

20
2ej



Universidad Nacional Autónoma de México

FACULTAD DE QUIMICA

**Determinación de las condiciones mas
adecuadas de blanqueo para los documentos
antiguos mediante la técnica del
peróxido de hidrógeno**

T E S I S
Que para Obtener el Titulo de
INGENIERO QUIMICO
P r e s e n t a
Juan Manuel Castañeda Mares



**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**
México, D. F.

1998



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

	INDICE	Pag.
Capítulo I	INTRODUCCION Y OBJETIVOS	1
Capítulo II	HISTORIA DEL PAPEL. Historia del papel en el mundo. Historia del papel en México	3
Capítulo III	MANUFACTURA DEL PAPEL. Manufactura del papel antiguo ...Características del papel. ...Identificación del papel antiguo. Manufactura del papel en la actualidad. ...Clasificación del papel. ...Identificación del papel.	10
Capítulo IV	CONSERVACION Y RESTAURACION DE DOCUMENTOS. Daños causados a los documentos ...Físicos, químicos y biológicos. Técnicas de restauración. ...Injerto, blanqueo, consolidación y deacidificación. Técnicas de blanqueo para el papel. ...Hipoclorito de sodio, peróxidos, ozono etc.	16

Capítulo V	MATERIALES Y METODOS Blanqueo con peróxido. Preparación de las hojas. Materiales empleados. ...Reactivos y soluciones Desarrollo experimental. Conocimientos básicos de las propiedades evaluadas. ...Densidad óptica, pH, resistencia a la tensión, relación peso-área, peso molecular, inestabilidad del blanqueo.	29
Capítulo VI	RESULTADOS Densidad óptica. pH Resistencia a la tensión. Peso molecular. Reconversión del color	43
Capítulo VII	ANÁLISIS DE RESULTADOS. Densidad óptica. pH Resistencia a la tensión. Peso molecular. Inestabilidad del blanqueo.	54
Capítulo VIII	CONCLUSIONES.	92
Capítulo IX	BIBLIOGRAFÍA.	99

CAPITULO I

INTRODUCCION Y OBJETIVOS.

La restauración de los documentos antiguos, los libros, códices, tratados, mapas, cartas, litografías, dibujos y manuscritos elaborados sobre papel, que poseen una importancia reelevante tanto histórica como cultural, pueden presentar diferentes deterioros con el transcurrir del tiempo y mostrar una disminución de su apariencia visual y estética, que pueden causar problemas de apreciación al estudiar el documento, es por causa de estas características indeseables, que se somete o no, a restauración.

Diferentes métodos han sido empleados para conseguir una mejora tanto en el aspecto estético como de preservación del documento, dentro de estos métodos destacan las técnicas de blanqueo, que proporcionan una decoloración de los compuestos coloridos que acompañan a la celulosa presente en el papel; para llevar a cabo el blanqueo, existen diferentes agentes químicos, capaces de reaccionar con estas impurezas, las cuales están formando parte en el documento, los compuestos generalmente usados para este fin son: Hipoclorito de sodio o calcio, peróxido de hidrógeno, ozono, así como luz solar y la cloramina T, como los métodos más usados en el blanqueo de la celulosa del papel.

Tales técnicas son empleadas en algunos laboratorios de restauración con un objetivo estético, sin tomar en cuenta la magnitud del daño, que se le pueda causar a la celulosa, durante, o después del blanqueo.

La presente tesis, tiene como principal objetivo, el proporcionar un panorama accesible para visualizar la condición de blanqueo más apropiada, que pueda ser determinada por el restaurador, de acuerdo a las características presentes en el documento, a fin de provocar el menor daño posible y obtener un aspecto favorable y legible de estos. Con este fin se procedió a controlar las 3 principales variables de la técnica: Temperatura, concentración, y tiempo de inmersión del papel en la disolución blanqueadora. Para este estudio se trabajó conjuntamente con el Centro de Estudios Sobre la Universidad (C.E.S.U.) y la Facultad de Química de la U.N.A.M. Con la finalidad de llevar a cabo un estudio de las propiedades principales que en un documento antiguo, elaborado sobre papel, se ven modificadas por el blanqueo y cuantificarlas, se emplearon 9 hojas de papel tamaño carta en blanco membretadas en la parte superior, que corresponden a las postrimerias del siglo XVIII e inicio del XIX. Las propiedades que se evaluaron son: en el original (papel sin tratar); densidad óptica, pH, peso molecular, resistencia a la tensión,

relación peso área. Tratado (papel blanqueado); densidad óptica, pH, resistencia a la tensión, peso molecular, relación peso área. Consolidado (papel blanqueado y consolidado); densidad óptica, resistencia a la tensión y pH.

Posteriormente se colocaron tiras de papel previamente tratado y evaluado en envejecimiento térmico con la finalidad de cuantificar la recuperación del color (inestabilidad del blanqueo) por amarillamiento de la hoja de papel, causado en un documento con el tiempo, después de su tratamiento de blanqueo.

CAPITULO II

HISTORIA DEL PAPEL.

El hombre desde su origen como ser pensante, se vió en la necesidad de consignar y retener experiencias, pensamientos y acontecimientos importantes en su vida. Al hombre que vivía en contacto con la naturaleza no le faltaba ingenio, debido a que se vió en la necesidad de hacer uso de acantilados, rocas, cuevas, para perpetuar de diversas formas, magníficas pinturas rupestres y relieves. Utilizó además el grabado de diversos materiales tales como tallos, y hojas de árboles, conchas, huesos, tablillas de bambú, barro y madera. [5-14]

Historia del papel en el mundo.

El papel, desde su invención, ha significado para el ser humano una herramienta importantísima para el desarrollo intelectual y material de una cultura. El papel tal y como se conoce en la actualidad deriva su nombre del papiro, sin que se le pueda considerar tecnológicamente su precursor. El papiro fue elaborado por los egipcios desde el año 3500 a.c. Para su elaboración utilizaban la planta llamada *Cyperus papyrus* de la familia de las ciperáceas, planta similar a un junco que abundaba a lo largo de las márgenes del río Nilo. Según Plinio el viejo (2379 d.C.), de la parte inferior del tallo triangular, previamente eliminada la cutícula, cortaban delgadas tiras del mayor ancho y largo posible, siendo la médula de la planta la que contenía las fibras más valiosas. Esas tiras *philyrae*, eran colocadas paralelamente sobre una tabla, y sobre aquellas se ponían otras más cortas transversales. Las dos capas, entretrejidas formaban las hojas, que luego de ser sumergidas en el Nilo, se sujetaban a presión durante algunas horas, después de lo cual eran batidas. La savia que brotaba servía de adhesivo. Finalmente se les secaba al sol, las asperezas se eliminaban puliendo las superficies con marfil, una concha o piedra lisa.

Egipto abasteció de papiro al extenso Imperio Romano y a regiones tan apartadas como el Turquestán Oriental y el Sudán, también ciertas partes del Continente Europeo, hasta principios de la era medieval. El tamaño en el que se elaboraban las hojas de papiro no excedieron de 25 cm. de ancho por escasos 50 cm de largo de modo que para obtener rollos de grandes dimensiones era necesario unir varias hojas, pegándolas sobre una tabla.

Según Plinio la escasez periódica del papiro, condujo en el siglo 11 a.C. al uso del pergamino, pero es posible que haya sido antes. De animales, generalmente pieles de cordero, cabra, o vaca, preparadas especialmente para recibir la escritura por ambas partes, prepararon las pieles secas que frotaron con greda, a fin de inpartir una superficie adecuada para la escritura. Con el tiempo el pergamino se convirtió en el gran competidor del papiro, debido a que era más sólido y no necesitaba tantas precauciones para su manejo y además permitía el raspado de los errores o del texto íntegro. El nuevo material obtuvo su nombre de Pérgamo, antigua ciudad griega del Asia Menor, cuya biblioteca contenía unos 200,000 volúmenes.

La historia refiere que para las santas escrituras, los persas emplearon 1200 pieles y aún en egipto cuna del papiro, se utilizaba el pergamino preparado con pieles de antílope.

En china, hacia el año 105 d.C., el papel se comenzó a elaborar con la corteza del árbol de la morera, tal descubrimiento consistió en el empleo de materiales fibrosos, tales como el lino, el bambú la corteza liberiana de algunos arbustos, y otros, que reducidos a pulpa, podían ser ventajosamente utilizados para elaborar papel. Para tal efecto y para suavizar las fibras, las colocaban en agua durante dos semanas, para después separar los manojos de fibras, mediante un machacamiento de estas en un mortero de piedra. El proceso de recombinar las fibrillas para formar la hoja, es esencialmente el mismo que aún se practica en la manufactura del llamado papel "hecho a mano", en el que las fibras son cortadas y machacadas hasta formar una pulpa, se mantiene en suspensión acuosa, la cual se introduce en un marco provisto de un tejido de bambú o de algún otro material, que permita el drenaje del agua, y da forma a la hoja, deteniendo las fibras de celulosa. La hoja así formada se secaba al sol. o en hornos rudimentarios. Finalmente, se bañaban con una disolución de cola extraída del pescado, y se pulía con piedras lisas. Este proceso se mantuvo sin alteraciones sustanciales hasta el siglo VI de nuestra era. [5]

El secreto sobre la manufactura del papel fue divulgado por unos prisioneros chinos en la ciudad de Samarkanda, en Asia, en el año 751 d.C., cuando esta fue tomada por los árabes. Estos se encargaron de divulgar el proceso por todo su imperio, que se extendía desde el Asia Central hasta España, cruzando todo el mar Mediterráneo siguiendo principalmente dos caminos, uno por Marruecos al sur de España; el otro desde Egipto a Sicilia, pero no fue hasta el año de 1150, cuando el papel se fabricó por primera vez en Europa en la provincia de Jativa España. [5-14]

A Italia llega el papel aproximadamente en el año de 1276, a Montefañio. El primer molino se instaló en Alemania en 1336; en Francia en 1350, y al finalizar el siglo XIV, la industria ya se había cimentado firmemente en gran parte de Europa, extendiéndose gradualmente hacia el norte del continente, localizándose en 1576 en Moscú y en 1698 en Ozió.

Durante la edad media, el arte de la elaboración del papel tuvo un lento desarrollo lográndose mejoras en el orden técnico al emplear soluciones alcalinas que contenían carbonato de sodio, óxido de calcio e hidróxido de sodio para tratar los trapos y remover contaminantes grasos y colores.

Con la invención de la imprenta por Gutemberg en Maguncia en 1436, comienza el desplazamiento del pergamino por el papel. De 200 ejemplares de la Biblia de Gutemberg, 35 se imprimieron en pergamino y el resto en dos tipos de calidad de papel. Son muchas las obras que hasta el año de 1500 se imprimieron en papel; las más famosas obras de la literatura mundial, como la Divina Comedia de Dante, el Decamerón de Boccaccio, las de Livio, Virgilio, Ovidio, Aristoteles entre otras, en tiros de 100 y 200 ejemplares. Con la invención del tipo movable y para satisfacer las necesidades culturales y espirituales, el uso del papel tuvo nueva oportunidad para extenderse, de modo que en Europa se instalaron cientos de molinos que sólo con dificultad pudieron abastecer de tan indispensable material para la difusión de la cultura.

Con la guerra de los 30 años, (1618-1648) se interrumpió el desarrollo para la producción del papel y no fue hasta que se inicia el mercantilismo cuando vuelve a tomar auge. Al finalizar el siglo XVIII se producen profundos cambios. Las ciencias naturales aplicadas a los inventos técnicos, entre los cuales podemos mencionar la máquina de vapor, desplazan al idealismo que apenas había comenzado a florecer, y se inicia la era de la técnica que importaría nuevos impulsos al desarrollo económico. Es la revolución francesa la que origina la necesidad de buscar nuevos sistemas y métodos para aumentar la producción de papel, a fin de satisfacer su demanda creciente.

En el año de 1799 el mecánico Louis Robert obtiene una patente por una máquina para elaborar el papel, que el inglés Donkin utiliza para la construcción de la primera, capaz de fabricarlo en forma continua y que los hermanos Fourdrinier ponen en operación en 1804 en el poblado de Hertfordshire siendo esta el prototipo de las que hoy llevan su nombre.

La necesidad para producir papel en mayores cantidades, colocó a la industria ante el serio problema de obtener materia prima, ya que hasta entonces solo se empleaban

desperdicios textiles y trapos los cuales no eran los suficientes para cubrir las necesidades para producir papel.

Alrededor de 1800 Matthias Loops logró elaborar pulpa partiendo de la paja, cuyo contenido de lignina es de un 16%, por medio de cocción en disoluciones con cal. El tejedor Keller de Sajonia, al observar como las avispar formaban un panal con madera que molían entre sus maxilares, concibe la idea en 1844 de producir un nuevo material derivado de la desfibración mecánica de la madera en el molino ideado por él, pero por falta de medios económicos, no pudo aprovechar este magnífico invento, correspondiéndole al constructor de máquinas Volter, el haber desarrollado la posibilidad que se le presentó, de introducir la madera como nueva materia prima, pero aun así la celulosa obtenida continuaba sin impartirle por sí sola, la resistencia necesaria al papel y se requirió de varias décadas más para lograrlo. [5]

Años más tarde en 1851 Burges y Watt desarrollaron mediante procesos químicos, la obtención de la celulosa separando de los componentes incrustantes, como la lignina, de la cual en la madera esta presente de un 20 a un 30%, el proceso es conocido como "a la sosa" para obtener papel, 23 años después el químico alemán Alejandro Mitscherlich desarrolla la producción de celulosa mediante el proceso llamado "sosa al sulfito (ácido)". También su compatriota C.F. Dahl, de Danzig, Alemania recibe en 1884 una patente por el proceso al "sulfato (alcalino)", comunmente conocido por el proceso "kraft", que proporciona una fibra muy resistente cuya característica es impartida al papel. Estos tres procesos básicos colocan a la industria papelera en posibilidad de extenderse, puesto que ya se contaba con vastas fuentes de abastecimiento de materia prima, como lo son los bosques que son un recurso, en ocasiones, renovable. Las fibras textiles que conservaron relativa importancia en la elaboración de papeles finos, se vieron relegadas por las de fibras de madera casi en su totalidad. [5-14]

Historia en México.

En México, el papel se empleó extensamente por nuestros antepasados indígenas, en muchas de las ceremonias de carácter religioso y ritual, así como en la confección de códices, manuscritos y libros en los que por medio de la escritura pictográfica, ideográfica, fonética o de formas combinadas de las anteriores, registraban los acontecimientos cronológicos, astrológicos, astronómicos, religiosos, genealógicos, fiscales y de todo aquello de importancia histórica. [13-14]

Se desconoce cuando los mayas principiaron a elaborar el papel al que lo nombraban "huun" y muy poco se sabe acerca de la fecha en que este material, "amatl" para los aztecas y "ziranda" para los tarascos, comenzó a usarse entre los pueblos que habitaron la parte meridional de México. Los toltecas lo conocían desde tiempos muy remotos, pues en su mitología, ya se encontraba un equivalente en significado a papel. [5-14]

Más se podría conocer tanto de la historia como de su arte y oficios si se conservaran los documentos que fueron pintados sobre papel hecho de la corteza del amate, o también sobre de la fibra del maguey y otras veces sobre las pieles, principalmente del venado, ya que los antiguos libros son de vital importancia para el estudio del pasado indígena, quienes guardaban tales documentos en las llamadas Amoxcalli o Amoxpialoyan del mundo náhuatl que eran las casas de libros de Tenochtitlán y Tlatelolco, que desaparecieron violentamente bajo el fuego y la acción de los españoles durante el asedio a Tenochtitlán, además de que los aliados de los conquistadores, los Tlaxcaltecas, al ocupar Tezcoco (Texcoco) destruyeron la biblioteca de aquella monarquía y los indígenas quienes escondieron estos documentos para que no se los quitaran los españoles, y por que los religiosos en época de fray Juan de Zumárraga, los quemaron por tener figuras y caracteres que representaban animales racionales e irracionales, hierbas, árboles, piedras, montes, aguas, sierras, y otras cosas que entendieron que era superstición idolátrica. Personas como fray Diego de Landa, obispo de Yucatán, quien en célebre auto de fé ordenó quemar 27 libros o códices mayas escritos sobre piel de venado y de varios miles de objetos de la antigua cultura maya, de tal forma que en la actualidad solo se tienen 21 códices de la antigua etapa de la cultura indígena, varios de ellos, los más antiguos se encuentran lamentablemente fuera de México.

Según la matricula de tributos del código Mendocino, anualmente entregaban a moctezuma II (Xocoyotzin) 480,000 hojas de papel parte en atados y parte en rollos, que se elaboraban en Amacoztitlan (hoy Amacuzac), lugar donde se elabora o lugar donde abundan los amates amarillos, y en Itzamatitlan, lugar donde se produce papel de amate que tiene las hojas en forma de navajas. Pero la manufactura no se concretaba a esos dos lugares, gracias a la utilización de prefijos, sufijos y a la costumbre de poner a muchos sitios nombres botanogeográficos, se permitió localizar lugares en donde se elaboraba el papel tales como: "Amatitan", "Amatitlan" y "Amayuca" (donde se hace el papel); "Amazonco", (lugar de fibras de papel); "Amecameca", (lugar donde visten túnicas de papel). En el área maya, tenemos "Yoksachuun" (sobre el papel blanco) y "Excachache", que significa donde alisan los bragueros blancos, en Yucatán el uso del papel debe atribuirse a culturas antiquísimas.

Cronistas como Landa, Motolinia, Boturini, López de Gómara, Francisco Hernández y Pedro Martir relatan que para la elaboración del papel, los mayas y los mexicanos utilizaban diversas fibras como: ciertas cortezas delgadas, que se crían debajo de la corteza superior de las raíces de árboles que se llaman "amatl"; así como del amaquahuit que es el árbol de papel; del metl (maguey); de la palma y finalmente hacían uso del llamado "de gusano" que es el tejido que forma la "eucheria socialis" para elaborar su capullo, especialmente en el mudroño (*urbustus julepensis*). [5]

Daban a sus hojas un cierto acabado que consistía en alisar la superficie mediante un artefacto de barro o de piedra, similar a una plancha, o bien aplicar una delgada capa de mineral, a la que Landa se refiere como lustre blanco y que Pedro Mártir de Anglería como un botún o unto que podría haber sido yeso o alguna cosa parecida, con la finalidad de hacerlos adecuados para recibir escrituras o dibujos. Según la relación de Tepuztlan, 1580 añadían a las fibras un aderezo que preparaban del amatzauhtli (amatl - papel, tzahtli o tzacutli - gluten) o sea del *Epidendrum pastoris* (orchidaceae), respecto al tzahtli Hernández dice que su raíz es húmeda y glutinosa se preparaba con ella un gluten excelente, que cortado en trozos, secado al sol y molido, sirve para preparar un mucilago que usaban los pintores para adherir más firmemente los colores. [5]

La conquista hispánica en América trajo a estos pueblos los adelantos peninsulares y entre otras cosas el inapreciable de la imprenta, México el primero de disfrutar de este beneficio en el año de 1539, estableció la primera en América. A tal fin, las importaciones de papel se hicieron de rigor, quedando la manufactura de papel indígena relegada a los pequeños poblados. [5-6]

El primer molino de papel en la Nueva España, se instaló en 1580 en Culhuacán que nunca funcionó por que en este protectorado Español no existía el cultivo del lino, que era el material básico para la elaboración del papel. Además de que España no permitía el desarrollo industrial de sus colonias. Bajo estas circunstancias, no se aprovechó la posibilidad que ofrecía el papel mexicano, de manera que la mayoría del papel provenía de la Península Ibérica y de los Países Bajos, por lo que la administración colonial continuó viviendo una crónica escasez de papel al no alcanzar a cubrir las necesidades de la Nueva España. [14]

En 1640 se establece el uso del "papel sellado" un papel aprobado por el gobierno de la Nueva España, sin el cual no podía realizarse ninguna escritura, ni instrumento público, por lo que se prohibía a toda persona hacer o vender cualquier tipo de papel, sin tener licencia para ello. [20]

Todo esto hizo resentir la economía del país y el costo del producto aumentó, provocándose una crisis papelerera que terminó por ocasionar el saqueo de las bibliotecas, con el fin de obtener y distribuir este papel a las tiendas, panaderías, coheteros, etc., que tanta falta les hacía. Por eso entonces el material usado para la fabricación del papel fue los desperdicios de trapos, pero alrededor del siglo XVIII se produce una escasez de éstos, haciendo que la atención se dedique a nuevos ensayos para producir el papel del tronco de los árboles. [16-20]

En la Nueva España se comienza a elaborar papel en forma permanente en 1740, sin lograr la autosuficiencia. En los inicios del siglo XVIII empezó a usarse la pila holandesa para poder desmenuzar las fibras de trapos, sustituyendo al molino de mazos. Con la independencia, no más papel llegó de España, e Inglaterra paró temporalmente el suministro de laca. En 1822 en Puebla es colocada una fábrica de papel, y dos años más tarde con equipo de los E.U. José Manuel Zozaya y Bermúdez Brought, establecen otra fábrica en las afueras de la ciudad de México. Con la independencia fue más fácil importar maquinaria de impresión. [16]

A principios del siglo XIX la manufactura del papel se empieza a mecanizar, y se sustituye la pasta de trazo por la de madera desfibrada y surgen diferentes métodos para separar a la celulosa de sus impurezas. Esta separación se logró a mitad del siglo XIX en Europa desintegrando la madera con disolución de bisulfito de calcio, bajo presión de vapor, a la que se llamó lejiado al sulfito. Posteriormente se obtuvo la celulosa proveniente de la paja y de madera sobre base alcalina con sosa, en Francia de estos dos sistemas resultó más tarde el procedimiento al sulfato, cuyas técnicas serían posteriormente introducidas a México para la producción del papel. [20]

CAPITULO III

MANUFACTURA DEL PAPEL.

Debido a las características propias que le imparte, tanto el tipo de materia prima, como la forma de obtención de la pasta celulósica, con la cual son formados los documentos, así como por los diversos adelantos con que se cuenta en la actualidad, para elaborar una gran variedad de papeles, con una extensa cantidad de compuestos, se ha procedido a separar en dos tipos, con base en la elaboración de la pasta celulósica, en antiguos a los documentos de manufactura rústica elaborados en años anteriores al presente siglo y actuales a los elaborados por procesos mecánicos, fabricados desde las postrimerias del siglo XIX hasta nuestros días, en relación a que éstos últimos fueron obtenidos por procesos químicos más complejos, de forma continua y con una gran cantidad de materiales adicionales.

MANUFACTURA DEL PAPEL ANTIGUO.

Nuestros antepasados indígenas conocían ya algunos procedimientos rudimentarios para la elaboración del papel, estos procedimientos continúan empleándose en algunas regiones del país con fines culturales y religiosos, pero no precisamente como objeto de escritura, ellos obtenían la celulosa principalmente de un arbusto llamado "amatl", al cual se le cortaba la corteza, se maceraba, y se lavaba durante uno o varios días para ablandarla, se cortaban las fibras y se entremezclaban, posteriormente se colocaban al sol para secarla. [5-14]

En la época colonial, debido a la precaria presencia que tuvo la elaboración del papel los métodos de fabricación también fueron rudimentarios, por lo que la principal materia prima eran los trapos, que se clasificaban de acuerdo a su calidad, color y el desmenuzados se hacía a mano. Más tarde con máquinas cortadoras sencillas se sometían a un proceso de maceración de 5 a 30 días, excepto los de lino en los que era suficiente una cocción con lejía de potasa. Posteriormente se iban desmenuzando en el molino de mazor, produciendo una pasta con la cual se formaría la hoja. [20]

La elaboración de la hoja se realizaba sobre marcos de rejillas de metal transversales espigadas a distancias iguales. De acuerdo a la distancia y al espesor de los alambres tensados resultaba la calidad del papel, ya sea delgado o grueso. Hasta mediados del

siglo XVIII, los papeleros trabajaban con estas formas a mano. Como por aquel entonces se exigía una superficie lisa y uniforme, se permitieron sustituir las formas anteriores por telas tejidas. Las diferentes formas de elaboración del papel, requirió para su identificación de las llamadas marcas de agua, que se lograban por medio de figurar de alambre sobre la forma, luego se llenaba la forma con la pasta celulósica, quedando menos pasta en los puntos de relieve, la hoja ya formada se apretaba sobre un fieltro, para desprenderla, más tarde se apretaba aparte. El encolado del papel generalmente era superficial y la cola se obtenía de desperdicios animales. Las hojas se pasaban por la cola líquida exprimiéndoles el sobrante para luego secarlas y tenderlas, a las hojas de escribir se les daba un nuevo encolado con una disolución débil de cola clarificada con alumbre, después de secado se efectuaba el satinado frotando cada hoja a mano con una piedra satinadora pulida.

Posteriormente el papel era clasificado las hojas se separaban y se contaban: 24 hojas de papel para escribir y 25 hojas de papel para impresión formaban una mano de papel, veinte manos formaban una resma y diez resmas pasaban a formar parte de lo que denominaban bola. [16-20]

Características del papel antiguo.

Los papeles con los que se elaboraron los documentos anteriores al siglo XX y que frecuentemente deben ser restaurados, fueron elaborados generalmente de las siguientes materias primas: El lino, el cañamo, el algodón, la seda, el esparto, madera, madera molida y combinaciones de estos. Muchos de los papeles elaborados en la antigüedad poseen las llamadas filigranas o marcas de agua, utilizadas en la antigüedad debido, a la igualdad de la técnica y la pasta en la fabricación del papel europeo, especialmente del español y el francés, empleados en la colonia. Los fabricantes se vieron en la necesidad de diferenciar su papel, por lo que se usaron marcas y contraseñas. Las cuales podían ser escudos, coronas, iniciales y rúbricas, estas eran tejidas sobre los hilos metálicos que atravesaban el bastidor tanto horizontal como vertical y sobre los cuales se depositaba la pulpa de celulosa para formar la hoja quedando los hilos con menor cantidad de pasta, de tal forma que la figura era transparente, por eso recibieron el nombre de marcas de agua, marcas transparente o bien el de filigranas. [16-20]

Identificación del papel antiguo.

Existen pruebas que los restauradores emplean para conocer y poner en evidencia la edad de un documento tales pruebas pueden ser físicas, químicas o mecánicas. En las primeras se trata de relacionar la edad del documento con los escritos, tipo de letra, marca de agua, sellos, etcétera, que pueda dar lugar a su identificación rápida. Dentro de las pruebas químicas que se le pueden hacer a un documento son las siguientes: identificación del tipo de fibra por diferenciación de las fibras al ser teñidas y observadas al microscopio, determinación de encolantes, resinas, almidones, zinc y algunas sustancias de relleno así como su pH, para saber que tipo de método se empleó (ya sea ácido o alcalino) en su elaboración. Para las pruebas mecánicas se procede a medir la resistencia que opone la hoja del papel al desgarre tanto de forma horizontal como vertical, debido a que en un papel de manufactura antigua no presentan alineación las fibras de celulosa como en el caso de las hojas de papel obtenidas por procesos mecánicos, presentando una misma resistencia al desgarre tanto horizontal como vertical. además de esta prueba se puede someter a un doblar de la hoja, donde es doblada suele tener una resistencia menor al corte debido a que en el doblar, la capa superficial de cola suministrada al documento suele ser quebradiza facilitando el corte, estas pruebas de tipo mecánico generalmente son complementarias de las anteriores y útiles en la identificación de un documento antiguo. [20]

MANUFACTURA DEL PAPEL ACTUAL.

En la actualidad, la madera es la fuente más frecuente de fibras en la industria del papel, aún cuando históricamente el papel se haya hecho de plantas no leñosas, como las cañas y las pajas. La creación de métodos adecuados para la preparación de pulpa obtenida de la madera, tanto por procedimientos mecánicos como químicos, surgió a finales del siglo XIX y con dichos métodos se abrió camino para el rápido crecimiento y diversificación de la industria del papel durante el siglo XX. Entre las razones que han llevado al uso de la madera están las siguientes:

- a) bajo costo,
- b) disponibilidad relativamente amplia,
- c) comodidad de manejo y almacenamiento,
- d) contenido de pulpa de alta calidad,
- e) variedad en propiedades de la fibra.

En virtud del gran número de tipos de papel que se producen, sería muy extenso referirnos a cada uno de ellos. Sin embargo, a manera muy general podemos decir que la manufactura de papel comprende operaciones esencialmente mecánicas, las cuales se basan en la tendencia de las fibras celulósicas en suspensión acuosa a unirse entre sí cuando se secan, por tanto las propiedades de los productos terminales dependerá de las propiedades de las pulpas utilizadas en su manufactura. [7]

El proceso de elaboración se lleva a cabo en dos grandes áreas, la primera se refiere a la preparación de las pastas, mientras que la segunda atañe a la formación del papel propiamente dicha. La elaboración del papel cambió considerablemente con la introducción de las máquinas al proceso productivo del papel que facilitó la obtención de este haciendolo práctico y rápido a diferencia del que se hacía en los siglos anteriores de forma lenta y manual. [14]

En la actualidad, los métodos de obtención de la pasta celulósica proveniente de la madera son muy variados, estos pueden ser clasificados de muy diversas formas, una de ellas es con base en su rendimiento de la pasta celulósica en cinco grandes grupos: [7]

- 1.- mecánicos,
- 2.- químico mecánicos y químico termomecánicos,
- 3.- semiquímicos,
- 4.- químicos de alto rendimiento,
- 5.- totalmente químicos.

Métodos mecánicos

Estos métodos generalmente emplean astillas y tarugos, estos son molidos para convertirlos en fibras con las cuales se obtiene la pulpa mecánica, la cual contiene practicamente toda la lignina de la madera original, con lo cual las fibras se encuentran como grupos y fragmentos y proporciona un rendimiento del 90 al 98 %, ejemplos de estos métodos son los llamados procesos por, madera molida, fria y caliente, refinador mecanico (RMP), masonite, asplund, y proceso termomecánico (TMP).

Métodos químico mecánico y químico termomecánico.

Estos métodos emplean un pretratamiento de la madera a fin de disminuir las necesidades de energía utilizada durante el proceso mecánico de desfibrado, tratandolos con diferentes productos como bisulfitos (de sodio, calcio y magnesio), sosa caustica etc., cuando se somete la madera a este tratamiento, se forman ácidos orgánicos solubles y se

produce alguna hidrólisis de la celulosa, pero el efecto principal consiste en un ablandamiento o acción disolvente parcial de la lignina, lo que hace que la madera se separe en fibras con mayor facilidad, el resultado es una pulpa con resistencia y rigidez mayor a la pasta mecánica. Sin embargo la pulpa es oscura lo que limita su uso a cartones y categorías baratas de papel de color pardo, entre estos métodos se encuentran los procesos en base a madera molida, vaporizada, química, proceso Decker, proceso Fish, por sosa fría, con los que generalmente se obtienen rendimientos del 65 al 90% según el tratamiento químico efectuado.

Métodos semiquímicos.

El procedimiento habitual en la producción semiquímica de pulpa consiste en tratar las astillas en un reactor que puede ser continuo o intermitente, este pretratamiento de astillas es seguido por un refinado mecánico asociado a una deslignificación de la celulosa, la producción semiquímica es muy adecuada para maderas duras, no así para blandas. Los reactivos así utilizados pueden ser: Sulfito de sodio, hidróxido de sodio, carbonato de sodio, licor kraft verde, ejemplos de estos procesos son los siguientes: Sulfito neutro (NSSC), el kraft, licor verde, o la sosa, y sin azufre.

Métodos químicos de alto rendimiento.

Dentro de este grupo se encuentran los procesos conocidos como Kraft (al sulfato) y los procesos al sulfito (ácido y básico), los dos procesos alcalinos (Kraft y sulfito básico) son los más empleados para la producción de la pulpa de madera por medio básico, el empleo de estos métodos de producción de la pasta celulósica facilita la cocción y el ahorro del vapor requerido, además de permitir la recuperación de reactivos utilizables disminuyendo el costo de producción, aún cuando su rendimiento sea entre el 55 y el 70 %.

Métodos totalmente químicos

En estos procesos ya no se requiere de un tratamiento mecánico o es muy suave, debido a que la producción de la pulpa es casi totalmente por reacciones químicas solo que su rendimiento se ve reducido, fluctuando entre el 40 y el 60 % según el tratamiento seguido, los procesos que utilizan este procedimiento son: El kraft (al sulfato), por polisulfuros, a la sosa, sulfito ácido, bisulfito, sulfito neutro, etc..

Además de la celulosa de madera es posible producir pasta celulósica por fibras no leñosas tales como las de esparto, bambú, kenaf, trigo, cebada, pastos, zacates, yute, cañamo, ramio, algodón y lino [7].

Identificación del papel actual.

Para el análisis e identificación de un papel procesado a máquina y de manera continua implica aparte de las pruebas a las que se someten los papeles antiguos, una gran cantidad de análisis químicos principalmente, para determinar los diferentes compuestos presentes que, junto con la celulosa, forman parte del papel. Algunas de las pruebas son: análisis del tipo de fibra, así como su calidad, la cantidad de lignina, las cargas, el encolante, las gomas, la cantidad de proteínas, las resinas sintéticas, los pigmentos, los aditivos etc.. [3]

CAPITULO IV

CONSERVACION Y RESTAURACION DE DOCUMENTOS

El problema del deterioro de documentos con base de papel en los archivos, bibliotecas y museos, producido por diferentes agentes, es ampliamente conocido. El papel, el cartón, la piel, el pergamino, y los adhesivos, son afectados por diferentes plagas que se alimentan de ellos o que los utilizan para formar sus nidos, entre estas plagas se encuentran los microorganismos, los insectos, los roedores, las aves y los murciélagos, es a causa de estos y de otros factores internos que se ve afectado un documento por lo que es necesario el efectuar tareas de conservación y restauración. [15]

La conservación se refiere a la acción preventiva de los factores que pueden afectar a un documento a manera de minimizar o evitar los daños, mediante el establecimiento de programas como los siguientes:

- 1) programas de monitoreo de temperatura, humedad relativa, y microbiológico,
- 2) programas de fumigación,
- 3) establecimiento de programas de limpieza del material documental,
- 4) concientización de usuarios, investigadores, personal encargado de custodia, etc..

Se realiza el procedimiento de restauración con la finalidad de preservar y reparar según sea el caso de obras cuya presencia es de importancia en cualquiera de los aspectos, tanto de carácter cultural como histórico, a las cuales se les ha producido algún deterioro que puede ser de carácter interno o externo.

Con el transcurrir del tiempo el papel y la tinta, con la cual está elaborado un documento pueden sufrir diferentes tipos de ataques que causen un deterioro en su aspecto, provocando con ello, la ilegibilidad correcta de las líneas o caracteres impresos o escritos en el papel. Acompañando al papel en un documento, se encuentran las tintas, que generalmente eran elaboradas con carbón, que es de gran finura resistente y durable, su gran defecto es que al frotarla se borra y se corre fácilmente. Las tintas de galotánato férrico hechas a base de sulfato ferroso y tanino, disolución que al cabo de un tiempo se oxida, cambiando de color azul al negro y marrón, a esa tinta se le agregaba goma arábiga para que no se precipitara, así como también ácido clorhídrico o sulfúrico, para mejorar su

fluidez. Estos ácidos no se adicionaban en una cantidad determinada y es muy común encontrar hojas en que la tinta ha afectado a las hojas vecinas. [12-15-17]

Los daños que pueden sufrir o ser causados a un documento ya sea sobre el papel o la tinta, son agrupados de acuerdo a su naturaleza en: [12-15]

- a) físicos,
- b) químicos,
- c) biológicos.

Daños físicos

Dentro de las averías causadas por daños físicos sobre el papel y la tinta, tenemos, para el papel, aquellas que fueron causadas por un uso inadecuado, tales como roturas, rasgaduras, manchas, que pueden ser de diferentes tipos como tinta, frutas, tabaco, sangre, sudor, etc.. Además se presentan aquellas que pueden ser causadas por un exceso de humedad, luz solar, luz eléctrica de alta intensidad, temperatura, falta de ventilación e incendios. Por lo que respecta a las tintas los daños físicos son generalmente causados por; envejecimiento de la tinta, la luz, la humedad, la contaminación atmosférica, polvos y gases.

Daños químicos.

En los daños químicos generalmente causados por un deterioro de la celulosa podemos encontrar los que por reacción con esta provocan un deterioro de las propiedades originales del papel, presentes generalmente desde su manufactura, como las tintas, los ácidos, bases, lignina, grupos carboxílicos, cueros y colas de encuadernación, herrumbre y contaminación, que provocan el amarillamiento de las hojas por la formación de compuestos con dobles ligaduras conjugadas en el papel y facilitan el ataque por otros medios como los físicos y biológicos.

Daños biológicos.

Entre los biológicos podemos citar algunos de los que afectan de manera directa y que son nocivos para el papel tales como los hongos, bacterias, roedores, insectos y sus larvas, que hacen al papel susceptible de ser atacado. Si no se encuentra debidamente tratado y en condiciones adecuadas de almacenaje. Para el papel y las tintas son aquellos ligados al hombre, que actúa como transmisor de estos cuando consulta documentos, dejándoles suciedad, manchas de sudor y grasa, que contienen residuos ácidos, que deterioran al papel, además fuman y comen y dejan cualquier objeto sobre el documento, otras personas arrancan o rompen las hojas, las exponen al sol, escriben sobre lo escrito, y otros tantos descuidos que llevan al deterioro del papel y la tinta.

Los principales agentes biológicos que provocan un fuerte deterioro de los archivos, bibliotecas y museos, se encuentran los microorganismos, los insectos, los roedores, las aves, y los murciélagos. de los cuales a continuación se hace referencia. [15]

Microorganismos.

Los microorganismos que más frecuentemente se encuentran en el papel, que se pueden aislar, comprenden dos grandes grupos: los hongos y las bacterias.

Hongos.

Los hongos se pueden desarrollar en condiciones ambientales diversas, tanto en ambientes húmedos como en ambientes relativamente secos. La mayoría de los hongos se desarrollan favorablemente en presencia de oxígeno a una temperatura superior de 22 °C, un pH de 4.5 a 6.5 a una humedad superior a 65 % de humedad relativa. Los hongos que atacan al papel requieren para poder desarrollarse la necesidad de absorber las sustancias nutritivas, por medio de filamentos delgados llamados hifas, que en conjunto forman el llamado micelio. En la parte superior presentan unas estructuras reproductoras de donde se originan las esporas, que son el principal medio de propagación para los hongos. Estos microorganismos presentan una gran variedad de formas, tamaños y colores (lila, verde, rojo, amarillo, café, etc.).

La acción que ejercen los hongos en el papel puede llevarse a cabo de diferentes maneras:

1. mecánicamente por la penetración de las hifas en el papel,
2. por secreción de enzimas que degradan la celulosa,
3. por la producción de sustancias que generan manchas de diversos colores.

Existen más de 30 especies de hongos que atacan al papel provocando serios daños en los documentos; de estos los más frecuentes están representados en el siguiente cuadro así como el daño ocasionado.

PRINCIPALES HONGOS QUE ATACAN AL PAPEL

NOMBRE CIENTIFICO	MATERIALES QUE ATACAN Y TIPO DE DAÑO
ASCOMICETOS	
<i>Chaetomium globosum</i>	Fuertemente celulolítico, sobre papel El papel queda picado por numerosos puntos negros.
<i>Chaetomium funiculum</i>	Celulolítico sobre papel, fibras y textiles
<i>Eidamella papyricola</i>	Celulolítico fuerte, sobre papel y pigmentos.
DEUTEROMICETOS	
<i>Aspergillus flavus.</i>	Celulolítico débil sobre lana y papel.
<i>A. terreus.</i>	Muy celulolítico, sobre cuero, lana y papel.
<i>A. niger.</i>	Muy celulolítico, sobre cuero, lana y papel.
<i>A. amstelodami.</i>	En papel. manchas amarillo limón.
<i>A. nidularis</i>	Sobre papel. Manchas beige - café.
<i>Penicillium chrysogenum.</i>	Sobre papel y diversos sustratos.
<i>P. luteum.</i>	Sobre papel manchas rojas.
<i>Alternaria alternata.</i>	En papel. Fuertemente pintado de negro.
<i>Cladosporium herbarum</i>	Sobre madera, pintura, yeso, cuero, lana y papel
<i>Trichoderma viride</i>	Sobre productos manufacturados, madera y papel.
<i>Epicoceum nigrum</i>	Sobre papel. Manchas rojas con centro ocre.
<i>Fusarium avenaceum</i>	Papel. Con manchas ligeramente rosas
<i>F. culmorum</i>	Papel fuertemente teñido de color beige- rosáceo.
<i>Aureobasidium pullulans</i>	Celulolítico débil, sobre barniz, pintura algodón y papel

Bacterias.

Las bacterias atacan al papel con menos frecuencia que los hongos. Son organismos microscópicos, formados por una sola célula que puede presentar diferentes formas: bastones, esferas y espirales. En general para desarrollarse necesitan un medio con un porcentaje de humedad determinado y un pH neutro o ligeramente alcalino. Las zonas atacadas por ellas presentan manchas con diferentes intensidades y un aspecto gelatinoso. Estas áreas afectadas se vuelven transparentes y absorbentes.

BACTERIAS QUE PUEDEN PRESENTARSE EN EL PAPEL.

NOMBRE CIENTIFICO	DAÑO EN EL PAPEL
O. Eubacteriales	Manchas de color café rojizo amarillo, marfil y violeta
Cellvibrio	Celulolíticas de poder débil. Manchas difusas que se difunden con rapidez que van del ocre al naranja.
Cellfaciula	Manchas rojas, cafés o verdes que se extienden rápido.
Bacillus	Poder celulolítico débil
O. Actinomycetales	Actividad celulolítica variable y generalmente débil.
Streptomyces	Poder celulolítico discreto, pigmentación amarilla.
O. Myxobacteriales	Más activos celulolíticamente. manchas amarillas, brillantes y mucosas, las cuales lo vuelven transparente.
Sorangium	Poder celulolítico fuerte, más frecuente en el papel, tiñe al papel de color café rojo, ladrillo, o amarillo.

Insectos.

El poder devastador de los insectos, ya sean pupas, larvas o adultos es incalculable. Los destrozos que causan son enormes en los documentos y libros, así como en encuadernaciones, pieles, etc.; Los que se encuentran con más frecuencia son: los pescaditos de plata, el escarabajo, las carcomas y las termitas. Además de los insectos que viven en de manera permanente en los depósitos, hay otros, como cucarachas, moscas, cochinitas y gusanos de la fruta que pueden introducirse y causar daños en poco tiempo.

NOMBRE CIENTIFICO	NOMBRE COMUN	MATERIAL AFECTADO Y TIPO DE DAÑO
<i>Lepisma saccharinum.</i>	Pescadito de plata	Cola, engrudo, gelatina, aderezo de telas y papel . Erosión superficial irregular.
<i>Periplaneta orientalis L.</i> <i>Periplaneta americana L.</i> <i>Phyllodromia germanica L.</i>	Cucarachas	Pergamino, piel, aderezo de telas de encuadernación y papel. causa manchas.
<i>Calotermes flavicollis F</i> <i>Reticulotermes Eucifugus</i>	Termita de madera Termita subterránea Hormigas blancas	Deboradores omnívoros, de maderas, piel, pergamino, papel
<i>Troctes divinatorius</i>	Piojos de los libros	Engrudo y microorganismos que se forman en las encuadernaciones
<i>Dermestes maculatus</i> <i>Anthrenus museorum</i> <i>Anobium paniceum</i> <i>Anobium punctatum</i>	escarabajos Carcomas. Carcomas del pan Reloj de la muerte	Cuero, pergamino, engrudo, cola, tela, madera, papel, etc. gran cantidad de galerías y surcos en los cueros
<i>Ptinus fur L.</i>	Grillos	Plantas secas, cartón y cuero
<i>Tineola biselliella</i> <i>Tieno pellionella L.</i>	Polilla de la ropa	Plumas, lana, cartón, encuadernaciones de piel y pergamino junto con las larvas

Roedores.

Los roedores son una de las plagas más nocivas y comunes en los acervos. Dado que su actividad es diurna, estos prefieren los lugares oscuros y solitarios, para formar sus nidos y recurren a los libros, cuero, madera y adhesivos de las encuadernaciones, para este fin, lo que también les permite satisfacer sus necesidades de roer para desgastar sus dientes. Los nidos son foco de infección donde los microorganismos y los insectos encuentran un campo propicio para su desarrollo, lo que predispone su proliferación; y acarrear plagas como piojos, pulgas, etc. Los roedores juntan toda clase de desechos orgánicos para alimentar a sus crías, ocasionando destrozos profundos e irreversibles. Cuando los

roedores invaden un acervo, los resultados pueden ser catastróficos, dada la gran facilidad y rapidez con que se reproducen.

Aves.

También las aves se cuentan entre los enemigos de archivos y bibliotecas. Entre ellas, el grupo que causa más estragos es la paloma doméstica la cual se introduce por todos los agujeros, transportando una diversidad de microorganismos e insectos; y sus defecaciones contienen ácidos fuertes capaces de destruir papiers.

Murciélagos

Son mamíferos que han merecido un renglon especial ya que habitan en lugares abandonados y oscuros, razón por la que se encuentran en acervos en desuso. Sus defecaciones ocasionan graves daños, llegando incluso a la destrucción total del papel; además, son portadores de innumerables microorganismos, entre ellos un hongo patógeno para el ser humano (*Histoplasma capsulatum*), que afecta las vías respiratorias.

En general todos los daños causados a un documento suelen ser irreversibles, por lo que se hace necesario evitarlos. Existen diversas formas de evitarlos, por ejemplo, para los insectos ya instalados en algunos volúmenes, y cuyos primeros estragos se han podido observar, para su destrucción los volúmenes son colocados en una cámara de vacío durante 4 ó 5 horas tiempo suficiente para acabar con estos. Otro procedimiento utilizado para la destrucción de larvas e insectos es por la fumigación por gases venenosos, sea de una sala completa o sólo de volúmenes enfermos. La fumigación de las habitaciones da excelentes resultados. Todos los gases tóxicos que se emplean para este fin, como el ácido cianhídrico, formol, sulfuro de carbono, fosgeno, etc, deben usarse bajo estricto control y precauciones extremas, debido a su toxicidad. [17]

Para el caso de las manchas que algunos libros han conservado por años y que provienen de la humedad y de diversos agentes extraños al papel, tales manchas pueden afectar de manera parcial o total un documento por lo que es preciso erradicarlas de este. [19]

Las manchas grasas pueden ser producidas por los dedos del lector, la estearina, las tintas de impresión y de sello así como las distintas grasas y aceites, este tipo de manchas pueden ser eliminadas del papel por medio de disolventes orgánicos.

Por lo que respecta a las manchas que son producidas por el agua, el polvo y la tierra, la herrumbre, la tinta, la sangre, el tabaco, las frutas, etc., se requiere de un tratamiento adecuado al tipo de mancha que se trate, de ser posible se le deberá de efectuar un lavado con agua destilada y jabón neutro en caso que no sea la tinta soluble al agua.

Las características que debe presentar un documento, que se va a someter a restaurar, deben de ser muy bien evaluadas por un restaurador así como la forma y el tipo de método que se va a seguir en su restauración. Debiendo analizar el tipo de daño al documento así como la causa de este, a fin de prevenir el inicio o la propagación de los daños hacia otros documentos. Dependiendo del deterioro que presente este, ya sea parcial (cuando se trata de una o varias hojas), o total (cuando es todo un volumen o varios) es el tratamiento que se le aplica, así como lo avanzado del problema. [19]

Para someter un documento a restaurar se deberá llevar un control de las técnicas a seguir, debido a que durante la restauración se expondrá al manejo de diferentes compuestos los que deberán ser manejados con mucho cuidado para evitar accidentes que pudieran alterar la naturaleza del mismo. Con la finalidad de evaluar las características de un documento que se someterá a restauración se deberá considerar sus características tanto físicas, químicas y biológicas, debiendo determinar la técnica o técnicas adecuadas para la restauración y su conservación. [9]

A continuación se verán algunos métodos comunmente empleados para la restauración de un documento.

Técnicas de restauración.

Los métodos más empleados para la restauración de un documento son los siguientes: [12-17]

- 1.- técnicas de lavado,
- 2.- técnicas de injerto,
- 3.- técnicas de blanqueo,
- 4.- técnicas de consolidación,
- 5.- técnicas de deacidificación.

Técnicas de lavado.

Esta técnica tiene como objetivo lograr la eliminación o atenuar, las manchas producidas por la humedad, polvo, aceites o grasas, etc., utilizando detergentes o jabones líquidos de pH neutro, algunos de los cuales son: el gepon, y el photo-flo 200.

Técnica de injerto con papel.

Esta técnica se emplea cuando un documento ha sufrido mutilaciones, rasgaduras, o daño que pudo causar algún animal o insecto provocando desprendimiento parcial o total del documento y que tiene que ser sujeto a este de manera que afecte lo menos posible a su escritura. Este proceso se logra con el empleo de diversos tipos de papel (generalmente china y japones) así como adhesivos que deben tener determinadas características para su empleo, debiendo ser transparentes duraderos y de una alta adhesividad hacia el papel así como tener un carácter reversible en su adhesividad, para este efecto se suelen emplear encolantes naturales como la cola vegetal, la animal, compuestos como la carboximetilcelulosa la metilcelulosa las gomas arábicas etc..

Técnicas de blanqueo.

Los documentos y trabajos de arte sobre papel están frecuentemente amarillentos, manchados y descoloridos, en consecuencia estos son signos antiestéticos, esta decoloración puede hacer enmascarar escritura y diversos trazos de dibujo, es por esto que se hace necesario el blanqueo. Diferentes métodos pueden ser empleados para blanquear la celulosa del papel, tales como los hipocloritos de sodio y calcio, los peróxidos, el ozono, con cloramina T, estos reactivos son muy oxidante por lo que su manejo debe de ser cuidadoso.

Técnica de consolidación.

Muchas veces se encuentran hojas de documentos, cuyo papel ha sido debilitado por alguno de los agentes de deterioro, o bien por el exceso de lavaduras, o por el mismo proceso de blanqueo, y que resulta casi imposible dejarlos en ese estado, si se requiere evitar su segura destrucción. En estos casos se realiza la consolidación de la hoja. Este método se basa en la absorción de una cierta cantidad de consolidante, y devolverle en esta forma parte de su consistencia.

Técnica de deacidificación.

Esta técnica se emplea para cambiar el pH del papel, debido que al presentar un pH ácido genera la destrucción de la celulosa, principalmente causada por la presencia de ácidos en la hoja, producido desde su manufactura o por reacción con el ambiente. El ácido clorhídrico por ejemplo puede reaccionar con los compuestos orgánicos por

formación de radicales o por formación de cloro polarizado o ácido hipocloroso afectando su tiempo de vida del documento así como el amarillamiento de la celulosa del papel por la presencia del cloro, por lo que se hace necesario cambiar su pH por ser recomendable para su conservación en un pH básico, entre 8 y 10 evitando además con esto evitar la proliferación de microorganismos que se desarrollan mejor en hojas con un pH ácido. [7-12]

Mientras los diferentes tratamientos de restauración como las técnicas de injerto con papel, la deacidificación y la consolidación, son requeridas para la supervivencia de un documento, el blanqueo es una operación con carácter estético y no debe ser llevado a cabo excepto en casos muy limitados y con extremo cuidado, debido a que el producto utilizado generalmente es un oxidante muy fuerte que puede amenazar, (si la operación no es controlada) con el deterioro de la unidad celulósica que constituyen el documento. [10]

TECNICAS DE BLANQUEO PARA EL PAPEL.

Antes de comenzar cualquier procedimiento químico de blanqueo es necesario iniciar con una limpieza mecánica, para remover cualquier traza de polvo superficial. El restaurador deberá intentar disolver al máximo los productos coloridos por inmersión de los documentos en agua desionizada o por inmersión en sustancias alcalinas (por ej. hidróxido de sodio, bicarbonato de magnesio o sodio) o bien por la técnica del lavado y sólo cuando este proceso es insuficiente, se debe considerar el uso de oxidantes. Estos agentes oxidantes, decoloran la celulosa del papel reaccionando con las dobles ligaduras conjugadas que provocan su coloración. Diferentes métodos son empleados por los restauradores, para este fin, los más comunes son los siguientes: [9-10-17]

- 1.- hipoclorito de sodio o calcio,
- 2.- peróxido de hidrógeno,
- 3.- ozono,
- 4.- luz natural,
- 5.- cloramina -T,
- 6.- clorito de sodio.

Hipoclorito de sodio.

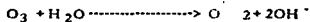
Las soluciones de hipocloritos contienen los compuestos como el gas cloro (Cl_2), el ion hipoclorito (ClO^-) y el ácido hipocloroso ($HOCl$), de estos el ion hipoclorito es el agente oxidante, y el ácido hipocloroso, el que produce degradación para el papel. Dependiendo del pH, un compuesto, o los otros juegan una parte importante. Para un pH de alrededor de 4.5 se logra poco daño pero la acidez es muy alta. La mayor degradación ocurre a un pH de 7.[10] Generalmente se recomienda un pH básico (pH entre 9 y 10) con el cual se tiene una pequeña parte de ácido hipocloroso, y que no resulta peligroso para el papel, por que un medio demasiado alcalino, puede acelerar una separación de las cadenas oxidadas de celulosa. Es recomendable un prelavado con agua, o bien, con una disolución alcalina, debido a que las sales alcalinas incrementan la permanencia de la celulosa. La concentración de la disolución blanqueadora depende de lo sucio del papel y varía entre .5 a 1.5 de cloro activo. Después del blanqueo el remanente del ion cloro debe ser neutralizado, para lo cual generalmente se usan soluciones de sulfito y tiosulfato de sodio al 10% o bien borohidruro de sodio al 2%. [10]

Peróxido de hidrógeno

En el blanqueo por peróxido de hidrógeno el ion activo es el ion perhidrol HOO^- formado por la descomposición del peróxido en el agua. debido a la disociación del agua el ion H_3O^+ toma lugar el equilibrio con el OH^- de este modo si se incrementa la concentración de OH^- induce un decremento de iones H_3O^+ y consecuentemente el aumento del ion activo HOO^- por lo que el blanqueo se realiza en medio básico, generalmente se emplea bicarbonato de magnesio en disolución saturada del 1 al 3 % antes de someter a blanqueo es recomendable un prelavado con agua desionizada o con disolución alcalina y posterior al blanqueo un baño con sulfito de sodio, para evitar la posibilidad de tener moléculas libres de cloro que puedan causar una recuperación del color amarillo al documento blanqueado. [10]

Ozono.

El ozono (O_3) es un oxidante muy activo en soluciones ácidas y bueno en las alcalinas, aunque también es posible blanquear con gas en seco, el ozono en contacto con el papel libera oxígeno el cual puede blanquearlo :

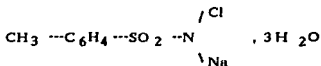


Los papeles blanqueados por ozono generalmente son expuestos por espacio de 2, 4, 20, y 36 horas dependiendo de la concentración, su tratamiento, y la fase en la cual se lleva a cabo el blanqueo, posterior al blanqueo se somete a un lavado con agua o alcohol durante una hora. La observación de la fuerte degradación química por este proceso, ha detenido su empleo. [10]

Luz.

La principal ventaja de este método es que evita el uso de agentes químicos. Bajo la acción de luz los grupos cromóforos presentes en los papeles amarillentos absorben un fotón. Si esta energía absorbida es bastante alta (longitud de onda entre 400 y 500 nm), estos grupos son electrónicamente excitados, en este estado se engendra una reacción fotoquímica, capaz de transformar los grupos cromóforos en productos incoloros insolubles en agua. Por lo tanto el tratamiento debe ser llevado fuera de un medio acuoso o bien inmerso en una disolución alcalina con la cual se obtiene una doble acción: el blanqueo con oxígeno del agua, y la desacidificación por las sales alcalinas. El factor más importante en este método es la longitud de onda la cual debe de ser entre 400 y 500 nm bajo la cual el papel deberá ser expuesto. Este método no es aplicable a papeles actuales que contengan dióxido de titanio el cual induce una descomposición fotoquímica de la celulosa. En el caso de emplear luz artificial por este método se requerirá también de filtros especiales de u.v. para que estos no lleguen a degradar al papel. [10]

Cloramina-T



La cloramina-T es una forma mucho más moderada de blanqueo que los hipocloritos y su uso es recomendable después de un blanqueo con clorito de sodio. La cloramina-T posee como única ventaja que cuando es aplicada a una impresión, sus propiedades de blanqueo son perdidas prontamente, no deja nada de residuos corrosivos naturales en el

papel y con un simple lavado, puede ser relegada a un mínimo o totalmente. Este proceso es aplicable a los dibujos con pintura de agua, con objetos coloridos y dibujados con bistre o sepia, asimismo el blanqueo puede ser aplicado localmente, sin necesidad de exponer las demás partes a la acción del agente blanqueante. La cloramina-T es disponible comercialmente y se prepara inmediatamente antes de su uso disolviendo 2gr en 100 ml de agua aplicada con pincel o brocha con pelo de camello, es necesario colocar un vidrio debajo de la hoja a blanquear y en la parte superior papel secante. Después de una hora, el documento debe ser examinado para que, en caso de ser necesario, administrar más aplicaciones, si la acción de la cloramina-T resultó ser muy suave. [9-17]

Clorito de sodio (dioxido de cloro).

Este es un agente blanqueador seguro, cuyo uso no da oportunidad de la cloración de las fibras de la celulosa del papel, es efectivo y de fácil uso su preparación se realiza con 75 ml de formaldehído al 40 % adicionado a una disolución al 2 % de clorito de sodio (preparado por disolución de 60 gramos de clorito de sodio grado técnico en 3 litros de agua) la disolución se observa que empieza a amarillentarse por la formación del dioxido de cloro el cual es un agente blanqueante activo. El tiempo de contacto varía de 15 min a 1 hora, dependiendo de la naturaleza de las manchas, la desventaja principal es que el gas es muy corrosivo. [9-17]

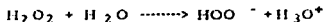
CAPITULO V

MATERIALES Y METODOS

BLANQUEO CON PERÓXIDO DE HIDRÓGENO.

Los documentos y obras de arte realizados sobre papel estan frecuentemente amarillentos y manchados, estos son signos de deterioro que dan un aspecto antiestético, que pueden enmascarar escrituras y diferentes lineas de trazos de dibujo. Este amarillamiento causado tanto, por la descomposición química de la celulosa, la lignina, (que constituyen las fibras del papel proveniente de la madera), así como la oxidación progresiva de oxhidrúlos de la unidad de glucosa, producen grupos cromóforos tales como grupos aldehídicos y cetónicos, la presencia de esta unión crea una acumulación de centros no saturados dentro de la molécula, dando esta una incrementada reactividad y una intensa coloración en relación con el número de dobles enlaces combinados. La descomposición de funciones aldehídicas y cetónicas presentes en la lignina pueden proveer quinonas coloridas, asimismo los extractos resinosos, originados desde la pulpa así como los residuos químicos presentes desde el blanqueo de la pulpa, o adquiridos con el tiempo, causan su amarillamiento.

La principal ventaja de este método de blanqueo es que puede aplicarse de manera superficial y selectiva para una parte del documento en especial, con la ventaja de no dejar trazas de componentes químicos en el papel, que puedan perjudicar al mismo posteriormente. Esto es debido a que el peróxido se descompone en oxígeno y en agua. En este método de blanqueo, el ion activo es el perhidroxilo HOO^- que se forma por la siguiente reacción:



Durante la disociación con agua, el ion H_3O^+ toma lugar en equilibrio con OH^- .

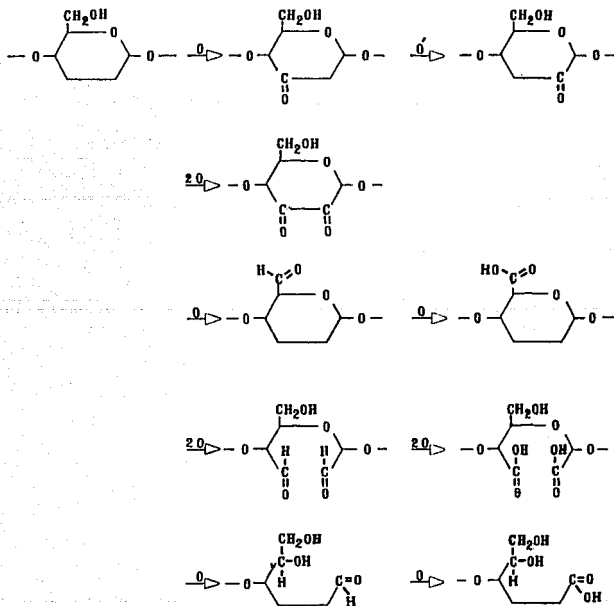


De esta forma el incremento de la concentración de OH^- induce el decremento de los iones H_3O^+ y consecuentemente el aumento de un ion activo HOO^- . Esto indica que durante el blanqueo con H_2O_2 debe ser más rápido, si la disolución es alcalina. Sin embargo la disolución comercial de peróxido de hidrógeno esta generalmente estabilizada con ácido sulfúrico y su pH es alrededor de 4 es por esto que es inutilizable para esta

método de blanqueo por lo que se requirió de una disolución de peróxido de hidrógeno al 30% r. n.

Además de las características ácidas que pueda poseer la hoja debido a su manufactura o a la adquirida con el tiempo, es necesario eliminar los iones de Fe^{++} y Cu^{++} cuyas trazas suele tener el papel, éstas reaccionan con el peróxido produciendo óxidos, que causan un deterioro a la celulosa y provocan amarillamiento. Para éste propósito se utilizó una disolución de carbonato de magnesio al 1%, la cual retiene a estos iones.

El proceso de blanqueo se llevó a cabo en una cámara oscura a fin de evitar el paso de luz que podría degradar el peróxido de la disolución^[10]. Existen durante el blanqueo reacciones que producen una degradación de la celulosa las principales reacciones entre el oxidante y la celulosa son las siguientes:



Los factores que se controlaron durante el proceso son:

- 1) tiempo,
- 2) concentración,
- 3) temperatura.

El tiempo referido a la permanencia del papel en la disolución fue de 10, 40 y 70 minutos.

La concentración de peróxido contenida en la disolución estabilizada de carbonato de magnesio al 1 % fue de .025 g/l, .102 g/l, y .179 g/l. El intervalo de temperatura que se manejó fue de 3, 15, y 30 grados centígrados para la disolución blanqueante controlada mediante un serpentín de tubos de vidrio con recirculación de agua, con temperatura controlada mediante un reostato en el caso de los 30 °C y con hielo agua en el caso de los 15 y 3 °C. manteniendo la homogeneidad de la disolución con un agitador magnético .

Preparación de las hojas.

Para el estudio del blanqueo por peróxido de hidrógeno se necesitó de nueve hojas de papel elaborado a mano en los principios del siglo XVIII y dividido en 5 tiras cada hoja, cuatro de ellas de dos pulgadas cada una. El tramo de encabezado y con sello se dejó como referencia de la hoja, los otros 4 tramos se dividieron por pares y se trataron dos tramos para cada prueba, una blanqueada y la otra blanqueada y consolidada quedando la hoja recortada, dividida y con la clave de la manera siguiente:

	1cm	Eliminado
	2"	Original
Condición 1 de blanqueo	JA original	2"
	JA1	2"
	JA2	2"
Condición 2 de blanqueo	JA3	2"
	JA4	2"
	1 cm	Eliminado

Las pruebas características que se le realizaron al papel fueron las siguientes.

Hojas de papel	Original. (sin tratamiento)	Densidad óptica. pH Peso molecular Resistencia a la tensión. Relación peso-área.
	Blanqueadas	Densidad óptica. pH Peso molecular. Resistencia a la tensión. Relación peso-área
	Consolidados.	Densidad óptica. pH Resistencia a la tensión

MATERIALES EMPLEADOS

REACTIVOS

Blanqueo.

Peróxido de Hidrógeno al 30% r. a..

Carbonato de Magnesio g.t.

Consolidado.

Carboximetilcelulosa.

DISOLUCIONES

Blanqueo.

a) Disolución titulante de Permanganato de potasio .05 N.

b) Disolución blanqueadora estabilizada.

c) Disolución de Sulfito de Sodio 20 % en peso.

Consolidado.

Carboximetilcelulosa al 4%

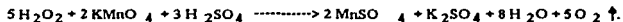
Preparación de las disoluciones.

Disolución de permanganato de potasio .05 N.

Para la preparación de la disolución de permanganato de potasio se requirió de una ampollita valorada de .1N la cual se aforaría en un litro de agua destilada, para obtener la concentración de .05 solo se agregó un litro mas de agua proporcionando la concentración de .05 N.

Disolución blanqueadora .

Se valoró la disolución comercial de peróxido de hidrógeno, cuya determinación se realizó con permanganato de potasio por medio de la siguiente reacción:



Con lo que se obtuvo la concentración de H_2O_2 de 25.5 g/l. el volumen agregados de esta disolución valorada fue de 1, 4, y 7 mililitros de peróxido y completadas a un litro (999, 996, 993 ml respectivamente), por una disolución de carbonato de magnesio al 1%, proporcionando concentraciones de 0.025, 0.102, 0.179 g/l de peróxido de hidrógeno en la disolución blanqueante.

Disolución de sulfito de sodio.

Esta disolución fue preparada disolviendo 20 gramos de sulfito de sodio en un litro de agua destilada.

Disolución de carboximetilcelulosa (C.M.C.).

La disolución se obtuvo con 2 gramos de C.M.C., en 500 ml de agua destilada.

DESARROLLO EXPERIMENTAL

Se realizarón 17 corridas con dos tramos previamente identificados cada uno, a manera de someter una de ellas a una consolidación posterior, las corridas y factores controlados son como sigue:

Corrida.	Clave de la hoja.	Concentración.	Temperatura.	Tiempo.
Número		g/l	° C	minutos
1	JA1 y JA2	.025	3	10
2	JA3 y JA4	.025	3	70
3	JB1 y JB2	.179	3	10
4	JB3 y JB4	.179	3	70
5	JC1 y JC2	.025	30	10
6	JC3 y JC4	.025	30	70
7	JD1 y JD2	.179	30	10
8	JD3 y JD4	.179	30	70
9	JE1 y JE2	.102	15	70
10	JE3 y JE4	.102	15	10
11	JF1 y JF2	.025	15	40
12	JF3 y JF4	.179	15	40
13	JG1 y JG2	.102	3	40
14	JG3 y JG4	.102	30	40
15	JH1 y JH2	.102	15	40
16	JH3 y JH4	.102	15	40
17	J11 Y J12	.102	15	40

La técnica de blanqueo se realizó de la siguiente forma:

Se prepararon 2.5 litros de la disolución blanqueante a la concentración requerida y a la temperatura indicada y se colocó en un recipiente de plástico provisto de un serpentín de vidrio con recirculamiento de agua con la cual se controló la temperatura de la disolución; se aseguro la homogeneidad de la disolución, por medio de un agitador magnético. El

blanqueo se llevó a cabo en una cámara oscura a fin de evitar el paso de luz que pudiera descomponer el peróxido de la disolución.

Se lavaron con agua corriente los tramos de las hojas por espacio de diez minutos, con la finalidad de proporcionar una humedad al papel y facilitar el accionar del peróxido dentro del papel. Se colocaron dentro de la disolución blanqueante a las condiciones ya determinadas. Posterior al blanqueo se sometieron a un lavado con agua destilada durante un minuto, para eliminar las trazas de reactivos, productos y otros compuestos. Después del lavado, se colocaron en la disolución de sulfito de sodio, la razón de esto es eliminar las moléculas de Cloro que son perjudiciales a la celulosa con las que forma compuestos clorados y que provocan amarillamiento, y que regularmente están presentes en el papel desde su manufactura o adquiridos con el tiempo. Transcurrido el tiempo se le da otro lavado con agua destilada a fin de eliminar los residuos y la disolución de sulfito de sodio, y se dejó secar. Esto se realizó para cada una de las corridas.

Técnica de consolidación.

Después de hacer las mediciones pertinentes se procedió a consolidar los tramos de papel con números pares (2 y 4). La consolidación se llevó a cabo empapando la tira en la disolución de carboximetilcelulosa al 4% y colocando la hoja sobre un vidrio plano inclinado, cruzando la hoja longitudinalmente con un rodillo se eliminó el exceso de consolidante, y se dejó secar sobre tela de mylar.

CONOCIMIENTOS BASICOS DE LAS PROPIEDADES EVALUADAS.

Densidad Óptica

Formando parte de la densitometría, utilizada en fotografía para definir características de respuesta de una emulsión fotográfica expuesta y revelada, la densidad óptica, se refiere a la medición de la capacidad de un área concreta para absorber o reflejar la luz.

Puesto que la luz pasa a través de un negativo o una transparencia, la densidad de estos materiales se encuentra relacionada con la transmisión y se mide con un densitómetro de transmisión. La luz es reflejada por la superficie de una copia, de modo que la densidad de ésta está relacionada con la reflexión y se mide con un densitómetro de reflexión. La luz aplicada sobre la superficie es llamada luz incidente.

Las cantidades medibles en densitometría son : transmitancia, reflectancia, opacidad y densidad.

La transmitancia puede definirse como el cociente entre la cantidad de luz que pasa a través de un área de una emulsión y la cantidad total de luz que incide en esa área. Se designa con T; y cuando se expresa como porcentaje se denomina transmisión porcentual.

$$T = \text{Luz transmitida} / \text{Luz incidente.}$$

La reflectancia representada por R se puede definir como el cociente entre la cantidad de luz que es reflejada por un área y la cantidad de luz que incide sobre esa área.

$$R = \text{Luz reflejada} / \text{Luz incidente.}$$

La opacidad (O) es la inversa de la transmitancia, equivale al cociente entre la cantidad total de luz incidente que llega a un área y la cantidad de luz que pasa a través de ella.

$$O = \text{Luz incidente} / \text{luz transmitida} = 1 / \text{transmitancia} = 1 / T$$

La densidad de transmisión (Dt) esta relacionada directamente con la opacidad; es el logaritmo decimal de la opacidad, es decir: $D_{tr} = \log. O$, o bien $D_{tr} = \log 1/T$ y la densidad de reflexión es el logaritmo de la inversa de la reflectancia es decir,

$$D_{ref} = \log 1/R$$

Existen dos vías para medir y calcular la densidad, la densidad especular, que se determina midiendo la luz que atraviesa directamente una emulsión, sin tener en cuenta la luz dispersa o difusa y la densidad difusa que se calcula midiendo toda la luz que pasa a través de un área sin tener en cuenta el camino que sigue. Estas mediciones pueden efectuarse por medio de un aparato llamado densitometro el cual es usado para medir la cantidad de plata o colorante presente en una emulsión. El área medida es de dos milímetros cuadrados en la mayoría de los equipos. [8]

Potencial de Hidrógeno.

El pH o potencial de hidrógeno es simplemente un número para expresar el nivel efectivo de ácidos o alcalinidad de una disolución, basada en las siguientes relaciones: La ionización del agua representada en forma simple por la reacción.



Como consecuencia de su escasa ionización la constante de equilibrio del agua tiene un valor muy pequeño.

$$K_{\text{ion}} = \frac{[\text{H}^+][\text{OH}^-]}{[\text{H}_2\text{O}]} = 1.82 \cdot 10^{-16}$$

En agua y en diluciones acuosas diluidas, la concentración de $[\text{H}_2\text{O}]$ en moles por litro es una constante y tiene a 25 °C un valor numérico de $997/18 = 55.3$ combinado con la constante de ionización del agua se obtiene:

$$K_{\text{ion}} = [\text{H}^+][\text{OH}^-] = 55.3 \cdot 1.82 \cdot 10^{-16} = 1.01 \cdot 10^{-14}$$

Cuyo valor recibe el nombre de producto iónico del agua, siendo la concentración de $[\text{H}^+]$ y $[\text{OH}^-]$ directamente proporcionales.

Los pequeños números que representan las bajas concentraciones de iones hidrógeno e hidroxilo que existen en el agua son poco cómodas de escribir y de expresar. En 1909 Sørensen introdujo el término pH definido en relación a la concentración de ion hidrógeno cuya expresión simplifica notablemente. El pH se define como:

$$\text{pH} = -\log [\text{H}^+] = \log [1/[\text{H}^+]]$$

Donde la concentración de $[\text{H}^+]$ toma valores de $1 \cdot 10^0$ hasta $1 \cdot 10^{-14}$. Dando valores de pH de 1 a 14 tomando como $1 \cdot 10^{-7}$ la concentración de equilibrio entre $[\text{H}^+]$ y $[\text{OH}^-]$ y valor de pH (7) neutro.

Una disolución ácida es por tanto aquella en que la concentración de ion hidrógeno es mayor que la del ion hidróxido. [1]

Resistencia a la tensión.

La resistencia a la tensión puede definirse como la fuerza límite que presenta un cuerpo por la acción de otro que tienda a modificarlo, esta fuerza de resistencia tiene su límite, dependiendo de las características estructurales del cuerpo sobre el cual es aplicada la fuerza, la idea fuerza implica siempre la acción de dos o más cuerpos, y en las unidades adecuadas, la fuerza es proporcional al producto de la masa por la aceleración, expresándose de la siguiente forma y en unidades C.G.S.

$$F = m \cdot a$$

Donde:

F = Fuerza [Dinas]
m = Masa [Gramos]
a = Aceleración [cm/seg]

El efecto externo de una fuerza sobre un cuerpo rígido depende de:

- La magnitud de la fuerza.
- La posición de localización de la línea de acción de la fuerza en el cuerpo.
- El sentido.

Estas tres propiedades son características de una fuerza. Cuando la fuerza aplicada sobre un cuerpo es mayor a la soportada, se produce, en el caso del papel, un desgarro de las fibras, provocando su ruptura. Controlando la fuerza que es aplicada, es posible determinar su límite de resistencia.

Relación peso - área.

Esta relación se obtiene fácilmente pesando un número constante de piezas de igual superficie proporcionando un método de medición relativa.

Recuperación del color en los documentos blanqueados (Inestabilidad del blanqueo).

Cuando un documento después de blanqueado, disminuye su blancura después de transcurrido un tiempo, generalmente se debe a la estabilidad propia en el papel, generada desde su manufactura, así como del agente químico empleado para su blanqueo. Una pérdida de la blancura no indica que la causa del color formado sea la misma que eliminó durante el blanqueo, por lo que el término de reversión del color no es el apropiado, es por esto que se ha tomado en llamar recuperación del color. Para lograr

una larga vida de un documento, éste debe tener una estabilidad buena durante su almacenaje, los cambios en el color generalmente se deben al calor excesivo o a la exposición a la luz, los documentos rara vez se exponen directamente a la luz del sol, pero están expuestos a irradiación de luz ultravioleta, por la luz del día, y en interiores por la luz artificial. Un tratamiento que es aplicado para observar la recuperación del color es someter al papel a calentamiento durante un tiempo determinado, la disminución de blancura es la medición que más se utiliza para determinar la recuperación del color. [7]

Las principales compuestos que provocan el amarillamiento después de blanqueado el papel son los siguientes:

- 1 presencia de residuos clorados,
- 2 presencia de resinas,
- 3 presencia de ligninas,
- 4 presencia de grupos carbónicos,
- 5 presencia de iones metálicos,
- 6 otras impurezas.

De los anteriores, los puntos 2 y 3 generalmente están exentos los papeles antiguos, por lo que la principal preocupación se debe a la concentración de cloro presente desde su manufactura o adquirida con el tiempo y que puede reaccionar con los compuestos orgánicos en dos formas diferentes.

- 1.- Por formación de radicales como productos intermedios.
- 2.- Por formación de cloro polarizado o ácido hipocloroso.

Por lo que se hace imprescindible el separar las moléculas de cloro con sulfito de sodio, de nuestro papel, otros compuestos que se conoce que pueden causar recuperación en el color, son entre otros la formación de los grupos carbónilos y carboxilos producidos durante el blanqueo así como los iones de hierro y cobre que al oxidarse, aumentan la velocidad de conversión del color y que pueden formar compuestos inorgánicos coloreados, como los cambios por reacción de las sales ferrosas a ferricas. La recuperación inducida por calor se ha estudiado ampliamente en pulpas de madera, pero en el caso del papel es poco lo que se conoce acerca de los compuestos amarillos que se forman. La hidrólisis de los carbohidratos en medio ácido produce compuestos de furano, furfural de las pentosanas, e hidroximetilfurfural de la celulosa. Estos compuestos tienen marcada tendencia a condensarse y formar sustancias oscuras, siendo tales reacciones evitadas por la decalcificación de la celulosa. [4-9]

Peso molecular.

El alto peso molecular de los polímeros es responsable de muchas de las propiedades que los hacen valiosos. De los polisacáridos, la celulosa es la que mayor atención recibe por parte de los químicos, puesto que es el polímero básico que se encuentra en el reino vegetal y que se encuentra en el algodón y la madera. El algodón puede tener un contenido de celulosa tan alto como el 90% cuando esta seco, mientras que la madera contiene alrededor de 50% de entre otros compuestos, como la lignina (alrededor del 30%). Cada uno de esos productos es una mezcla de moléculas de tamaños diferentes que tienen un peso molecular promedio, el cual puede definirse y medirse de varias maneras así como una distribución de pesos moleculares. Para expresar el peso molecular promedio de un polímero es necesario referirse a un número promedio de pesos moleculares definido como:

$$M_n = \frac{\text{peso total del sistema}}{\text{moléculas en el sistema}}$$

En términos de cualquier población.

$$M_n = \frac{\sum N_i M_i}{\sum N_i} = \frac{\sum W_i}{\sum (N_i / M_i)}$$

Por lo que el peso molecular promedio se define como:

$$M_w = \frac{\sum N_i M_i^2}{\sum N_i M_i} = \frac{\sum W_i M_i}{\sum W_i}$$

Los métodos para determinar el peso molecular pueden ser relativos o absolutos. Muchas propiedades de los polímeros que dependen del peso molecular tales como la solubilidad, la elasticidad, la adsorción sobre los sólidos y la resistencia al rasgado, se pueden correlacionar con un peso molecular promedio. Una vez correlacionada, la propiedad puede usarse como una medida del peso molecular. En la práctica, la viscosidad de los fundidos y de las soluciones diluidas, es uno de los métodos relativos que más a menudo se usa.

La viscosidad es una medida de la energía que se disipa por un fluido en movimiento al resistir una fuerza cortante que se le aplica, por lo que las soluciones de polímero fluyen más lentamente a través de un tubo que los disolventes solos bajo las mismas condiciones de presión. El comportamiento del flujo viscoso de los polímeros fundidos y de sus soluciones es importante como medida del peso molecular.

El instrumento que se usa con más frecuencia para líquidos de baja viscosidad es el viscosímetro capilar en el que el líquido fluye por su propia altura potencial.

Las moléculas de polímero disueltas en un disolvente se expanden más o menos dependiendo del grado en que el disolvente y el polímero se asocian. Si el polímero está en un buen disolvente, los segmentos del polímero que se asocian con las moléculas del disolvente, se expanden en el volumen total ocupado por una sola nube de polímero. Se puede definir el factor de expansión α por:

$$\alpha = \left(\frac{r^2}{r_0^2} \right)^{1/2}$$

Donde $(r^2)^{1/2}$ es la distancia real rms de extremo a extremo y $(r_0^2)^{1/2}$ es aquella cuando $\alpha = 1$ (la dimensión sin perturbación y no hinchada).

La manipulación de las viscosidades de las soluciones diluidas da un parámetro importante de un polímero en un solvente dado, la viscosidad intrínseca $[\eta]$. Se puede definir la viscosidad intrínseca como la relación de la viscosidad específica η_{sp} a la concentración c a la dilución infinita.

$$[\eta] = \lim_{c \rightarrow 0} \frac{\eta - \eta_s}{c} = \lim_{c \rightarrow 0} \frac{\eta_{sp}}{c}$$

De donde η y η_s son las viscosidades de la solución y del disolvente, respectivamente y que tienen las dimensiones de la viscosidad. La viscosidad específica η_{sp} y la viscosidad relativa $\eta_r = \eta/\eta_s$ son adimensionales. La viscosidad intrínseca, la viscosidad reducida η_{sp}/c y la viscosidad inherente $(\ln \eta_r)/c$ todas tienen las dimensiones de concentración inversa. Si se traza una gráfica η_{sp}/c o $\ln \eta_r/c$ contra c , resulta una línea recta que corresponde a las siguientes ecuaciones:

Huggins

$$\frac{\eta_{sp}}{c} = [\eta] + k' [\eta]^2 c$$

Kraemer

$$\ln \eta_r = [\eta] - k'' [\eta]^2 c ;$$

con bases empíricas Staudinger propuso que $[\eta]$ fuera proporcional al peso molecular para una combinación dada de polímero-disolvente. La relación más general de Mark-Houwink con dos constantes, K y α , es:

$$[\eta] = K' M^\alpha$$

la determinación de pesos moleculares por viscosidad intrínseca es la medida más empleada para polímeros de pesos moleculares altos. [19]

CAPITULO VI

RESULTADOS

Densidad óptica.

Las mediciones de densidad óptica se obtuvieron mediante un densitometro digital Macbeth de transmisión - reflexión para las artes gráficas modelo TR-927.

Calibración.

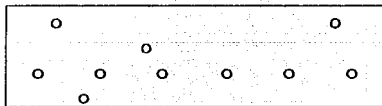
Con el brazo de reflexión se calibra sobre un blanco patron a .05 de lectura con los cuatro filtros (blanco, verde, azul, rojo) y con el filtro verde se calibra el color negro a un valor de 1.86 y se procede a tomar lecturas.

Medición.

Las mediciones se realizaron con una mascarilla de papel lustre negro, colocada sobre la superficie del tramo de hoja de la cual se tomarían las lecturas, dicha mascarilla se marco hacia la parte frontal del tramo de papel, y constaba de 10 perforaciones de 6 mm de diametro con forma circular, 6 de las cuales se encontraban en la tira número 3 que más tarde se utilizaría en la recuperación del color. La mascarilla que se empleo es de la forma siguiente:

FRENTE

tira 3 ----->



Los promedios de las diez mediciones son las que se presentan a continuación:

CLAVE TIRA	SIN TRATAR	BLANQUEADA	CONSOLIDADA
JA1	.236	.167	
JA2	.265	.174	.186
JA3	.255	.172	
JA4	.224	.148	.155

JB1	.189	.142	
JB2	.181	.14	.148
JB3	.178	.139	
JB4	.209	.182	.156
JC1	.277	.179	
JC2	.288	.197	.199
JC3	.303	.185	
JC4	.234	.142	.155
JD1	.273	.188	
JD2	.281	.203	.193
JD3	.259	.126	
JD4	.225	.127	.137
JE1	.232	.164	
JE2	.2	.145	.153
JE3	.216	.135	
JE4	.23	.146	.164
JF1	.17	.127	
JF2	.165	.116	.129
JF3	.15	.106	
JF4	.157	.116	.13
JG1	.127	.095	
JG2	.129	.092	.1
JG3	.124	.085	
JG4	.123	.086	.092
JH1	.177	.131	
JH2	.172	.127	.128
JH3	.17	.124	
JH4	.171	.126	.141
JI1	.134	.097	
JI2	.126	.095	.104

Potencial de hidrógeno.

La determinación de los valores de potencial de hidrógeno (pH), se lograrán con la ayuda de un potenciometro para pH modelo Beckman modelo 3500 digital pHmeter con electrodo de superficie modelo 39533 llenado con disolución de KCl 4 molar saturado con cloruro de plata.

Calibración.

Su calibración consistio de un ajuste a un pH de 7.02 y pH de 4 con soluciones buffer a sus valores respectivos a 20 °C

Medición.

Para su medición también se uso una plantilla similar a la de densidad óptica solo que con seis oradaciones de 1 cm de diametro y distribuidas a lo largo. Para la lectura se colocaba la plantilla sobre la tira de papel seleccionada colocadax sobre tela de mylar de manera que no tuviera contacto con otro objeto que pudiera alterar la lectura de pH

En la superficie de medición se colocaba una gota de agua destilada y se colocaba el electrodo que se encontraba sumergido en agua destilada. Después de cada lectura se lavaba el electrodo y se colocaba en el agua destilada para la siguiente medición, requiriendo para cada tira de 6 mediciones.

Los resultados fueron los que a continuación se indican.

CLAVE TIRA	SIN TRATAR	BLANQUEADA	CONSOLIDADA
JA1	6.995	8.91	
JA2	7.175		8.773
JA3	7.278	9.02	
JA4	8.9033		9.456
JB1	6.14	9.385	
JB2	6.395		8.635
JB3	5.955	9.138	
JB4	6.0483		8.9016
JC1	6.485	9.22	
JC2	6.1933		9.533
JC3	6.1466	8.6166	

JC4	6.2433		8.408
JD1	5.776	7.98	
JD2	5.4317		8.215
JD3	6.0866	8.4166	
JD4	5.908		9.363
JE1	5.673	8.705	
JE2	5.67833		8.953
JE3	6.2933	9.236	
JE4	6.495		9.165
JF1	7.578	9.216	
JF2	7.455		8.836
JF3	8.14	9.678	
JF4	7.335		8.843
JG1	8.05366	8.965	
JG2	7.95		8.901
JG3	7.745	9.08	
JG4	7.7466		8.6116
JH1	7.905	8.4166	
JH2	7.89		8.951
JH3	7.895	9.2316	
JH4	7.873		8.883
JI1	5.3016	8.6433	
JI2	5.375		8.5016

RESISTENCIA A LA TENSION.

Estos valores se obtuvieron por medio de un aparato rústico de elaboración simple que consiste de un recipiente al cual se le va agregando agua y que por medio del brazo de palanca donde esta sujeto el vaso ejerce una fuerza longitudinal sobre el tramo de papel, el cual esta sujeto por medio de un calaman en cada extremo de un lado a una barra fija y del otro a un alambre que se encuentra unido al brazo de palanca, que ejerce una fuerza longitudinal por la acción del peso del vaso que se llena lentamente con agua. Al ejercer el peso adecuado por el recipiente, se tensa el papel y se logra su rotura, este vaso y su contenido se pesa en balanza y es la fuerza ejercida sobre el papel al momento de su desgarro.

Para lograr una rotura lo más uniforme en el papel se recorto en pequeñas tiras de 5 X 1 cm las cuales se cortaron en la parte central en forma de cintura. Para este fin se soldaron un par de perforadoras a una distancia aproximada de .6 mm de longitud en la cintura de la tira tal y como lo muestra la siguiente figura:



Se lograrón obtener para esta prueba un total de seis mediciones de resistencia, salvo algunas de las tiras que en el manejo y colocación de estas sobre el aparato se provoco su ruptura antes de poder ser medida, resultando un promedio de 4 y 5 las medidas utilizables para el promedio. Los resultados para estas mediciones son los siguientes:

CLAVE TIRA	SIN TRATAR	BLANQUEADA	CONSOLIDADA
JA1	36.965	34.735	
JA2	36.965		60.4566
JA3	36.965	30.1416	
JA4	36.965		35.533
JB1	29.807	41.62	
JB2	29.807		67.5216
JB3	29.807	47.556	
JB4	29.807		72.165
JC1	30.338	32.467	
JC2	30.338		40.93
JC3	30.338	26.705	
JC4	30.338		63.83
JD1	72.822	52.585	
JD2	72.822		50.05
JD3	72.822	42.933	
JD4	72.822		67.276
JE1	60.538	41.526	
JE2	60.538		61.173
JE3	60.538	25.646	
JE4	60.538		37.97
JF1	58.18	59.633	

JF2	58.18		83.583
JF3	58.18	59.93	
JF4	58.18		57.845
JG1	101.32	103.076	
JG2	101.32		96.64
JG3	101.32	80.566	
JG4	101.32		88.42
JH1	91.01	102.47	
JH2	91.01		104.98
JH3	91.01	101.558	
JH4	91.01		96.8
JI1	120.47	122.956	
JI2	120.47		156.76

Peso molecular.

Para evaluar el peso molecular promedio de la celulosa del papel se procedió mediante la determinación viscosimétrica vía nitrato de celulosa la cual se llevó a cabo de la forma siguiente;

- I Nitración del papel.
- II Evaluación del % de nitración.
- III Determinación del peso molecular por viscosimetría del nitrato.

I Nitración del papel.

La finalidad de nitrar el papel, fue por la necesidad de obtener un compuesto soluble en algún disolvente, para determinar con esto su peso molecular, para ello se requirió de un buen agente nitrante, capaz de obtener un porcentaje de nitración alto con un mínimo de deterioro de la celulosa, siendo en este caso un método relativo de obtención de peso molecular. La mezcla nitrante se elaboró con ácido nítrico y pentóxido de fósforo en relación de 40 gramos por 100 ml de ácido. La nitración del papel se realizó a temperatura ambiente por 30 minutos de inmersión del papel en la mezcla nitrante. Posterior a la nitración se paso por 3 baños de una disolución de bicarbonato de sodio (5 gramos en 100 ml). por espacio de 5 minutos en cada baño, con la finalidad de neutralizar al ácido. Después se sometió a un lavado en agua destilada a temperatura de ebullición por espacio

de 20 minutos, retirado y puesto a secar, el nitrato de celulosa esta listo para los siguientes pasos.

II Evaluación del % de nitración.

El % de nitración se determinó por el método Kjeldal, este método proporciona el contenido de nitrógeno presente en un compuesto, descrito brevemente de la siguiente manera: En un matraz Kjeldal se agregan 0.075 de gramo de nitrato de celulosa y se adiciona 1 gramo de ácido salicílico y 30 ml de ácido sulfúrico concentrado, se calienta por 30 minutos en baño de agua hirviendo, fijando el grupo nitro como ácido nitrosalicílico, se deja enfriar y se le agrega 1 gramo de Zinc en polvo, reaccionando y quedando como nitrato de zinc agitandolo por 30 minutos. Transcurridos estos se somete a digestión con 10 gramos de sulfato de sodio agregados para elevar el punto de ebullición, y .05 de gramo de sulfato de cobre, que actua como clarificador, agregando sus piedras de ebullición, se deja en digestión por 2 hrs. hasta que la disolución se torne color verde claro y transparente entonces se deja durante 30 minutos más y se enfria tomando a un color blanco y sólido. El producto se transbasa a un matraz bola con 200 ml de hielo-agua y se neutraliza en baño de hielo bajo agitación, con un exceso de hidróxido de sodio y se destila en forma de amoniaco, es recibido en un vaso de precipitado de 250 ml el cual contiene 25 ml de ácido clorhídrico valorado .01 Normal con 4 gotas de indicador de fenoftaleina se destilan 200 ml totales y se titula con sosa .01 Normal y se calcula el porcentaje de nitración de la siguiente forma:

$$\% N_2 = \frac{(V_b - V_m) \cdot N \cdot 0.014 \cdot 100}{\text{peso de la muestra.}}$$

Donde:

V_b Volumen del blanco.

V_m Volumen de la muestra.

N Normalidad de la disolución titulante.

III Determinación del peso molecular.

Se pesan 2 gramos de nitrato de celulosa, se disuelven en acetona se transbasa a 4 tubos de ensaye previamente pesados y se les somete a centrifugación por espacio de 10 minutos; se pasa la disolución a un matraz aforado de 50 ml y se afora, se dejan secar los

tubos de ensaye y se pesan nuevamente, la diferencia se le descuenta al peso del nitrato de celulosa pesado originalmente; la disolución aforada cuenta ya con una concentración determinada. Se toman alícuotas de 2, 4, 6, 8, 10 13, y 15 ml de disolución concentrada y completada a 15 ml totales con acetona, se colocan en el viscosímetro capilar, del cual se toman las medidas del tiempo que tarda la disolución en atravesar dos líneas marcadas en el viscosímetro, de estas se obtienen 7 pares de datos de concentración y tiempo. Con la finalidad de evitar las fluctuaciones por evaporación de disolvente al efectuar las mediciones se colocó el viscosímetro en baño de agua donde se mantuvo al efectuar cada una de las mediciones reportadas. Se midió también el tiempo del comparativo que fue la acetona pura para cuyo valor depende directamente de la temperatura ambiente. Los promedios de tiempo registrados son resultado de 3 lecturas mínimo de tiempo tanto para el comparativo (acetona) como para cada una de las concentraciones.

A continuación se describen los cálculos de la muestra A original para la determinación de su peso molecular.

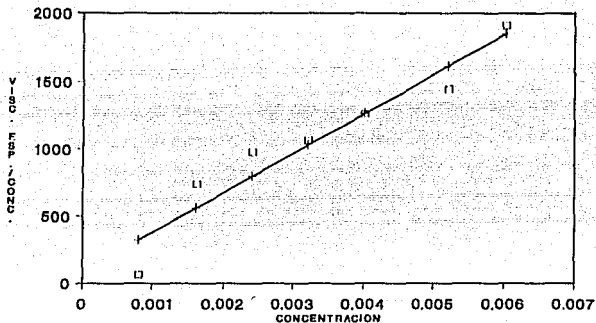
Tiempo promedio en segundos de la acetona pura (comparativo) = 62.3 seg.

Concentración g/ml	Tiempo	Visc. específica (T-Ts)/Ts	Visc.Esp./Conc.
.008024	93.5	.50802568	62.41308175
.016048	135.7	1.178170144	734.1538783
.024072	208.4	2.345104333	974.2041928
.032096	274.1	3.399678972	1059.222012
.04012	375.76	5.031460674	1254.102859
.052156	529.7	7.5024077	1438.455346
.06018	777.333	11.4772552	1907.154405

Construyendo una gráfica de la concentración vs visc.esp./conc., se obtiene una línea recta cuya ordenada al origen es el valor de viscosidad intrínseca,

PESO MOLECULAR POR VISCOSIMETRIA VIA NITRATO DE CELULOSA-ACETONA

MUESTRA: A Original



ECUACION DE LA RECTA $Y = 228735.3X + 387.9$

COEFICIENTE DE RELACION = 0.977

VISCOSIDAD REDUCIDA = 387.912

De la ecuación de Mark Howinks para el % de nitración del 12.% las constantes tienen un valor de $k = .0035$ y para alfa un valor de la unidad, por lo que la expresión queda representada como:

$$[\eta] = k + \alpha^M$$

en su forma logarítmica:

$$\log [\eta] = \log [k] + \alpha \log [M]$$

substituyendo:

$$\log [387.91] = \log [.0035] + 1 \cdot \log [M]$$

despejando.

$$M = 10 \log (.0035/387.91)$$

proporciona un valor de 110831 Daltons para la muestra de la hoja A original.

Los resultados de peso molecular promedio en Daltons, calculado por viscosimetría para la celulosa del papel son los siguientes:

CLAVE	P. M.	CLAVE	P.M.	CLAVE	P.M.
JA	110831	JA1	93489	JA3	80916
JB	98296	JB1	76734	JB3	90407
JC	51700	JC1	59175	JC3	53365
JD	44572	JD1	77325	JD3	76860
JE	66610	JE1	80928	JE3	56171
JF	103382	JF1	98861	JF3	90085
JG	84783	JG1	76610	JG3	80084
JH	80848	JH1	83020	JH3	67739
JI	69994	JI1	67350		

Relación peso-área.

Esta determinación se realizó pesando en balanza analítica el contenido de 10 rueditas de papel original y tratado con un área total aproximada de 3.09 cm², antes de ser pesado se sometía a un secado para eliminar toda humedad posible del papel. El peso, en gramos, fueron los siguientes.

clave	peso	clave	peso	clave	peso	clave	peso	clave	peso
JA	.01720	JA1	.01670	JA2	.01630	JA3	.01640	JA4	.01560
JB	.01440	JB1	.01480	JB2	.01730	JB3	.01660	JB4	.01630
JC	.01460	JC1	.01460	JC2	.01530	JC3	.01620	JC4	.01580
JD	.02100	JD1	.01800	JD2	.01750	JD3	.01600	JD4	.01520
JE	.01660	JE1	.01510	JE2	.01490	JE3	.01560	JE4	.01560
JF	.01530	JF1	.01500	JF2	.01530	JF3	.01440	JF4	.04420
JG	.02050	JG1	.01930	JG2	.01950	JG3	.01730	JG4	.01810
JH	.01780	JH1	.01900	JH2	.02220	JH3	.02160	JH4	.01980
JI	.02210	JI1	.02280	JI2	.02420				

RECUPERACION DEL COLOR EN EL PAPEL BLANQUEADO.

Los valores analizados para la recuperación del color en los documentos blanqueados se midieron, al igual que la densidad óptica, en el densitómetro, solo que las tiras fueron sometidas a un calentamiento de 75 °C por 30 días, con humedad no controlada, empleando para la medición la mascarilla antes descrita para los valores de densidad óptica y tomando en cuenta únicamente el valor promedio de la tira número 3.

A continuación se muestra la relación de datos obtenidos para la investigación de la recuperación del color del papel blanqueado, original y consolidado.

DATOS PARA EL ESTUDIO DE LA RECUPERACION EN EL COLOR

CLAVE TIRA	Original s/consol.	Blanq. s/consol.	Tratadas s/consol	Original c/consol.	Blanq. c/consol.	Tratadas c/consol.
JA1	.2483	.1800	.2167			
JA2				.2633	.1850	.2333
JA3	.2600	.1767	.2217			
JA4				.2217	.1533	.1933
JB1	.1833	.1383	.1850			
JB2				.1783	.1467	.0917
JB3	.1800	.1400	.1900			
JB4				.2200	.1550	.2150
JC1	.2883	.1850	.2517			
JC2				.2867	.2050	.2700
JC3	.3100	.1883	.2767			
JC4				.2233	.1567	.2167
JD1	.2717	.1850	.2500			
JD2				.2733	.1983	.2650
JD3	.2533	.1217	.1950			
JD4				.2200	.1383	.1983
JE1	.2350	.1650	.2083			
JE2				.2150	.1600	.2067
JE3	.2200	.1417	.1667			
JE4				.2350	.1700	.2167
JF1	.1667	.1233	.1683			
JF2				.1633	.1300	.1717
JF3	.1533	.1100	.1600			
JF4				.1567	.1317	.1717
JG1	.1267	.0967	.1400			
JG2				.1250	.1000	.1400
JG3	.1250	.0867	.1417			
JG4				.1217	.0917	.1383
JH1	.1767	.1300	.1950			
JH2				.1683	.1283	.1800
JH3	.1883	.1233	.1800			
JH4				.1733	.1483	.1900
JI1	.1367	.0983	.1450			
JI2				.1267	.1083	.1483

CAPITULO VII

ANALISIS DE RESULTADOS

El tratamiento estadístico de los resultados reportados en el capítulo anterior, fueron analizados usando un programa para computadora para el diseño de experimentos, el cual facilitó el estudio de las características medidas, este se dividió en dos experimentos por separado, para el proceso de blanqueo y para el de blanqueo y consolidado, representado en el análisis por las siguientes claves y fórmulas.

BLAN_O	Blancura original promedio (sin tratamiento).
BLAN_F	Blancura final promedio (tratadas).
RES_O	Resistencia original.
RES_F	Resistencia final.
DENS_O	Peso de 10 círculos (3.09 cm ²) de papel sin tratar.
DENS_F	Peso de 10 círculos (3.09 cm ²) de papel con tratamiento.
PM_O	Peso molecular viscosimétrico del original.
PM_F	Peso molecular viscosimétrico del tratado.
PH_O	Valor de pH del tramo de papel original.
PH_F	Valor de pH del tramo de papel tratado.
BLAN3_1	Densidad óptica del papel original empleando la tira 3.
BLAN3_2	Densidad óptica del papel tratado empleando la tira 3.
BLAN3_3	Densidad óptica del papel tratado y sometido a envejecimiento térmico por calentamiento a 75 grados centígrados por 30 días.

Para reportar los resultados y aproximarlos a un valor en % de cambio de valor con respecto a su original se emplearon las siguientes fórmulas:

$$BLAN = \% \text{ de blanqueo } (BLAN_O - BLAN_F) \cdot 100 / BLAN_O.$$

$$RET = \% \text{ de retención de la resistencia } (RES_F \cdot 100) / RES_O.$$

$$DENS = \% \text{ de retención de la densidad } (DENS_F \cdot 100) / DENS_O.$$

$$PM = \% \text{ de retención del peso molecular } (PM_F \cdot 100) / PM_O.$$

$$BLAN3 = \% \text{ de blanqueo de la tira 3 } (BLAN3_1 - BLAN3_2) \cdot 100 / BLAN3_1.$$

$$AM = \% \text{ de tendencia al amarillamiento o inestabilidad del blanqueo } [(BLAN3_2 - BLAN3_3 - BLAN3_2)] \cdot 100 / BLAN3_2 \text{ simplificando la fórmula tenemos, } 200 \cdot (BLAN3_3 / BLAN3_2) \cdot 100.$$

Empleando los resultados anotados en el capítulo anterior, aplicados al programa, proporcionaron ecuaciones acerca de cada una de las propiedades estudiadas.

Las gráficas para cada una de las ecuaciones se lograron para concentraciones de .025, .051, .0765, .102, .1275, .153, .1785, .204, .2295, .255, presentadas en la gráfica en concentración del 1 al 10 respectivamente.

La influencia del pH en el documento no se investigó, debido a que es de mayor importancia poseer el pH básico en la hoja, como se enfatizó anteriormente, para lograr la mayor duración del documento.

TRATAMIENTO CON PERÓXIDO (SIN CONSOLIDAR)

El modelo matemático que aproximó más a los resultados fue el cuadrático y las ecuaciones que representan la operación de blanqueo, con base en los factores controlados de concentración, temperatura y tiempo de inmersión en la disolución blanqueante, para cada una de las propiedades mensurables, son las siguientes.

BLANQUEO

La ecuación que representa el porcentaje de blanqueado es la siguiente:

$$\text{BLAN} = 39.973 \cdot 0.5741 \cdot \text{MN} - 0.8473 \cdot \text{ML} - 0.3893 \cdot \text{GRAD} + 0.014417 \cdot \text{MN} \cdot \text{ML} + 0.007600 \cdot \text{MN} \cdot \text{GRAD} + 0.06979 \cdot \text{ML} \cdot \text{GRAD} + 0.005581 \cdot \text{MN}^2 - 0.11917 \cdot \text{ML}^2 + 0.007262 \cdot \text{GRAD}^2$$

En el experimento se obtuvo un máximo de blanqueo con valor de 47.89, evaluado bajo las siguientes condiciones: 70 minutos a una concentración de .179 g/ml y 30 grados centígrados. Registrando las siguientes características:

47.9 BLAN.

61.97 RET.

78.2 DENS.

168 PM.

42.4 AM.

Por el método gráfico es posible observar en el plano formado, que tan sólo con el lavado es posible alcanzar una mejora importante para el blanqueo a temperatura de 10 °C y superada con el incremento de temperatura en el lavado. El blanqueo asimismo es más

efectivo cuando se lleva a temperaturas y tiempos de inmersión cada vez más altos es notorio el incremento que va de un 0.25 % de blanqueo por minuto esto para concentraciones bajas de peróxido y hasta un 0.5% en las altas esto a 10 °C (gráfica #1). Para los 20 °C es muy similar a concentraciones bajas con las que se obtiene una pendiente de 0.575% y en concentraciones altas de 0.475% . Para la temperatura de 30°C se obtiene que en el porcentaje de blanqueo en concentraciones altas por minuto de inmersión tiene un incremento de 0.55 % y del 0.4% en las bajas.

Esta ecuación se encuentra evaluada en las gráficas 1, 2, y 3, a 10, 20, y 30 grados centígrados respectivamente.

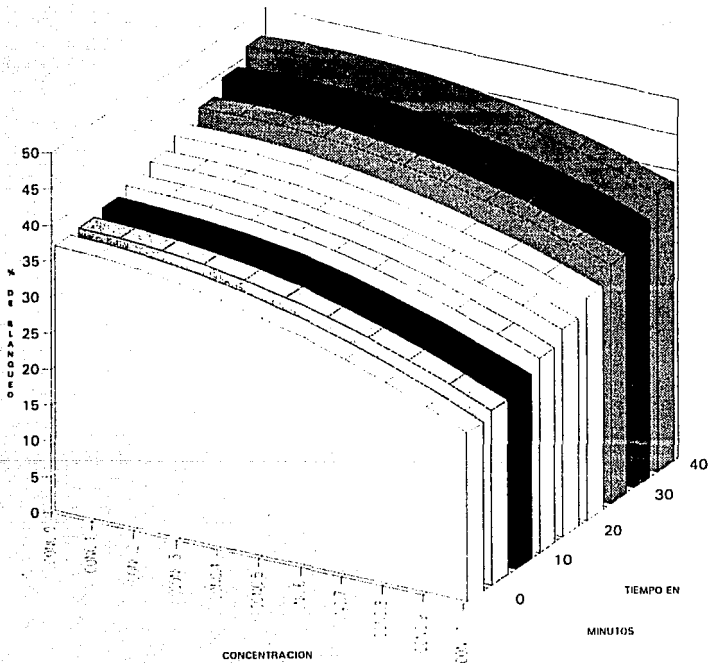
La desviación standard para este modelo es de 4.914

La variación con respecto a la media fue de 79.53 %

GRAFICA 1

% DE BLANQUEO

TEMPERATURA DE 10°C

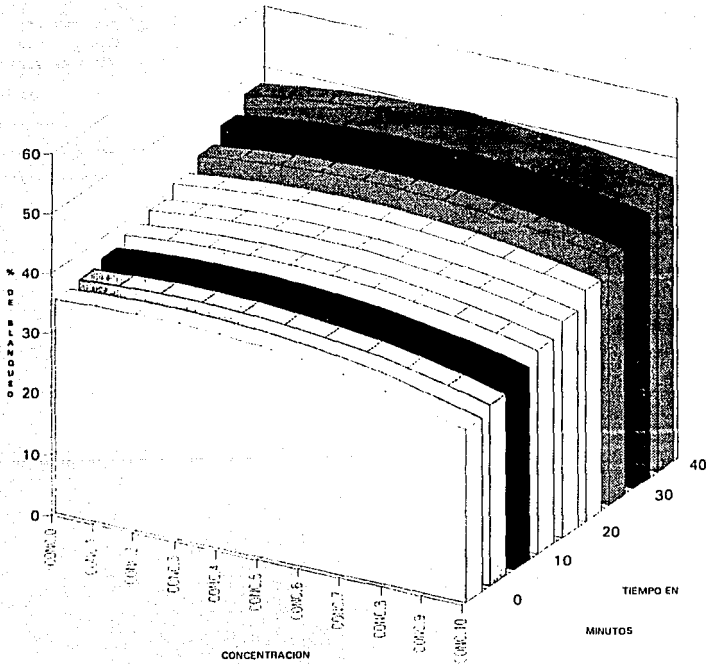


SIN CONSOLIDAR

GRAFICA 2

% DE BLANQUEO

TEMPERATURA DE 20°C

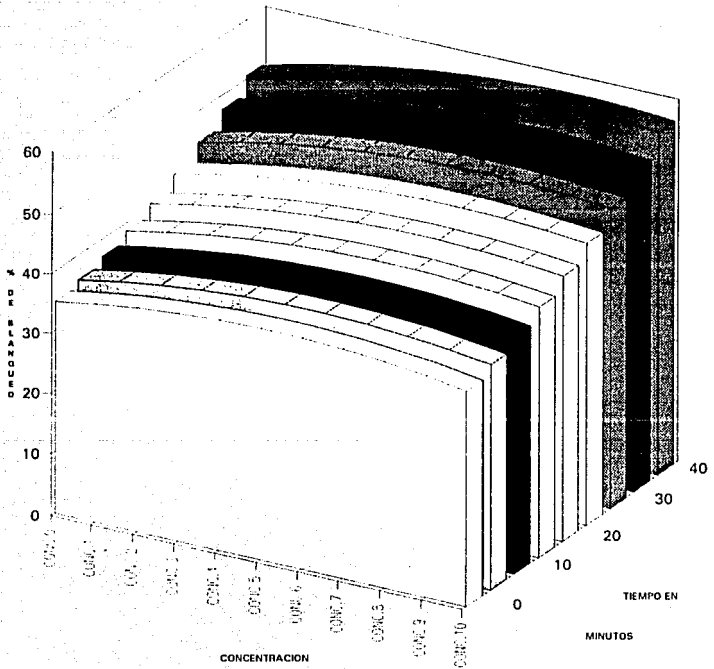


SIN CONSOLIDAR

GRAFICA 3

% DE BLANQUEO

TEMPERATURA DE 30°C



SIN CONSOLIDAR

RETENCION DE LA RESISTENCIA

La ecuación que representa esta propiedad es la siguiente:

$$\text{RET} = 74.15 + 2.3312 \cdot \text{MN} - 9.590 \cdot \text{ML} + 0.4397 \cdot \text{GRAD} + 0.05286 \cdot \text{MN} \cdot \text{ML} - 0.13110 \cdot \text{MN} \cdot \text{GRAD} - 0.5731 \cdot \text{ML} \cdot \text{GRAD} - 0.029067 \cdot \text{MN}^2 + 2.3461 \cdot \text{ML}^2 + 0.06039 \cdot \text{GRAD}^2$$

El máximo obtenido para esta propiedad fue calculado bajo la siguientes condiciones, 0°C, 0.179 g/ml. y un tiempo de inmersión en la disolución blanqueadora de 46.5 minutos

18.3 BLAN

185. RET

110 DENS

66.1 PM

42.6 AM

La expresión gráfica de la ecuación nos muestra como la retención de la resistencia producida por el blanqueo a bajas temperaturas es mayor; y al aumentar el tiempo de inmersión de la disolución blanqueadora esta propiedad resulta con un aumento del 3.5 al 3.75 % de incremento por minuto de inmersión a bajas y altas concentraciones respectivamente, para una temperatura de 10 °C. Para la temperatura de 20 °C 3.25 y 3.5 % para bajas y altas concentraciones, y para 30 °C de 3% en concentraciones bajas y 3.875 % en las altas est es por minuto de inmersión en la disolución blanqueadora.

Los valores reportados arriba del 100% se deben tanto al encojimiento que tiene la hoja con lo cual adquiere una mayor densidad al colapsarse y por la obtención de los datos de comparación que fueron tomados de la parte superior que se encontraba membretada y que probablemente afecto nuestros datos de comparación.

La mayor retención de la resistencia que se obtiene a temperaturas bajas, se logra con concentraciones altas y tiempos de inmersión altos, mientras que a temperaturas altas se obtiene con concentraciones bajas de agente blanqueador y tiempos altos de inmersión.

Las gráficas 4, 5, y 6 representan la anterior ecuación; son a 10 20 y 30 °C respectivamente para esta propiedad.

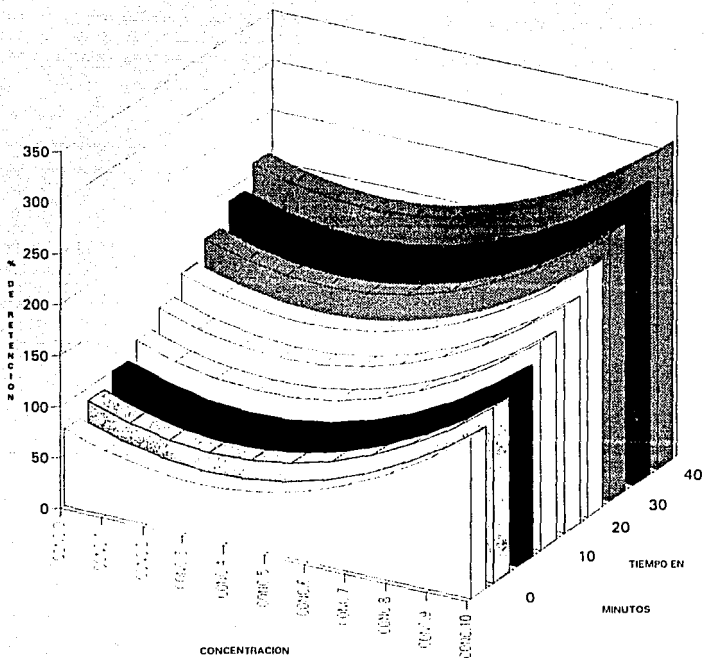
La desviación standard por regresión es de 18.48.

La desviación de la media es de 81.40%

GRAFICA 4

% DE RETENCION

TEMPERATURA DE 10°C

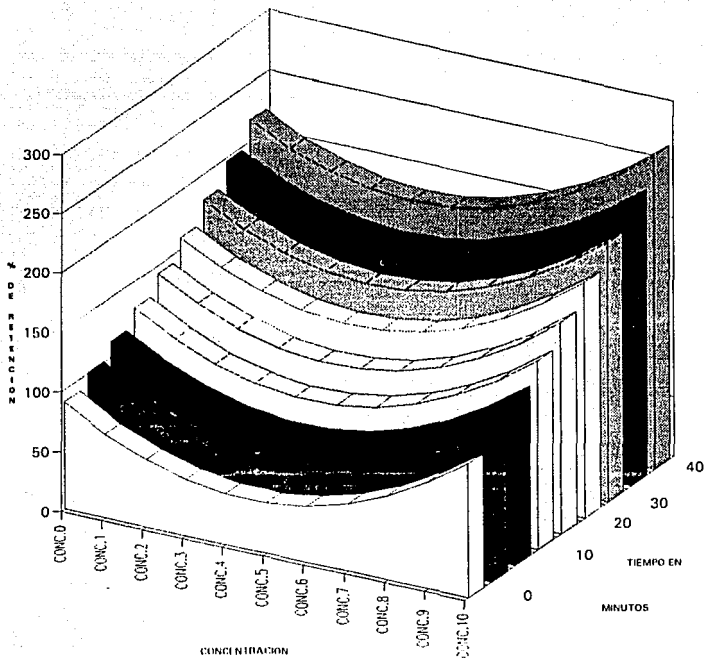


SIN CONSOLIDAR

GRAFICA 5

% DE RETENCION

TEMPERATURA DE 20°C

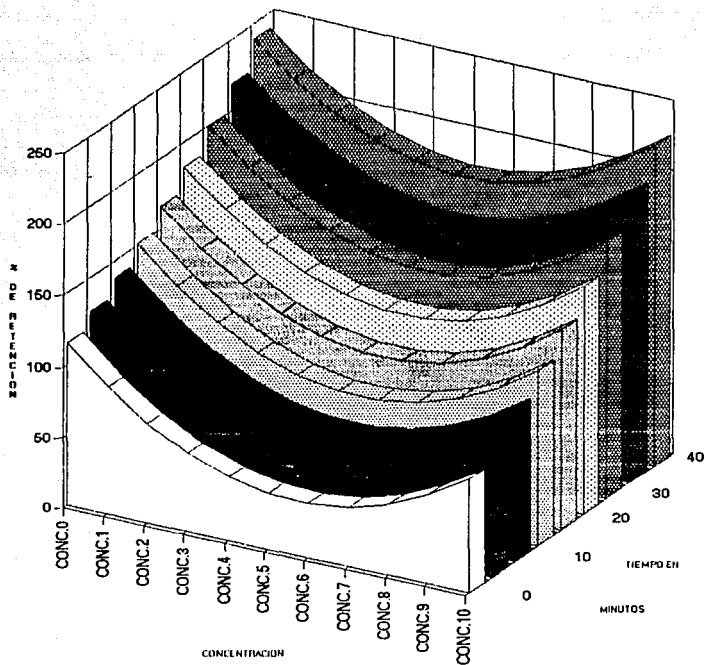


SIN CONSOLIDAR

GRAFICA 6

% DE RETENCION

TEMPERATURA DE 30 C



SIN CONSOLIDAR

RETENCION DE LA DENSIDAD (RELACION PESO - AREA).

El modelo que representa a esta característica es:

$$84.10 + 0.26890 \cdot MN + 1.5623 \cdot ML + 1.4988 \cdot \text{GRAD} - 0.008722 \cdot MN \cdot ML - 0.0026908 \cdot MN \cdot \text{GRAD} - 0.23070 \cdot ML \cdot \text{GRAD} + 0.0019961 \cdot MN^2 + 0.20150 \cdot ML^2 - 0.24832 \cdot \text{GRAD}^2.$$

Las condiciones en que se obtiene un valor máximo para la relación peso área de 110.3% es a 52.1 minutos con 0.179 g/ml de concentración con peróxido y 3 °C son las que a continuación se presentan:

18.7 BLAN

184 RET

110 DENS

69.6 PM

44.5 AM

Para la conservación de esta propiedad, se puede llevarla a cabo a temperaturas bajas con la probabilidad de que las partículas que se encuentran en el papel queden sin remover en la celulosa del papel, las cuales pueden quedar como partículas agregadas a la hoja actuando como relleno, incluyendo, polvos, productos de degradación de moléculas de celulosa, moléculas de carbonato de calcio, sulfito de sodio que no fueron removidas por los lavados provocando el aumento del peso de la hoja por unidad de área.

El medio gráfico de la ecuación para esta propiedad muestra el efecto tan grande que tiene la temperatura en la medición de la relación peso-área; es posible distinguir como la concentración del agente blanqueador y la temperatura provoca una disminución de un 27.45% a 20 °C hasta un 117.6% por cada .1 g/l de peróxido para los 30 °C.

Las gráficas 7, 8 y 9 representan la anterior ecuación son a 10 20 y 30 °C respectivamente:

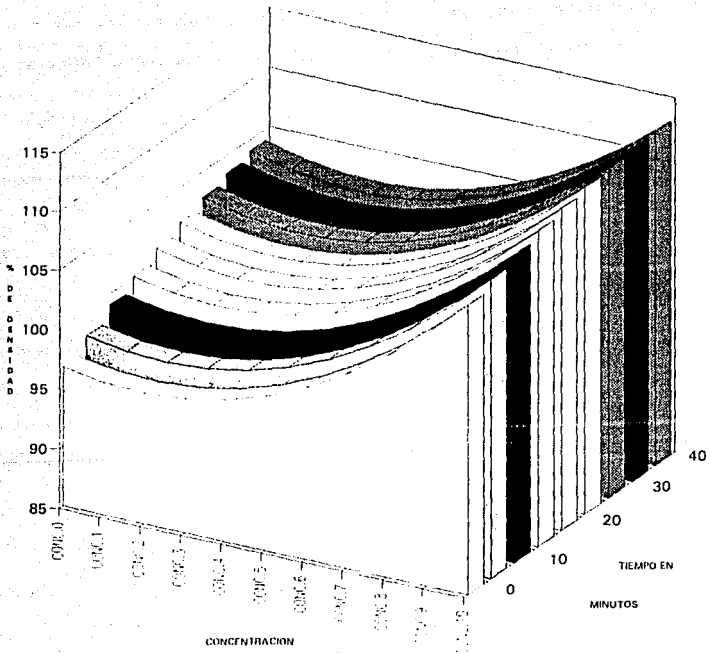
La desviación standard de esta característica es de 11.45

la variación alrededor de la media es de 55.37%

GRAFICA 7

% DE DENSIDAD

TEMPERATURA DE 10°C

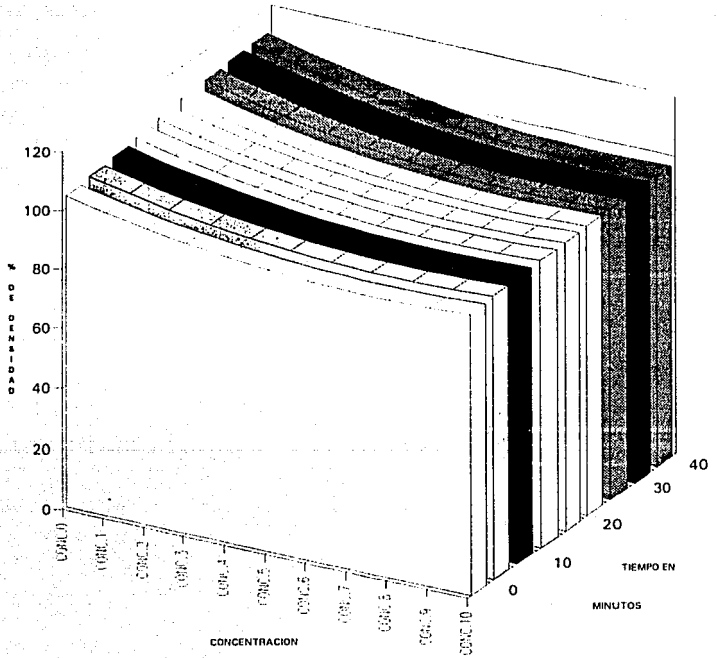


SIN CONSOLIDAR

GRAFICA 8

% DE DENSIDAD

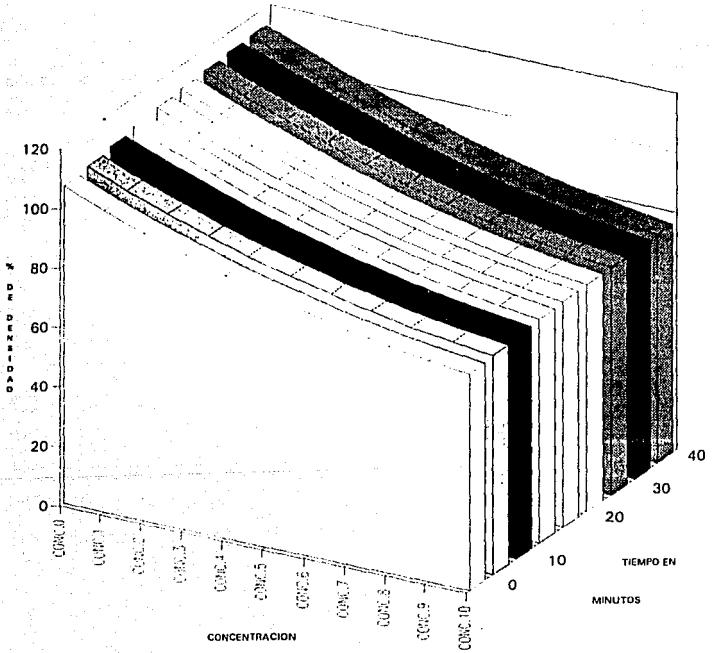
TEMPERATURA DE 20°C



SIN CONSOLIDAR

% DE DENSIDAD

TEMPERATURA DE 30°C



SIN CONSOLIDAR

PESO MOLECULAR

La expresión evaluada por el programa para el peso molecular es la siguiente:

$$\begin{aligned} \text{PM} = & 101.08 - 1.2455 \cdot \text{MN} - 5.580 \cdot \text{ML} + 0.4126 \cdot \text{GRAD} + 0.04925 \cdot \text{MN} \cdot \text{ML} - 0.005690 \cdot \\ & \text{MN} \cdot \text{GRAD} + 0.3676 \cdot \text{ML} \cdot \text{GRAD} + 0.015397 \cdot \text{MN}^2 + 0.25863 \cdot \text{ML}^2 + 0.003790 \cdot \\ & \text{GRAD}^2 \end{aligned}$$

El valor máximo de retención del peso molecular se registro en 70 minutos con 0.179 g/ml de peróxido y a 30 °C con los valores mostrados de las siguientes características.

47.7 BLAN

61.9 RET

78.2 DENS

168 PM

42.4 AM

Las ecuaciones logradas para el peso molecular a las diferentes temperaturas dan una idea de la poca degradación de la celulosa llevada a cabo por este método. Es bueno recordar que aunque no se aprecia variación significativa en el peso molecular, lo que se obtiene es un promedio del peso de un número de moléculas, por lo que no se descarta la degradación. El porcentaje del peso molecular retenido es similar al que contenía antes del proceso y que a estas concentraciones no se ve significativamente modificado, siendo menor su disminución a temperaturas bajas, a 10 °C la disminución con respecto al tiempo (0 - 40 minutos) baja de un 0.725% por cada minuto dentro de la disolución blanqueante para concentraciones bajas y de un 0.2% por minuto para las altas, a 20 °C existe un 0.75% por minuto a bajas concentraciones y un 0.3% por minuto para las altas y por ultimo para los 30 grados muestra una disminución del 0.9% a bajas concentraciones y del 0.4% por minuto en altas.

La obtención de los valores por arriba del 100 % se debe a que el peso molecular comparativo (original sin tratamiento) se tomo de la parte superior de la hoja que tanto al no ser homogénea la distribución de la celulosa a lo largo de la hoja, aunado a la degradación de las hojas en las áreas periféricas provocan que en algunos casos el peso molecular se encuentre por encima del original.

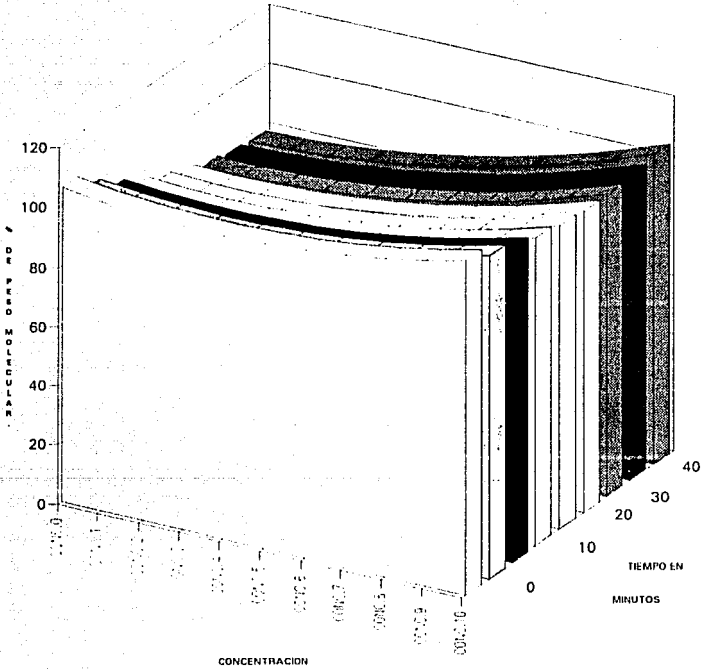
Las gráficas 10, 11, y 12 representan la anterior ecuación, son a 10 20 y 30 grados centígrados respectivamente para esta propiedad.

La desviación standard de esta característica es de 19.81

La variación alrededor de la media es de 79.73%

% DE PESO MOLECULAR.

TEMPERATURA DE 10°C

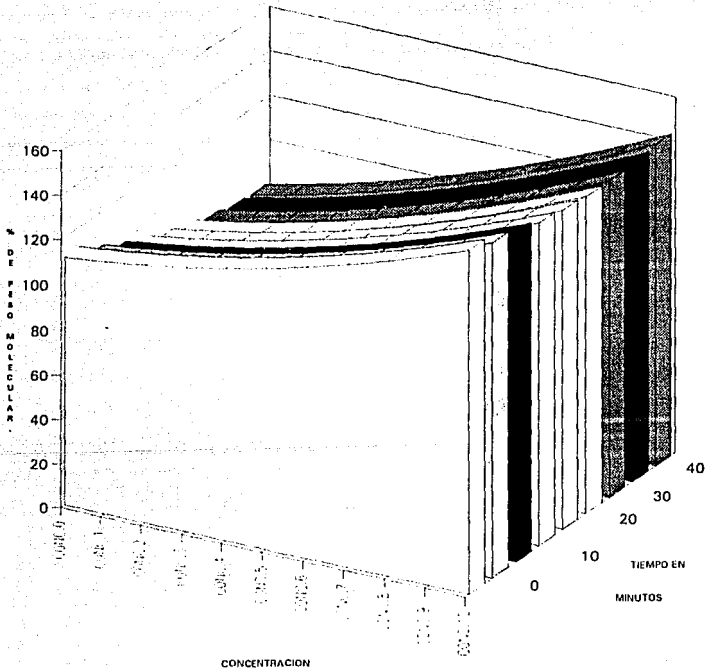


SIN CONSOLIDAR

GRAFICA 11

% DE PESO MOLECULAR.

TEMPERATURA DE 20°C

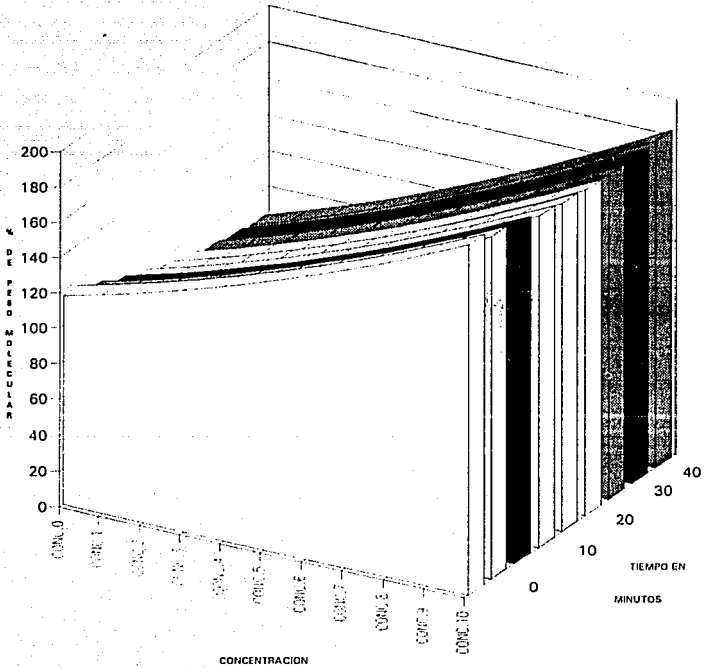


SIN CONSOLIDAR

GRAFICA 12

% DE PESO MOLECULAR.

TEMPERATURA DE 30°C



SIN CONSOLIDAR

RECUPERACION DEL COLOR (INESTABILIDAD DEL BLANQUEO)

La ecuación que representa el fenómeno fue la siguiente :

$$\text{AM} = 91.010 - 1.7292 \cdot \text{MN} - 2.1599 \cdot \text{ML} + 1.7139 \cdot \text{GRAD} - 0.015444 \cdot \text{MN} \cdot \text{ML} - 0.008963 \cdot \text{MN} \cdot \text{GRAD} + 0.03421 \cdot \text{ML} \cdot \text{GRAD} + 0.022048 \cdot \text{MN}^2 + 0.09038 \cdot \text{ML}^2 - 0.06355 \cdot \text{GRAD}^2$$

El valor máximo de inestabilidad del blanqueo (79.88) se registro en 70 minutos con 0.025 g/ml de peróxido y a 8.81 grados centígrados con los siguientes valores de las siguientes características.

29.6 BLAN

79. RET

102 DENS

91.1 PM

79.9 AM

Los resultados para la inestabilidad en el blanqueo resulta sorprendente debido a que la tendencia a la recuperación en el color alcanza valores muy altos para nuestro experimento dado que este llega a ser para el blanqueo efectuado a 10 °C la disminución en la blancura es de 0.95% a concentraciones bajas de peróxido y del 1.1% por minuto de blanqueo en concentraciones altas. Para los 20 °C la regresión en el color es más fuerte alcanzando el 1% por cada minuto de blanqueo en concentraciones bajas y del 1.225% para las altas. En los 30 °C del 1.125% para las bajas y hasta un 1.3% de regresión en el color por cada minuto de blanqueo.

Las gráficas 13, 14, y 15 representan la anterior ecuación, y muestran el comportamiento de esta característica del papel, a 10 20 y 30 grados centígrados respectivamente para esta propiedad.

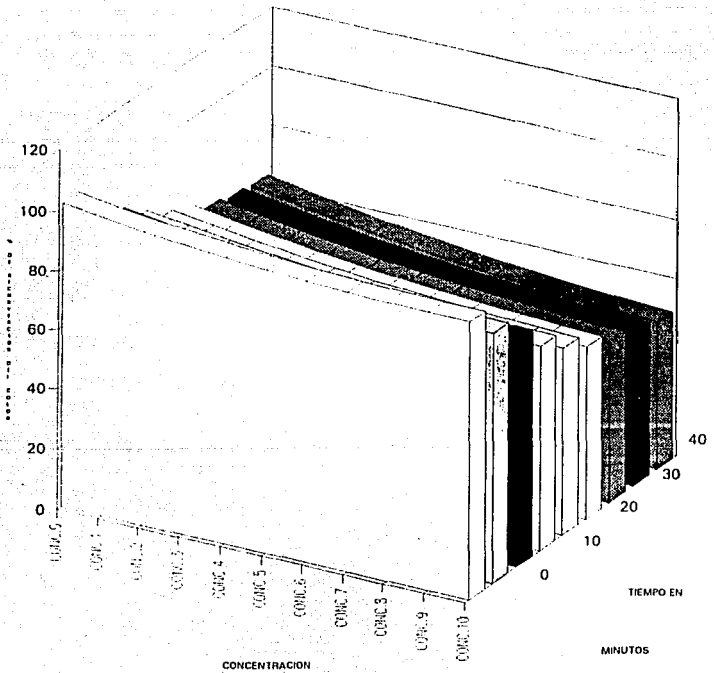
La desviación standard de esta característica es de 4.288.

La variación alrededor de la media es de 95.13%

GRAFICA 13

% DE INESTABILIDAD DEL BLANQUEO

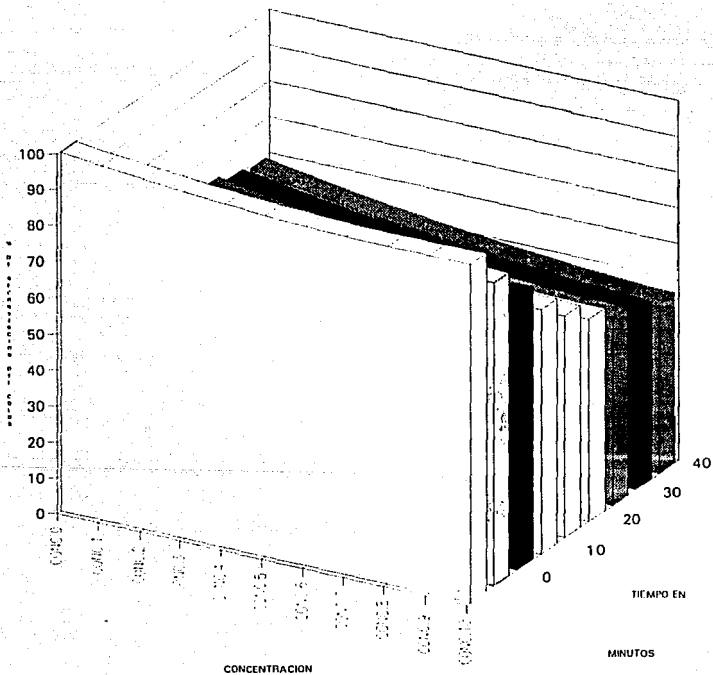
TEMPERATURA DE 10°C



SIN CONSOLIDAR

% DE INESTABILIDAD DEL BLANQUEO

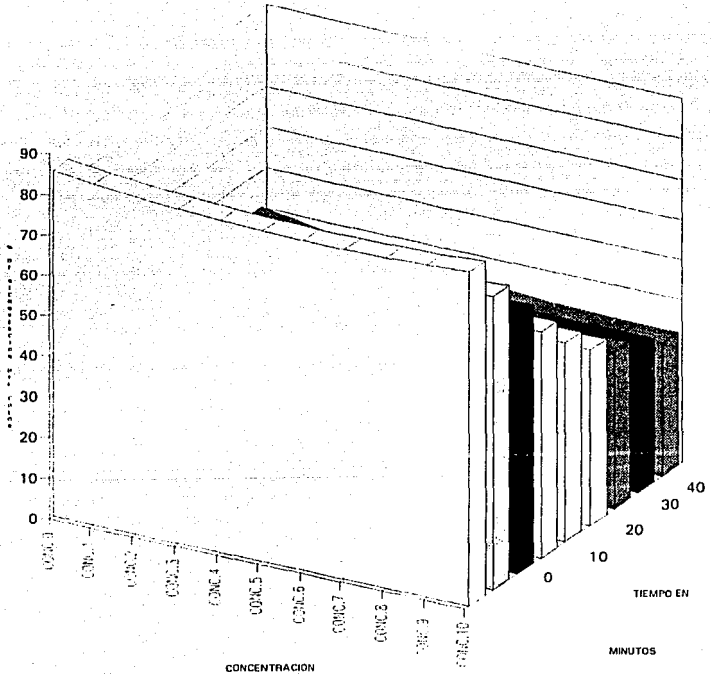
TEMPERATURA DE 20°C



SIN CONSOLIDAR

% DE INESTABILIDAD DEL BLANQUEO

TEMPERATURA DE 30°C



SIN CONSOLIDAR

TRATAMIENTO CON PERÓXIDO Y CONSOLIDACION

Al igual que el tratamiento sin consolidar, se aproximó al modelo cuadrático y las ecuaciones que representarán al experimento fueron las siguientes:

BLANQUEO

La ecuación que representa el porcentaje de blanqueado es la siguiente:

$$\text{BLAN} = 40.180 - 0.5880 \cdot \text{MN} - 1.97850 \cdot \text{ML} - 0.737 \cdot \text{GRAD} + 0.015375 \cdot \text{MN} \cdot \text{ML} + 0.0010497 \cdot \text{MN} \cdot \text{GRAD} + 0.07066 \cdot \text{ML} \cdot \text{GRAD} + 0.006935 \cdot \text{MN}^2 - 0.03877 \cdot \text{ML}^2 + 0.020042 \cdot \text{GRAD}^2$$

En el experimento se obtuvieron un máximo de blanqueo con valor de 37.89 evaluado bajo las siguientes condiciones: 70 minutos a una concentración de .179 g/ml y 30 °C.

Registrando las siguientes características:

37.8 BLAN.

107 RET.

93.2 DENS.

168 FM.

56.6 AM.

Las gráficas que representan la expresión de la ecuación obtenida para el porcentaje de blanqueo con hojas tratadas y consolidadas muestran las variaciones con respecto a las tres variables en las que se identificarán, los cambios siguientes en la propiedad medida, a una temperatura de 10°C (gráfica #16) se obtiene un abatimiento en la blancura de las hojas blanqueadas y consolidadas que va de un 0.3% por minuto de blanqueo y de 0.125% para concentraciones de blanqueo bajas y altas respectivamente. Para los 20 °C se obtiene un incremento substancial con el consolidado de 0.25% por minuto de blanqueo y un 0.3375% para concentraciones bajas y altas respectivamente y por ultimo a la temperatura de 30 °C se obtiene una disminución de esta propiedad en un 0.4% para las concentraciones bajas y de un 0.15% para las altas, esta disminución esta relacionada de acuerdo al tiempo ocupado en el blanqueo y en la cantidad de porcentaje de blanqueo que haya sido alcanzada.

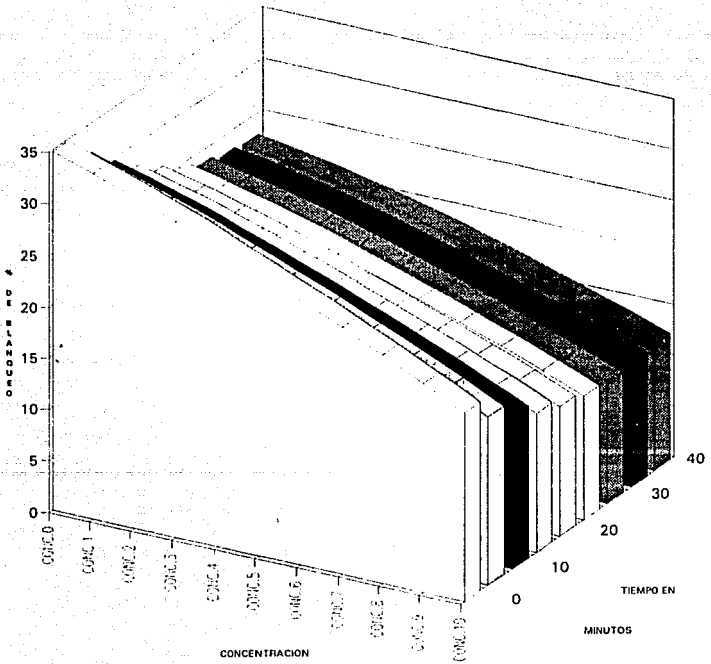
Esta expresión se encuentra mostrada por las gráficas 16, 17 y 18, a 10, 20, y 30 grados centígrados respectivamente.

La desviación standard por este modelo es de 3.645

La variación con respecto a la media fue de 85.65 %

% DE BLANQUEO

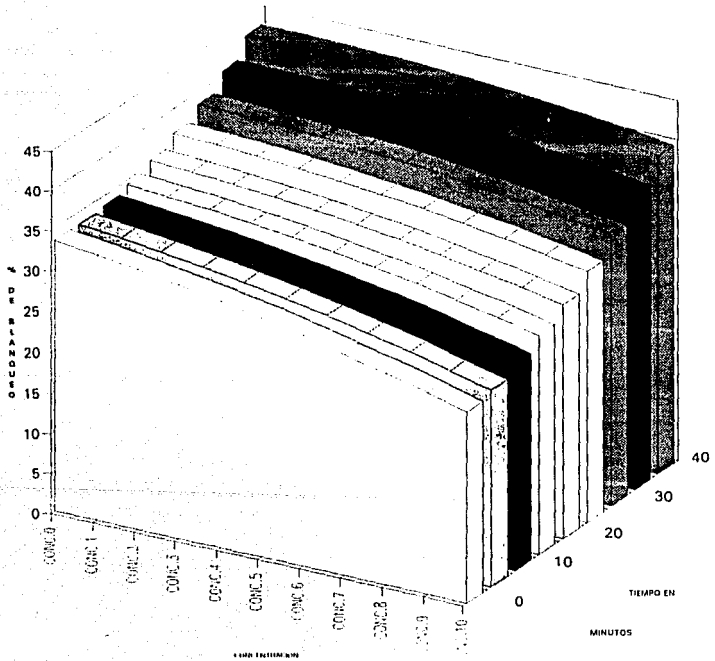
TEMPERATURA DE 10°C



CONSOLIDADO

% DE BLANQUEO

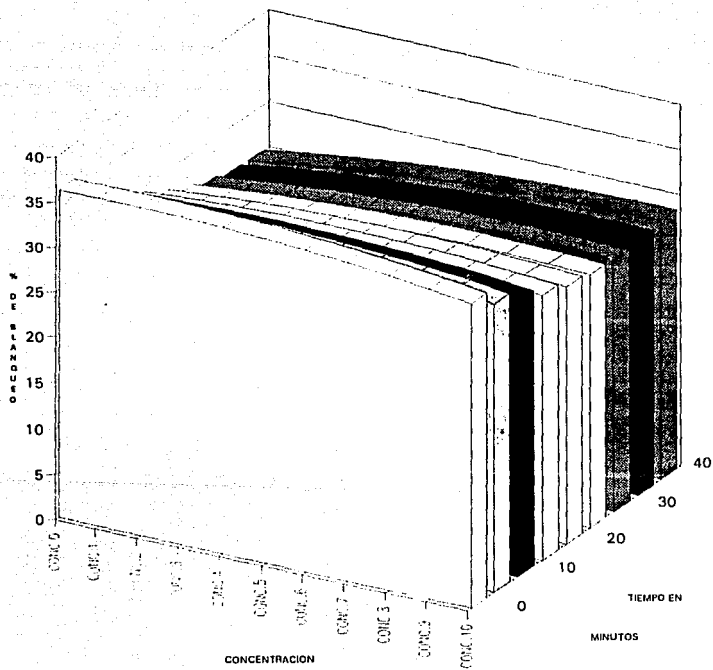
TEMPERATURA DE 20°C



CONSOLIDADO

% DE BLANQUEO

TEMPERATURA DE 30°C



CONSOLIDADO

ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

RETENCION DE LA RESISTENCIA

La ecuación que representa esta propiedad es la siguiente:

$$\text{RET} = 169.17 \cdot 0.07822 \cdot \text{MN} - 19.821 \cdot \text{ML} - 1.2677 \cdot \text{GRAD} + 0.4336 \cdot \text{MN} \cdot \text{ML} + 0.04577 \cdot \text{MN} \cdot \text{GRAD} - 1.1964 \cdot \text{ML} \cdot \text{GRAD} + 0.0019060 \cdot \text{MN}^2 + 4.6017 \cdot \text{ML}^2 + 0.07631 \cdot \text{GRAD}^2$$

En el experimento se obtuvieron las características siguientes a un valor máximo de retención de 251.3 con 10 minutos de inmersión 0.179 g/ml de peróxido y 0°C.

20.3 BLAN

251 RET

128 DENS

67.3 PM

65.1 AM

Es notable que en una hoja blanqueada y consolidada produce una estabilidad en el perfil de respuesta de su resistencia a diferencia de la hoja unicamente blanqueada. Para esta propiedad se muestra como afecta de manera notable un blanqueo a 30 °C sobre la resistencia, logrando con el consolidado solo hacer mas estable y uniforme la resistencia en la hoja actuando la carboximetilcelulosa como disolvente de los grupos carboxilicos, carbonilicos, y sustancias afines, presentes en la hoja, siendo estos removidos de la hoja al momento del consolidado, y actuando éste como relleno, logrando con esto, la estabilidad que tanto se busca durante la restauración obteniendo un mayor tiempo de vida de la hoja de papel sobre la cual se elabora el documento coudyubando a evitar la inestabilidad en el blanqueo..

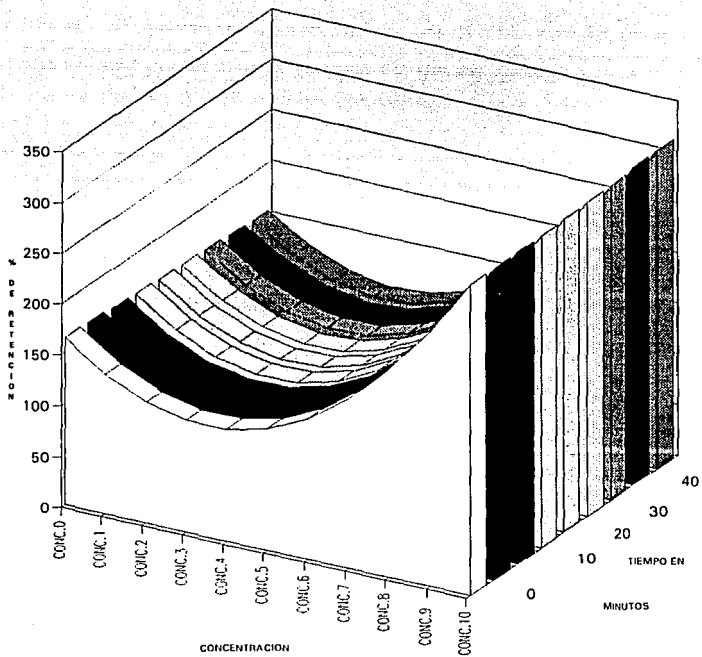
Las gráficas 19, 20 y 21, representan el comportamiento del % de retención y el comportamiento con nuestras tres variables la anterior ecuación esta evaluada a 10 20 y 30 grados centígrados respectivamente.

La desviación standard por regresión es de 34.50.

La desviación de la media es de 81.90%

% DE RETENCION

TEMPERATURA DE 10°C

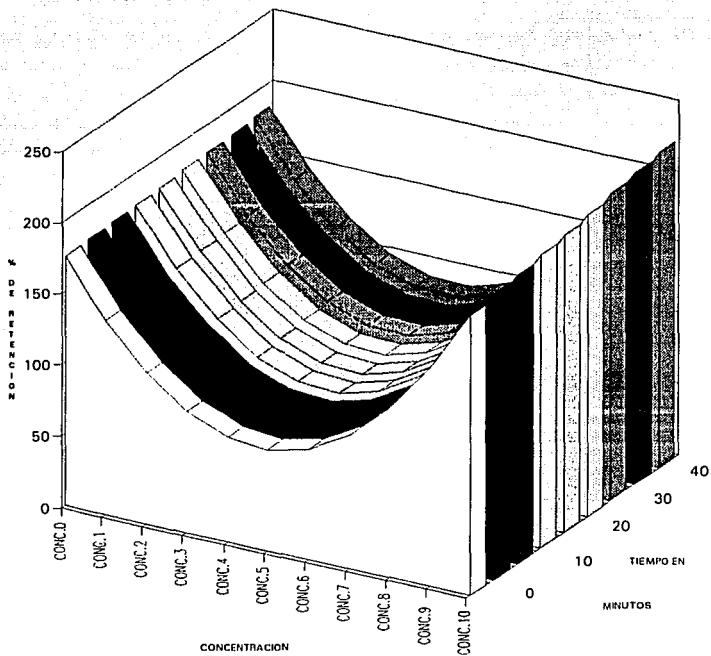


BLANQUEADO Y CONSOLIDADO

GRAFICA 20

% DE RETENCION

TEMPERATURA DE 20°C

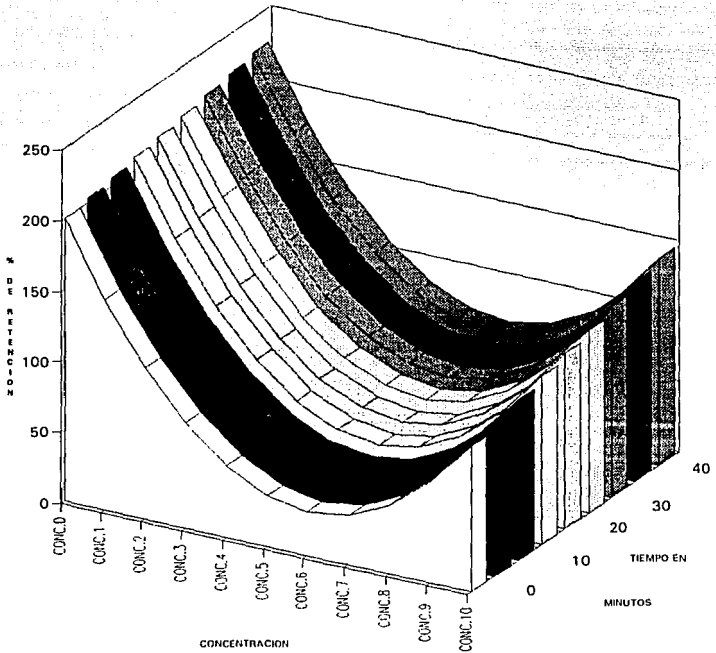


BLANQUEADO Y CONSOLIDADO

GRAFICA 21

% DE RETENCION

TEMPERATURA DE 30°C



BLANQUEADO Y CONSOLIDADO

RETENCION DE LA DENSIDAD.

El modelo que representa a esta característica es:

$$\text{RET} = 51.29 + 3.7996 \cdot \text{MN} - 40.186 \cdot \text{ML} + 8.786 \cdot \text{GRAD} - 0.023877 \cdot \text{MN} \cdot \text{ML} + 0.0010451 \cdot \text{MN} \cdot \text{GRAD} - 0.3760 \cdot \text{ML} \cdot \text{GRAD} - 0.04746 \cdot \text{MN}^2 + 6.652 \cdot \text{ML}^2 - 0.23471 \cdot \text{GRAD}^2.$$

Las condiciones que se obtienen a un valor máximo para la densidad de 206.3% a 38.4 min con 0.179 g/ml de peróxido y 13.2 °C son las que a continuación se presentan:

17 BLAN
150 RET
206 DENS
99.9 PM
66.7 AM

Por lo que respecta al porcentaje de densidad (relación peso-área) se observa que la influencia del consolidado en el porcentaje de aumento de peso solo se lleva a cabo en algunos casos dado que en otros, la disolución de las partículas orgánicas presentes en la celulosa por parte de nuestro consolidante son muy importantes ya que en algunos casos esta disminución de compuestos es equivalente en peso al que debería haber sido acumulado con la adición del consolidante.

Las gráficas 22, 23, y 24, representan el perfil de respuesta para la anterior ecuación a 10, 20 y 30 °C respectivamente para esta propiedad.

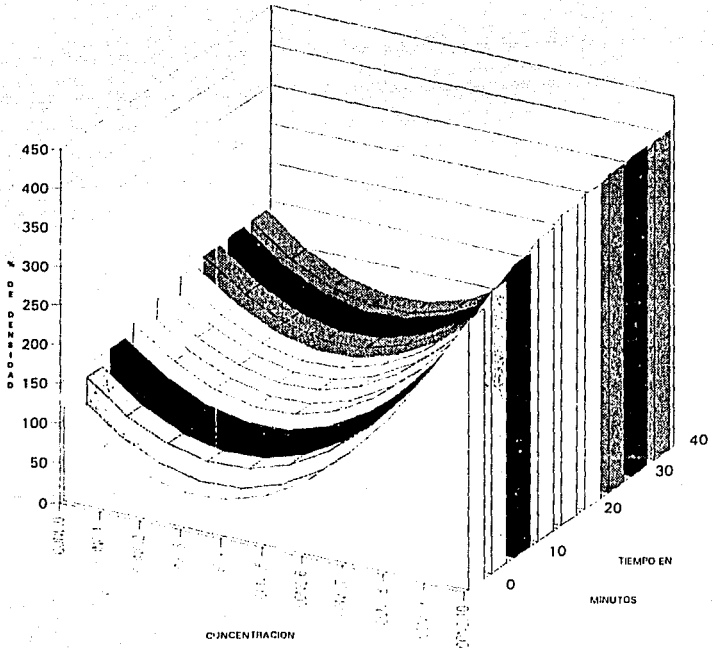
La desviación standard de esta característica es de 46.51.

la variación alrededor de la media es de 58.55%

GRAFICA 22

% DE DENSIDAD

TEMPERATURA DE 10°C

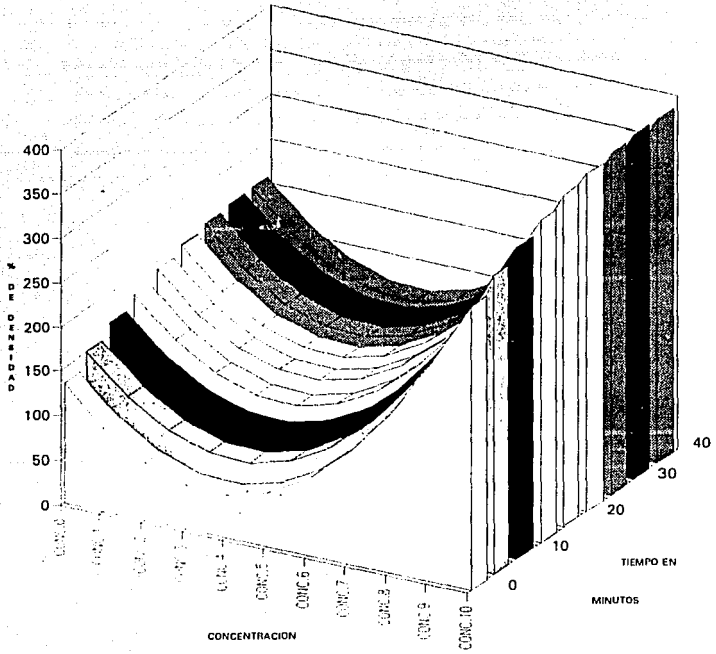


BLANQUEADO Y CONSOLIDADO

GRAFICA 23

% DE DENSIDAD

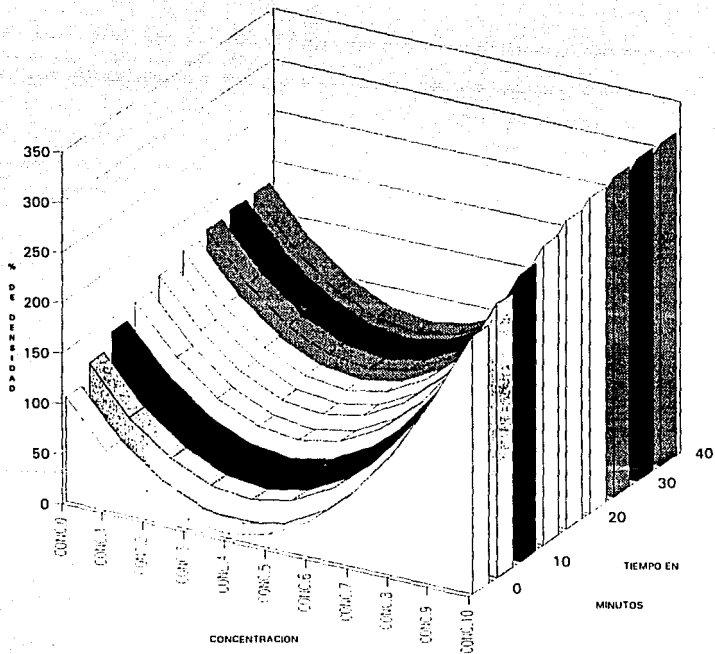
TEMPERATURA DE 20°C



BLANQUEADO Y CONSOLIDADO

% DE DENSIDAD

TEMPERATURA DE 30°C



BLANQUEADO Y CONSOLIDADO

RECUPERACION DEL COLOR

La ecuación que represento el fenomeno fue la siguiente :

$$\begin{aligned} AM = & 79.24 \cdot 0.6268 \cdot MN - 4.4737 \cdot ML + 1.4596 \cdot GRAD - 0.015583 \cdot MN \cdot ML - 0.0026873 \cdot \\ MN \cdot GRAD + & 0.029293 \cdot ML \cdot GRAD + 0.008073 \cdot MN^2 + 0.484 \cdot ML^2 - 0.05267 \cdot \\ & GRAD^2. \end{aligned}$$

El valor máximo de inestabilidad del blanqueo (79.78) se registro en 10 minutos con 0.025 g/ml de peróxido y a 13.9 °C con los siguientes valores de las siguientes características.

27.9 BLAN

134 RET

122 DENS

96 PM

79.8 AM

Con la expresión matemática obtenida es posible observar como con el consolidado se logra una estabilidad de la hoja en cuanto al porcentaje de recuperación, en comparación con las no consolidadas en las cuales, la inestabilidad en el blanqueo es alta.

En el consolidado se reduce su blancura en un 20% a temperaturas de 10 y 20 °C con poco tiempo de blanqueo, siendo este incremento elevado hasta un 38% a tiempos altos de blanqueo, siendo este disminuido en un 5% por cada minuto de blanqueo, y de un 30% de disminución de la blancura inicial hasta la perdida de un 50% provocando una disminución del 10% por cada minuto de inmersión en la disolución blanqueante, en comparación con el obtenido para las hojas sin consolidar las cuales presentan una drastica disminución de su blancura con el tiempo de blanqueo que van de un 40% (10% por cada minuto de blanqueo) aproximado para los 10 grados centigrados, hasta un 60% (15% por minuto de blanqueo) para los 30 °C.

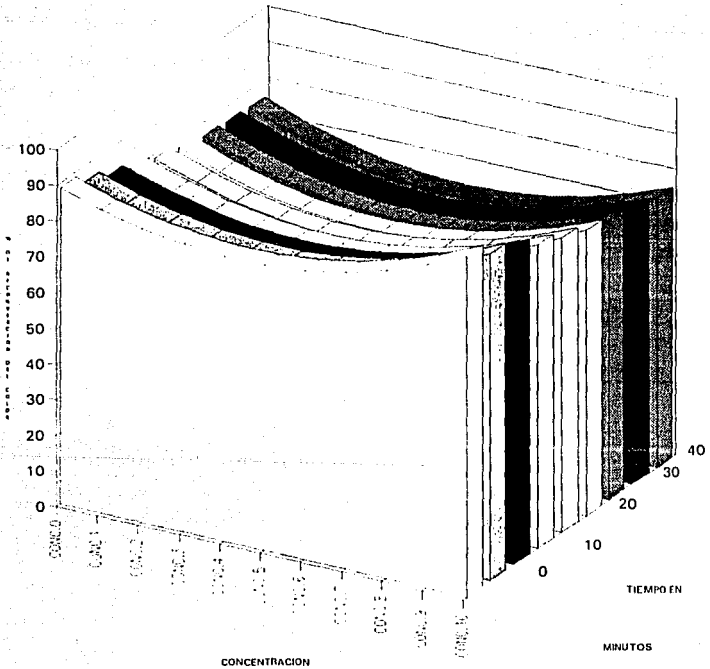
Las gráficas 25, 26 y 27, representan la anterior ecuación, son a 10 20 y 30 °C para esta característica.

La desviación standard de esta característica es de 4.196.

La variación alrededor de la media es de 83.68%.

% DE INESTABILIDAD DEL BLANQUEO

TEMPERATURA DE 10°C

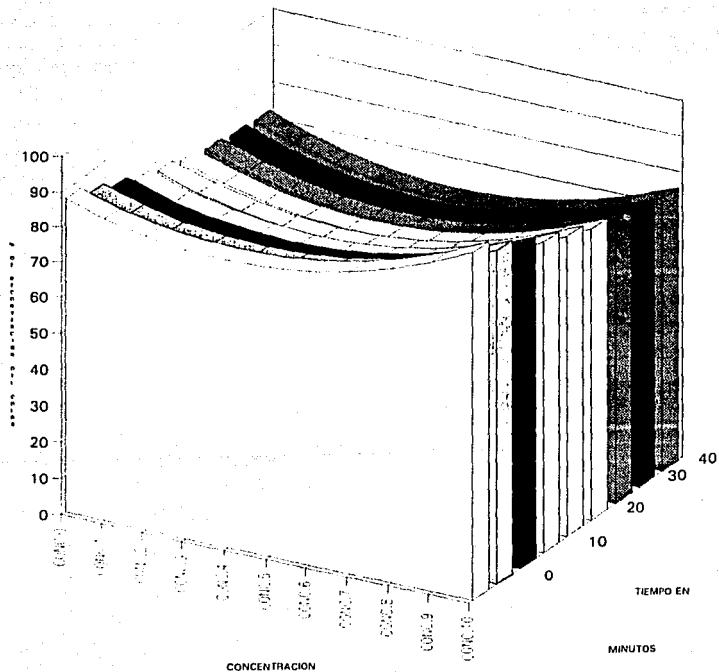


BLANQUEADA Y CONSOLIDADA

GRAFICA 26

% DE INESTABILIDAD DEL BLANQUEO

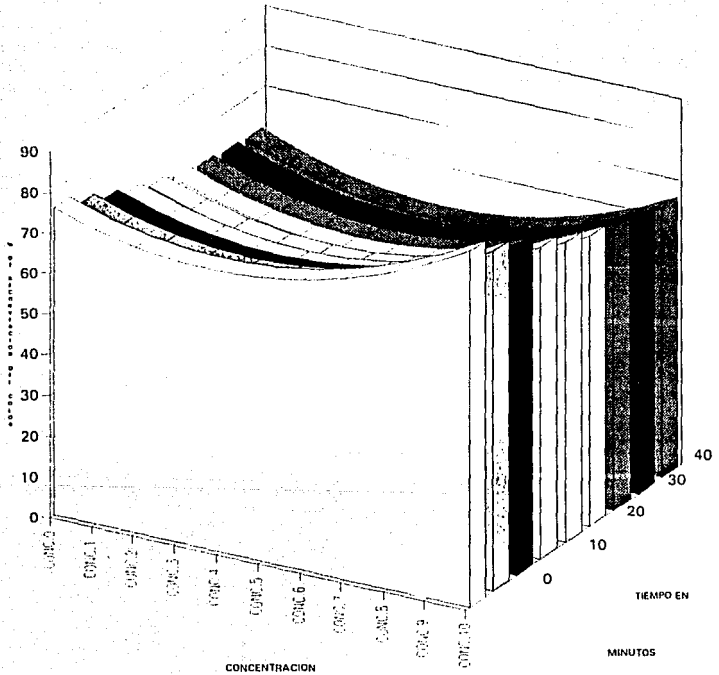
TEMPERATURA DE 20°C



BLANQUEADA Y CONSOLIDADA

% DE INESTABILIDAD DEL BLANQUEO

TEMPERATURA DE 30°C



BLANQUEADA Y CONSOLIDADA

CAPITULO VIII

CONCLUSIONES

Con base al trabajo descrito y lo aprendido durante la realización de este: me es posible concluir lo siguiente:

Este método muy empleado debido a su efectividad y de relativa facilidad para realizarlo, presenta como principal ventaja, que puede ser aplicado de manera selectiva y no dejar trazas de reactivo en el documento, que provoquen una degradación o coloración posterior al blanqueo. Aunque, como regla de seguridad resulta recomendable que un documento que aún permenezca legible, no se someta a blanqueo por ningún método, debido a que estará en condiciones adversas y agentes oxidantes fuertes, evitando con esto los posibles accidentes que puedan provocarle un daño irreparable, a este y que están latentes al someterlo a manejo fuera de su almacenaje.

Así mismo antes de someter cualquier tipo de papel a restauración y blanqueo, deberá ser sometido a la técnica de lavado con agua desionizada a 30 °C, a fin de evitar agentes tales como el cloro y el fierro u otros, que puedan afectar el tiempo de vida con su presencia, y verificar si tan sólo con el lavado se proporciona una mejora importante en el aspecto del documento, en caso de no ser indispensable el blanqueo, proceder a su consolidación. El método de blanqueo no resulta apropiado para documentos con tintas solubles en agua. Los documentos coloridos o con tintas solubles en agua, que deberán ser blanqueados, ya sea de forma total o parcial, deben ser recubiertos en la tinta o colores. En algunos casos se emplea una disolución de nitrato de celulosa-acetona esta última al evaporarse deja una capa protectora del nitrato y se puede someter al blanqueo, después esta capa puede ser desprendida o removida con un baño superficial de acetona, o bien otra forma de realizar el blanqueo es con un isopo impregnado con la disolución y llevarlo a cabo de manera parcial tramo por tramo. El presente estudio no resulta conveniente generalizarlo para todos los tipos de documentos antiguos y mucho menos los recientes, debido a que como se mencionó, cada uno de ellos, puede presentar múltiples características, tanto de elaboración, como de degradación; resulta conveniente que el presente estudio se generalizará sólo para los documentos realizados con celulosa procedente de lino o algodón con fecha de elaboración de alrededor de 1820 (fecha aproximada de elaboración de las hojas con las que se realizó el estudio, siendo estas de procedencia española y francesa).

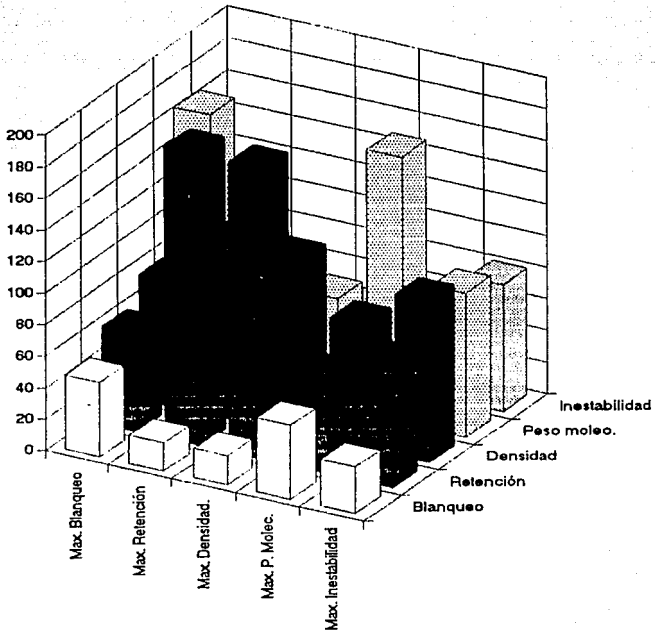
Se notó que existe una degradación de mayor a menor que va de de los contornos de la hoja hacia su centro generada por los contactos con los diversos agentes de degradación, así como por el tiempo de uso que se le dio al documento.

La disolución de peróxido estabilizada, deberá ser utilizada en un lapso máximo de 3 horas posterior a su preparación, con la finalidad de evitar la descomposición en oxígeno en la hoja y asegurar su concentración, es recomendable la reposición de la misma del peróxido la cual es (en condiciones de 30 °C y 0.179 g/l de peróxido), agotada en un 5% por hoja por lo que se hace necesario reponer su concentración para evitar fluctuaciones mayores en el margen de respuesta expuesto por la inferencia estadística proporcionada por el diseño de experimentos y obtener una homogeneidad en el blanqueo de todo el documento.

Las gráficas siguientes muestran los perfiles de respuesta en los que se obtuvieron los máximos valores y la interacción que guardan con las otras propiedades.

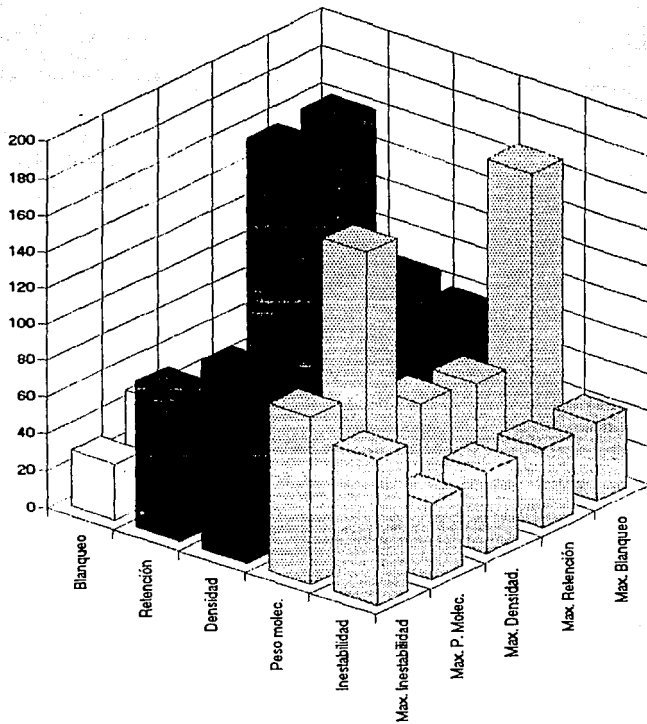
Condiciones máximas.

Tratamiento con peróxido sin consolidar.



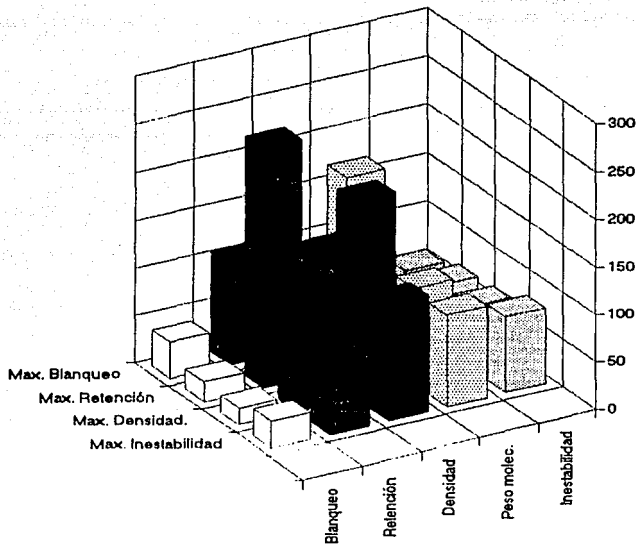
Condiciones máximas.

Tratamiento con peróxido sin consolidar.



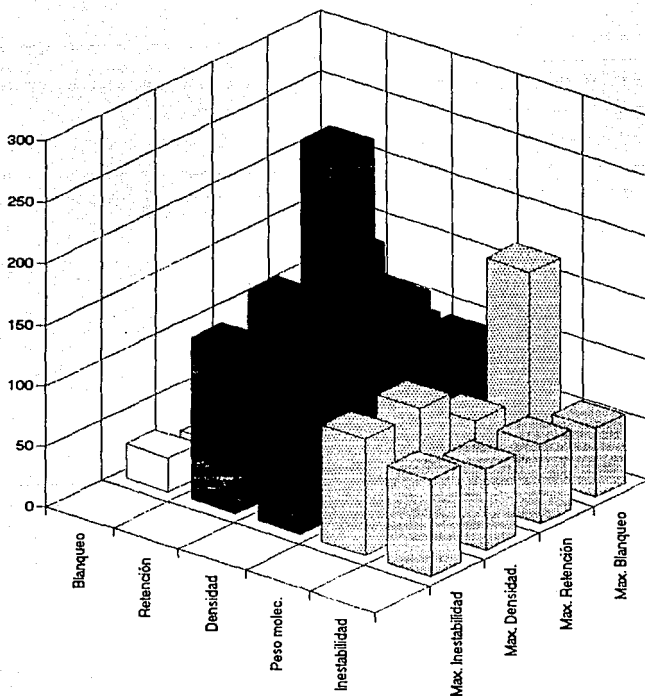
Condiciones máximas.

Tratamiento con peróxido y consolidado.



Condiciones máximas.

Tratamiento con peróxido y consolidado.



El perfil de respuesta generado para este experimento, puede ser aplicado dependiendo de las condiciones de degradación con que se presente el documento a blanquear, para lo cual pueden ocuparse los gráficos con los que es posible determinar rápidamente el efecto posible que pudiera tener sobre las otras propiedades; por ejemplo si esta muy deteriorado su blanqueo podría ser tenue (concentración de 0.025 y una temperatura de 20 °C) y con un tiempo de 10 a 30 minutos en los que no hay una disminución importante de las otras propiedades y su recuperación es mínima, y para los documentos en buen estado físico, someterlos a blanqueo con una concentración de 0.1275 g/l. y una temperatura de 20 °C y de 10 a 30 minutos, a fin de evitar la máxima recuperación del blanqueo, cabe mencionar que el empleo y manejo constante de este método proporcionará una visión más clara al restaurador de las condiciones que pueda emplear para blanquear un documento, dependiendo de las características presentes en el documento a blanquear, será el posible tratamiento de blanqueo a utilizar, así como de las características, que el restaurador requiera conservar en este. Resulta conveniente llevar a cabo un consolidado con carboximetilcelulosa, debido a que este colabora con la disolución de los grupos carboxilos y carbonilos, así como los tramos de molécula pequeños de celulosa, formados estos por el tiempo o por la acción del peróxido con la celulosa contribuyendo con la estabilidad de la hoja de papel, en cuanto a su resistencia e inestabilidad en la recuperación del color causada principalmente por la presencia de dichos grupos funcionales cabe mencionar que tales propiedades son modificadas en la medida que el consolidante sea absorbido por la hoja de papel debido a que esta influye de manera directa sobre estas produciendo un perfil de respuesta más uniforme.

Es posible observar el alto cambio en cada una de las propiedades, con la variación de una pequeña parte de la concentración del peróxido de hidrógeno. La falta de homogeneidad de las hojas de papel, la diferente degradación de cada una de ellas así como su procedencia, aunado a los métodos relativos para medir sus características provocarán una alta desviación standard de los resultados.

Este método no es recomendable para el blanqueo de las hojas de manufactura actual, sin llevar a cabo un estudio minucioso de estas, ya que las sustancias de la técnica de blanqueo pueden reaccionar con los compuestos presentes en las hojas y provocar un daño irreversible e irreparable para el documento.

El objetivo trazado originalmente se logró llevarse a cabo proporcionando en su mayoría resultados acordes a lo esperado y presentarlo en la forma más accesible posible, para su entendimiento.

CAPITULO XIX

BIBLIOGRAFIA.

- 1.- Ayres, H. G. ANALISIS QUIMICO CUANTITATIVO 2a ed. Harla México 1983 pag 63-65
- 2.- Brandrup J. and Immergut, E.H "POLYMER HANDBOOK", second edición, John Wiley & Sons., New York (1975).
- 3.- Browning B.L. ANALYSIS OF PAPER second edition Marcel Dekker Inc. New York 1969.
- 4.- Burgess D. Helen. THE COLOUR REVERSION OF PAPER AFTER BLANCHING, CLEANING OF WORKS OF ART ON PAPER. Conservation processes Research, Canadian Conservation Institute, Ottawa, Canada. 1979.
- 5.- CAMARA NACIONAL DE LA INDUSTRIA DEL PAPEL. Anuario estadístico México 1976 y 1992.
- 6.- Casazola Gustavo SEIS SIGLOS DE HISTORIA GRÁFICA DE MEXICO 1325-1925 4a ed. Editorial Gustavo Casazola, S.A. Mexico 1971, Tomo I Pag. 124
- 7.- Casey, P. James. PULPA Y PAPEL tomo 1 primera edición editorial Limusa México 1988.
- 8.- ENCICLOPEDIA PRACTICA DE FOTOGRAFIA. Tomo 8 Kodak-Salvat editores S.A. 1988 pag. 774-788.
- 9.- Françoise Flieder LA CONSERVATION DES DOCUMENTS GRAPHIQUES RECHERCHES EXPERIMENTALES. Paris 1969.
- 10.- Françoise Flieder et. al. COMPARATIVE STUDY OF FOUR PAPER BLANCHING METHODS, Centre de recherches sur la conservation des documents graphiques, Paris 1989

- 11.- Grant Julius MANUAL SOBRE LA ELABORACION DE PULPA Y PAPEL (LABORATORIO). Compañía Editorial Continental, S.A. México primera edición dic. 1966 pag 137- 151.
- 12.- Hernandez Cristina et al. RESTAURACION DOCUMENTAL Instituto de estudios y documentos historicos A.C. Serie Cuadernos No. 26 Claustro de Sor Juana, México 1982.
- 13.- Historia de México. Tomo 3 Salvat, mexicana de ediciones , S, A. México 1978 pag 516- 520.
- 14.- INDUSTRIA. "la celulosa y papel una industria con papel de protagonista" ed. Concamin, organo informativo de las Camaras Industriales de los Estados Unidos Mexicanos, Distrito Federal México (1989) N0 12 Vol. (2) Junio/Julio.
- 15.- KHURANA. "Control de plagas en archivos, bibliotecas y museos" ed.Lic Ma. Elena Franco, Restauración y Conservación del arte, México 1991 no. 3. enero -junio.
- 16.- Mena Ramón, FILIGRANAS O MARCAS TRANSPARENTES EN PAPELES DE LA NUEVA ESPAÑA EN EL SIGLO XVI. Colección monogramas bibliografias Mexicanas, Secretaria de Relaciones Exteriores, México 1926 primera serie No. 5.
- 17.- Plenderleith H.J. THE CONSERVATION OF ANTIQUITIES AND WORK OF ART, TREATMENT, REPAIR, AND RESTORATION. Oxford University Press London 1957.
- 18.- Rodriguez Ferdinand. PRINCIPIOS DE LOS SISTEMAS POLIMERICOS. ed. El Manual Moderno, México D.F. 1era ed. 1984
- 19.- Savedra Mendez J. CONSERVACION Y RESTAURACION DE ANTIGÜEDADES Y OBJETOS DE ARTE. ed. Centurión Buenos Aires 1945.
- 20.- Viloria García M. DETERMINACION DE LA ANTIGÜEDAD DE PAPELES DE LA NUEVA ESPAÑA. Tesis licenciatura, Facultad de química U.N.A.M. México D.F. (1982).
- 21.- Vogel, I CUANTITATIVE CHEMICAL ANALYSIS. ed. Kapeluz, Buenos Aires, Argentina 1960 vol.1 pag.349- 351.