la fibra interior (NFI Patrón). Como se puede apreciar la resistencia a la Tracción (RT) para la corteza es superior a la de la fibra interior, los valores de RT para el resto de las fibras estudiadas son similares, algo mayor para la fibra interior. En el caso del Módulo Et el menor es el de la corteza y son similares el resto.



Gráfica 2.1 Propiedades de las fibras.



Capítulo 2: Tableros de bambú prensados; experimentación..



Tabla 2: Propiedades de las fibras.

Variables	Fibra interior.	Fibra interior incluyendo el centro del nudo.	Fibra de la corteza internodal.	Fibra de la corteza incluyendo el centro del nudo.
Resistencia a la tracción (MPa)	131	106	257	70
Módulo de elasticidad a la tracción(MPa)	1962	1782	980	1715

2.5 Los adhesivos. Características técnicas.

Los adhesivos para madera se usan según el tipo de aplicación que se quiera lograr, pero de manera general se pueden clasificar en tres grupos principalmente:

1. Cola fría, en base a PVA.
2. De contacto, conocido genéricamente como neopreno.
3. Termo fundente, también conocido como hot-melt.

Para nuestro caso se utilizan como adhesivo dos variantes, el acetato de polivinilo que es en general Homopolímero de acetato de polivinilo en dispersión acuosa, sin plastificante externo y la Urea para-formaldehído.

El Acetato de Polivinilo normalmente se utiliza para uniones rígidas, es decir ensamblajes y entarugados, también para el enchape de maderas y tapacantos, el adhesivo más comúnmente usado es la cola fría; dado que forma uniones rígidas de alta resistencia, no contiene solventes, resiste sobre 80 °C y es fácil de usar ^[19], este posee las siguientes características (ver tabla 3):



Capítulo 2: Tableros de bambú prensados; experimentación..



Tabla 3: Características técnicas del acetato de polivinilo.

Características	Parámetros
Viscosidad en copa 4mm	7.12 min.
Contenido de sólidos	54.9324%
PH	3.55
Sistema estabilizante	Alcohol Polivinílico
Tiempo de gelificación	2 minutos
Aspecto del film	Brillante transparente
Resistencia al agua	Sensible
Color	Blanco
Olor	Agradable

Las características de la urea para-formaldehído de producción nacional se exponen en la tabla 4. Es válido aclarar que para esta resina al igual que para el caso del Acetato de Polivinilo deben tenerse en cuenta para su buen aprovechamiento las recomendaciones dadas por los fabricantes para lograr las condiciones optimas de trabajo que parten de establecer la temperatura, humedad ambiental y del tablero, así como de la absorción de los materiales, el método de aplicación del adhesivo y las tensiones internas de los materiales.

:



Capítulo 2: Tableros de bambú prensados; experimentación..



Tabla 4: Características técnicas de la urea-paraformaldehído.

Características	Parámetros
Viscosidad en copa de 4mm	10 segundos
Contenido de sólidos	57.86%
PH	8.66
Tiempo de gelificación	48 segundos
Aspecto del film	Brillante transparente
Resistencia al agua	Sensible
Color	Blanco
% de formaldehído libre	3.35

2.6 Proceso de elaboración de los tableros.

Para la confección del tablero se siguen los siguientes pasos:

- Preparación de las fibras
- Elaboración de las esteras.
- Aplicación del adhesivo.
- Prensado al calor.

2.6.1 Confección de las esteras de fibras de bambú.

Para la confección de los tableros de bambú no es necesario un equipamiento demasiado complejo ni costoso (ver figura 12), el proceso es tan sencillo como a continuación se narra:

Se toma el culmo y se corta perpendicularmente con una sierra eléctrica al tamaño que se desea elaborar el tablero, para nuestro caso la longitud es de 40 centímetros, después estos son introducidos en una máquina de varias cuchillas similares a una estrella (máquina estrella), la cual divide el culmo de bambú en tiras longitudinales, una vez salidas de esta máquina esas



Capítulo 2: Tableros de bambú prensados; experimentación..



tiras se pasan por una máquina cortadora de nudos con el fin de dejarlas rectas sin la curvatura central de los culmos en esta zona y sin la cáscara exterior, finalmente son pasadas por otra máquina la cual tiene como función dividir estas cintas hasta llevarlas al espesor deseado (2 mm) que son las que se emplean para tejer de forma manual las esteras que conformaran el tablero.



Figura 12: Equipamiento para obtener las cintas de bambú.

- a) Sierra eléctrica.
- b) Máquina estrella.
- c) Máquina cortadora de nudos.
- d) Máquina para establecer espesor.

2.6.2 Tejido de esteras.

El tejido de las esteras se realiza de forma manual, después de obtenidas las fibras con el espesor adecuado, se escoge el tipo de tejido a realizar, en nuestro caso se tomó el diseño que se muestra en la figura 13, al que hemos denominado punta de diamante. Para realizar este tejido se colocan las fibras sobre una mesa y se fijan en una sus puntas con una mordaza, estas fibras deben ser del tamaño que se desea que sea el tablero final. Las



Figura 13: Diseño del tejido de la estera.

tejedoras de los talleres aconsejan que el número de las fibras fijadas sea un número impar, después se empieza a tejer, de manera que primero se toman las tres primeras fibras fijadas y se le coloca por encima una, la cual se entreteje seguidamente en números de tres, después se coloca otra fibra por encima pero esta vez se empieza tomando dos de las fijadas y seguidamente se sigue tejiendo en las demás a tres hasta el final de las fibras fijadas, se repite el proceso pero esta vez solo se empieza tomando una



Capítulo 2: Tableros de bambú prensados; experimentación..



fibra de las fijas y siempre en números de tres después del inicio. Después de terminar este se empieza el mismo proceso pero esta vez se empieza por debajo de las tres primeras fibras fijas, después con dos y al final con una, luego se empieza por encima otra vez y se repite el proceso hasta completar el tamaño de la estera deseada, para nuestro caso de 40 x 40 centímetros.

Antes de realizar este proceso de tejido las fibras debieron haber sido protegidas de alguna manera contra el ataque de insectos, en el caso de estudio que nos ocupa se realizó este proceso a través del hervido en jugo de tabaquina.

2.6.3 Aplicación del adhesivo.

Después de tejidas las esteras se procede a la aplicación del adhesivo, se recomienda para obtener mejores resultados comenzar su aplicación cuando las esteras tengan el menor porcentaje (%) de humedad posible, en general los fabricantes recomiendan una humedad del tablero entre un 8 y 14 % para la aplicación de este producto. La fibra con que se trabajó tenía una humedad del 7.8%, obtenida con secado natural (ideal para la tecnología que se desea proponer). Con un valor de humedad por encima de estos valores no se garantiza un buen pegado, debido a que la humedad de la madera disminuye la penetración del adhesivo y por lo tanto su adhesión mecánica. Las partes a unir deben estar exentas de polvo y grasa, para asegurar una buena calidad de pegado.

El adhesivo se aplica sobre una de las superficies de la estera en una capa uniforme y delgada. Para nuestro caso se utiliza una brocha, aunque se pueden usar rodillos, extendedores o llana dentada. "La cantidad a aplicar depende de la capacidad de absorción de la madera, pero como promedio tiene rendimientos de 180 a 220 g/m² aprox. ^[19]

Como el porcentaje de aglomerante es una de nuestras variables de entrada y según recomendaciones del equipo de especialistas del ICIDCA se usaron dos porcentos de resina para nuestro trabajo, fijándose el 10 y el 15 porcentaje de resina en función del peso de la estera.

2.6.4 Construcción el tablero de bambú aglomerado con acetato de polivinilo a partir de esteras tejidas.



Capítulo 2: Tableros de bambú prensados; experimentación..

Para la construcción del tablero se establece primeramente la selección de las esteras tejidas artesanalmente de manera tal que se conformaran dúos que estén de acorde con el tamaño (los tableros producidos fueron de dos capas), evitando que una estera fuera muy grande con respecto a la otra. Luego de este paso se toman los dúos y se pesan y a este peso se le determina el porcentaje establecido de resina según correspondía al tablero que se estaba diseñando y esta fue entonces la cantidad de acetato de polivinilo que se le aplicó con brocha a las esteras de forma uniforme por la cara que está en contacto con su similar en la otra estera y de manera inmediata se colocó el futuro tablero sobre planchuelas a las cuales previamente se les había untado parafina con el objetivo de ser un aislante entre estas y el tablero, acto seguido se colocan las



Figura14 : Prensa caliente de tres platos.

planchuelas en la prensa, (figura14) y a una temperatura de 150 Grados

Celsius se somete al prensado con presiones de 2 y 6 MPa y se deja un determinado tiempo que va desde 15 a 30 minutos . Al terminar este tiempo se retira de la prensa y se coloca el próximo.

2.6.5 Construcción el tablero de bambú aglomerado con urea para formaldehído a partir de esteras tejidas.

La construcción de este tablero es muy similar al anterior, solo difiere en la aplicación de la resina ya que esta antes de ser pesada se hace reaccionar con cloruro de amonio ($\text{NH}_4 \text{CL}$) al 20% el cual actúa como catalizador, todo el resto del proceso es igual al anterior.

2.7 Parámetros tecnológicos a evaluar.

Los principales parámetros tecnológicos que se evalúan en la elaboración de los tableros de bambú prensado son: la presión de prensado a la cual son sometidas las esteras; la temperatura que tendrán durante este proceso



Capítulo 2: Tableros de bambú prensados; experimentación..



de prensado; el porcentaje de resina utilizado para el pegado de las esteras y el tiempo que permanecerán en la prensa hasta la obtención del tablero definitivo.

2.7.1 Presión de prensado.

La presión de prensado es uno de los parámetros que se evalúan precisamente por la importancia que se espera tenga el mismo en las propiedades del material obtenido, la presión es uno de los responsables de acelerar o retrasar la acción de los adhesivos durante el proceso de prensado. En el presente trabajo como ya se mencionó se utilizaron los valores de presión de 2 y 6 MPa, como indica la mayor parte de la bibliografía consultada.

2.7.2 Temperatura de prensado.

Por dificultades en el equipamiento de prensado solo fue posible trabajar con un valor de temperatura, en este caso se mantuvo constante en $150 \pm 5^\circ\text{C}$ se escogió este valor por experiencias anteriores, y además porque según los especialistas del Instituto Cubano de Investigaciones de los Derivados de la Caña de Azúcar (ICIDCA), el tiempo de gelificación de las resinas establece que una temperatura por encima sería innecesaria porque la transferencia de vapor de agua que es lo que hace que la resina penetre las esteras se realiza a 104°C y una temperatura por debajo de $150 \pm 5^\circ\text{C}$ traería consigo un tiempo de prensado superior al propuesto lo que sería desde el punto de vista económico improductivo.

Toda la literatura consultada fija rangos por encima de los 110°C para lograr deformaciones remanentes en la madera.

2.7.3 Porcentaje de resina empleado.

El porcentaje de resina empleado se estableció en dependencia de la experiencia que presentan los compañeros de ICIDCA, pues según investigaciones realizadas a diversos tableros con anterioridad a este trabajo se determinó que el porcentaje óptimo para los tableros ronda los valores de entre el 10 y 15% del peso del tablero.

2.7.4 Tiempo de prensado.



Capítulo 2: Tableros de bambú prensados; experimentación..



El tiempo de prensado varía dependiendo del adhesivo a utilizar, la temperatura, el tipo de tablero, la cantidad de adhesivo y la presión de la prensa. Para nuestro trabajo se tomaron tiempos de 15 y 30 minutos para el acetato de polivinilo y de 10 minutos para la resina urea para-formaldehído, para fijar este tiempo influyó de manera notable el espesor del tablero, el tiempo de gelificación de la resina y los resultados encontrados en la literatura internacional.

2.8 Diseño de experimentos.

Con la realización de los experimentos se pretenden obtener resultados de modo tal que se pueda establecer el comportamiento de los parámetros de presión, temperatura, cantidad de resina a utilizar y tiempo de prensado que posteriormente se utilizarán en la producción de los tableros de bambú prensados, para ello debemos obtener los valores adecuados de las propiedades físico-mecánicas que evaluamos y que mencionamos a continuación: resistencia a la tracción, resistencia a la flexión, humedad del tablero, absorción y dilatación en 2 y 24 horas, densidad y uniformidad en el espesor.

Para el diseño estadístico del experimento se propone realizar por el método factorial completo un diseño $N = n^k$ y debido a que tenemos tres factores y evaluaremos por las condiciones de trabajo solo dos niveles, el número de muestras es igual a $N = n^k = 3^2$ resultando un número total de 8 experiencias y realizaremos en cada punto experimental 10 réplicas con el fin de dar mayor validez a nuestro trabajo.

Como notación para la matriz experimental (ver tablas 5 y 6) asumiremos que:

- 1 → nivel mínimo.
- 1 → nivel máximo.



Capítulo 2: Tableros de bambú prensados; experimentación..

N° exp.	Tiempo (min.)	% de Acetato de polivinilo	Presión (MPa)
1	1	-1	-1
2	1	-1	1
3	1	1	-1
4	1	1	1
5	-1	-1	-1
6	-1	-1	1
7	-1	1	-1
8	-1	1	1

Tabla 5: Matriz experimental codificada.

N° exp.	Tiempo (min.)	% de Acetato de polivinilo	Presión (MPa)
1	30	10	2
2	30	10	6
3	30	15	2
4	30	15	6
5	15	10	2
6	15	10	6
7	15	15	2
8	15	15	6

Tabla 6: Matriz experimental natural.

Para el caso del experimento con urea para-formaldehído se decidió que se hiciera un diseño experimental $N = n^k = 2^2$ resultando un número total de 4 experiencias y realizaremos en cada tablero experimental 2 réplicas con el fin de dar mayor validez a nuestro trabajo. Este decisión obedece a que la resina urea para-formaldehído es mucho más económica que el acetato de polivinilo además de ser de producción nacional y a su vez existir menos experiencia en el país por lo que se pretendió también evaluar las dispersiones entre los tableros al realizar el experimento por duplicado.

Como notación para la matriz experimental (ver tablas 7 y 8) asumiremos que:

- 1 → nivel mínimo.
- 1 → nivel máximo.



Capítulo 2: Tableros de bambú prensados; experimentación..

N° exp.	% de urea para formaldehído	Presión (MPa)
1	-1	-1
2	-1	1
3	1	-1
4	1	1

Tabla 7: Matriz experimental codificada.

N° exp.	% de urea para formaldehído	Presión (MPa)
1	10	2
2	10	6
3	15	2
4	15	6

Tabla 8: Matriz experimental natural.

2.9 Preparación de las probetas.

Cada tablero obtenido siguiendo los pasos que se explicaron con anterioridad al extraerse de la prensa se coloca de manera vertical para que se enfríen y luego en un tiempo mínimo de 24 horas llevados a la carpintería donde son canteados al tamaño de 30 cm. de largo por 30 cm. de ancho y posteriormente son cortadas las probetas de acorde con la norma NC EN 314: 2003. Ver figura 15 según los diferentes ensayos que se realizaran.



Figura 15: Probetas preparadas para los diferentes ensayos.

2.10 Descripción de los ensayos a los tableros de bambú prensado.

Una vez obtenidas las probetas de los tableros de bambú prensados se comienzan a realizar los ensayos físico-mecánicos necesarios para la caracterización de este material, en este trabajo los ensayos realizados fueron: densidad, resistencia a la flexión, resistencia a la tracción perpendicular, absorción y dilatación en 2 y 24 horas y humedad.

2.10.1 Ensayos de densidad.



Capítulo 2: Tableros de bambú prensados; experimentación..

Los ensayos de densidad se realizan midiendo todas las dimensiones de las probetas según la norma NC EN 314: 2003 y tomando también su masa. Se calcula la densidad final de cada tablero según la norma NC EN 323: 2003.

2.10.2 Ensayos a flexión.

Según la norma NC EN 314: 2003 el tamaño de las probetas para este ensayo es de 150 x 50 mm. Cuando las probetas tienen este tamaño se colocan en el dinamómetro Alwetron TCT 10. Ver figura 14 y se le aplica carga, cuando las probetas rompen se observa la lectura digital que da este equipo y se registra en la libreta de anotaciones para su posterior procesamiento de datos según la norma NC EN 310: 2003.



Figura 16: Ensayo a flexión en el dinamómetro Alwetron TCT10

2.10.3 Ensayos a tracción perpendicular.

Después de cortadas las probetas según la norma NC EN 314: 2003 con dimensiones 50 x 50 mm estas se colocan en un molde de hierro y se pegan a este por cada cara de las probetas con ayuda de una resina termoplástica de procedencia japonesa y calor. Cuando ya está pegada al molde se deja enfriar y luego se colocan en el dinamómetro Alwetron TCT 10 y se le aplica carga hasta que rompa, cuando esto ocurre se lee la lectura digital que da este equipo y se registra en la libreta de anotaciones para su posterior procesamiento de datos según la norma NC EN 319: 2003.

2.10.4 Ensayos de absorción y dilatación en 2 y 24 horas.

Para este ensayo se pesan las probetas y se mide el espesor de las mismas según la norma NC EN 314: 2003, luego se sumergen en posición vertical en agua limpia en reposo con un PH de 7 ± 1 y una temperatura de 20 ± 1 °C. Luego a las dos y veinticuatro horas se mide el espesor y el peso. Los resultados de las mediciones son anotados y luego procesados según la norma NC EN 317: 2003.



Capítulo 2: Tableros de bambú prensados; experimentación..



2.10.5 Ensayos de humedad.

Para obtener la humedad de los tableros se cortan las probetas del tamaño que especifica la norma NC EN 314: 2003, después de haber sido pesadas en el momento del muestreo se colocan en una estufa a una temperatura de $103 \pm 2^{\circ}\text{C}$ y se dejan secar hasta que tengan masa constante y se vuelven a pesar para obtener la masa de la probeta después de secada. Para este ensayo se utiliza la norma NC EN 322: 2003.

2.11 Conclusiones parciales del capítulo.

1. La resistencia a la tracción de la corteza de la fibra de bambú es superior a la reportada por la fibra interior sin embargo para buscar más ductibilidad en el material la fibra que debe usarse es la interior pues es la que mayor módulo de elasticidad a la tracción tiene.
2. Con la utilización de la urea para-formaldehído se podría acortar el tiempo de prensado al tener esta un tiempo de gelificación más corto que el acetato de polivinilo.
3. La urea para-formaldehído contiene formaldehído, esta sustancia es tóxica a los agentes xilófagos que afectan al bambú por lo que con su utilización se podría evitar el tratamiento preventivo al bambú con el fin de utilizarlo en la confección de tableros.
4. El bambú tiene buenas propiedades para ser utilizado como madera pues la resistencia a la tracción de sus fibras así como los valores del módulo son elevados.
5. El proceso de fabricación de los tableros no es complejo ni desde el punto de vista económico ni desde el punto de vista productivo por lo que puede beneficiar a las comunidades que se dediquen a esta actividad.
6. Las dificultades materiales presentadas para la realización del presente trabajo limitará el alcance de los resultados finales. Debieran realizarse en otros trabajos otros puntos de ensayo en niveles de temperatura más cercanos a 110°C .



Capítulo 3: Análisis de los resultados experimentales.



Capítulo 3: Análisis de los resultados experimentales.

3. Análisis de los resultados experimentales.

3.1 Resultados experimentales.

En el presente capítulo se brindan las características del equipamiento utilizado para la experimentación, se presentan los resultados obtenidos en dicho proceso de experimentación de los tableros de bambú prensados a partir de esteras y aglomerados con resinas. Se explica además el proceso estadístico utilizado para analizar los resultados y se ofrecen recomendaciones e interpretaciones de los resultados.

3.2 Equipamiento de ensayos y parámetros de respuesta.

A continuación se describen las características del equipamiento utilizado para la experimentación, los ensayos se realizaron en su totalidad en el Laboratorio Físico Mecánico, Grupo de Polímetros (LAFIM) del ICIDCA. , todo el equipamiento esta certificado y apto para su utilización.

3.2.1 Características de la prensa.

La prensa utilizada para la elaboración de los tableros a ensayar es de procedencia Checa, posee tres platos de 40 por 40 centímetros y su sistema de calentamiento es eléctrico, capaz de alcanzar una temperatura máxima de 200°C, para realizar el prensado posee un sistema hidráulico que permite alcanzar una presión manométrica de hasta 250 kg/cm².

3.2.2 Características de la balanza.

El instrumento de pesar o balanza utilizado tiene como precisión 0.01 g fabricada en Alemania perteneciente a la marca Kart - Kolb con un rango de medición desde 0 hasta 1000 g.

3.2.3 Características del medidor de espesor con indicador.

Este equipo es de fabricación Alemana y es capaz de medir desde 0 hasta 30 milímetros de diámetro.



Figura 17: Medidor de espesor con indicador.



Capítulo 3: Análisis de los resultados experimentales.

3.2.4 Características del Dinamómetro Universal.

Este equipo es de procedencia sueca y fue fabricado por la compañía Alwetron su modelo es TCT-10 y su capacidad es de 10kN. Fue el equipo utilizado para realizar los ensayos de flexión y tracción.



Figura18 : Dinamómetro Universal Alwetron TCT-10.

3.2.5 Características del baño termostático.

Baño termostático capaz de mantener una temperatura constante de entre 30 y 150°C pertenece a la marca LAUDA y es de procedencia Alemana.



Figura 19: Baño termostático.

3.3 Características de los parámetros de respuesta.

Los parámetros de respuesta de los ensayos son los resultados que brindan los equipos para cada uno de los experimentos. Generalmente estos parámetros se definen como: máximo esfuerzo a flexión y a tracción, deformación y módulo, además de los valores de humedad, absorción y dilatación en agua a las 2 y las 24 horas. Conocidos estos resultados experimentales, se realiza el procesamiento estadístico de las muestras y el análisis de sus resultados.

3.4 Resultados de los ensayos.

A continuación se presenta el análisis de los resultados de los ensayos realizados como parte de este trabajo, como se explicó con anterioridad no



Capítulo 3: Análisis de los resultados experimentales.



podieron realizarse todos los puntos experimentales propuestos y además al revisar el comportamiento de las desviaciones y las varianzas se detectó que existen varios puntos experimentales que no cumplen con los requisitos (ver gráficas aledañas a los gráficos de comportamiento para cada parámetro, gráfica 3.3 -3.30), por esta razón al no contar con el tiempo necesario para realizar más réplicas, se decidió solamente realizar un estudio de las tendencias y trabajar con los valores medios realizando estadística descriptiva.

3.4.1 Análisis de los resultados de los ensayos.

A continuación se muestra el resumen de las propiedades obtenidas para cada tablero, utilizando acetato de polivinilo (tabla 9) y utilizando urea para formaldehído (tabla 10), los resultados emitidos por el laboratorio de cada uno de los ensayos aparecen reflejados en el Anexo 1.

Resumen de propiedades PROMEDIO de los Tableros APV									
Tablero No.	RF MPa	Ef MPa	RT MPa	Densidad kg/m ³	Humedad %	Absorción en agua (%)		Dilatación en agua (%)	
						2 h	24 h	2 h	24 h
1	16	4852	0,24	506	8	56	88	9	19
2	25	7256	0,27	656	6	52	72	19	27
3	20	4777	0,15	597	6	2	61	18	26
4	25	4002	0,17	674	8	2	72	26	37
5	14	2503	0,25	510	9	2	69	7	15
6	21	6547	0,21	569	9	2	78	7	16
7	15	4307	0,31	529	9	2	69	20	27
8	26	4200	0,23	677	9	4	28	28	35

Tabla 9: Resumen de las propiedades medias de los tableros aglomerados con acetato de polivinilo (APV).

Resumen de propiedades PROMEDIO de los Tableros UPF									
Tablero No.	RF MPa	Ef Mpa	RT Mpa	Densidad kg/m ³	Humedad %	Absorción en agua (%)		Dilatación en agua (%)	
						2 h	24 h	2 h	24 h
1	19	4742	0.12	677	8	38	53	11	15
2	47	20284	0.43	577	7	42	65	17	25
3	21	6570	0.29	630	7	38	60	15	26
4	40	12218	0.51	706	6	25	52	10	18
5	26	10314	0.19	620	7	32	51	20	38
6	32	10159	0.44	677	7	28	53	14	24
7	22	8624	0.14	563	7	22	41	7	10
8	44	16296	0.67	684	7	22	52	6	16

Tabla 10: Resumen de las propiedades medias de los tableros aglomerados con acetato de polivinilo (APV).



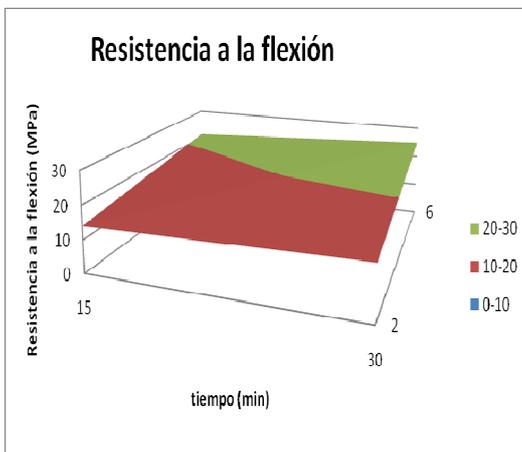
Capítulo 3: Análisis de los resultados experimentales.



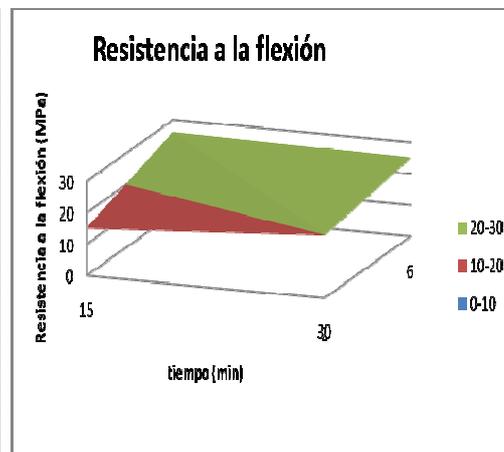
Los parámetros de presión, cantidad de aglomerante y tiempo que se utilizaron para elaborar cada tablero aparece reflejados en el diseño del experimento.(Tabla 6)

3.4.2 Influencia de los parámetros sobre la resistencia a la flexión.

A continuación se muestran gráficos de influencia de los parámetros objeto de estudio en la resistencia a la flexión, se presentan tres tipos de gráficos, estos son: influencia de los parámetros en la resistencia a la flexión representadas a partir de curvas de tiempo, influencia de los parámetros en la resistencia a la flexión representadas a partir de curvas de cantidad de aglomerante y influencia de los parámetros en la resistencia a la flexión representadas a partir de curvas de presión, acompañando estas curvas se presentan además las curvas de desviación típica y coeficiente de varianza asociados a estos parámetros (Gráfico 3.3 a 3.5). Se muestran además dos gráficos de superficie para valorar la posible incidencia de los parámetros de manera conjunta y el grado de influencia de cada una de ellas (Gráfico 3.1 y 3.2). Como se puede observar en los intervalos previstos para estos parámetros, es decir presión de 2 a 6 MPa, tiempo de 15 a 30 minutos y cantidad de aglomerante de 10 y 15% del peso, se manifiesta una tendencia al incremento de los valores de resistencia a la flexión con el aumento de los valores de los tres parámetros. De los gráficos de superficie (Gráfico 3.1 y 3.2) se deduce que la variable que más incide en el aumento de la resistencia a la flexión es la presión de prensado.



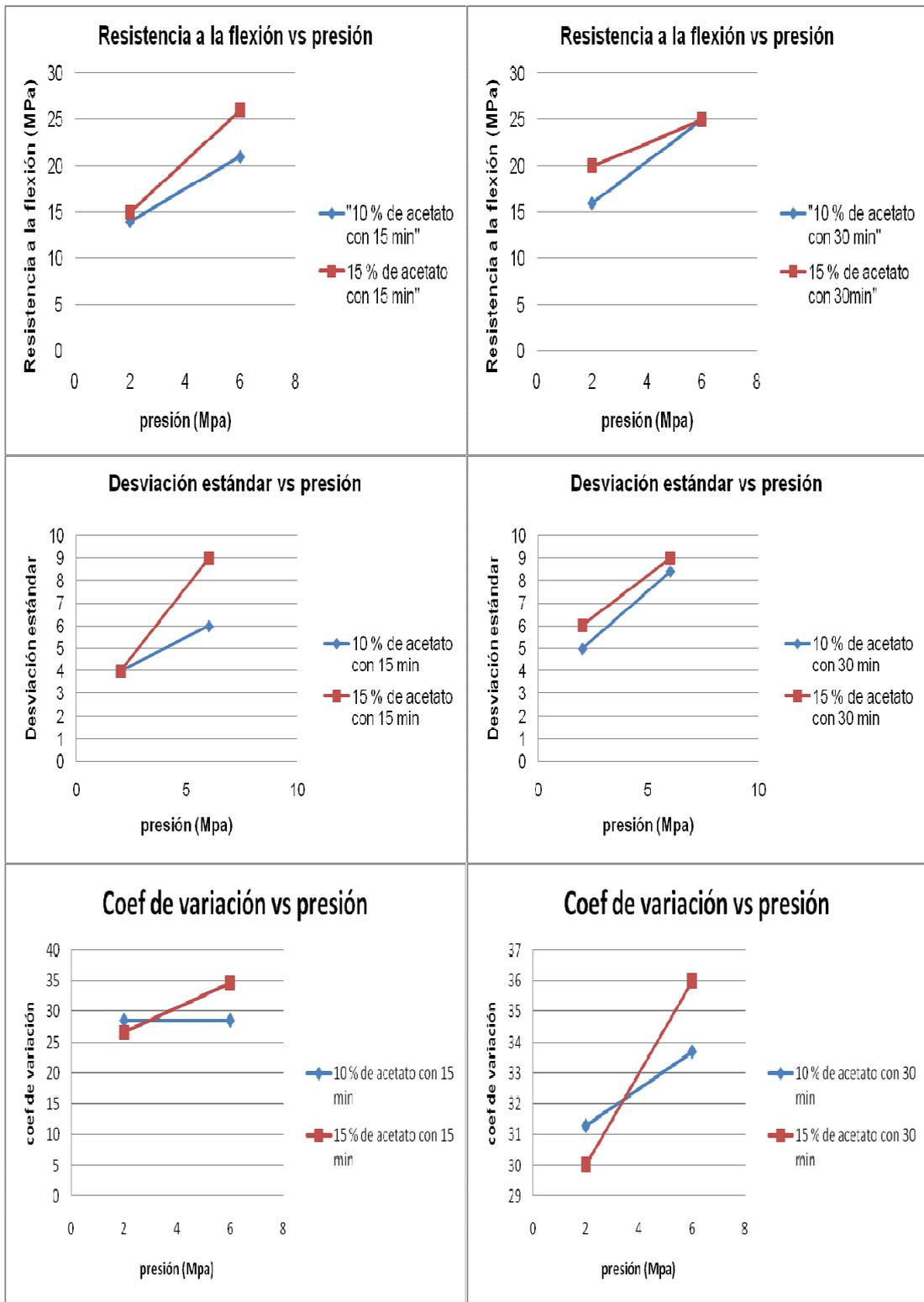
Gráfica 3.1: Superficie de respuesta resistencia a la flexión para un 10% de acetato de polivinilo.



Gráfica 3.2: Superficie de respuesta resistencia a la flexión para un 15% de acetato de polivinilo.



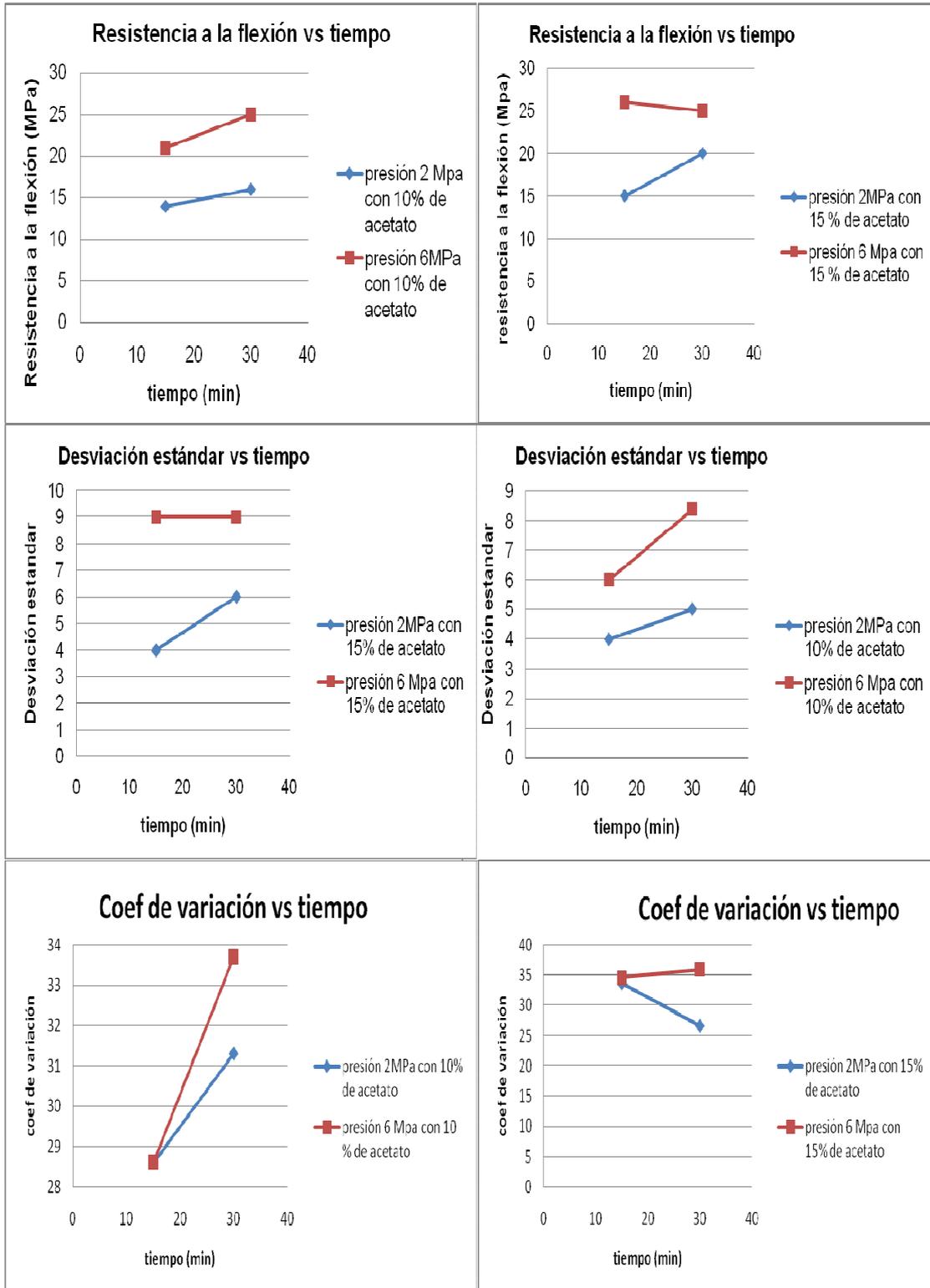
Capítulo 3: *Análisis de los resultados experimentales.*



Gráfica 3.3: Resistencia a la flexión, desviación estándar y coeficiente de variación vs presión para el tiempo fijo.



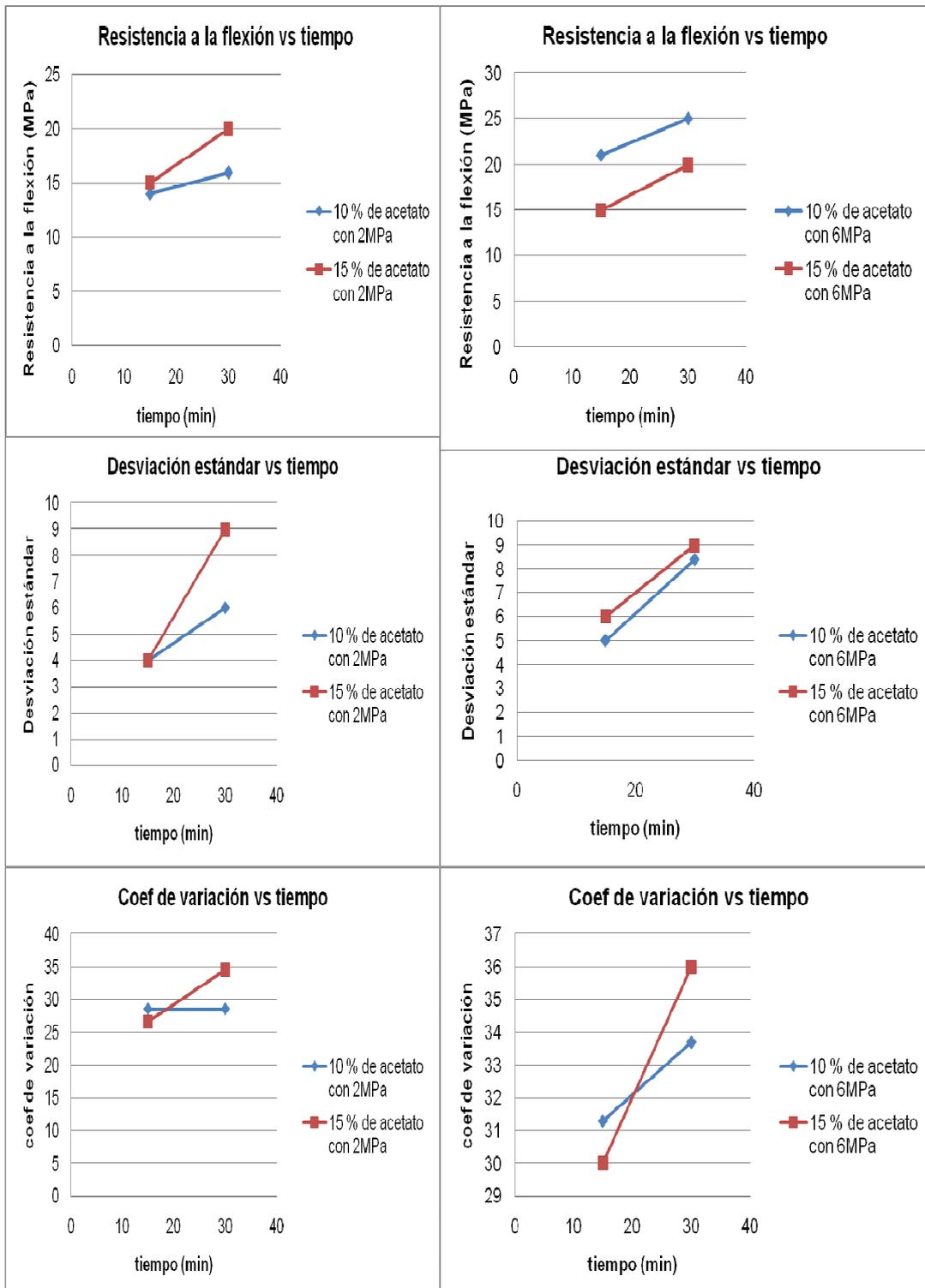
Capítulo 3: Análisis de los resultados experimentales.



Gráfica 3.4: Resistencia a la flexión, desviación estándar y coeficiente de variación vs tiempo para la cantidad de aglomerante fija.



Capítulo 3: Análisis de los resultados experimentales.



Gráfica 3.5: Resistencia a la flexión, desviación estándar y coeficiente de variación vs tiempo para la presión fija.

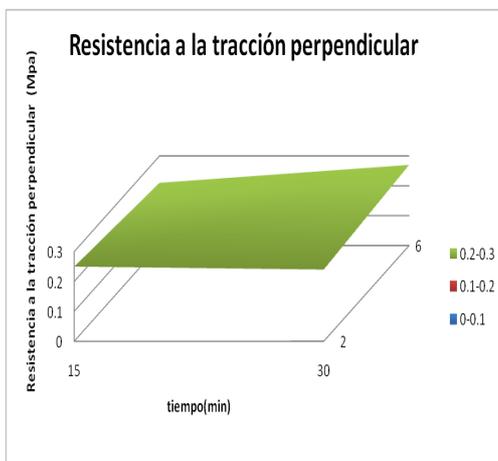
3.4.3 Influencia de los parámetros sobre la resistencia a la tracción.



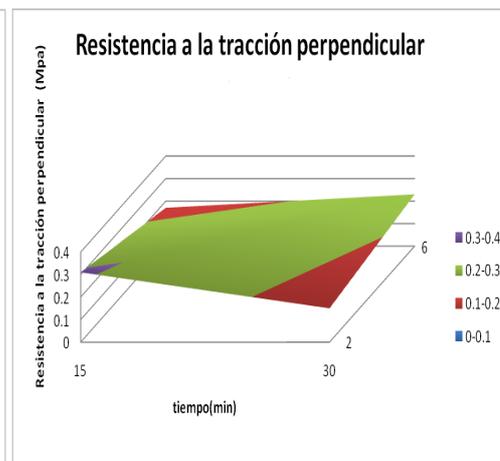
Capítulo 3: Análisis de los resultados experimentales.



A continuación se muestran gráficos de influencia de los parámetros objeto de estudio en la resistencia a la tracción perpendicular (RT), se presentan tres tipos de gráficos, estos son: influencia de los parámetros en la resistencia a la tracción perpendicular representadas a partir de curvas de tiempo, influencia de los parámetros en la resistencia a la tracción perpendicular representadas a partir de curvas de cantidad de acetato de polivinilo y influencia de los parámetros en la resistencia a la tracción perpendicular representadas a partir de curvas de presión, acompañando estas curvas se presentan además las curvas de desviación típica y coeficiente de varianza asociadas a estos parámetros (Grafica 3.8, 3.9 y 3.10). Se muestran además, al igual que en el caso anterior, dos gráficos de superficie para valorar la posible incidencia de los parámetros de manera conjunta y el grado de influencia de cada una de ellos (Grafica 3.6, 3.7). Como se puede observar en los intervalos previstos para estas variables, es decir, presión de 2 a 6 MPa, tiempo de 15 a 30 minutos y cantidad de aglomerante de 10 y 15%, hay una tendencia al incremento de los valores de resistencia a la tracción perpendicular, la misma está relacionada con el aumento de la presión, el aumento del tiempo con presiones bajas no trae consigo un aumento de los valores de RT. De los gráficos de superficie se deduce que la variable que más incide en el aumento de la resistencia a la tracción es la presión.



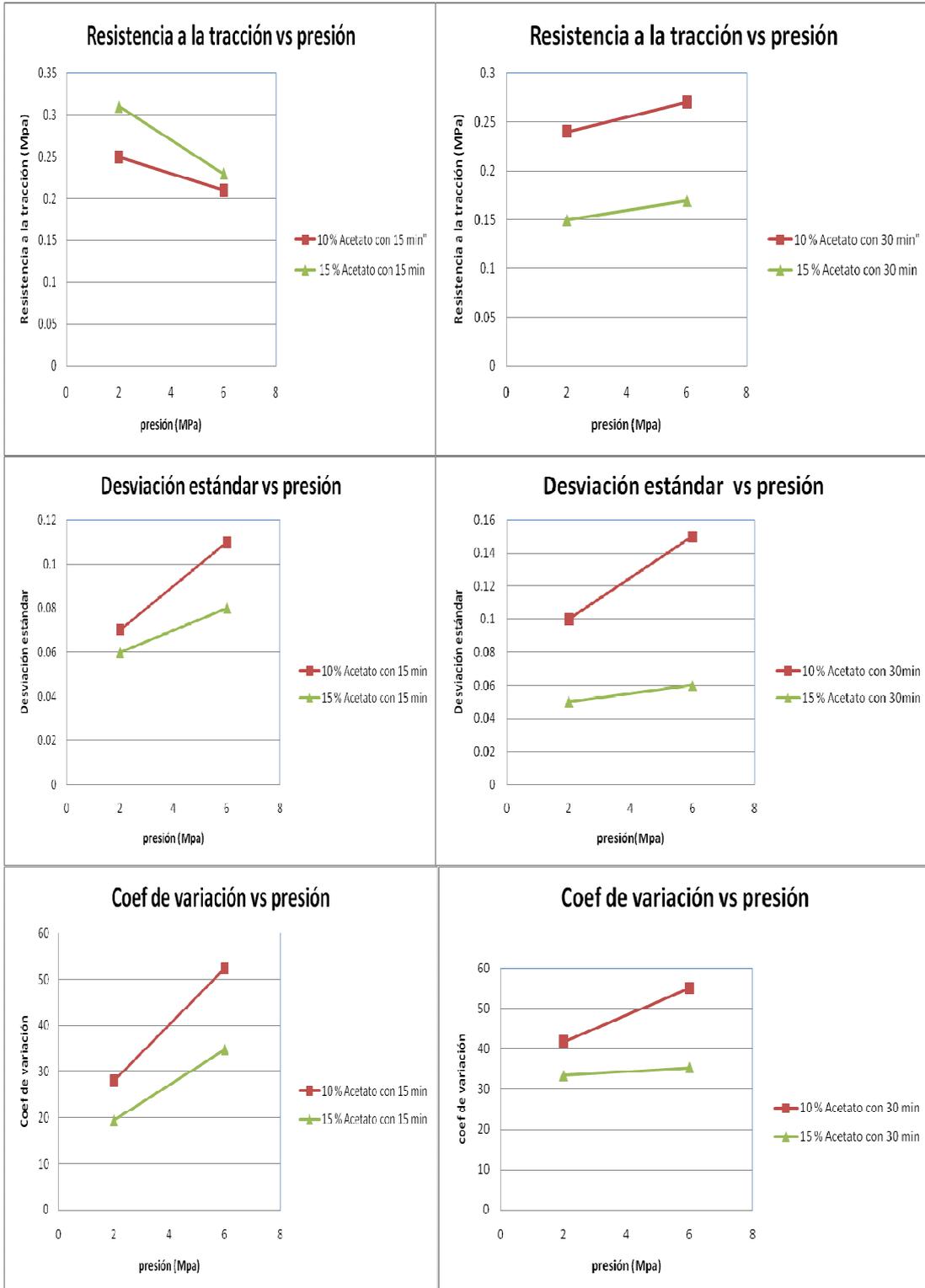
Gráfica 3.6: Superficie de repuesta para la para resistencia a la tracción con un 10 % de acetato de polivinilo.



Gráfica 3.7: Superficie de respuesta para la resistencia a la tracción con un 15% de acetato de polivinilo.



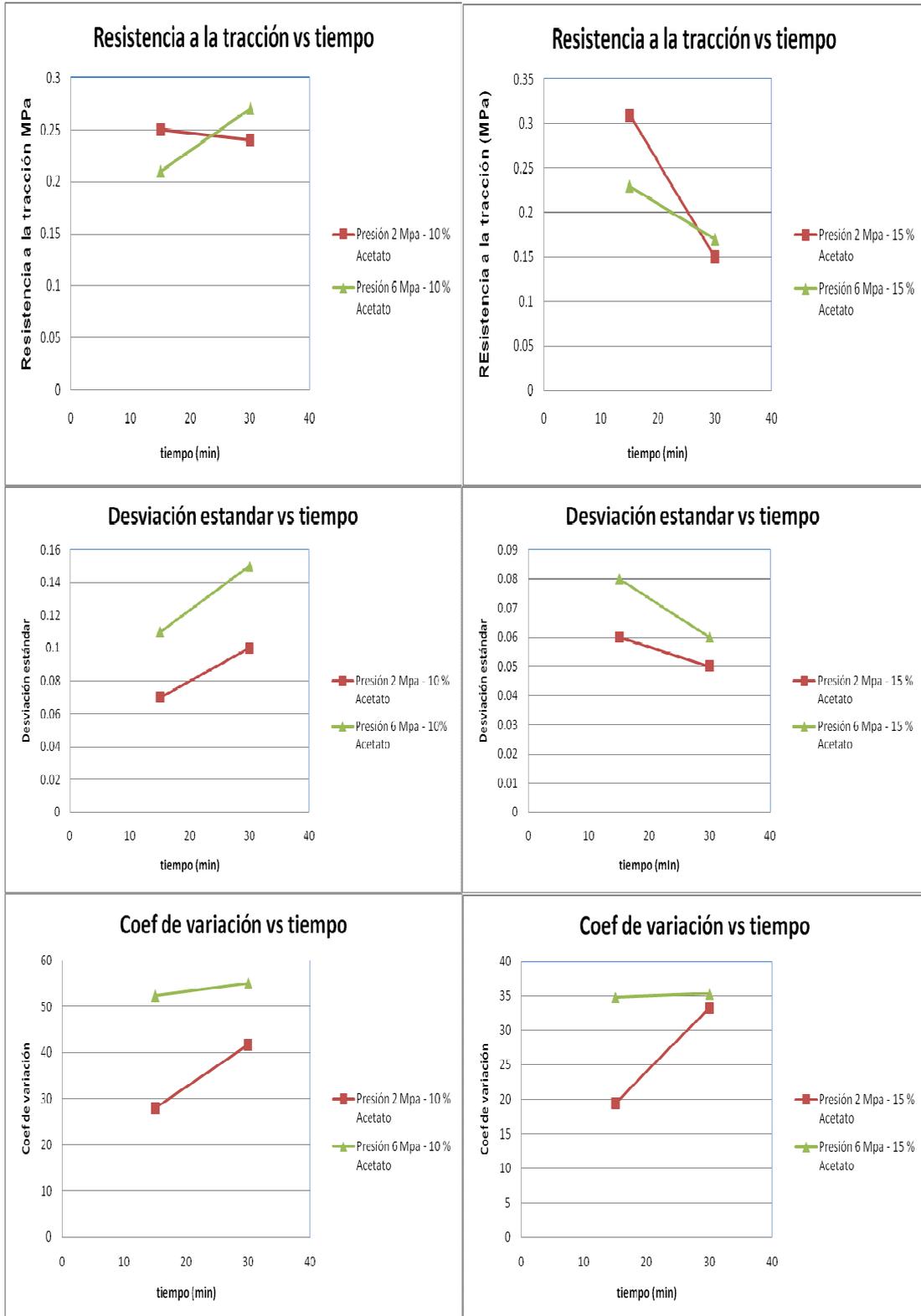
Capítulo 3: Análisis de los resultados experimentales.



Grafica 3.8: Resistencia a la tracción, desviación estándar y coeficiente de variación vs presión para el tiempo fijo.



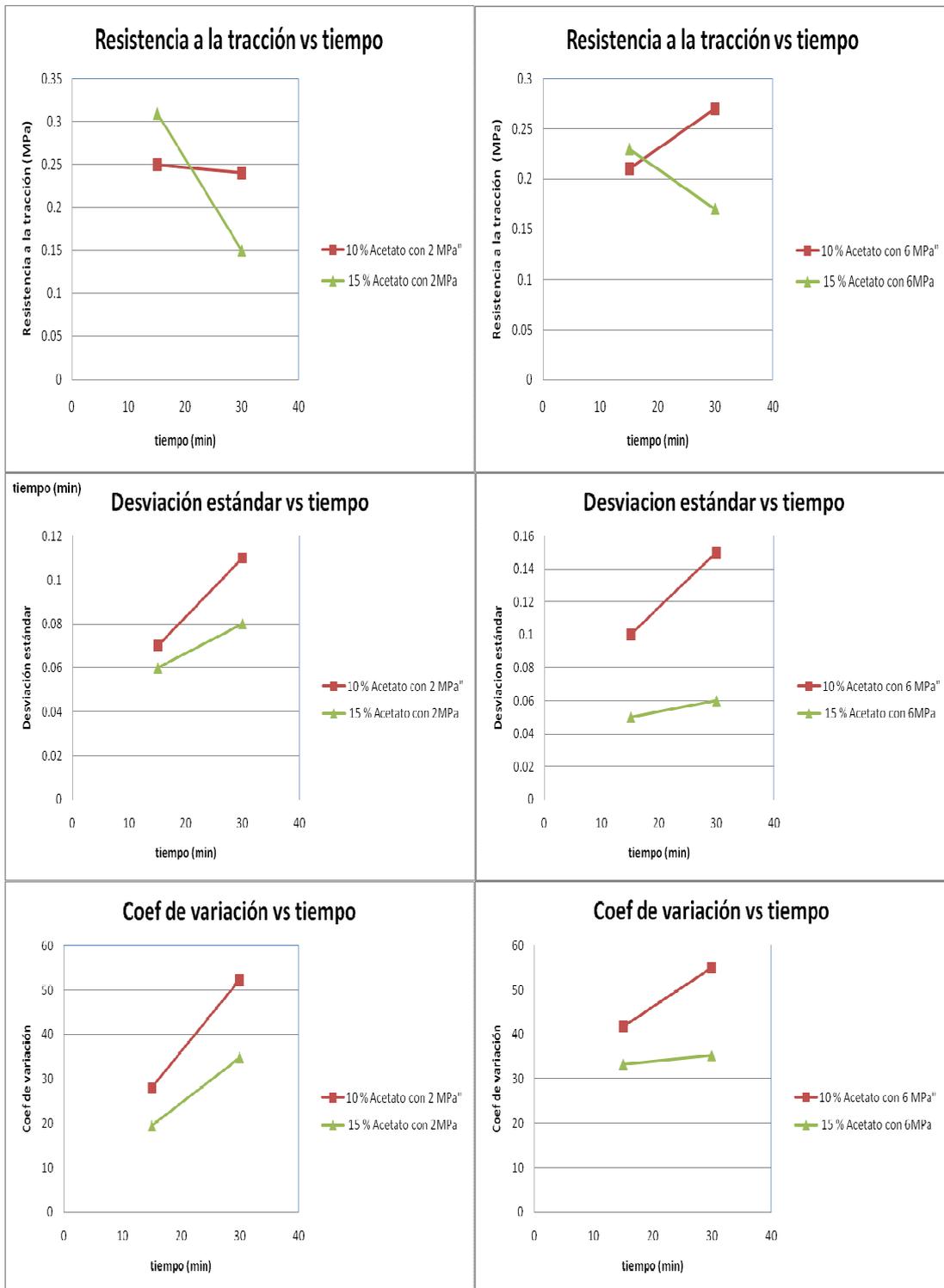
Capítulo 3: *Análisis de los resultados experimentales.*



Grafica 3.9: Resistencia a la tracción, desviación estándar y coeficiente de variación vs tiempo para la cantidad de aglomerante fija.



Capítulo 3: *Análisis de los resultados experimentales.*



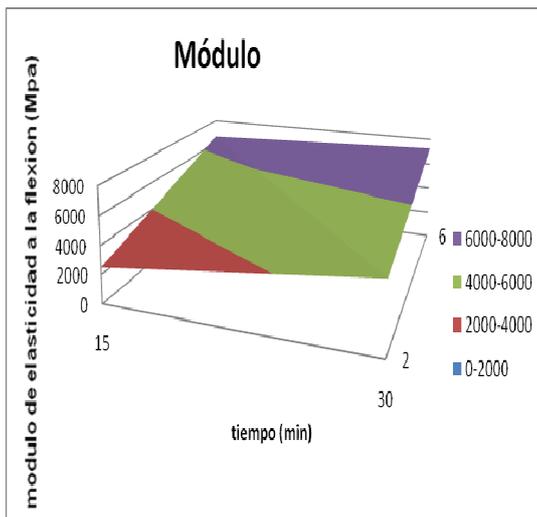
Grafica 3.10: Resistencia a la tracción, desviación estándar y coeficiente de variación vs tiempo para la presión fija.



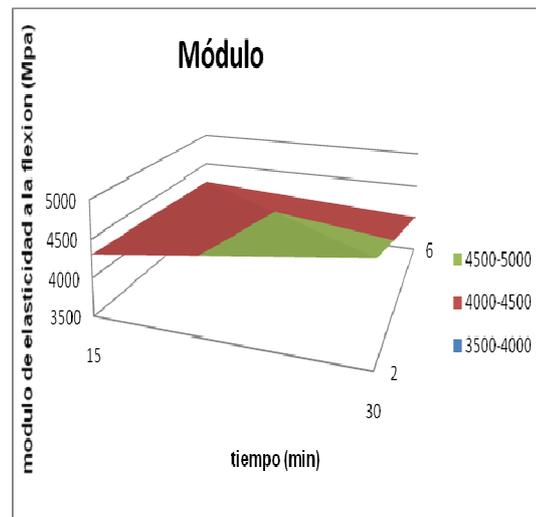
Capítulo 3: Análisis de los resultados experimentales.

3.4.4 Influencia de los parámetros sobre el módulo de elasticidad a flexión.

A continuación se muestran gráficos de influencia de los parámetros objeto de estudio en el comportamiento del módulo de elasticidad a la flexión, se presentan los mismos tipos de gráficos que en los análisis anteriores (ver gráfico 3.13, 3.14 y 3.15) , solo que cambia el parámetro objeto de estudio, como puede apreciarse la tendencia es el aumento del módulo de elasticidad a la flexión con el aumento de la presión y el tiempo de prensado, siendo la presión de prensado la variable que más influye (ver grafico 3.11y 3.12), es importante señalar que se aprecia una disminución en el módulo cuando hay aumentos de la cantidad de aglomerante en el proceso. También se puede apreciar que para este caso los ensayos no son muy fiables pues tienen altos valores de varianza.



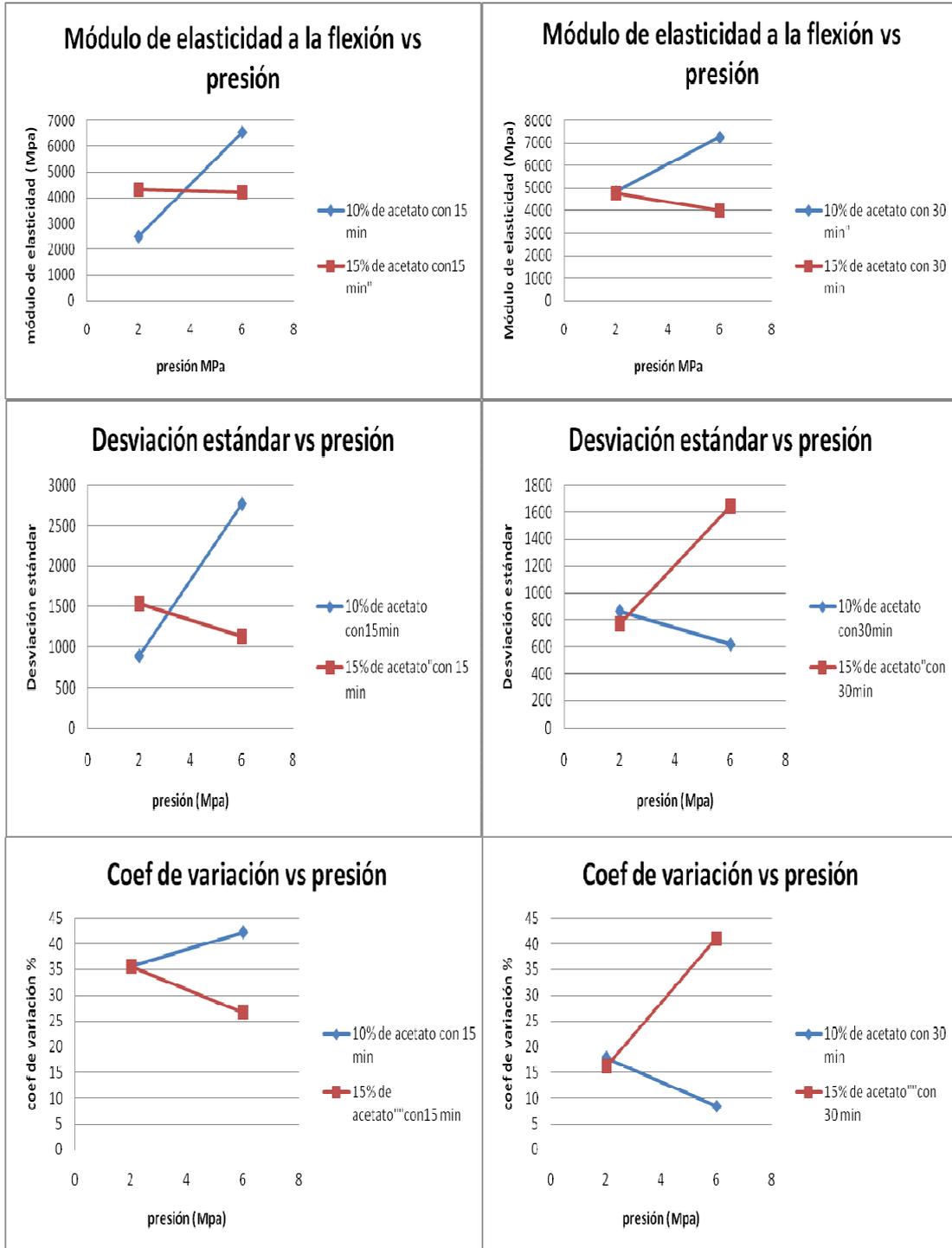
Gráfica 3.11: Superficie de respuesta para el módulo a la flexión con un 10 % de polivinilo.



Gráfica 3.12: Superficie de respuesta para el módulo a la flexión de acetato con un 15% de acetato de polivinilo.



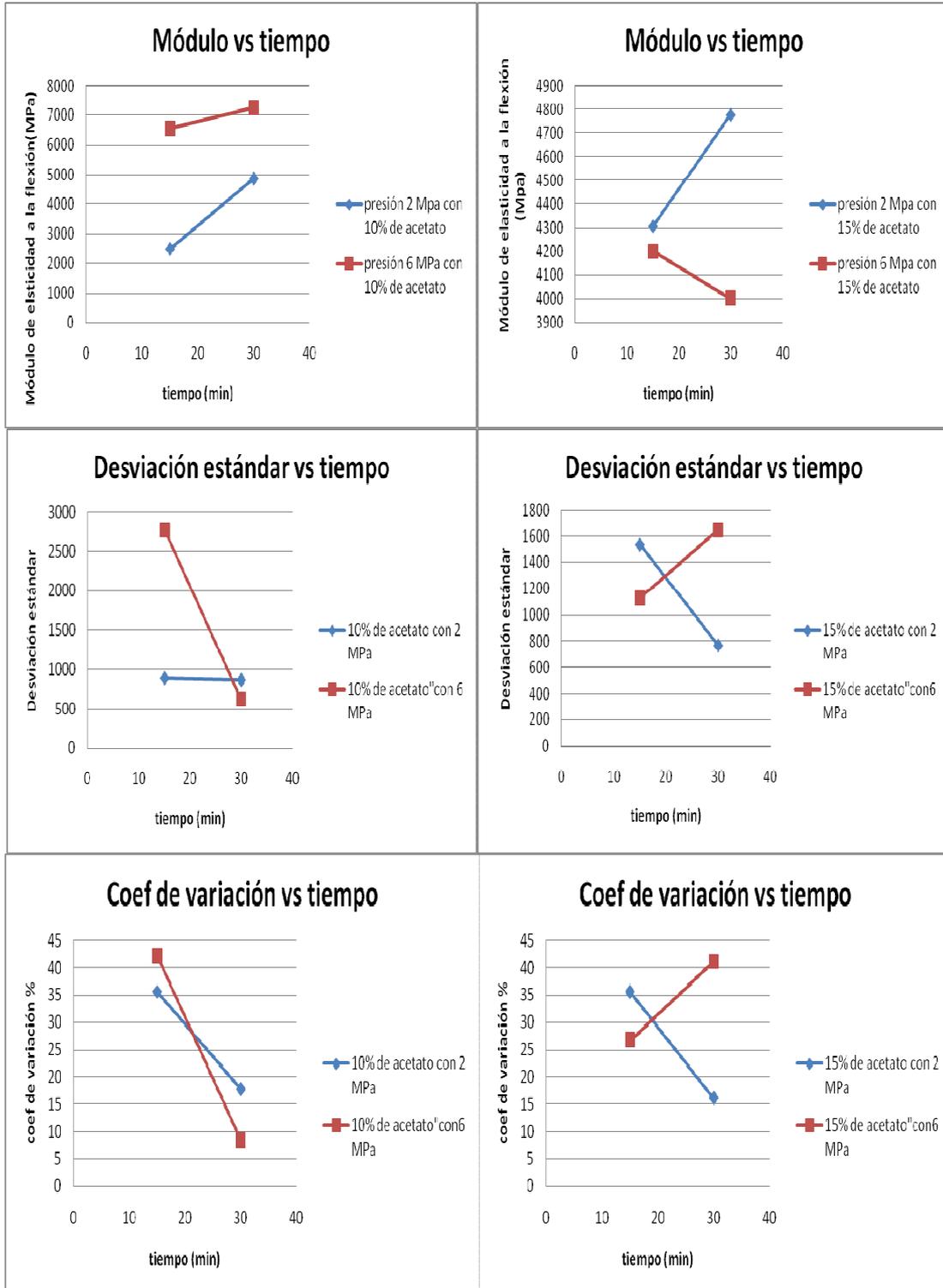
Capítulo 3: Análisis de los resultados experimentales.



Gráfica 3.13: Módulo de elasticidad a la flexión, desviación estándar y coeficiente de variación vs tiempo para el tiempo fijo.



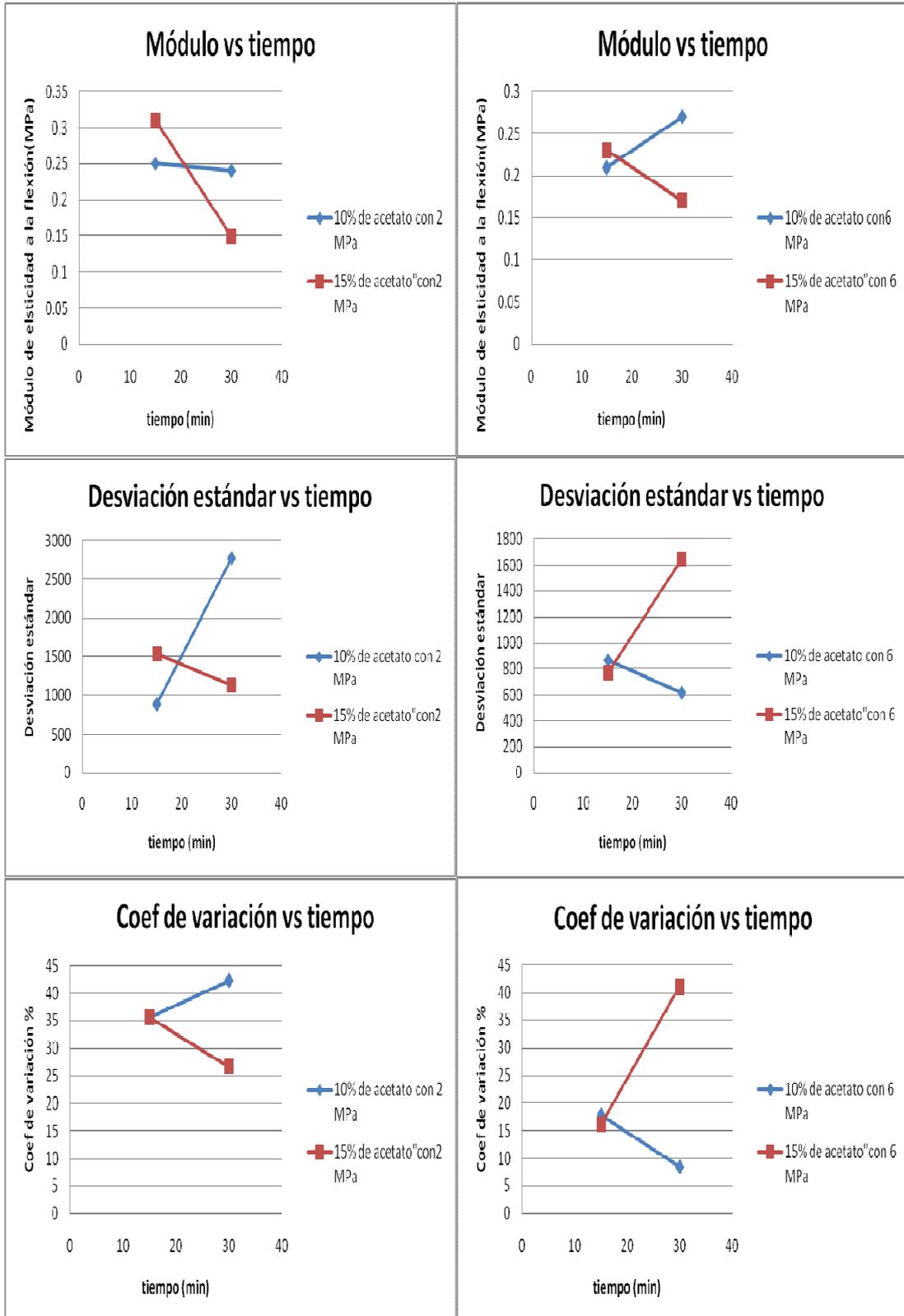
Capítulo 3: Análisis de los resultados experimentales.



Gráfica 3.14: Módulo de elasticidad a la flexión, desviación estándar y coeficiente de variación vs tiempo para la cantidad de aglomerante fija.



Capítulo 3: Análisis de los resultados experimentales.



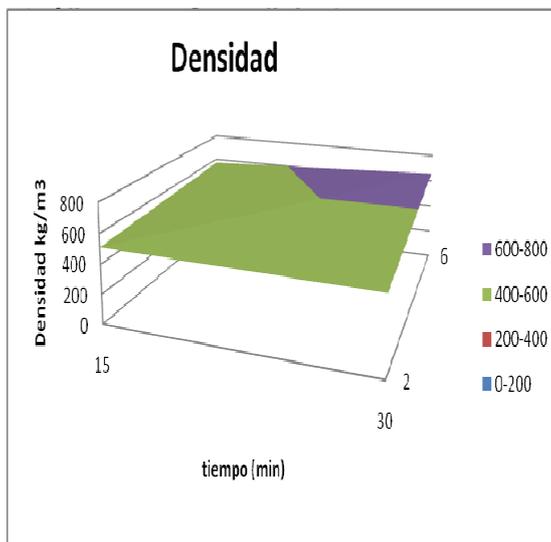
Gráfica 3.15: Módulo de elasticidad a la flexión, desviación estándar y coef de variación vs tiempo para la presión fija.

3.4.5 Influencia de los parámetros sobre la densidad.

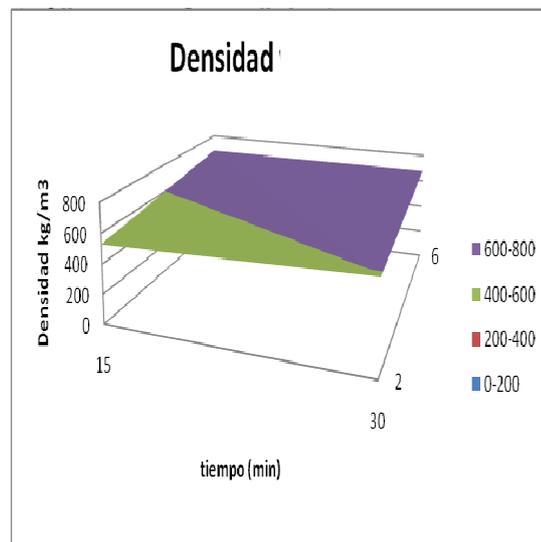


Capítulo 3: Análisis de los resultados experimentales.

A continuación se muestran gráficos de influencia de los parámetros objeto de estudio, se presentan los mismos tipos de gráficos que en los ejemplos anteriores, solo que cambia el parámetro objeto de estudio, en este caso la densidad (ver gráfico 3.18, 3.19 y 3.20), como puede apreciarse la tendencia es el aumento de la densidad con el aumento de la presión y el tiempo de prensado, siendo la presión de prensado la variable que más influye (ver gráfico 3.16, 3.17), es importante señalar que se aprecia en todos los ensayos que se obtienen los mejores resultados de la densidad cuando la cantidad de aglomerante es mayor, 15%.



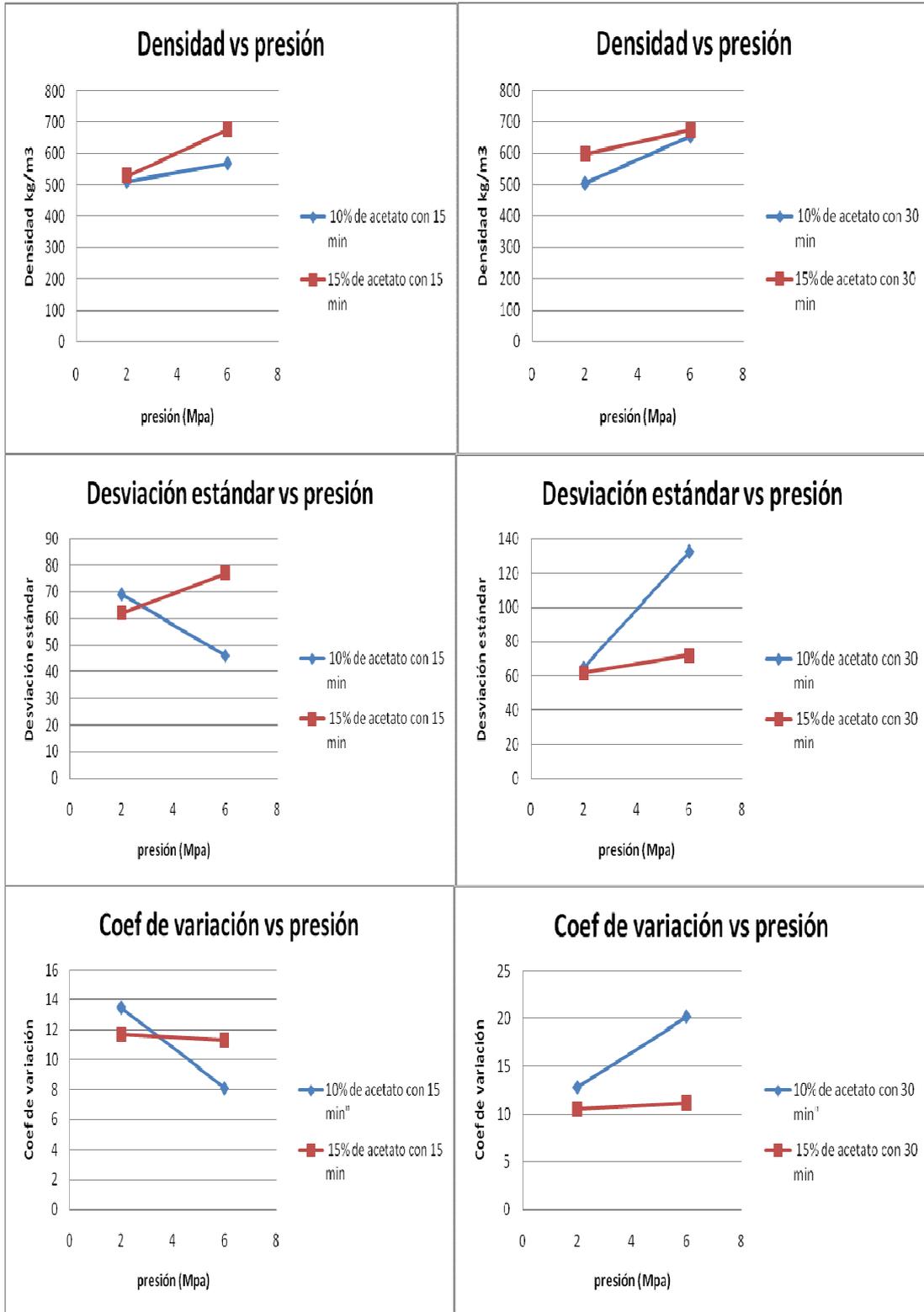
Gráfica 3.16: Superficie de repuesta para la densidad con un 10 % de acetato polivinilo.



Gráfica 3.17: Superficie de respuesta para la densidad con un 15% de de acetato de polivinilo.



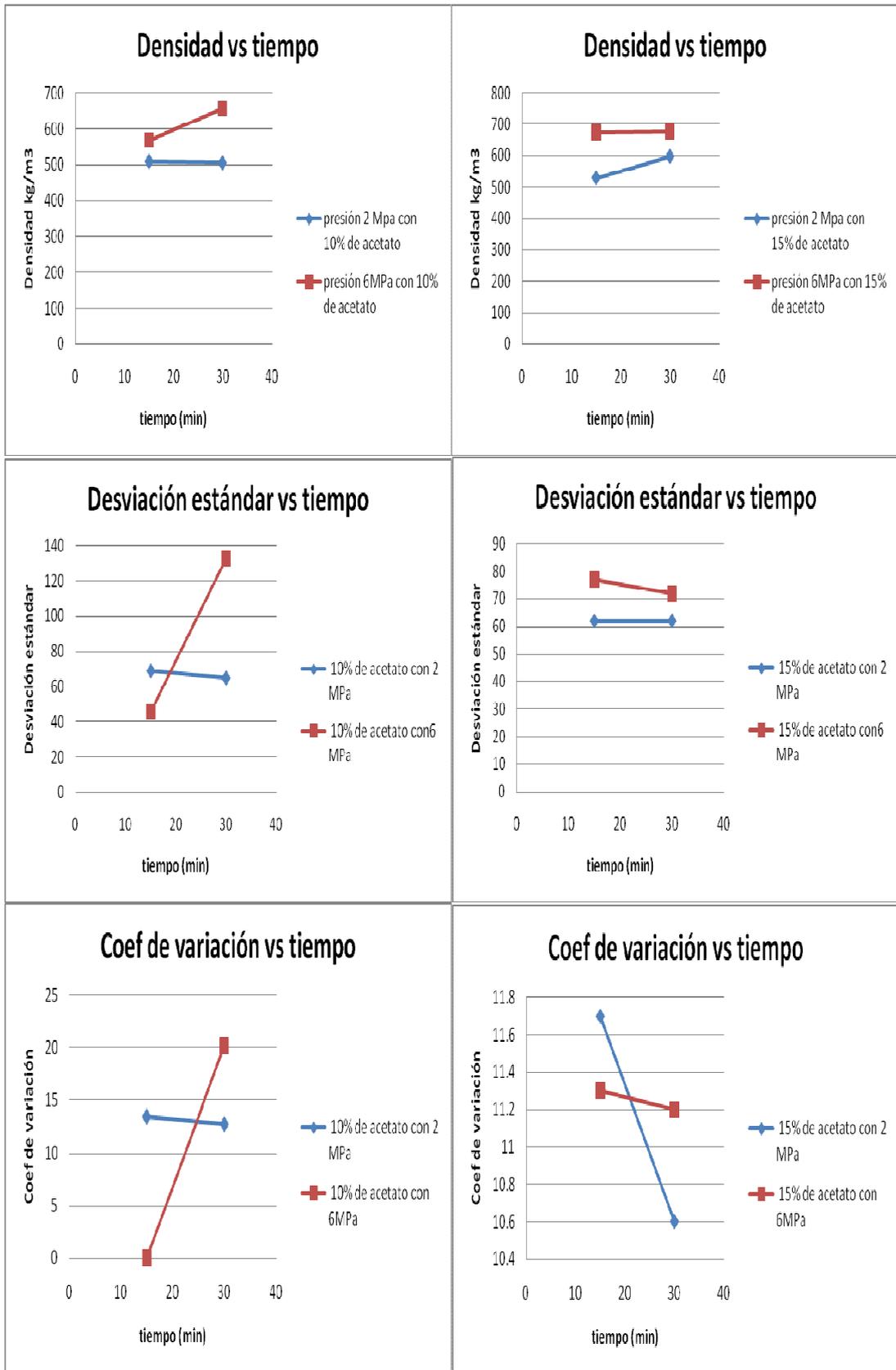
Capítulo 3: Análisis de los resultados experimentales.



Gráfica 3.18: Densidad, desviación estándar y coeficiente de variación vs presión para el tiempo fijo.



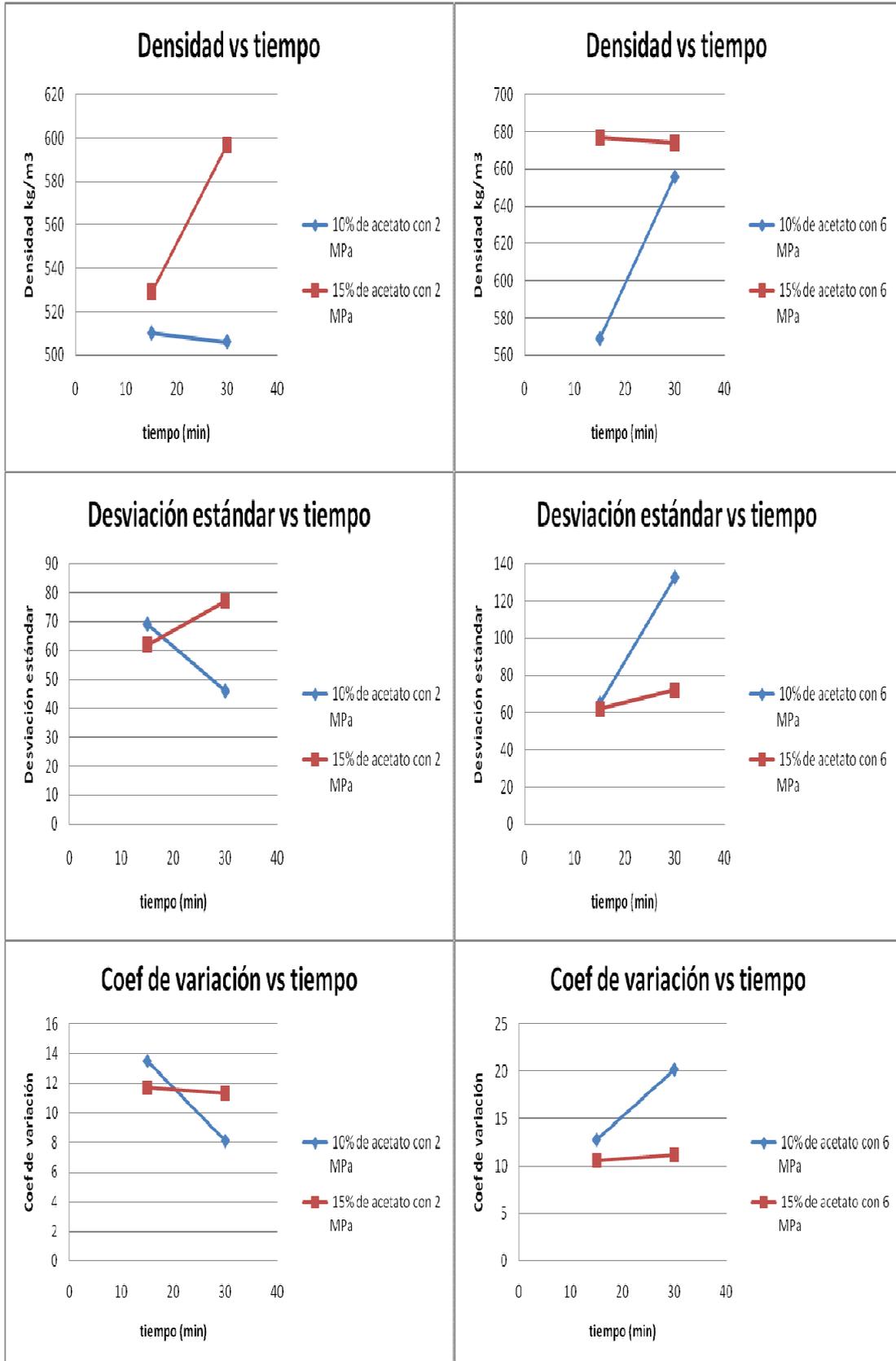
Capítulo 3: Análisis de los resultados experimentales.



Gráfica 3.19: Densidad, desviación estándar y coeficiente de variación vs tiempo para la cantidad de aglomerante fija.



Capítulo 3: Análisis de los resultados experimentales.



Gráfica 3.20: Densidad, desviación estándar y coeficiente de variación vs tiempo para presión fija.

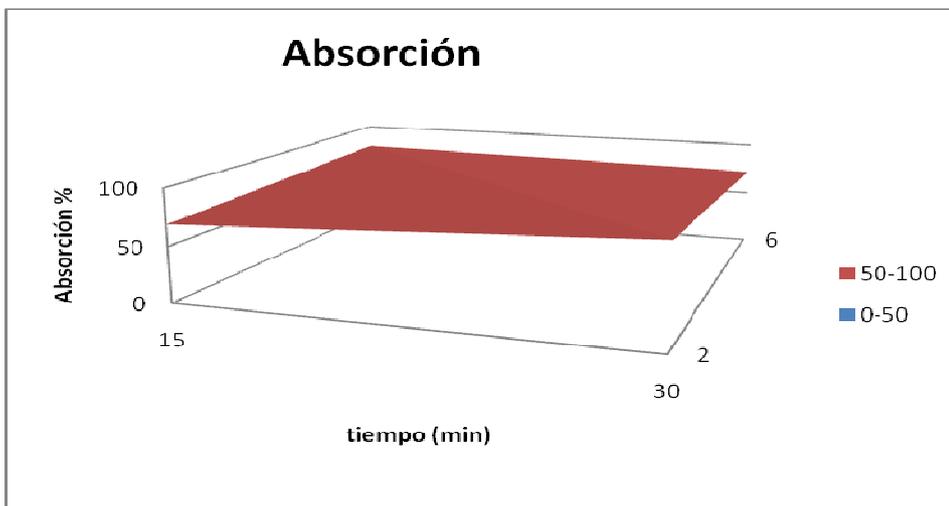


Capítulo 3: Análisis de los resultados experimentales.

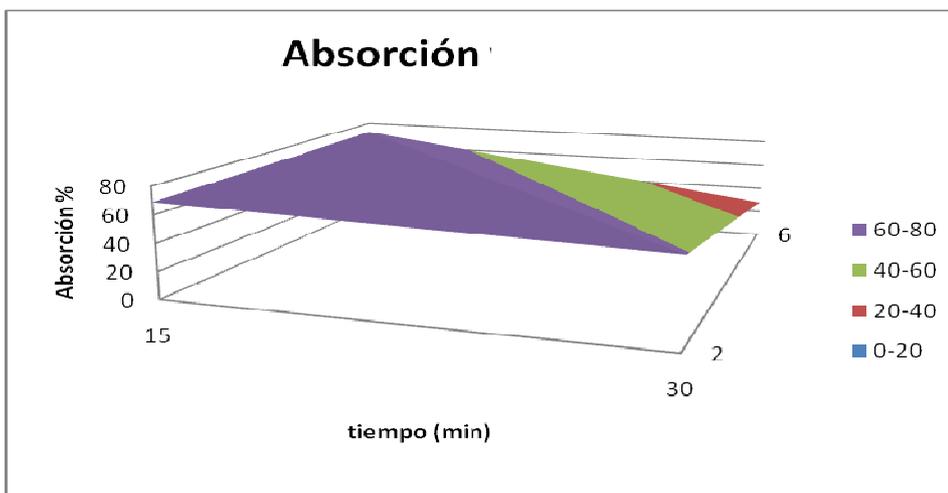


3.4.6 Influencia de los parámetros sobre la absorción.

A continuación se muestran gráficos de influencia de los parámetros objeto de estudio, se presentan los mismos tipos de gráficos que en los ejemplos anteriores solo que cambia el parámetro objeto de estudio, en este caso la absorción (ver gráfico 3.23, 3.24 y 3.25), como puede apreciarse la tendencia es a la disminución de la absorción con el aumento de la presión y el tiempo de prensado. (Gráfico 3.21 y 3.22). Es significativo el caso de la cantidad de aglomerante, pues siempre se obtienen los mejores resultados con el 15%. , es este parámetro el de mayor influencia.



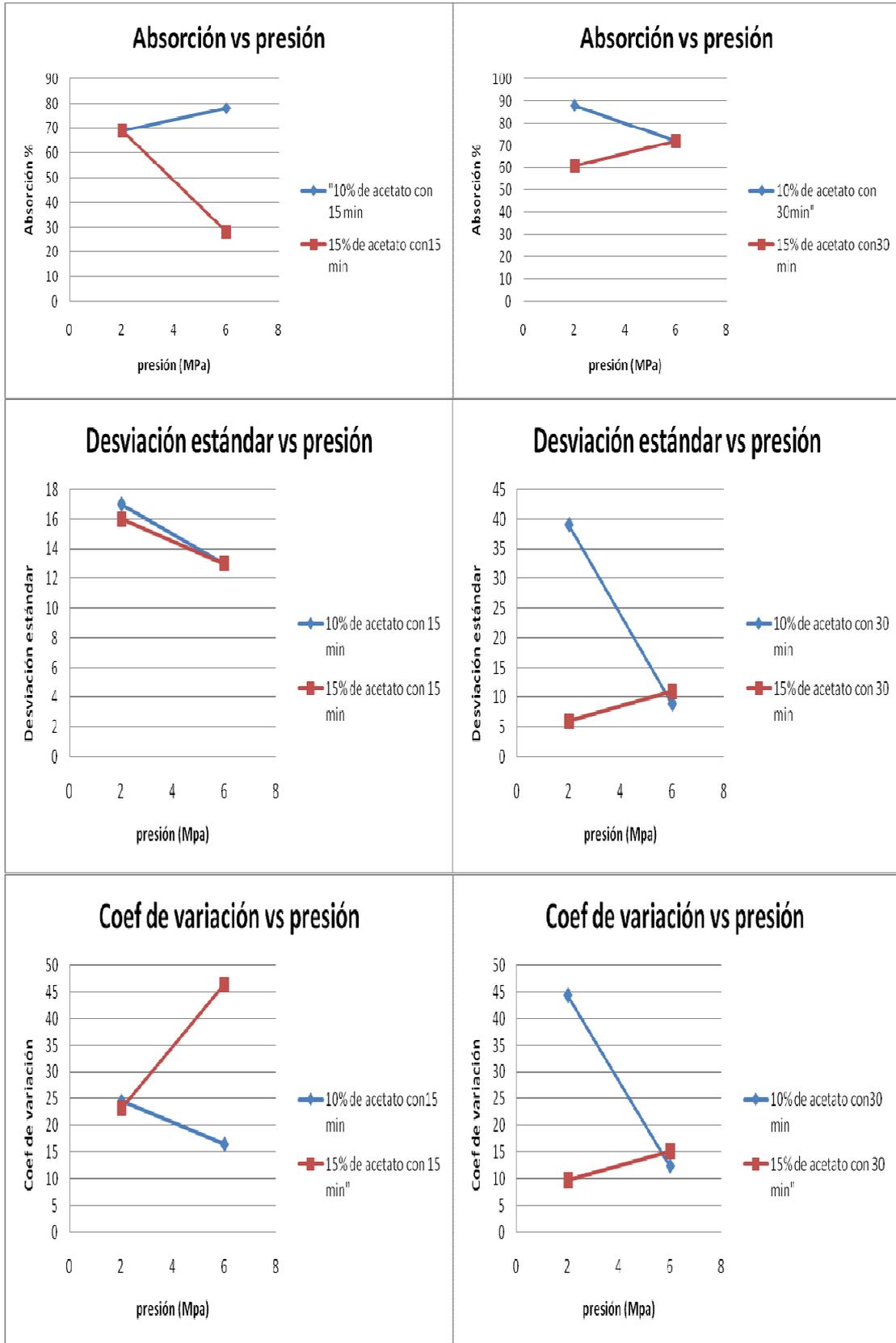
Gráfica 3.21: Superficie de repuesta para la absorción con un 10 % de acetato de polivinilo.



Gráfica 3.22: Superficie de repuesta para la absorción con un 15 % de acetato de polivinilo



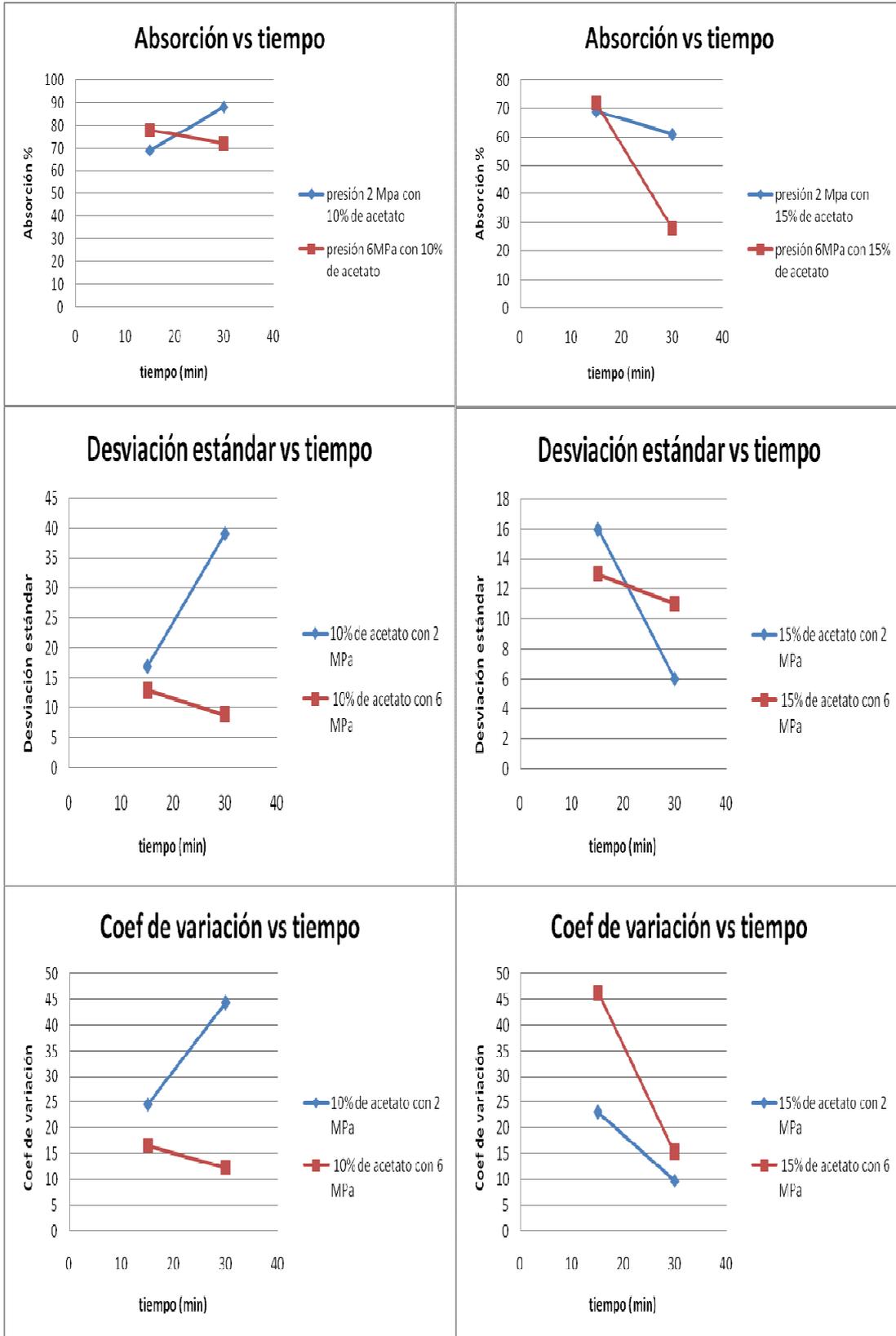
Capítulo 3: Análisis de los resultados experimentales.



Gráfica 3.23: Absorción, desviación estándar y coeficiente de variación vs presión para el tiempo fijo.



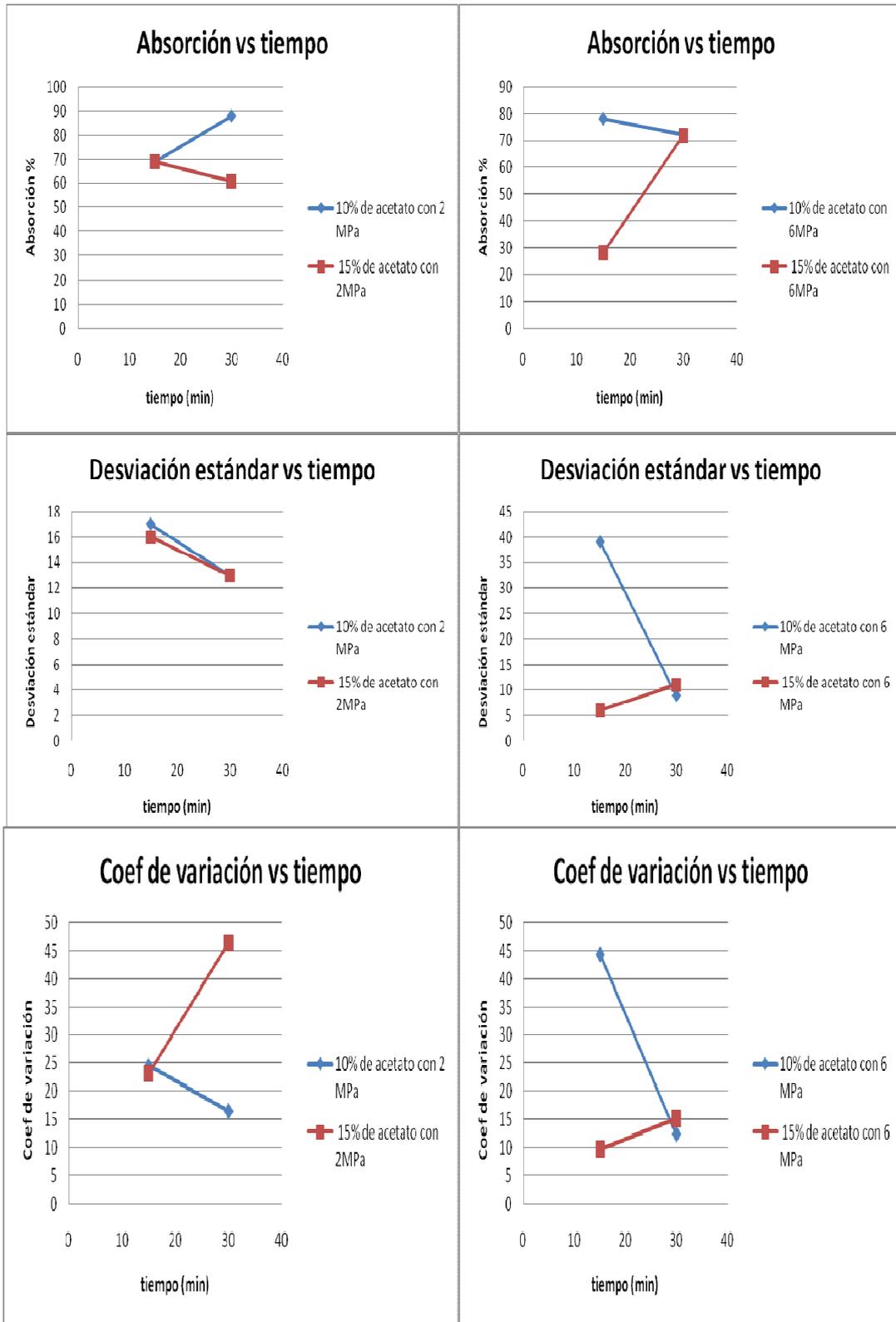
Capítulo 3: *Análisis de los resultados experimentales.*



Gráfica 3.24: Absorción, desviación estándar y coeficiente de variación vs tiempo para la cantidad de aglomerante fija.



Capítulo 3: *Análisis de los resultados experimentales.*



Gráfica 3.25: Absorción, desviación estándar y coef de variación vs tiempo para la presión fija.



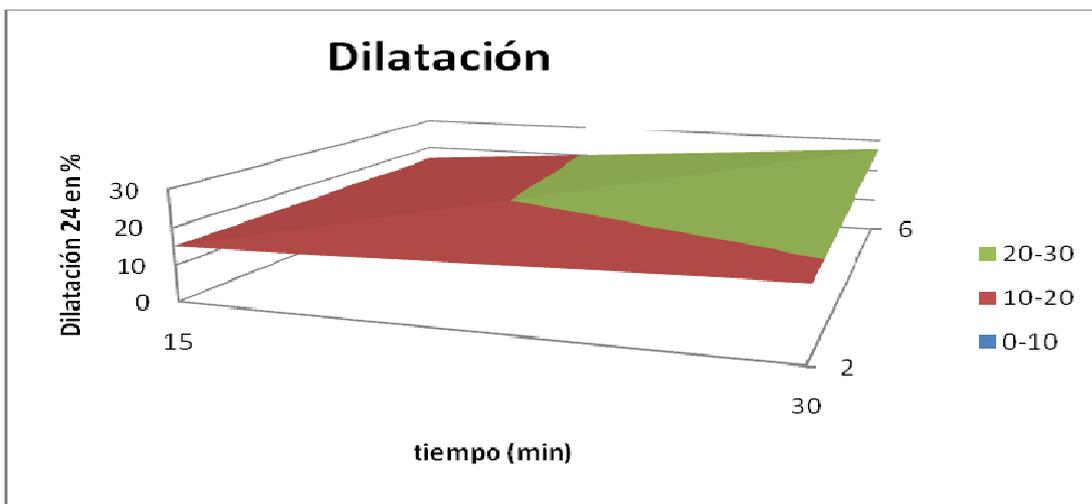
Capítulo 3: Análisis de los resultados experimentales.



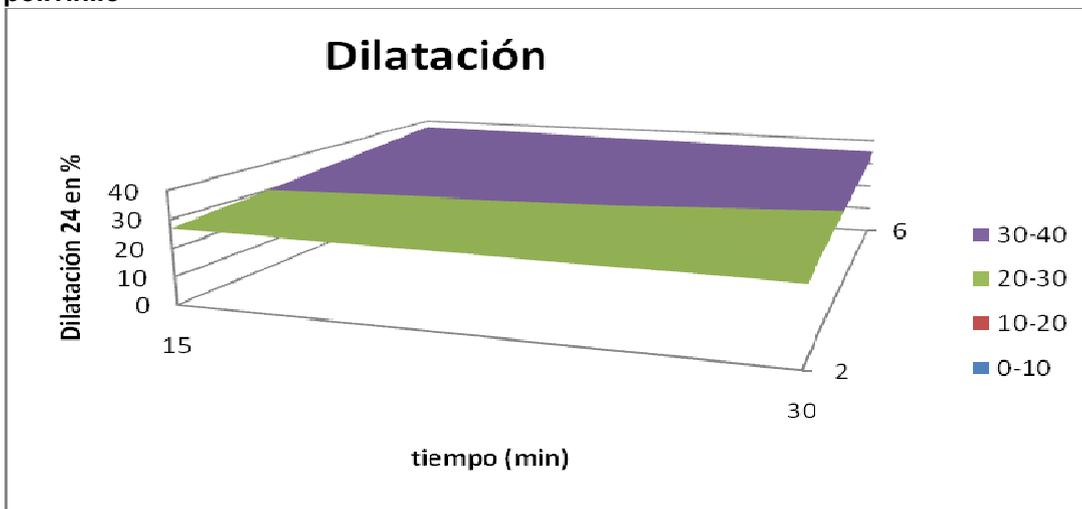
3.4.7 Influencia de los parámetros sobre la dilatación.

A continuación se muestran gráficos de influencia de los parámetros objeto de estudio, se presentan los mismos tipos de gráficos que en los ejemplos (ver gráfico 3.28, 3.29 y 3.30), como puede apreciarse la tendencia es al aumento de la dilatación con el aumento de la presión y el tiempo de prensado, realmente la influencia del tiempo es despreciable comparada con el efecto de la presión, se logran los mayores valores de dilatación con altas presiones en poco tiempo (ver gráfico 3.26 y 3.27). Es significativo señalar el caso de la cantidad de aglomerante pues la tendencia es que se obtienen los mejores resultados con valores inferiores al 15%.

Gráfica 3.26: Superficie de repuesta para la dilatación con un 10 % de acetato de polivinilo

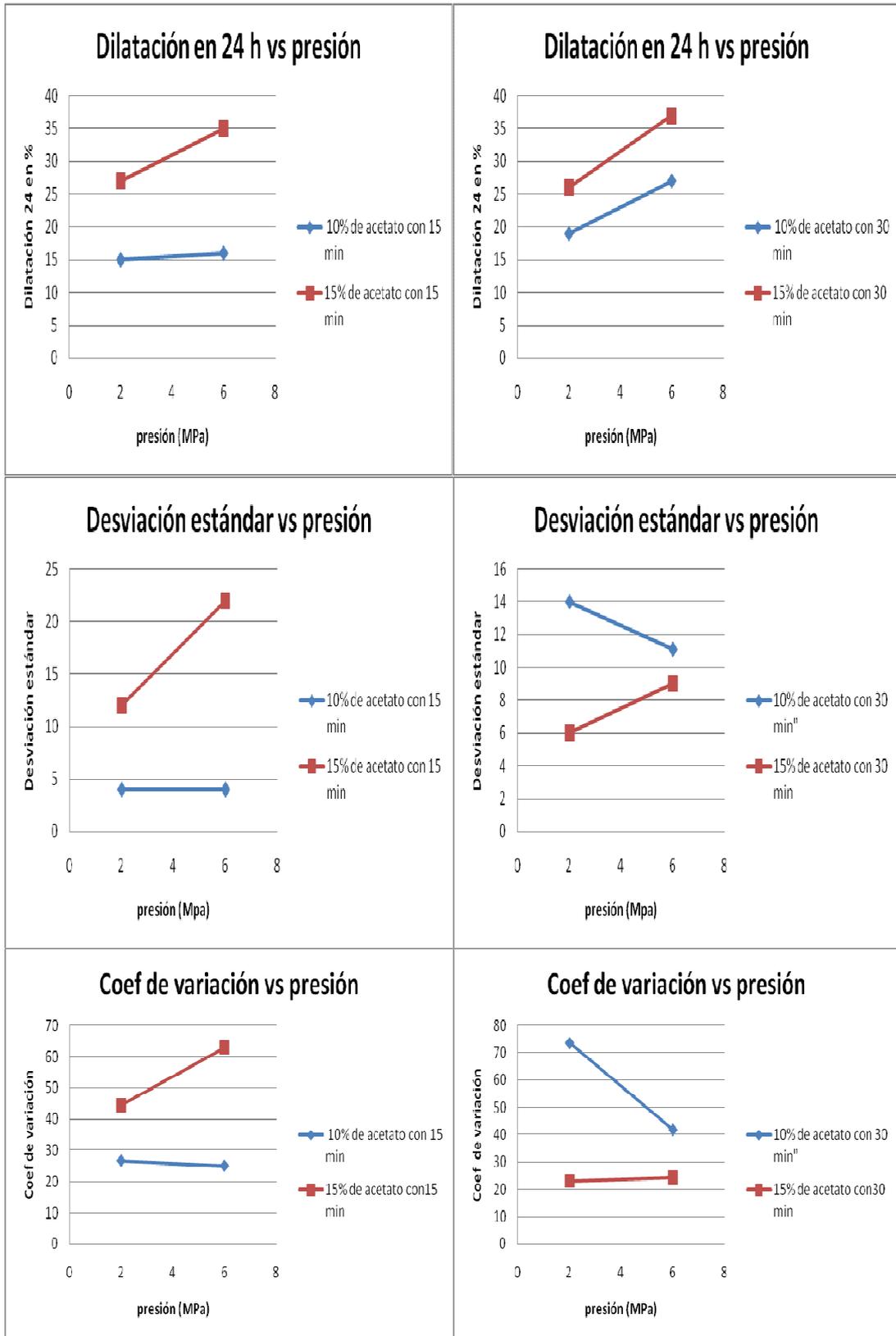


Gráfica 3.27: Superficie de repuesta para la dilatación con un 15 % de acetato de polivinilo





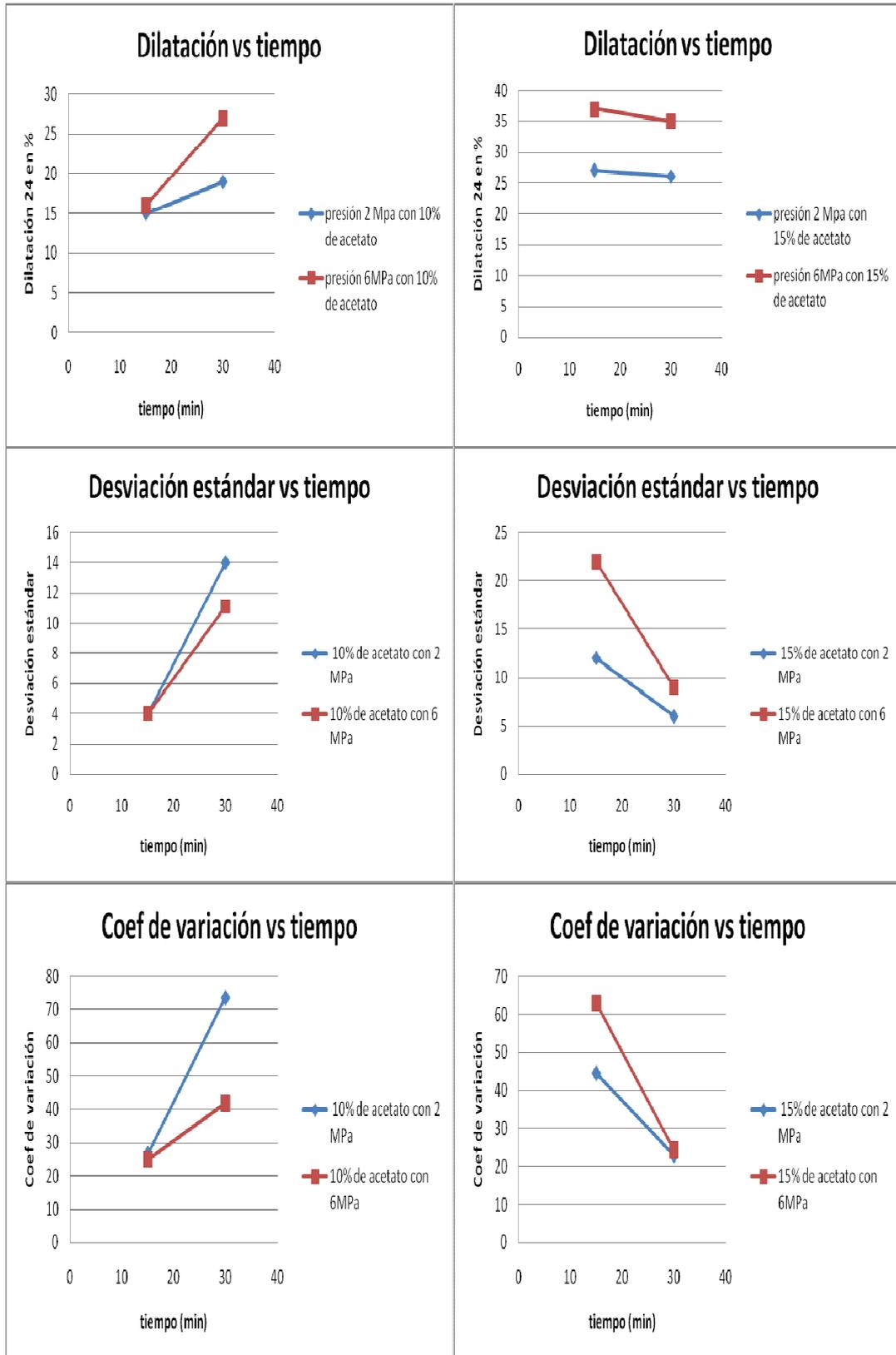
Capítulo 3: Análisis de los resultados experimentales.



Gráfica 3.28: Dilatación, desviación estándar y coeficiente de variación vs presión para el tiempo fijo.



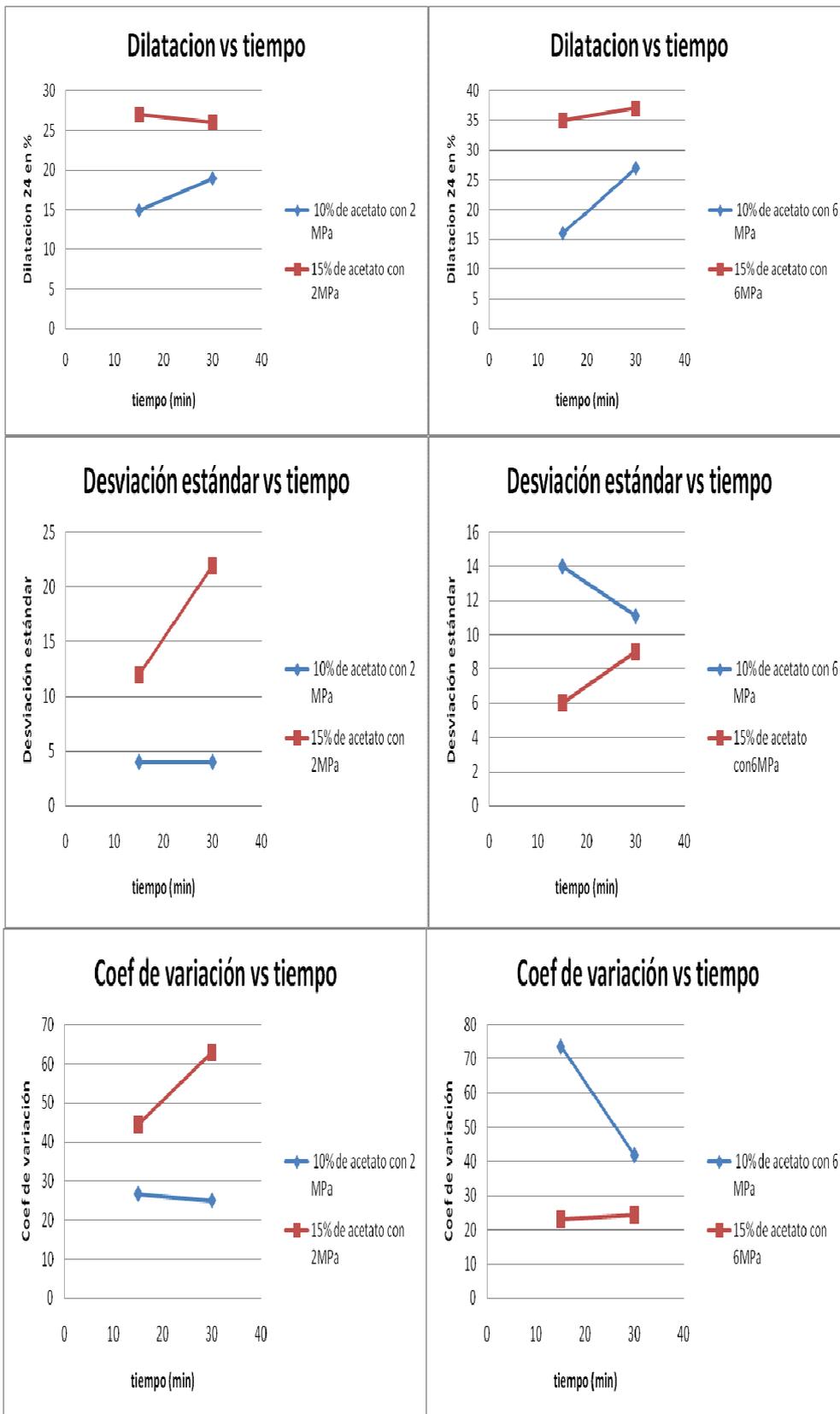
Capítulo 3: Análisis de los resultados experimentales.



Gráfica 3.29: Dilatación, desviación estándar y coeficiente de variación vs tiempo para la cantidad de aglomerante fija.



Capítulo 3: Análisis de los resultados experimentales.



Gráfica 3.30: Dilatación, desviación estándar y coeficiente de variación vs tiempo para la presión fija.



Capítulo 3: Análisis de los resultados experimentales.

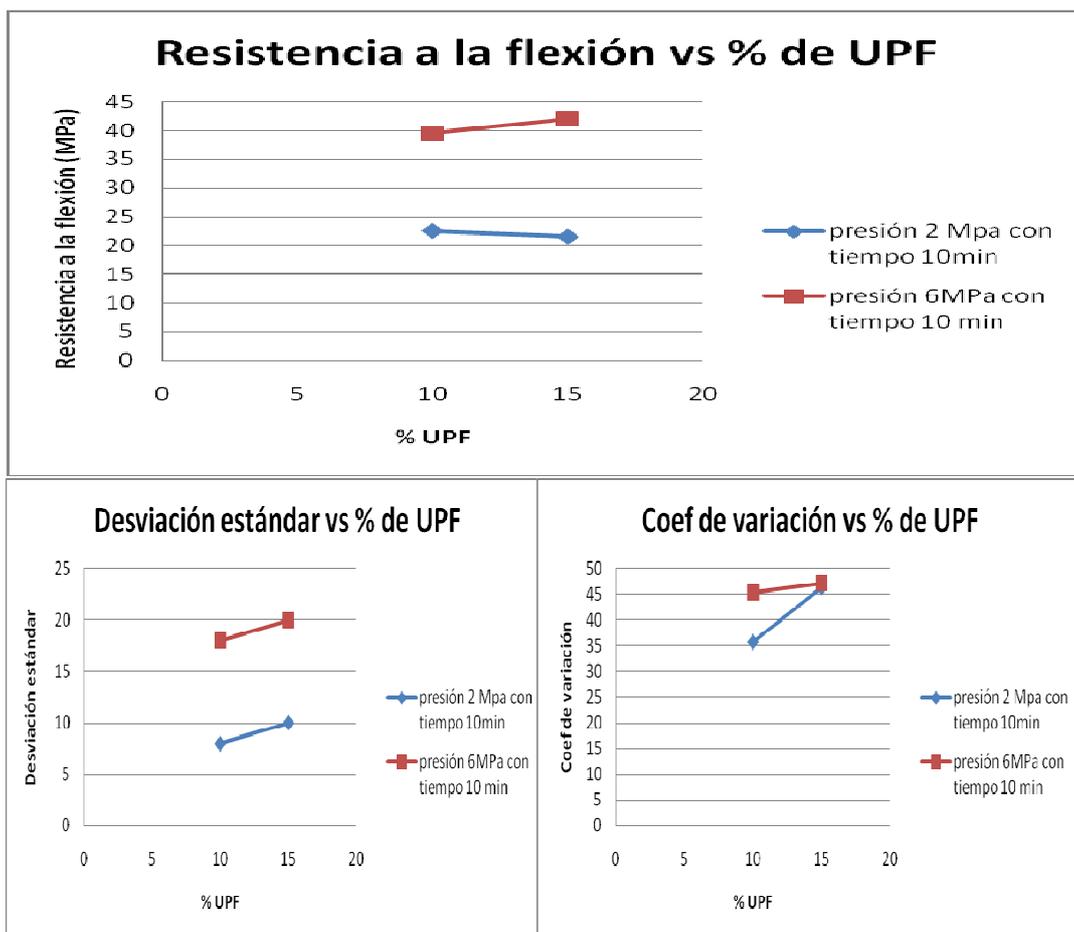


3.5 Valoración de la incidencia de las variables propuestas para los tableros aglomerados con resina urea para-formaldehído (UPF).

Como se ha explicado se realizaron varios ensayos con la utilización de urea para-formaldehído como aglomerante, con la diferencia de que en los ensayos con este aglomerante no se varió el tiempo, este se fijó a 10 minutos.

3.5.1 Influencia de los parámetros sobre la resistencia a la flexión.

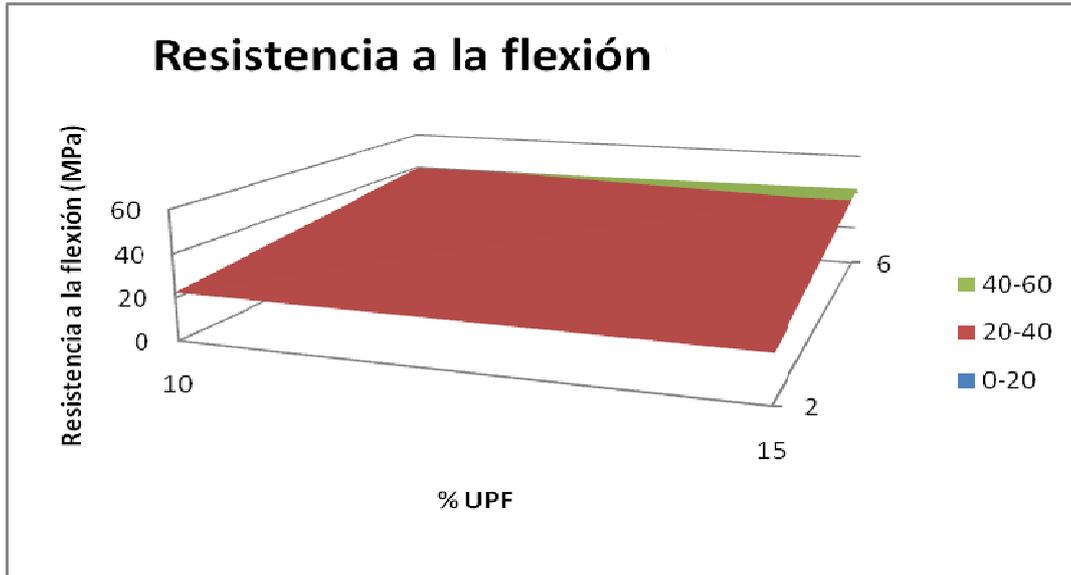
A continuación se muestra un gráfico con los valores de resistencia a flexión que se pueden lograr con la utilización de la resina urea para-formaldehído, así como los gráficos de varianza y desviación obtenidos en estos ensayos (ver gráfica 3.31 y 3.32). Como se observa existe tendencia al aumento de la resistencia a la flexión con el aumento de presión y mayores cantidades de aglomerante.



Gráfica 3.31: Resistencia a la flexión, desviación estándar y coeficiente de variación vs % de resina para el tiempo fijo.



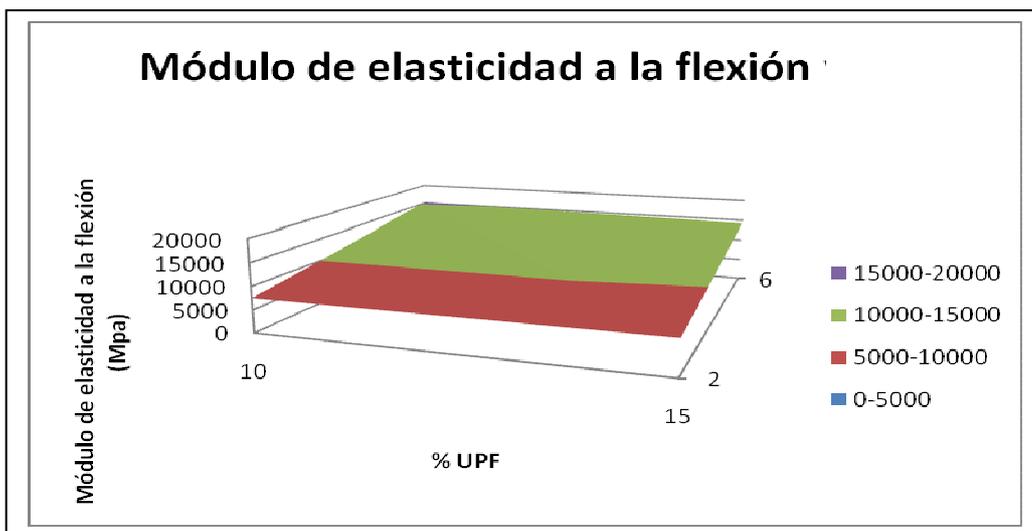
Capítulo 3: Análisis de los resultados experimentales.



Gráfica 3.32: Superficie de repuesta para la resistencia a la flexión con un tiempo de 10 minutos.

3.5.2 Influencia de los parámetros sobre el módulo a la flexión.

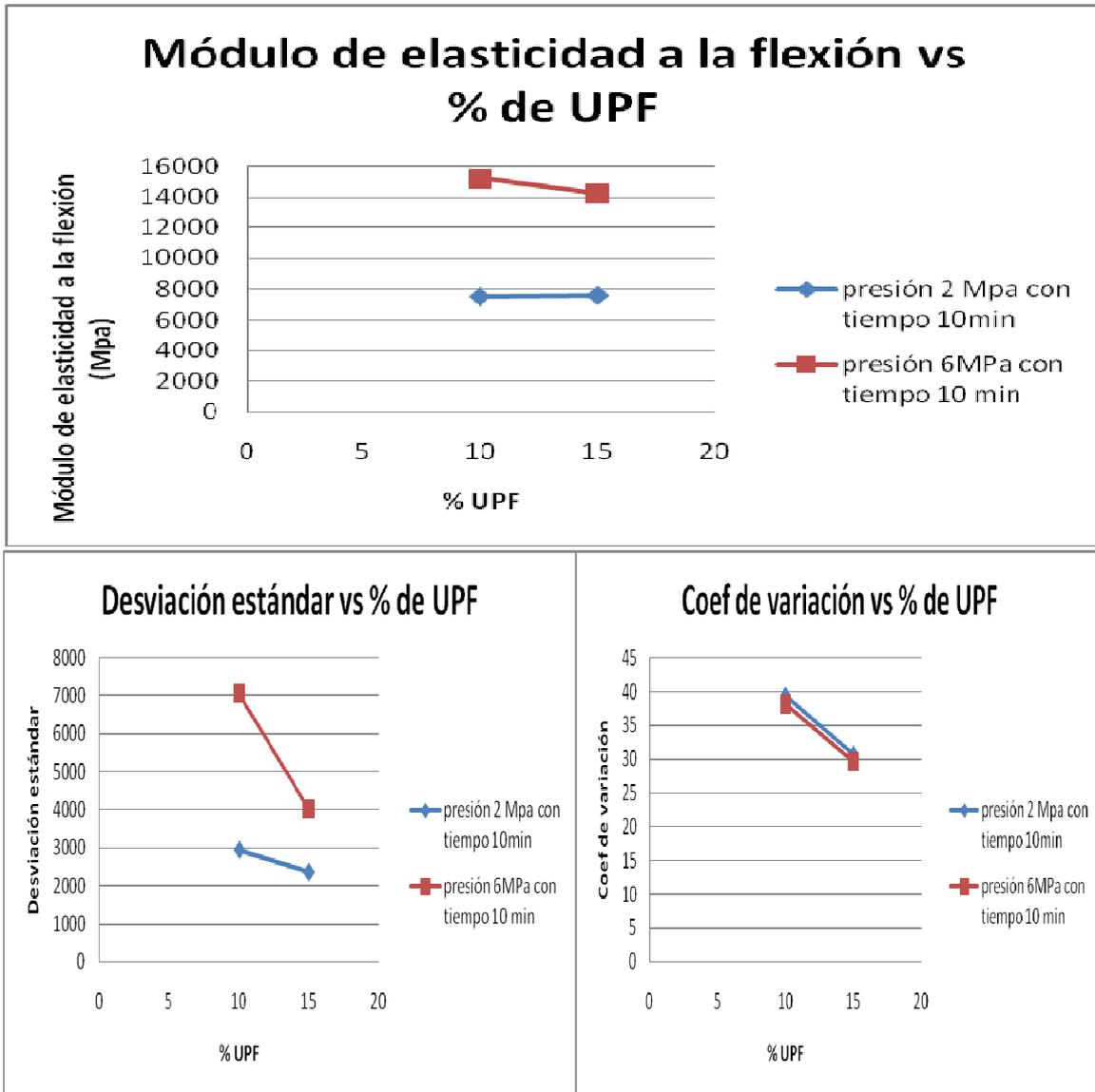
A continuación se muestra el gráfico con los valores de módulo de elasticidad a la flexión que se pueden lograr con la utilización de la resina urea para-formaldehído, así como los gráficos de varianza y la desviación (ver gráfico 3.33 y 3.34). Como se puede observar existe tendencia al aumento del módulo de elasticidad a la flexión con el aumento de la presión y la disminución de la cantidad de aglomerante, siendo la presión el parámetro de mayor incidencia.



Gráfica 3.33: Superficie de repuesta para el módulo a la flexión con un tiempo de 10 minutos.



Capítulo 3: Análisis de los resultados experimentales.



Gráfica 3.34: Densidad, desviación estándar y coeficiente de variación vs porcentaje de resina para el tiempo fijo.

3.5.3 Influencia de los parámetros sobre la resistencia a la tracción perpendicular.

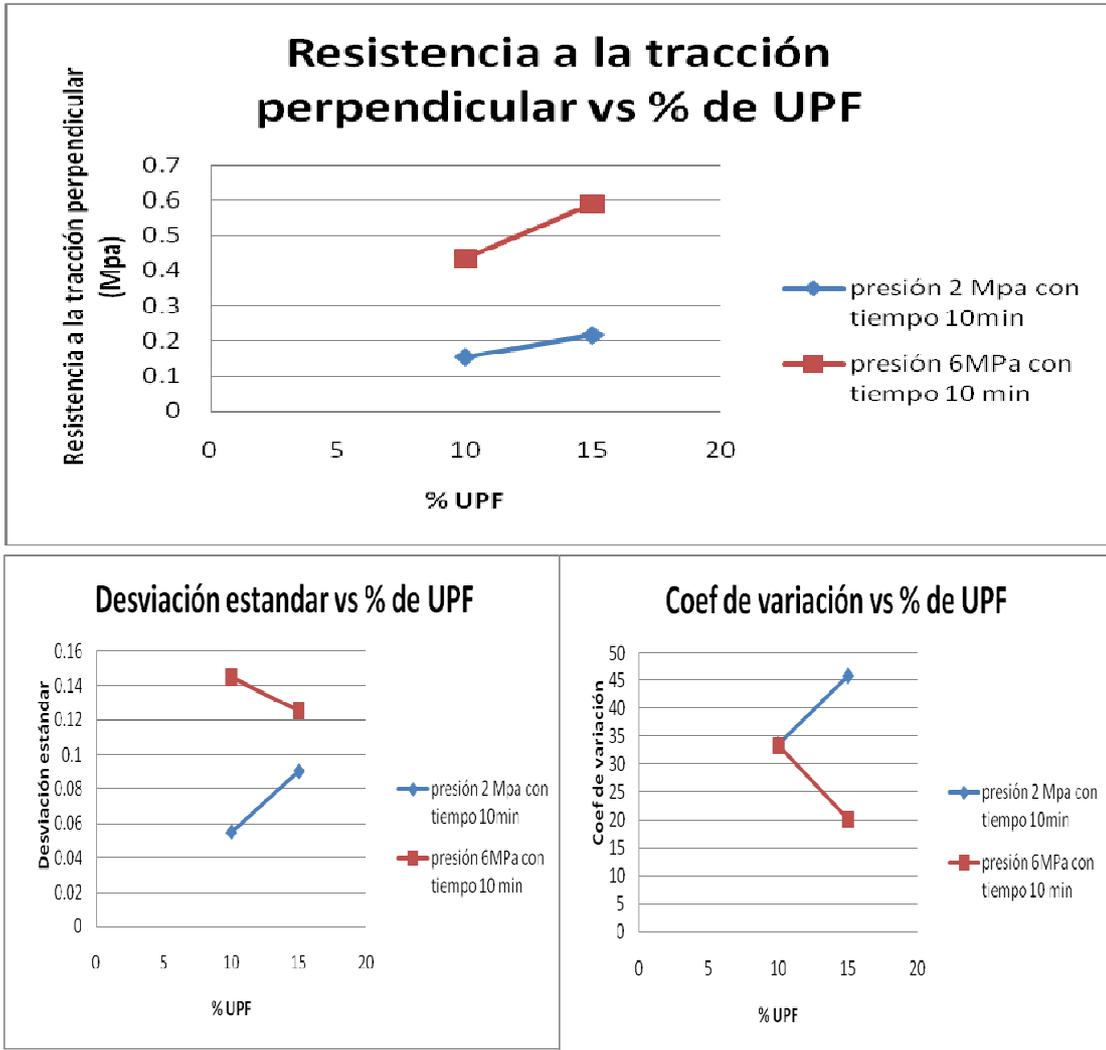
A continuación se muestra el gráfico con los valores de resistencia a la tracción perpendicular que se pueden lograr con la utilización de la resina urea para-formaldehído, así como los gráficos de varianza y desviación típica (ver gráfico 3.35 y 3.36). Como se puede observar existen tendencias a mejores resultados de resistencia a la tracción perpendicular trabajando con mayores presiones y mayores cantidades de aglomerante. Los



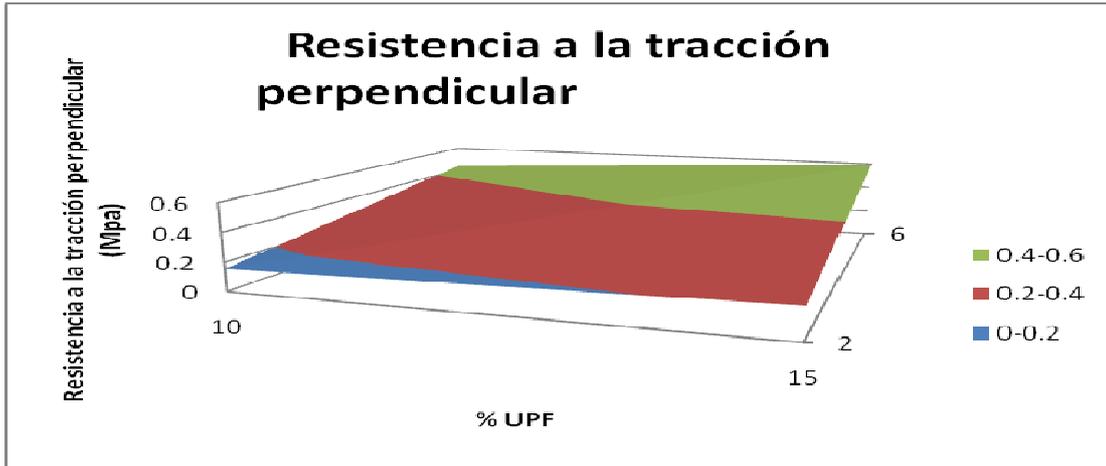
Capítulo 3: Análisis de los resultados experimentales.



resultados óptimos se obtienen buscando combinaciones de ambos parámetros.



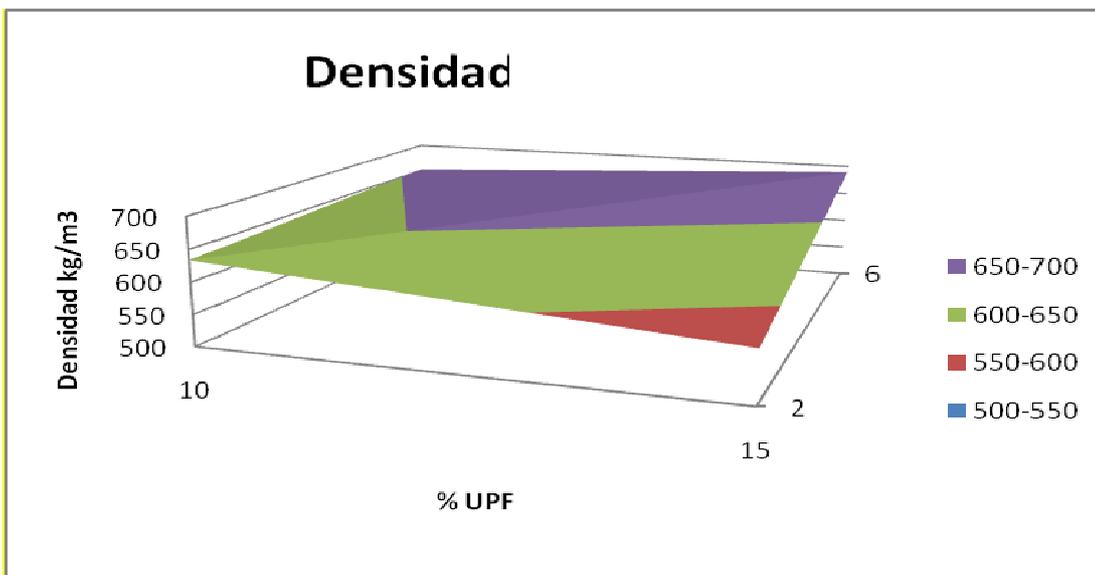
Gráfica 3.35: Resistencia a la tracción perpendicular, desviación estándar y coef de variación vs % de resina para el tiempo fijo.



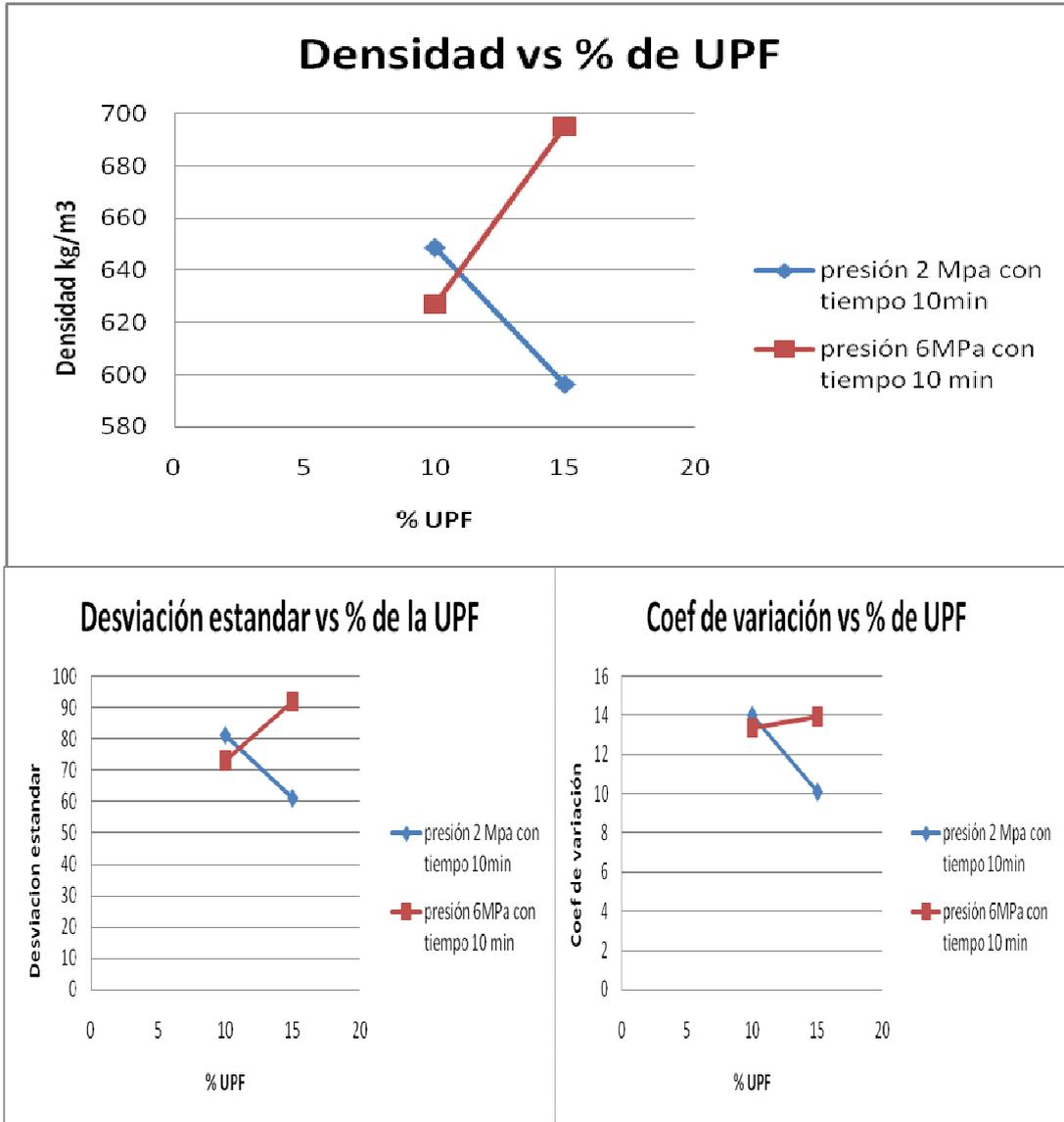
Gráfica 3.36: Superficie de repuesta para la resistencia a la tracción perpendicular con un tiempo de 10 minutos.

3.5.4 Influencia de los parámetros sobre la densidad.

A continuación se muestra el gráfico con los valores de la densidad que se pueden lograr con la utilización de la resina urea para-formaldehído, así como los gráficos de varianza y la desviación (ver gráfico 3.37 y 3.38). Como se puede observar existe tendencia a lograr mejores resultados de densidad trabajando con mayores presiones y buscando una combinación entre la misma y la cantidad de aglomerante, que es la máxima para presiones de 6 Mpa y la mínima para presiones de 2 Mpa.



Gráfica 3.38: Superficie de repuesta para la densidad con un tiempo de 10 minutos.



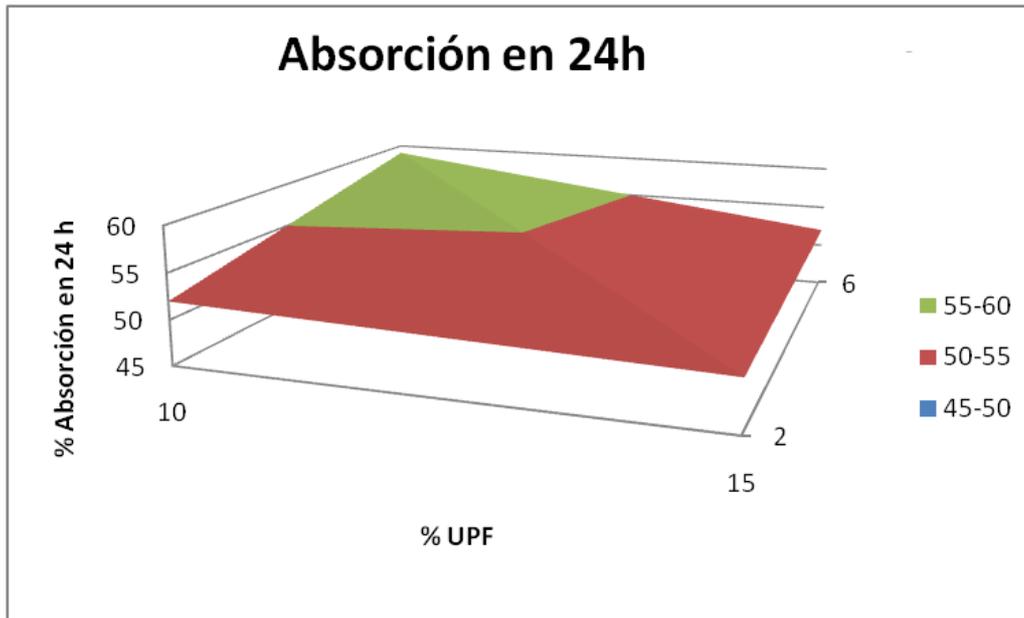
Gráfica 3.37: Densidad, desviación estándar y coef de variación vs % de resina para el tiempo fijo.

3.5.5 Influencia de los parámetros sobre la absorción.

A continuación se muestra el gráfico con los valores de la absorción que se pueden lograr con la utilización de la resina urea para-formaldehído, así como los gráficos de la varianza y la desviación (ver gráfico 3.39 y 3.40). Como se puede observar existen mejores resultados de absorción trabajando con menores presiones y mayores cantidades de aglomerante.



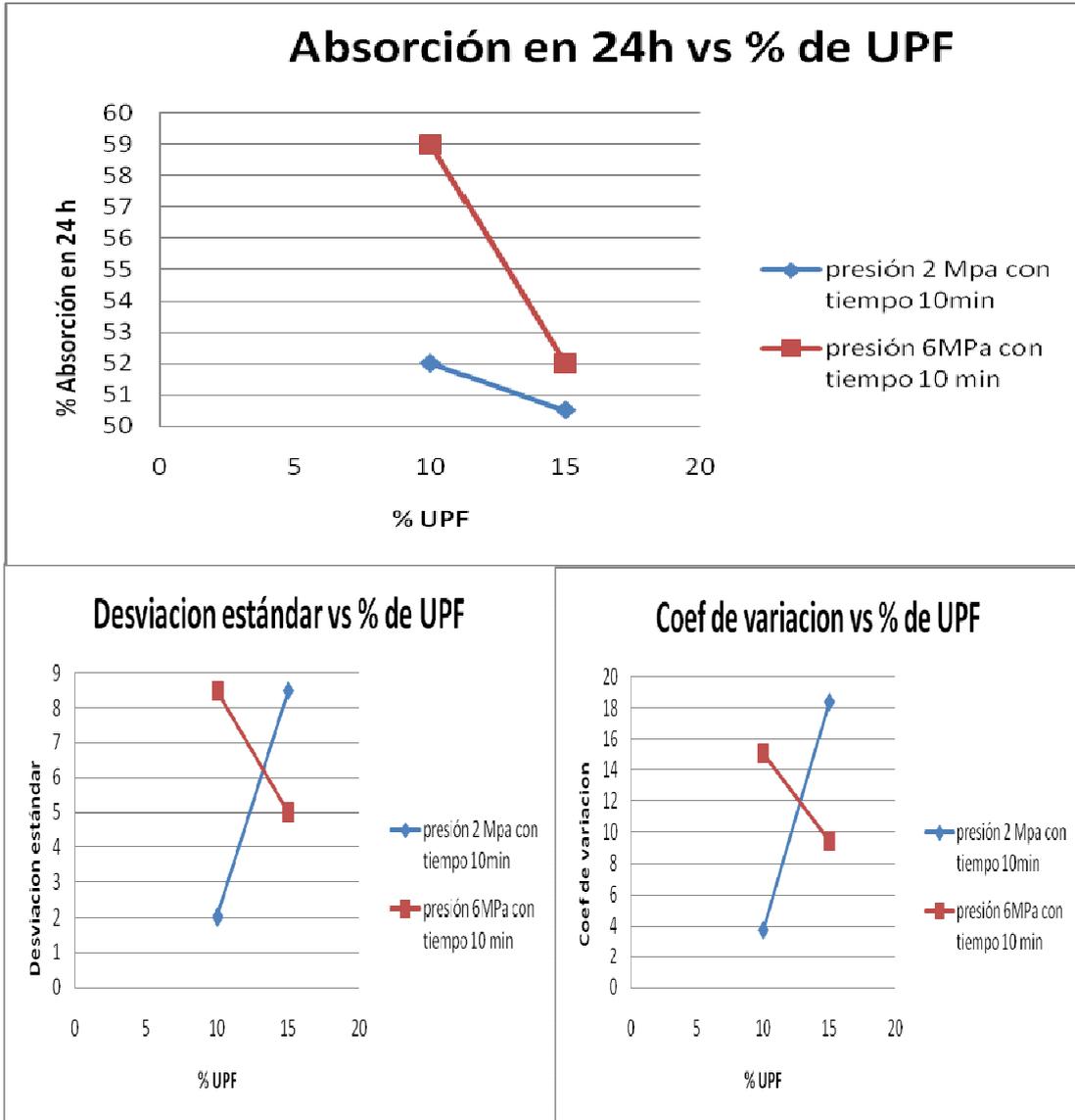
Capítulo 3: Análisis de los resultados experimentales.



Gráfica 3.39: Superficie de repuesta para la absorcion con un tiempo de 10 minutos.



Capítulo 3: *Análisis de los resultados experimentales.*



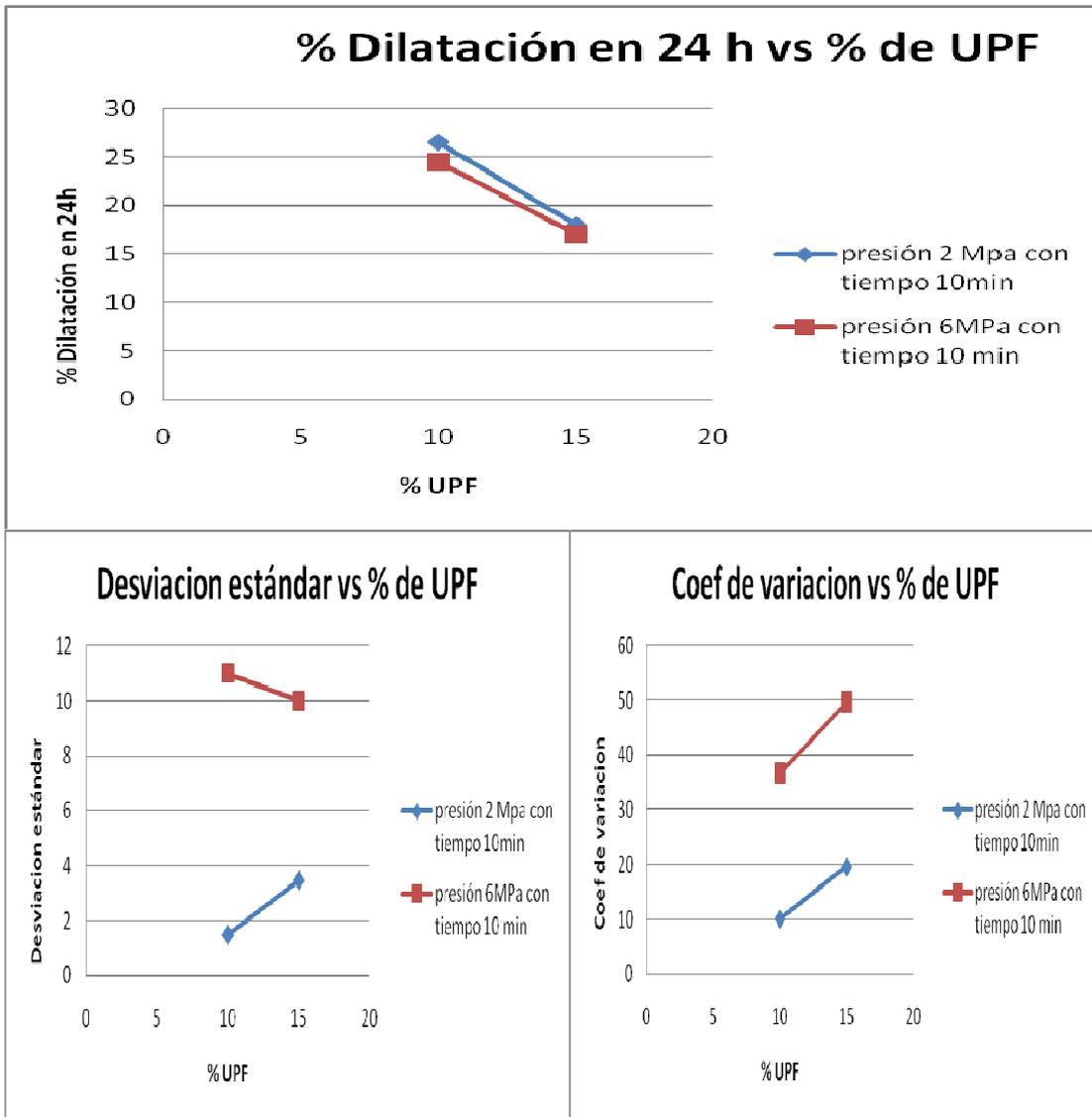
Gráfica 3.40: Absorción, desviación estándar y coef de variación vs % de resina para el tiempo fijo.

3.5.6 Influencia de los parámetros sobre la dilatación.

A continuación se muestra el gráfico con los valores de la dilatación que se pueden lograr con la utilización de la resina urea para-formaldehído, así como los gráficos de varianza y la desviación (ver gráfico 3.41 y 3.42). Como se puede observar existen tendencias a mejores resultados de dilatación trabajando con mayores presiones y mayores cantidades de aglomerante.



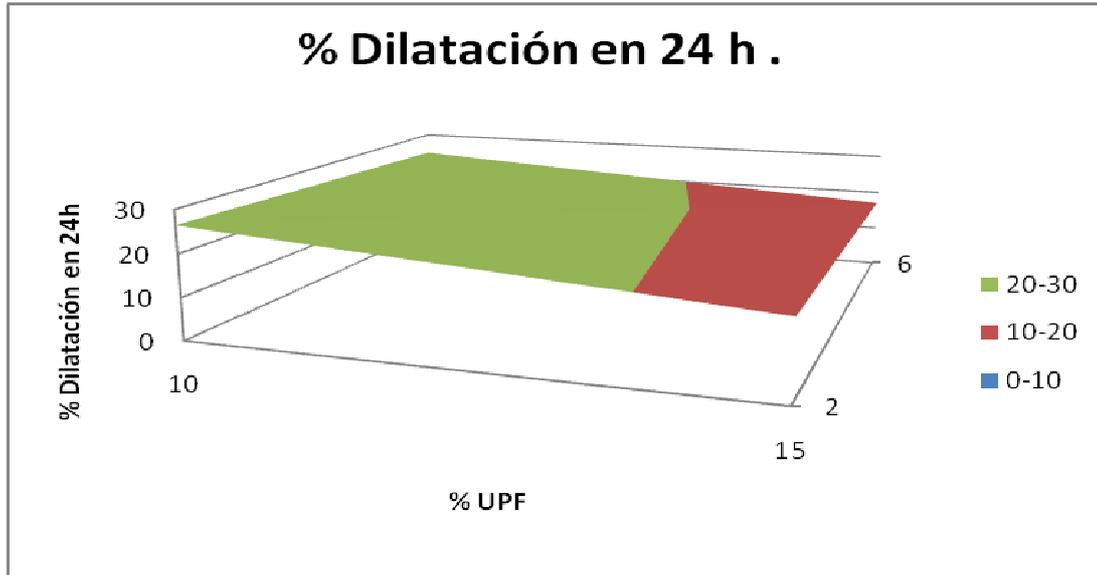
Capítulo 3: *Análisis de los resultados experimentales.*



Gráfica 3.41: Dilatación, desviación estándar y coef de variación vs % de resina para el tiempo fijo.



Capítulo 3: Análisis de los resultados experimentales.



Gráfica 3.42: Superficie de repuesta para la dilatación con un tiempo de 10 minutos.

3.6 Análisis preliminar de las diferencias obtenidas con la utilización de los dos tipos de resinas.

Analizando los resultados obtenidos con ambas resinas, aún cuando los tiempos de prensado no son iguales vemos que para los tableros con acetato de polivinilo que fueron hechos con 10 y 15 % de aglomerante y con 2 y 6 Mp de presión y un tiempo de 15 minutos de manera general se obtienen propiedades peores que las que se obtienen con urea para formaldehído y similares condiciones en cuanto a cantidad de aglomerante y presión pero con un tiempo de 10 minutos, es decir inferior en 5 minutos al que estamos utilizando para establecer la comparación. (ver tabla 11)



Capítulo 3: Análisis de los resultados experimentales.



Tabla 11: Resumen de las propiedades de los tableros ensayados con condiciones similares de cantidad de aglomerante y presión y diferencia en tiempo de 5 minutos.

Tableros	RF (Mpa)	Ef (Mpa)	RT (Mpa)	Densidad (kg/m ³)	Absorción 24 h (%)	Dilatación 24 h (%)
5APV, 15 min, 10%, 2 MPa	14	2503	0.25	510	69	15
6APV, 15 min, 10%, 6 MPa	21	6547	0.21	569	78	16
7APV, 15 min, 15%, 2MPa	15	4307	0.31	529	69	27
8APV, 15 min, 15%, 6MPa	26	4200	0.23	677	28	35
1 UPF, 10 min, 10%, 2MPa	23.2	7528	0.16	649	52	27
2 UPF, 10 min, 10%, 6MPa	40	15221.5	0.44	627	59	25
3 UPF, 10 min, 15%, 2MPa	21.5	7597	0.22	597	51	18
4 UPF, 10 min, 15%, 6MPa	42	14257	0.59	695	52	17

3.7 Comparación entre algunos parámetros de la fibra natural y del tablero obtenido.

A continuación se presentan los resultados de los ensayos que se realizaron a las fibras y se comparan con los resultados obtenidos de este parámetro en los dos tipos de tablero. (ver tabla 12).

	% Absorción 24 horas	Densidad g/cm ³
Fibra	46.07	0.6-0.7
Tableros APV	61-88	0.56-0.677
Tableros UPF	41-65	0.563-0.706

Tabla 12: Densidad y absorción de los tableros y la fibra.

Como se puede apreciar las densidades de los dos tipos de tableros se encuentran en el mismo rango de los valores que se obtienen con la fibra, sin embargo para el caso de la absorción, los dos tipos de tableros tienen mayores absorciones lo que puede estar relacionado con la presencia del aglomerante y la sensibilidad de estos al agua.



Capítulo 3: Análisis de los resultados experimentales.



3.8 Conclusiones parciales del capítulo.

1. En muchos puntos experimentales no existe la cantidad de réplicas necesarias, por esta razón se trabajó con valores medios y solo se analizaron las tendencias de los parámetros en el rango de trabajo definido para cada uno de ellos.
2. Para el caso de tableros aglomerados con acetato de polivinilo:
 - Existen tendencias al incremento de los valores de resistencia a la flexión con el aumento del tiempo, la presión y la cantidad de aglomerante, siendo la presión el parámetro que más incide.
 - Existen tendencias al incremento en la resistencia a tracción perpendicular con el aumento de la presión. Para valores pequeños de presión (2 MPa) aunque se aumente considerablemente el tiempo no se producen incrementos en la resistencia a tracción.
 - Existen tendencias al incremento en el módulo de elasticidad a la flexión con el aumento de la presión y el tiempo, siendo la presión el parámetro de mayor influencia. Este módulo disminuye cuando aumenta significativamente la cantidad de resina en el rango objeto de estudio.
 - Existen tendencias al incremento de la densidad con el incremento de la presión y el tiempo de prensado, siendo la presión el parámetro de más incidencia y la influencia del tiempo puede ser mínima. Con los mayores valores de aglomerante utilizados en este experimento se obtienen mayores valores de densidad.
 - Existen tendencias a la disminución en los valores de la absorción con el aumento de la presión, el tiempo y la cantidad de aglomerante, siendo esta última el parámetro de mayor influencia.
 - Existen tendencias a aumentos de la dilatación con el aumento de la presión y el tiempo. Los mejores resultados se obtienen con menores valores de aglomerante.



Capítulo 3: Análisis de los resultados experimentales.



3. Para los tableros aglomerados con urea para-formaldehído dentro del rango fijado para la experimentación:
 - Existen tendencias al incremento en la resistencia a la flexión, a la tracción, dilatación y la densidad con mayores presiones y cantidad de aglomerante.
 - Existen tendencias a incrementos en el módulo de elasticidad a la flexión con el incremento de la presión y menores cantidades de aglomerante.
 - Existen tendencias a la disminución en los valores de absorción con la disminución de la presión y el aumento de la cantidad de aglomerante.
4. Los tableros aglomerados con urea para formaldehído para condiciones similares presentan mejores resultados de las propiedades en sentido general.
5. Las densidades que se obtienen en los tableros aglomerados con acetato de polivinilo son menores de las que presenta la fibra en estado natural, en el caso de los tableros aglomerados con urea para formaldehído las densidades se comportan dentro del rango de las densidades de la fibra en estado natural.
6. La absorción de los tableros es mayor que la de la fibra en estado natural siendo los tableros aglomerados con urea para formaldehído los que tienen valores más cercanos a los valores de la fibra.



Conclusiones generales.



Conclusiones generales.

1. El proceso de fabricación de los tableros de bambú a partir de esteras, es relativamente sencillo y puede ser atractivo para pequeñas comunidades.
2. Por dificultades con los recursos para realizar los ensayos y con el tiempo, en este trabajo no se llega al número adecuado de muestras en algunos puntos experimentales por esa razón solo se describen las tendencias de los parámetros dentro de los rangos establecidos en el experimento. Para el caso de los tableros aglomerados con acetato de polivinilo se aprecia que:
 - El efecto del incremento de la presión es el más importante en el logro de mejores valores de todos los parámetros excepto la absorción y la dilatación.
 - Se obtienen mejores resultados de densidad con mayores cantidades de aglomerante, por lo que deben buscarse otros puntos superiores en este parámetro, si fuera la densidad el parámetro más importante a lograr.
 - Los valores de absorción y dilatación del tablero aumentan con la cantidad de aglomerante.
 - Los valores de módulo de flexión aumentan con la disminución de la cantidad de aglomerante.
3. Para los tableros aglomerados con urea para formaldehído dentro del rango fijado para la experimentación:
 - Se producen incrementos en la resistencia a la flexión, la resistencia a la tracción perpendicular, la dilatación y la densidad con el aumento de la presión y la cantidad de aglomerante.
 - Se producen incrementos en el módulo de elasticidad a la flexión con el aumento de la presión y la disminución de la cantidad de aglomerante.



Conclusiones generales.

- Se producen disminuciones en los valores de absorción con la disminución de la presión y el aumento de la cantidad de aglomerante.
4. Para condiciones similares de trabajo se aprecian mejores comportamientos en los valores de resistencia a flexión, módulo de flexión, densidad y adsorción en el caso de los tableros aglomerados con urea para formaldehído. En el caso de la resistencia a la tracción perpendicular con presiones en el entorno de 2 Mpa se comportan mejor los tableros de acetato y cuando se incrementan las presiones se comportan mejor los de urea. En la dilatación se aprecian mejores valores en el acetato con pequeñas cantidades, cuando aumenta la cantidad de aglomerante se comporta mejor la urea para formaldehído.



Recomendaciones.



Recomendaciones.

- Incrementar el número de ensayos en todos los puntos experimentales que lo requieran para poder realizar los análisis estadísticos.
- Realizar el experimento inicialmente previsto, es decir un diseño factorial donde se tengan cuatro variables con tres niveles, estas variables serían la presión, la cantidad de resina, el tiempo y la temperatura, donde para el caso de la presión y el tiempo se colocaría un punto intermedio entre 4 y 6 MPa y entre 15 y 30 minutos respectivamente, para la cantidad de resina se colocaría un punto por encima del 15 por ciento, y para el caso de la temperatura se propone fijar un punto en los 110 °C, en los 150°C y el otro en el intermedio de estos valores.
- En próximos trabajos se debe estudiar la incidencia del ancho y el espesor de la fibra que se utiliza como base para hacer las esteras.
- En próximos trabajos se debe realizar un análisis desde el punto de vista económico de la incidencia de los parámetros antes de proponer los parámetros idóneos para la tecnología de producción.
- Estudiar la posibilidad de producir tableros de partículas de bambú con los residuos del proceso.



Referencias bibliográficas.



Referencias bibliográficas.

- [1] Alvear, F. (, 2005 ‘). "Diseñando con Bambú".
- [2] Ana Maria, C. P. B. A., del Corral R Manuel (). "PISOS DE GUADUA: PRODUCTIVIDAD, TECNOLOGÍA Y DESARROLLO, UNA MEZCLA PERFECTA PARA EL DESARROLLO DEL PAÍS ".
- [3] Antonio Ludovico Beraldo Lourdes Abbade Rivero. "Bambú laminado colado (BLC)."
- [4] Antonio, M. A. R. P. y. I. B. (2007). " Bambu de corpo e alma."
- [5] Autores, C. d. (2008.). "Diseño y elaboración de muestras de tableros de esteras de bambú con resina de urea para formaldehído y acetato de polivinilo."
- [6] Chen Xuhe, W. Z., Maxim Lobovikov, Chang Liang y Gao Li del Research Institute of Wood Industry, la INBAR y la Chinese Academy of Forestry,. (2005). " "Preliminary study on the manufacture of bamboo panel components for prefabricated house"."
- [8] CORTÉS, L. F. B. "Consultoría para impartir Curso en Industrialización de Bambú" Proyecto "Mejora de la Competitividad de las PyMEs del sector industrial forestal - COMPYMEFOR"."
- [9] Delgado, E. S. (2006). "Actualidad y futuro de la arquitectura de bambú en Colombia."
- [10] F, A. R. B. (2003). "Revisión de las técnicas de prevención del bambú."
- [11] Ghavami, D. K. (Construcciones con caña de bambú de la especie Guadua: contribución al desarrollo sostenible).
- [12] Guerra, L. J. C. (2000). ": Guía para colecta y determinación de bambúes." 14 p.
- [13] J.E. Austin Associates, A., Virginia Corporación CEA, Bogotá, Colombia Consultor: JORGE EDUARDO SALAMANCA,. (2002). "ESTUDIO DEL MERCADO MUNDIAL DE PISOS DE BAMBÚ."
- [14] Lena Mora, J. F. H. (2008). "OBTENCIÓN DE PARÁMETROS MECÁNICOS PARA EL TABLERO DE BAMBÚ PRENSADO (TBP) ".



Referencias bibliográficas.



- [15] McQuaid, S. B.
- [16] Mirabal, S. A. J. (2008.). "" Estudio de tableros de bambú prensado (TBP)
- [17] R, M. A. P. "PROYECTO BAMBÚ: MANEJO Y PRODUCCIÓN DEL BAMBÚ GIGANTE (DENDROCALAMUS GIGANTEUS) CULTIVADO EN LA UNESP DE BAURU/S.P./BRASIL Y DETERMINACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LISTONES LAMINADOS. ."
- [18] Rodriguez, M. V. (2007). "Tarimas y tableros de bambú."
- [19] Zhang Qisheng. (2005 .). "Industrial utilization on bamboo."



Anexo 1: Informe de ensayo.

 <p>LABORATORIO FÍSICO MECÁNICO GRUPO DE POLÍMEROS</p> 	<p>Código: RC-PNO-21.02 Versión: 1</p> <p>INFORMES DE RESULTADOS</p> <p>Página 96</p>
--	--

Apartado 4026, Habana 4, CP. 11000, Ciudad de la Habana. Cuba
 Tel: (537) 6986501=02, ext.221 - Fax: (537) 698 8243 - E. Mail:
andres.gomez@icidca.edu.cu

INFORME DE ENSAYO

Fecha 9/6/2009

Certificado No.: 493 al 508

Nombre de la muestra: TABLERO DE BAMBÚ HORIZONTAL DE 2 CAPAS. ESPECIE BAMBUSA VULGARIS.

Composición de la muestra: Esteras tejidas de Bambú tipo Manta (BM) aglutinadas con:

Acetato de polivinilo (APV). Tablero APV (8 Tableros)

Urea Para-formaldehído (UPF). Tablero UPF (8 Tableros)

Número de muestras: 16 Tableros con 1200 muestras en Total.

Fecha de recepción
de las muestras: 28/5/2009

Fecha de análisis
de las muestra: 3 al 9/6/2009

Métodos de ensayos solicitados: Densidad, Humedad, Absorción en 2 y 24 horas, Dilatación en 2 y 24 horas, Flexión, Módulo en flexión y Tracción .

Normas utilizadas:
NC EN 323 : 2003

NC EN 322 : 2003

NC EN 317 : 2003

NC EN 310 : 2003

NC EN 319 : 2003

Tableros de partículas y tableros de fibras.

Determinación de densidad

Determinación de humedad

Determinación de la dilatación del espesor después de la inmersión en agua.

Determinación de flexión.

Determinación de la Tracción perpendicular.

Observaciones:



Anexos.



Los resultados se corresponden con experiencias de investigación y desarrollo de estos tableros.

Tablero 1 APV

Mues- tras	Espesor	Densidad	Flexión	E flexión	Tracción	Abs.(%)		Dilat.(%)		Humedad (%)
	mm	kg/m ³	N/mm ²	N/mm ³	N/mm ²	2h	24h	2h	24h	
1	5,8	494	14	5179	0,14	59		2		8
2	5,9	522	18	4092	0,38	50	58	13	17	8
3	5,9	455	7		0,15	68	149	7	12	
4	6,0	530	18	6204	0,32	72	85	11	41	
5	6,6	446	9		0,18	51	53	11	19	8
6	5,9	435	14		0,20	34	97	7	5	9
7	5,6	448	20	4208	0,31					7
8	5,9	532	13							8
9	5,8	646	23	4580						8
10	6,1	553	19							9
Media	6	506	16	4852	0,24	56	88	9	19	8
Min	6	435	7	4092	0,14	34	53	2	5	7
Máx	7	646	23	6204	0,38	72	149	13	41	9
D.S.	0	65	5	866	0,10	14	39	4	14	1

Tablero 2 APV

Mues- tras	Espesor	Densidad	Flexión	E flexión	Tracción	Abs.(%)		Dilat.(%)		Humedad (%)
	mm	kg/m ³	N/mm ²	N/mm ³	N/mm ²	2h	24h	2h	24h	
1	4,7	701	33	6579	0,20	64	67	11	16	7
2	4,7	527	27	7646	0,48	61	77	3	7	5
3	5,0	570	21	7179	0,12	54	77	23	27	5
4	5,2	602	17		0,44	44	66	27	32	7
5	5,0	499	10		0,36	50	85	19	31	5
6	3,3	955	29	6790	0,20	48	74	12	35	5
7	4,7	618	28		0,13	43	58	35	38	4
8	3,8	753	38							6
9	4,1	623	26							6
10	4,4	713		8088						6
Media	4	656	25	7256	0,27	52	72	19	27	6
Min	3	499	10	6579	0,12	43	58	3	7	4
Máx	5	955	38	8088	0,48	64	85	35	38	7



Anexos.



Tablero 3 APV

Muestras	Espesor	Densidad	Flexión	E flexión	Tracción	Abs.(%)		Dilat.(%)		Humedad
	mm	kg/m ³	N/mm ²	N/mm ³	N/mm ²	2h	24h	2h	24h	(%)
1	5,2	654	24	5326	0,12	3	61	26	29	8
2	5,6	547	15	3557	0,18	3	58	7	17	6
3	5,7	595	19	5159	0,11	2	60	20	26	6
4	6,4	467	11		0,18	2	49	11	19	6
5	6,0	569	21		0,13	3	71	27	30	6
6	5,7	611	24	4477	0,23	1	65	13	31	5
7	5,8	638	19		0,08	3	61	21	30	6
8	6,2	528	12							6
9	5,6	667	24							7
10	5,2	598	32	5366						7
Media	6	587	20	4777	0,15	2	61	18	26	6
Min	5	467	11	3557	0,08	1	49	7	17	5
Máx	6	667	32	5366	0,23	3	71	27	31	8
D.S.	0,4	62	6	770	0,05	1	6	8	6	1

Tablero 4 APV

Muestras	Espesor	Densidad	Flexión	E flexión	Tracción	Abs.(%)		Dilat.(%)		Humedad
	mm	kg/m ³	N/mm ²	N/mm ³	N/mm ²	2h	24h	2h	24h	(%)
1	4,9	768	24		0,22	2	73	39	48	7,4
2	5,2	728	28	4850	0,25	1	51	36	44	7,0
3	5,4	619	19	1722	0,10	2	80	25	28	7,4
4	5,3	595	47	4117	0,19	1	69	33	37	8,0
5	5,1	548	18	3451	0,13	2	85	18	42	7,7
6	5,5	604	29	3206	0,11	2	76	25	36	7,9
7	5,5	614	19	2843	0,16	2	68	7	21	8,2
8	5,5	585	20	7669						7,2
9	5,3	724	24	4043						7,6
10	4,8	652		4117						8,4
Media	5	644	25	4002	0,17	2	72	26	37	7,7
Min	5	548	18	1722	0,10	1	51	7	21	7
Máx	6	768	47	7669	0,25	2	85	39	48	8
D.S.	0,3	72	9	1646	0,06	1	11	11	9	0,5



Anexos.



Tablero 5 APV

Muestras	Espesor	Densidad	Flexión	E flexión	Tracción	Abs.(%)		Dilat.(%)		Humedad (%)
	mm	kg/m ³	N/mm ²	N/mm ³	N/mm ²	2h	24h	2h	24h	
1	5,8	557	14	4377	0,32	2	84	12	20	8,5
2	5,5	544	15	3102	0,23	2	64	6	12	9,1
3	5,2	523	15		0,38	0	85	13	21	8,4
4	7,2	385	9	2441	0,17	3	81	4	10	8,9
5	6,3	506	12	2438	0,21	2	77	5	13	9,2
6	6,8	470	9	2221	0,24	3	50	3	12	9,1
7	7,0	508	19	1461	0,19	1	42	3	14	9,1
8	6,8	421	9	1587						9,2
9	6,8	584	17	2924						8,7
10	5,6	603	19	1980						9,0
Media	6	510	14	2503	0,25	1,8	69	7	15	8,9
Min	5	385	9	1461	0,17	0,4	42	3	10	8
Máx	7	603	19	4377	0,38	3,0	85	13	21	9
D.S.	0,7	69	4	890	0,07	0,9	17	4	4	0,3

Tablero 6 APV

Muestras	Espesor	Densidad	Flexión	E flexión	Tracción	Abs.(%)		Dilat.(%)		Humedad (%)
	mm	kg/m ³	N/mm ²	N/mm ³	N/mm ²	2h	24h	2h	24h	
1	5,3	610	23	5987	0,14	1	58	4	13	8,4
2	4,9	624	34	5146	0,19	4	80	5	11	8,9
3	4,8	559	27	9986	0,16	2	76	11	17	9,3
4	5,3	543	16	8626	0,21	3	77	6	17	9,6
5	5,7	487	18	8432	0,46	3	100	9	22	9,3
6	5,8	590	17	2001	0,14	2	82	4	15	9,4
7	5,6	544	11	7381	0,20	2	71	9	13	9,7
8	5,2	529	20	9986						9,1
9	5,2	631	21	4439						9,3
10	5,1	569	20	3490						9,4
Media	5,3	569	21	6547	0,21	2,3	78	6,7	16	9,2
Min	5	487	11	2001	0,14	1	58	4	11	8,4
Máx	6	631	34	9986	0,46	4	100	11	22	9,7
D.S.	0,3	46	6	2768	0,11	0,9	13	2,8	4	0,4



Anexos.



Tablero 7 APV

Mues- tras	Espe- sor	Densidad	Flexión	E flexión	Tracción	Abs.(%)		Dilat.(%)		Humedad
	mm	kg/m ³	N/mm ²	N/mm ³	N/mm ²	2h	24h	2h	24h	(%)
1	5,8	519	15	2408	0,27	2	88	11	17	8,8
2	6,2	546	12	4399	0,40	1	70	11	14	9,2
3	6,0	640	17	6342	0,36	1	68	34	39	9,3
4	6,0	626	19	2016	0,34	2	58	10	15	8,7
5	4,9	449	7	3971	0,28	3	80	17	28	9,3
6	5,7	474	15	3055	0,24	3	78	25	37	9,6
7	5,3	514	13	5392	0,28	4	40	31	39	10,2
8	5,3	474	19	6011						10,2
9	5,6	517	15	3722						9,0
10	5,9	532	18	5750						9,3
Media	5,7	529	15	4307	0,31	2,4	69	20	27	9,4
Min	4,9	449	7	2016	0,24	1,0	40	10	14	8,7
Máx	6,2	640	19	6342	0,40	4,1	88	34	39	10,2
D.S.	0,4	62	4	1535	0,06	1,1	16	10	12	0,5

Tablero 8 APV

Mues- tras	Espe- sor	Densidad	Flexión	E flexión	Tracción	Abs.(%)		Dilat.(%)		Humedad
	mm	kg/m ³	N/mm ²	N/mm ³	N/mm ²	2h	24h	2h	24h	(%)
1	6,3	679	26	5393	0,40	3	32	33	35	8,8
2	6,7	632	21	3030	0,16	1	32	18	22	9,3
3	6,3	633	17	2438	0,23	6	35	22	27	9,9
4	6,3	635	22	4630	0,17	7	46	73	82	9,5
5	6,2	558	15	5499	0,24	3	21	10	17	9,2
6	6,1	612	18	5499	0,22	7	27	18	24	9,5
7	5,5	806	38	4377	0,19	2	4	22	37	9,5
8	5,6	757	39	3406						9,4
9	5,7	713	39	4614						9,5
10	6,1	744	30	3116						9,5
Media	6,1	677	26	4200	0,23	4,0	28	28	35	9,4
Min	5,5	558	15	2438	0,16	1,0	4	10	17	8,8
Máx	6,7	806	39	5499	0,40	7,4	46	73	82	9,9
D.S.	0,4	77	9	1129	0,08	2,5	13	21	22	0,3



Anexos.



Tablero 1 UPF

Muestras	Espesor	Densidad	Flexión	E flexión	Tracción	Abs.(%)		Dilat.(%)		Humedad
	mm	kg/m ³	N/mm ²	N/mm ³	N/mm ²	2h	24h	2h	24h	(%)
1	6,4	572		4342	0,13	35	51	18,2	17,9	4,3
2	5,6	496			0,10	34	58	13,2	13,1	7,6
3	6,4	458		4566	0,11	31		19,4		7,9
4	5,4	678	19	4099	0,18	51		13,3		
5	5,5	687	31	7927	0,15	30	50	7,6	12,9	7,5
6	6,3	512	14		0,12	48		4,1		
7	5,9	500	13	2777	0,08	36		3,2		9,0
8	5,4	627	24							8,0
9	5,7	633	13							8,7
10	5,3	609	21							8,9
Media	5,8	577	19	4742	0,12	38	53	11,3	15	7,7
Min	5,3	458	13	2777	0,08	30	50	3,2	13	4,3
Máx	6,4	687	31	7927	0,18	51	58	19,4	18	9,0
D.S.	0,4	81	7	1911	0,03	8	4	6,5	3	1,5

Tablero 2 UPF

Muestras	Espesor	Densidad	Flexión	E flexión	Tracción	Abs.(%)		Dilat.(%)		Humedad
	mm	kg/m ³	N/mm ²	N/mm ³	N/mm ²	2h	24h	2h	24h	(%)
1	5,4	737	43	12754	0,41	43,4	69	22,5	40	6,6
2	4,9	586	33		0,45	42,7	70	29,3		7,1
3	5,5	587	45	11558	0,51	51,1	60	21,5	26	6,9
4	4,2	707	92	23119	0,64	38,5	66	14,7	35	6,7
5	5,5	625	31		0,45	49,0	73	9,3	14	7,3
6	5,3	543	35	14204	0,23	37,7	61	9,7	13	7,6
7	5,1	661	68	13722	0,35	34,8	56	12,7	21	6,8
8	5,5	512	16							7,5
9	4,5	690	43							7,2
10	4,8	647	60	45148						8,0
Media	5	630	47	20084	0,43	42,5	65	17,1	25	7,2
Min	4	512	16	11558	0,23	34,8	56	9,3	13	6,6
Máx	6	737	92	45148	0,64	51,1	73	29,3	40	8,0
D.S.	0	73	22	12953	0,13	6,0	6	7,5	11	0,4



Anexos.



Tablero 3 UPF

Mues- tras	Espesor	Densidad	Flexión	E flexión	Tracción	Abs.(%)		Dilat.(%)		Humedad
	mm	kg/m ³	N/mm ²	N/mm ³	N/mm ²	2h	24h	2h	24h	(%)
1	6,7	539	12	4914	0,24	39,9		21,4		7,4
2	5,9	591	18	6848	0,24	33,6	54	13,6	18	6,5
3	5,9	672	26	7520	0,22	35,5	51	13,6	24	7,6
4	6,5	500		4504	0,39	39,8	65	13,1	29	6,8
5	6,4	652	28	5850	0,20	36,9	60	9,1	27	6,4
6	6,0	642	33	6798	0,48	41,3	63	17,2	31	6,8
7	6,5	561	13	9304	0,25	40,4	65	18,6	28	7,3
8	5,2	656	27	8676						7,0
9	6,6	547	11	3444						7,6
10	5,6	647	24	7840						7,2
Media	6,1	601	21	6570	0,29	38,2	60	15,2	26	7,1
Min	5,2	500	11	3444	0,20	33,6	51	9,1	18	6,4
Máx	6,7	672	33	9304	0,48	41,3	65	21,4	31	7,6
D.S.	0,5	61	8	1881	0,10	2,9	6	4,1	5	0,4

Tablero 4 UPF

Mues- tras	Espesor	Densidad	Flexión	E flexión	Tracción	Abs.(%)		Dilat.(%)		Humedad
	mm	kg/m ³	N/mm ²	N/mm ³	N/mm ²	2h	24h	2h	24h	(%)
1	5,2	638	28	12824	0,56	27,0	51	8,9	25	6,6
2	4,8	864	45	11574	0,48	23,8	48	12,1	30	6,1
3	4,7	768	60	16031	0,63	22,5	50	15,8	16	6,8
4	5,0	772	23	6945	0,50	23,6	55	18,2		6,5
5	5,3	574	48	8726	0,44	32,3	59	4,5		6,6
6	5,1	716	28	9033	0,48	21,5	47	3,8	8	6,3
7	5,1	683	22	8577	0,51	25,1	52	4,3	8	6,0
8	4,7	742	50	24046						6,0
9	4,9	728	54	11429						5,8
10	5,2	571		12993						7,5
Media	5,0	706	40	12218	0,51	25,1	52	9,7	18	6,4
Min	4,7	571	22	6945	0,44	21,5	47	3,8	8	5,8
Máx	5,3	864	60	24046	0,63	32,3	59	18,2	30	7,5
D.S.	0,2	92	15	4942	0,06	3,6	4	5,9	10	0,5



Anexos.



Tablero 5 UPF

Muestras	Espesor	Densidad	Flexión	E flexión	Tracción	Abs.(%)		Dilat.(%)		Humedad
	mm	kg/m ³	N/mm ²	N/mm ³	N/mm ²	2h	24h	2h	24h	(%)
1	5,6	671	21	6995	0,25	30		12		6,4
2	5,8	601	18	12664	0,11	37		12		7,7
3	5,9	487			0,12	35		30		7,6
4	4,8	543	19		0,11	39		13		5,6
5	4,2	681	30	15270	0,20	31		13		7,1
6	4,6	684	33		0,31	32		26		7,5
7	4,6	713	44	13078	0,20	18	51	31	38	6,9
8	4,6	571	26							6,8
9	4,8	649	30	4998						7,1
10	5,7	599	15	8878						7,5
Media	5,0	620	26	10314	0,19	32	51	20	38	7,0
Min	4,2	487	15	4998	0,11	18	51	12	38	5,6
Máx	5,9	713	44	15270	0,31	39	51	31	38	7,7
D.S.	0,6	72	9	3976	0,08	7 #iDIV/0!		9 #iDIV/0!		0,6

Tablero 6 UPF

Muestras	Espesor	Densidad	Flexión	E flexión	Tracción	Abs.(%)		Dilat.(%)		Humedad
	mm	kg/m ³	N/mm ²	N/mm ³	N/mm ²	2h	24h	2h	24h	(%)
1	4,9	654	29	9867	0,29	26	50	10,8	18	6,6
2	4,7	606	17		0,36	43	71	13,7	16	6,2
3	5,2	609	31	8981	0,52	37	65	10,2		6,5
4	5,0	724	34	10610	0,56	21	43	9,0	24	6,7
5	4,2	804	37		0,20	27	47	6,0		6,4
6	4,4	816	62	9355	0,64	24	45	18,6	26	6,0
7	4,4	770	45		0,50	20	50	32,6	34	6,5
8	4,6	613	19							6,7
9	5,0	494	18							7,0
10	5,1	677	26	11983						6,8
Media	4,8	677	32	10159	0,44	28	53	14,4	24	6,6
Min	4,2	494	17	8981	0,20	20	43	6,0	16	6,0
Máx	5,2	816	62	11983	0,64	43	71	32,6	34	7,0
D.S.	0,4	102	14	1189	0,16	9	11	8,9	7	0,3



Anexos.



Tablero 7 UPF

Muestras	Espesor	Densidad	Flexión	E flexión	Tracción	Abs.(%)		Dilat.(%)		Humedad
	mm	kg/m ³	N/mm ²	N/mm ³	N/mm ²	2h	24h	2h	24h	(%)
1	6,1	451	16	6632	0,29	15	41	3,6	12,7	7,3
2	7,6	572	13		0,09	20	46	7,5	7,5	7,0
3	7,4	553	20	6471	0,10	20	20	10,5		6,8
4	7,5	550	13	5732	0,17	25		11,0		6,8
5	7,4	541	14	5405	0,15	29	52	8,2	8,8	6,8
6	6,0	630	49	11852	0,10	18	41	4,6	8,9	6,7
7	6,2	601	29	11616	0,06	24	49	5,6	9,6	6,5
8	6,2	543								6,0
9	6,4	568	13	9843						7,1
10	6,2	621	30	11443						8,5
Media	6,7	563	22	8624	0,14	22	41	7,3	9,5	6,9
Min	6,0	451	13	5405	0,06	15	20	3,6	7,5	6,0
Máx	7,6	630	49	11852	0,29	29	52	11,0	12,7	8,5
D.S.	0,7	51	12	2832	0,08	5	11	2,9	1,9	0,6

Tablero 8 UPF

Muestras	Espesor	Densidad	Flexión	E flexión	Tracción	Abs.(%)		Dilat.(%)		Humedad
	mm	kg/m ³	N/mm ²	N/mm ³	N/mm ²	2h	24h	2h	24h	(%)
1	4,6	844	69	12741	0,39	9	42,9	4,5	25	7,1
2	4,9	706	42	19972	0,76	22	50,5	3,4	8	6,9
3	5,1	680	31		0,82	19	49,7	5,8	9	6,8
4	5,5	534	19	16864	0,91	29	58,1	5,8	16	6,6
5	5,4	544	15		0,74	31	62,7	11,6		7,0
6	5,0	600	22		0,64	23	51,6	8,2	25	7,2
7	4,5	747	38	15700	0,43	23	50,6	4,7	15	7,6
8	4,4	700	79	19504						7,3
9	3,9	805	85							6,8
10	4,7	675	45	12993						7,6
Media	4,8	684	44	16296	0,67	22	52	6,3	16	7,1
Min	3,9	534	15	12741	0,39	9	43	3,4	8	6,6
Máx	5,5	844	85	19972	0,91	31	63	11,6	25	7,6
D.S.	0,5	102	25	3099	0,19	7	6	2,8	7	0,3

Resumen de propiedades PROMEDIO de los Tableros APV

Tablero No.	RF MPa	Ef MPa	RT MPa	Densidad kg/m ³	Humedad %	Absorción en agua (%)		Dilatación en agua (%)	
						2 h	24 h	2 h	24 h
1	16	4852	0,24	506	8	56	88	9	19
2	25	7256	0,27	656	6	52	72	19	27
3	20	4777	0,15	597	6	2	61	18	26
4	25	4002	0,17	674	8	2	72	26	37
5	14	2503	0,25	510	9	2	69	7	15
6	21	6547	0,21	569	9	2	78	7	16
7	15	4307	0,31	529	9	2	69	20	27
8	26	4200	0,23	677	9	4	28	28	35



Anexos.



Resumen de propiedades PROMEDIO de los Tableros UPF

Tablero No.	RF MPa	Ef Mpa	RT Mpa	Densidad kg/m ³	Humedad %	Absorción en agua (%)			Dilatación en agua (%)	
						2 h	24 h	53	2 h	24 h
1	19	4742	0,12	677	8	38	53	11	15	
2	47	20284	0,43	577	7	42	65	17	25	
3	21	6570	0,29	630	7	38	60	15	26	
4	40	12218	0,51	706	6	25	52	10	18	
5	26	10314	0,19	620	7	32	51	20	38	
6	32	10159	0,44	677	7	28	53	14	24	
7	22	8624	0,14	563	7	22	41	7	10	
8	44	16296	0,67	684	7	22	52	6	16	

Tabla de Referencias de la Literatura

Material	Densidad Dilatación 24 h. (g/cm ³) (%)	Humedad (%)	RF MPa	RT(II) MPa	E _F MPa	RT	Cohesión MPa
BMB-PF NR	790	12	60	30	5700		NR
BMB-PLF NR	720	8 – 10	94	105	6500		NR
BMB-PLF NR	868	4	51	26	NR		NR
Tab.-P4* 19	NR	NR	16	NR	2200		0.45

*Tab.-P4 Especificaciones para tableros de partículas de utilización en ambientes secos.



Anexos.



Realizado por el Laboratorio de Ensayos Físico Mecánicos del Departamento de Polímeros del ICIDCA.

Técnicos: Téc. María Elena Rodríguez Dorrego

Firma:

Téc. Pablo Sosa Pérez

Firma:

Asesor Técnico: Lic Andrés Gómez Estévez J'LAFIM

Firma:

Visto Bueno: MSc. Adolfo Brown Gómez
Jefe Departamento Polímeros

Firma:

ICIDCA / Junio /2009