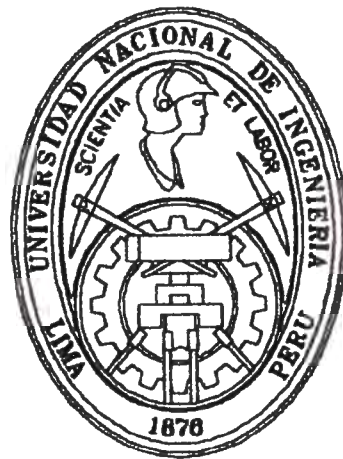


# **UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**

**FACULTAD DE INGENIERIA QUÍMICA Y TEXTIL**



**“SISTEMA DE TEÑIDO DE CINTAS ELASTICAS POR  
EL PROCESO PAD STEAM”**

**INFORME DE SUFICIENCIA**

**PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:  
INGENIERO TEXTIL  
POR LA MODALIDAD DE ACTUALIZACION DE  
CONOCIMIENTOS**

**PRESENTADO POR:  
MIRELA CARMEN AMEZ LUNA  
LIMA – PERU**

**2004**

**DEDICATORIA:** Dedico este trabajo a mis padres que en todo momento me dieron su apoyo e incentivaron a iniciar y continuar mis estudios universitarios.

Ellos me dieron ejemplo de perseverancia y dedicación en cada camino que emprendamos en nuestra vida.

**AGRADECIMIENTO:**

**Mi**

agradecimiento va dirigido a todos los maestros que compartieron con nosotros sus conocimientos guiándonos a lo largo de la vida universitaria para finalmente poder realizamos profesionalmente

Mi especial agradecimiento al Ing. Marco Brañez , por su apoyo y orientación en elaboración del presente trabajo.

## **RESUMEN**

Mundo Textil S.A, es una empresa industrial destinada a la producción de avios para la industria de la confección, para lo cual cuenta con varias pequeñas fabricas que van desde el procesado de alambres, fabricación de llaves metálicas, galvánica, área de dientes, hilandería, tejeduría, tintorería, ensamble de cierres, etiquetas. En el área de tintorería se realiza teñido por dos sistemas el de agotamiento y por sistema continuo, utilizando el sistema de agotamiento para el teñido de hilos, cintas y cadenas de poliéster y el sistema continuo para el teñido de cintas de poliéster y de nylon.

Nace con la idea de cubrir las necesidades del mercado, actualmente trabaja con clientes exportadores así como exportando directamente, ofreciendo productos de alta calidad que van acuerdo a los requerimientos del mercado.

# INDICE

<b>I.-</b>	<b>INTRODUCCION</b>	<b>1</b>
<b>II.-</b>	<b>CONCEPTOS Y TECNICAS</b>	<b>2</b>
<b>2.1</b>	<b>FIBRAS UTILIZADAS EN CINTAS ELASTICAS Y SUS CARACTERISTICAS.</b>	<b>3</b>
<b>2.2</b>	<b>DEFINICION DE FIBRAS RECOMENDADAS EN ESTOS PROCESOS</b>	<b>4</b>
	<b>2.2.1 Marcas Comerciales</b>	<b>32</b>
	<b>2.2.2 Poliamidas más Utilizadas</b>	<b>33</b>
<b>2.3</b>	<b>PROCESO DE HILATURA</b>	<b>33</b>
<b>2.4</b>	<b>AUXILIARES</b>	<b>34</b>
<b>2.5</b>	<b>COLORANTES Y SUS CARACTERISTICAS.</b>	<b>35</b>
	<b>2.5.1 Colorantes Ácidos</b>	<b>36</b>
	<b>2.5.1.1 Clasificación química de los colorantes ácidos.</b>	<b>37</b>
	<b>2.5.1.2 Clasificación por comportamiento tintóreo de colorantes ácidos.</b>	<b>38</b>
	<b>2.5.2 Colorantes premetalizados</b>	<b>39</b>
	<b>2.5.2.1 Clasificación química de colorantes premetalizados.</b>	<b>39</b>

2.5.3	Fijación del colorante a la fibra	53
2.5.3.1	Mecanismo de fijación del colorante a la fibra	58
2.5.3.2	Parámetros que influyen en el teñido de fibras poliamídicas con colorantes Ácidos	60
2.5.3.3	Constitución Química del Colorante	60
2.5.3.4	El número de grupos sulfónicos en la molécula de colorante	61
2.5.3.5	Constitución física y Química de la fibra	62
2.5.3.6	Presencia de electrolitos	63
2.5.3.7	Temperatura de teñido	65
2.5.4	Colorantes mordentables	65
2.5.5	Colorantes complejo metálicos	66
2.6	MAQUINARIA	67
III.-	DESARROLLO DEL TEMA	71
3.1	TECNOLOGIA DEL PROCESO DE TEÑIDO PAD STEAM PARA FIBRAS ELSTICAS DESCRIPCION GENERAL DEL PROCESO	71
3.1.1	Factores que influyen en el proceso de vaporizado	73

3.1.2	Descripción del proceso	76
3.1.3	Acondicionamiento de las cintas	77
3.1.4	Procedimientos.	78
<b>3.2</b>	<b>MEJORAS EN EL CONTROL DE PROCESO</b>	<b>83</b>
3.2.1	Mejoras en la alimentación de cintas a la máquina	83
3.2.2	Cambios en el proceso de teñido	86
3.2.3	Cambios en el proceso de vaporizado	86
3.2.4	Cambios en el proceso de lavado	87
3.2.5	Cambios en el proceso de secado	90
3.2.6	Beneficio económico de mejoras	93
3.2.6.1	Criterios y conceptos utilizados en la evaluación de Costos	93
3.2.6.2	Análisis de costos	98
3.2.6.3	Evaluación de mejoras	105
<b>IV.-</b>	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	<b>108</b>
<b>V.-</b>	<b>BIBLIOGRAFIA</b>	<b>110</b>

## **I.- INTRODUCCION**

El presente trabajo trata sobre el teñido de cintas elásticas por el sistema Pad – Steam considerando todos los puntos de interés que van desde la fibra señalando su composición y características, principales factores que facilitan la comprensión del proceso de teñido. Se señala el proceso de teñido propiamente dicho y los factores que determinaran la calidad del mismo. Se toma como base el proceso realizado en una empresa y se propone cambios al sistema ya existente que traerán como consecuencia mejora de la calidad del producto acabado, productividad y el beneficio económico.



## II.- CONCEPTOS Y TECNICAS

### CONCEPTOS

**Fibra Textil:** Unidades de materia prima textil a partir de las cuales se pueden obtener estructuras mas elaboradas como son los hilos, tejidos.

Esta materia textil tiene propiedades y características físicas y químicas muy propias e inherentes como son:

- Propiedades morfológicas

\_Propiedades físico mecánicas

\_Propiedades de orden general.

Deben tener una relación de longitud y diámetro de la fibra alta que varia de a cuerdo al tipo de fibra:

**Fibra Natural**  $\geq 100$

**Fibra Manufacturadas:**  $\geq 1000$

Las Fibras Naturales; que pueden ser fibras animales, vegetales y minerales. Por ejemplo las de origen celulósicas, proteínicas, etc.

Fibras Manufacturadas, Hechas a partir de polímeros orgánicos, sintéticos y de sustancias inorgánicas.

La estructura molecular de la fibra debe tener las siguientes características:

\_Deben estar formado por polímeros lineales

\_Grado de polimerización el que determinara si la fibra es débil o fuerte

\_Las macromoléculas longitudinales deben de tener un % de paralelismo dando mayor cohesión a la fibra

\_ Las cadenas del polímero deben tener un grado de orientación con el eje imaginario de la fibra.

## **2.1 FIBRAS UTILIZADAS EN CINTAS ELASTICAS Y SUS CARACTERISTICAS**

En este proceso las fibras más utilizadas son el nylon, la lycra , el caucho.

La lycra u otra fibra elastomerica es utilizada como alma es decir recubierta con otras fibras que pueden ser naturales, sintéticas o mezclas lo que se realiza por diferentes sistemas, en este caso se realiza este informe basado en fibra elastomerica (lycra) recubierto con nylon.

Prendas confeccionadas con tejidos que contienen lycra permiten al cuerpo mejor y más amplios movimientos, mantiene su forma y son confortables, caracterizándose esta fibra por tener buena recuperación y estabilidad dimensional

En el caso del nylon como se mencionara a continuación tienen grandes diferencias en el comportamiento tintóreo dependiendo del título de la fibra , el grado de estiraje y también de acuerdo al tipo de fibra utilizada (PA 6 , PA 6. 6) la afinidad de la fibra por los colorantes es diferente.

## **2.2 DEFINICION DE FIBRAS RECOMENDADAS EN ESTOS PROCESOS**

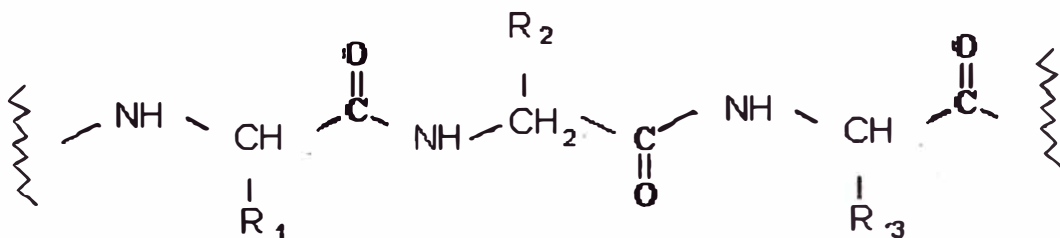
### **NYLON**

Fue la primera fibra sintética, descubierto por Wallace Carothers, compuesta por una poliamida sintética de cadena larga en la que menos del 85% de los enlaces amida están unidos directamente a dos anillo aromáticos, se pueden sintetizar a partir de diaminas y diácidos, los grupos amidas que conforman el polímero son muy polares por lo que pueden unirse entre sí formando puentes de hidrogeno. El sistema de hilatura utilizado para la obtención de esta fibra es por **fusión**

Los diferentes tipos de nylon son poliamidas con grupos amida recurrentes tienen el grupo CHON, las diferencias en sus propiedades es por diferir en su ordenamiento químico, La diferencia en la nomenclatura de los diferentes tipos de nylon es en el número que precede a la palabra nylon el cual indica el número de carbono en la molécula, por ejemplo el

nylon 6,6 tiene 6 átomos de carbono en la exametiléndiamina y 6 átomos de carbono en el ácido atípico.

La molécula de Nylon tiene estructura similar a la proteínas guardando relación químicamente con las fibras proteicas por tener puntos amino donde se pueden fijar los colorantes( reacción con colorantes ácidos), comparado con la fibra de Lana tiene un punto por cada 30 de la lana, también debemos considerar la ubicación de los grupos aminos en polímero de nylon, se ubican al final de la cadena (grupo terminal) mientras que en la lana tiene el grupo amino al final de la cadena y en los grupos laterales como se apreciará en la figura N° 1 siguiente:



**Figura N° 1**

La lana está compuesta por dieciocho diferentes enlaces amino ácidos que conforman la cadena larga principal de polipéptidos cuyo peso molecular promedio es 60,000, en la cadena principal tenemos cadenas laterales ( R ) que al ser abultadas previenen la proximidad de las cadenas principales. A estas cadenas laterales se debe el bajo grado de cristalización de la lana (20%) y la alta accesibilidad de las moléculas de

colorante al interior de la fibra. Es por ello que el nylon tiene menor grado de saturación que la lana.

Algunas de las cadenas laterales poseen grupos terminales carboxílicos mientras que otras poseen grupos amidicos en cantidades químicamente equivalentes. La cercanía de estos grupos terminales da origen a la formación de un enlace salino, que en el caso de la lana y las fibras poliamídicas se conoce como Switterion por su descubridor,

Figura N° 2:



Figura N° 2

De los amino ácidos presentes en la lana el más importante es el puente sistínico de la Figura N° 3 :

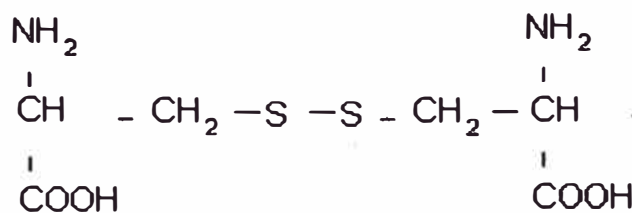


Figura N° 3

Entre los tipos de Nylon más comunes tenemos el Nylon 6,6 y el Nylon 6, a continuación se dará una descripción de la obtención de ambas fibras.

**Nylon 6,6** , La producción de nylon 6,6 comienza con la reacción entre el ácido atípico y la hexametildiamida, tanto el ácido y la hexametildiamina son combinados en igual proporción molecular en una solución acuosa para formar la **sal de nylon** (figura N° 4 )

El primer paso del proceso de polimerización es la concentración de la solución de sal en un evaporador antes de la polimerización, el paso siguiente es la polimerización la cual se realiza en autoclaves, mediante una polimerización de condensación en un ciclo compuesto de pasos en los que la temperatura y presión son controladas obteniendo largas moléculas mientras el agua es retirada.

El tamaño del polímero varía en función de la temperatura, tiempo, presión y composición química. Esto está directamente relacionado a la viscosidad en la fusión que debe ser regulado para hacer fluir el polímero apropiadamente durante la hilatura.

Sin embargo en la industria la viscosidad deseada de la fusión del polímero es obtenida por adecuado ciclo controlado y por la introducción en el momento apropiado de un reactante monofuncional el que bloquea las terminaciones de las cadenas y previene la formación de más enlaces.



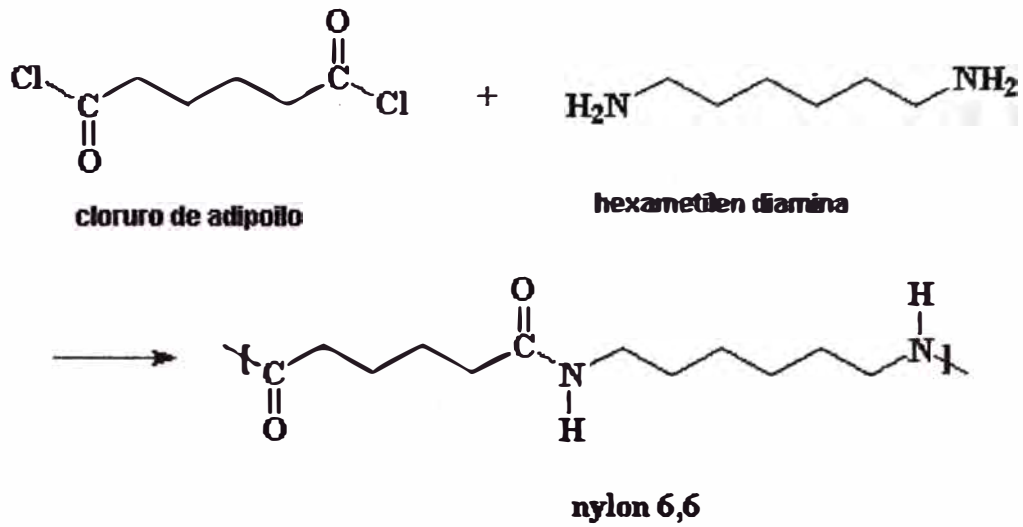


Figura N° 5

Generalmente en plantas industriales se fabrica haciendo reaccionar el ácido atípico con la hexametilén diamina (Figura N° 6):

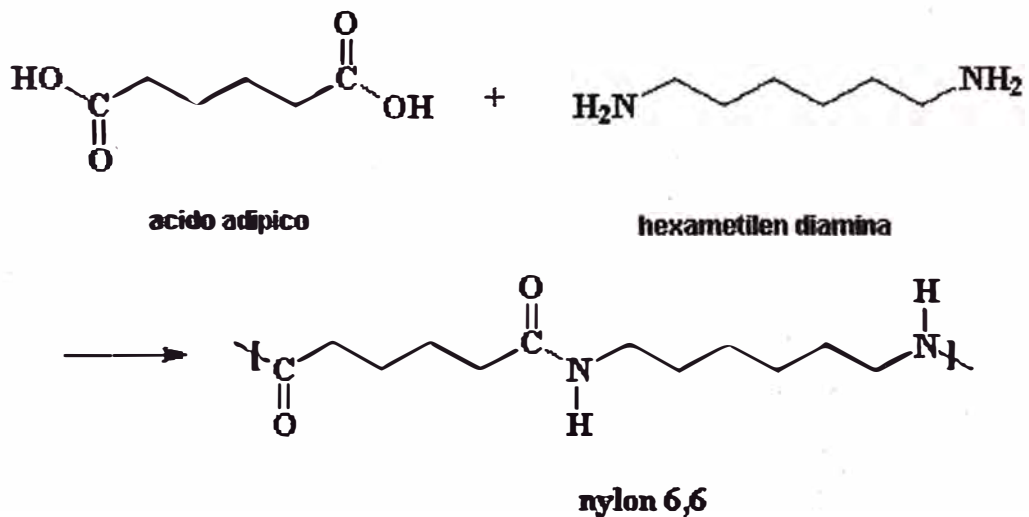


Figura N° 6



El mecanismo de la reacción esta representada en la figura

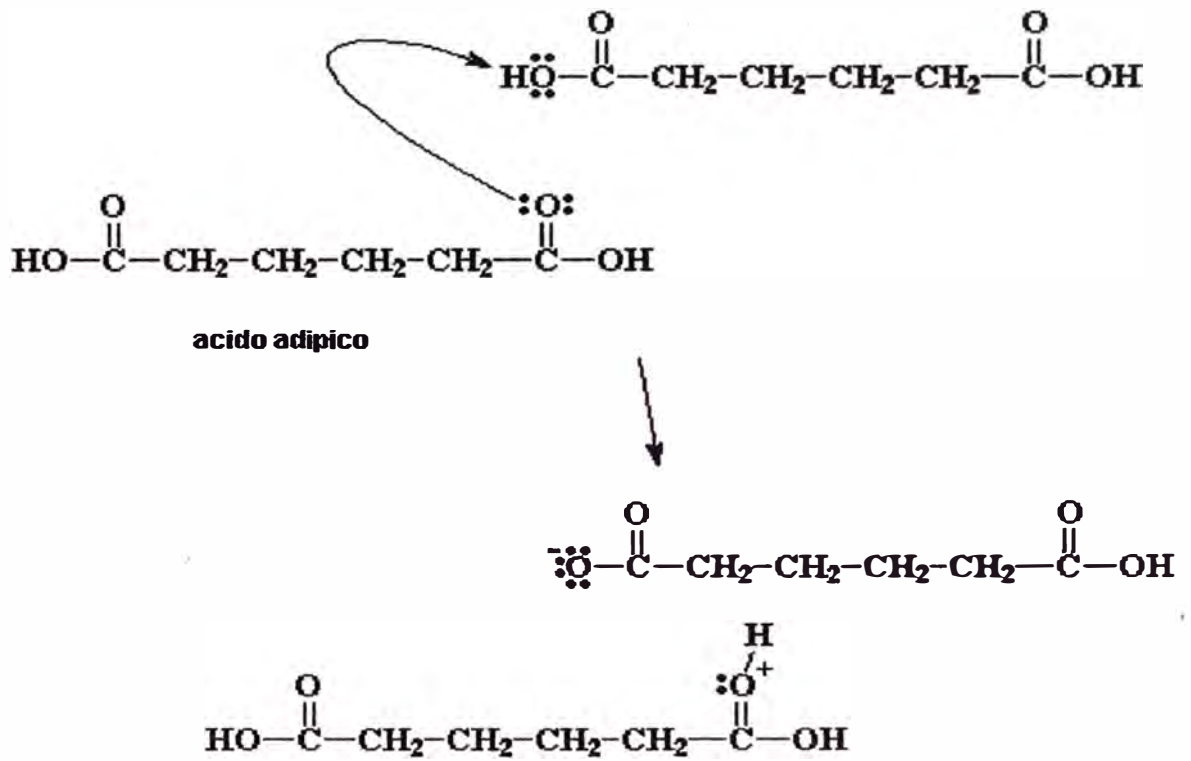


Figura N° 7

El oxígeno del carbonilo ya protonado atrae los electrones que comparte con el carbonilo, dejando al carbono del grupo carbonilo deficiente de electrones listo para recibir el par de electrones donado por el nitrógeno de la amina Figura N° 8

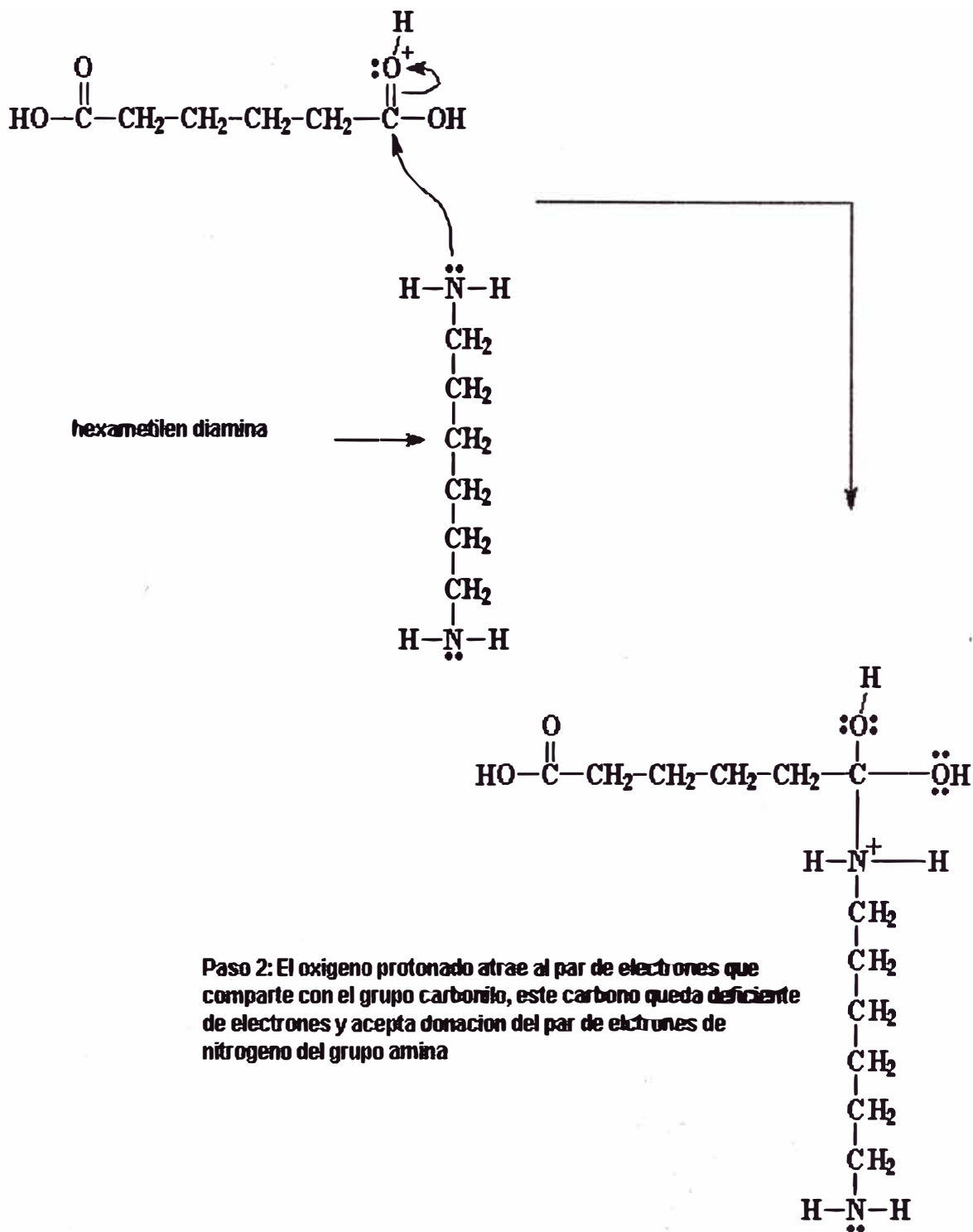


Figura N° 8

Un par de electrones del doble enlace del grupo carbonilo se desplaza totalmente hacia el oxígeno quedando el nitrógeno con carga positiva figura N°9

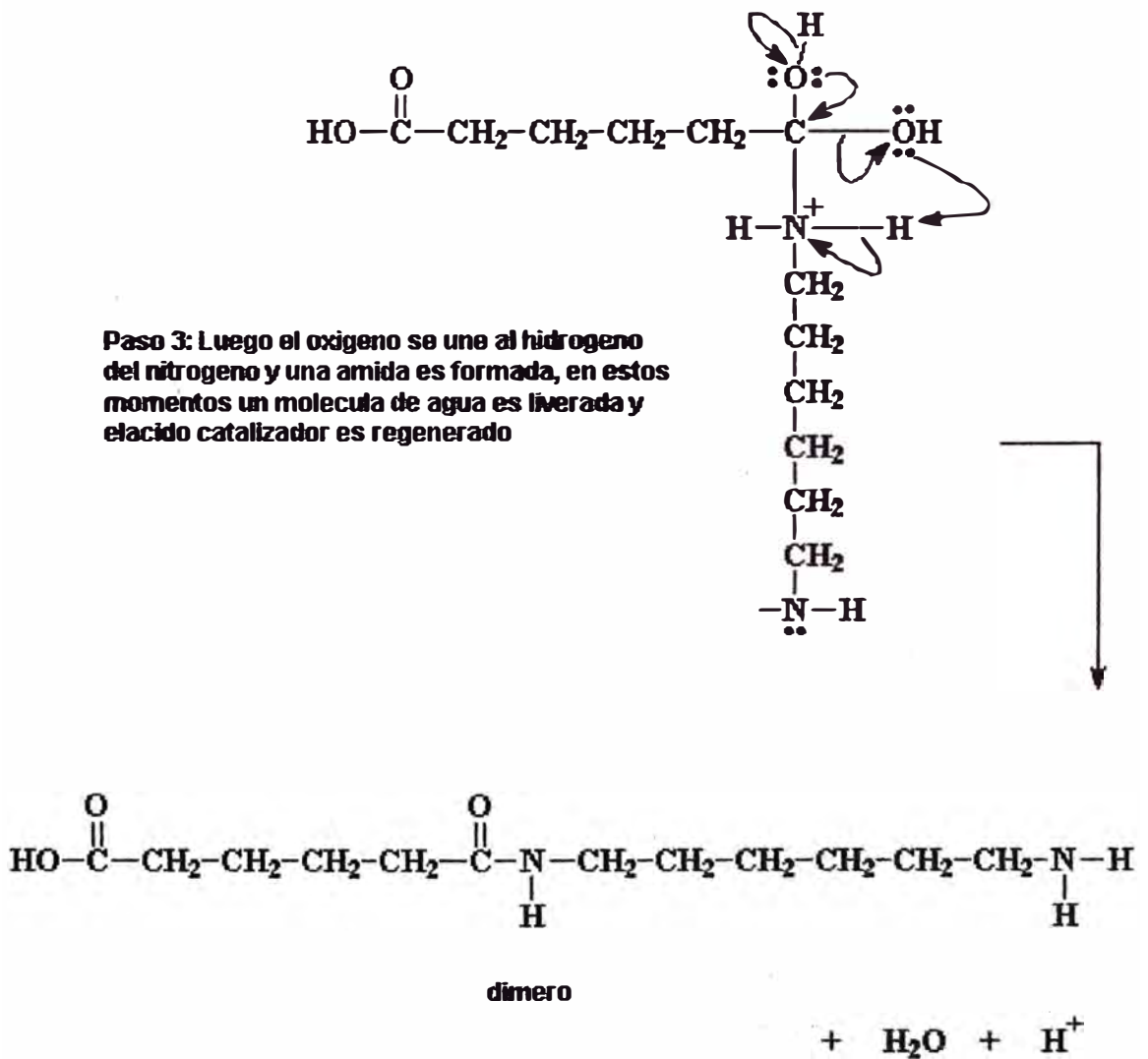
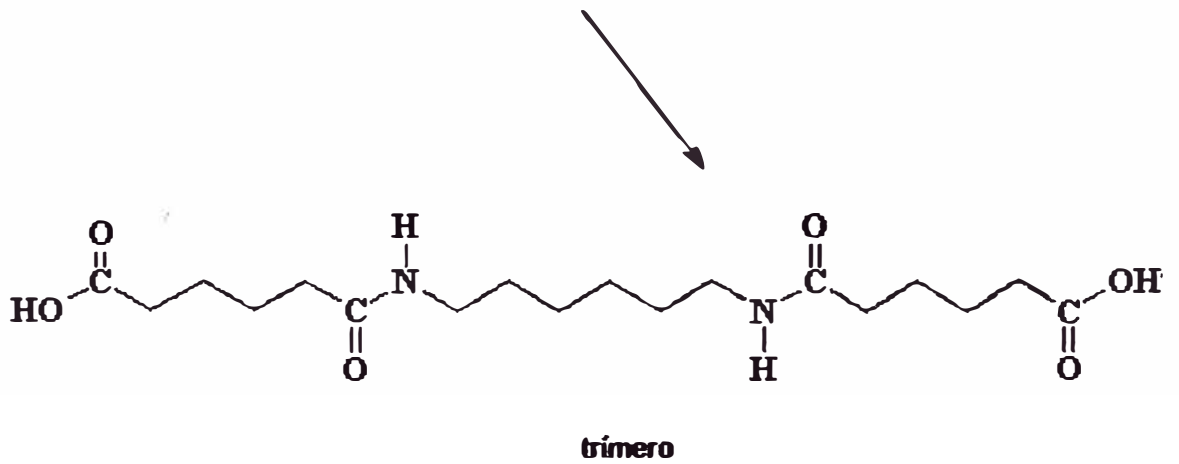
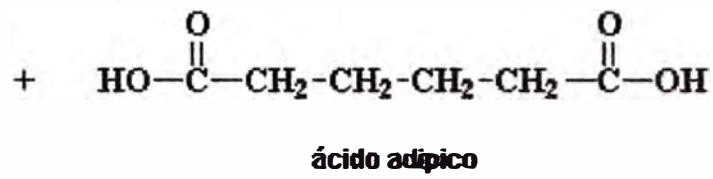
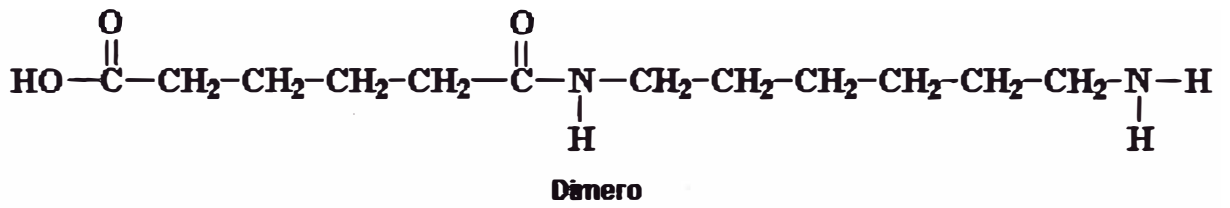


Figura N° 9

Los electrones del enlace oxígeno – hidrógeno regresan al oxígeno liberando el protón y regenerándose el catalizador ácido. El oxígeno del carbonilo compartirá sus electrones con el átomo de carbono regenerándose el doble enlace del grupo carbonilo.

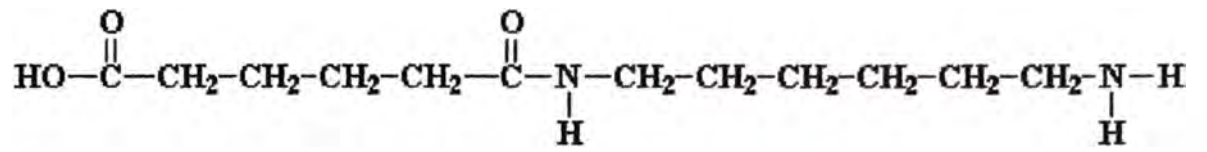
El oxígeno del grupo hidroxilo toma el par de electrones que comparte con carbono y lo atrae hacia él rompiendo el enlace entre este y el carbono, luego dona un par de electrones al hidrógeno unido al nitrógeno.

El hidrógeno entrega al nitrógeno el par de electrones que comparte con este llegando a romperse el enlace entre el hidrógeno y el nitrógeno eliminando la carga positiva sobre el nitrógeno. Liberándose agua y generando un dímero (Figura N° 9). Conteniendo un enlace amida, el cual tiene un grupo ácido en un extremo y un grupo amino en el otro lo que permite que reaccione con una molécula de diácido o una molécula de diamina resultado de esta reacción sería un trímero, (Figura N° 10 , N° 11)



**Paso 4:** El dímero puede reaccionar con otra molécula de ácido o con otra molécula de diamina

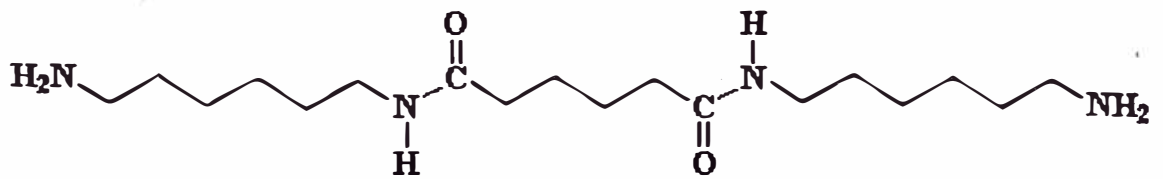
**Figura N° 10**



dímero



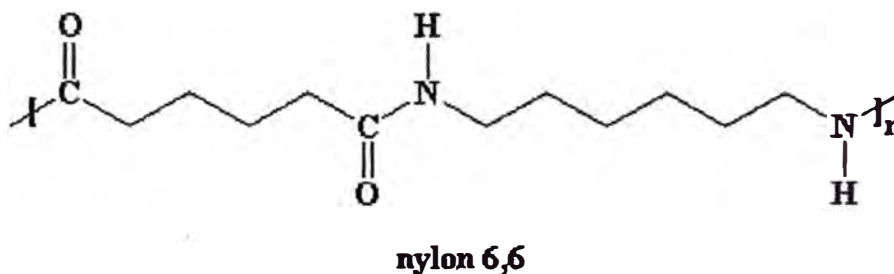
hexametilen diamina



trimero

Figura N° 11

Estos dímeros se pueden transforman en tetrámeros al reaccionar con otros dímeros y continuar creciendo la cadena hasta llegar a formar oligómeros y polímeros (**Figura N° 12**)



**Figura N° 12**

Para que las moléculas lleguen a ser polímeros esta reacción debe realizarse en vacío, es por ello que toda el agua de la reacción debe ser eliminada por el principio de Le Chatelier debido a que estar cerca de finalizar la polimerización no hay muchos grupos ácidos remanentes (los catalizadores de la reacción) la reacción continua ya que la amina puede reaccionar con los ácidos carboxílicos no protonados.

Otra manera de obtener el nylon 6,6 es al reaccionar una diamina con un dicloruro en este caso es necesario el uso de trazas de ácido como catalizador, esta reacción sigue el mismo mecanismo (**Figura N° 13**)

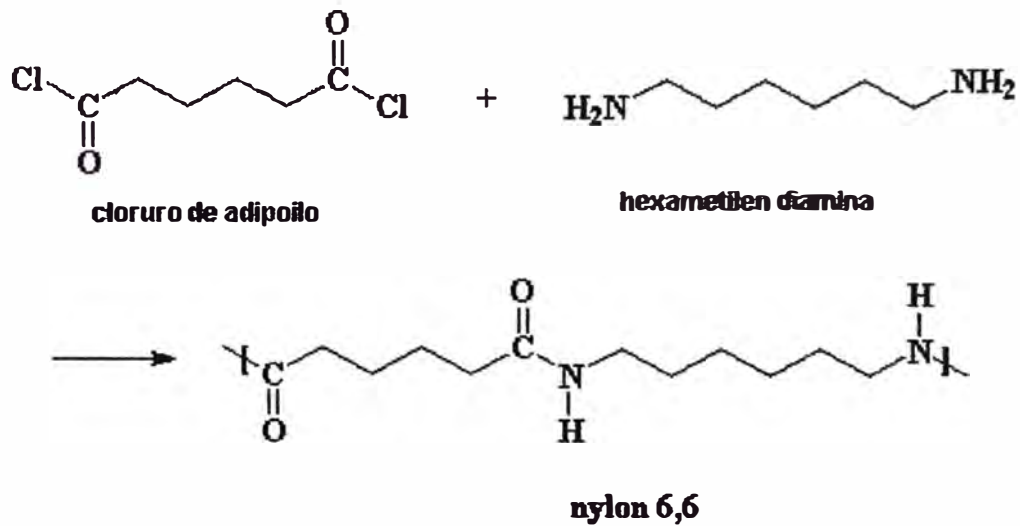


Figura N° 13

**Nylon 6** Este tipo de nylon a diferencia del nylon 6,6 tiene solo un tipo de cadena carbonada de 6 átomos de carbono (Figura N° 14)

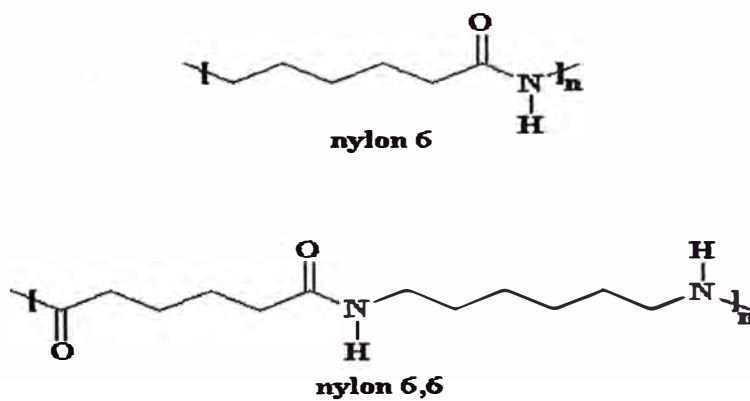


Figura N° 14



En cuanto al monómero del cual son obtenidos el nylon 6 es obtenido de un monómero llamado caprolactama y el nylon 6,6 de dos monómeros cloruro de adipilo y hexametildiamina (Figura N° 15)

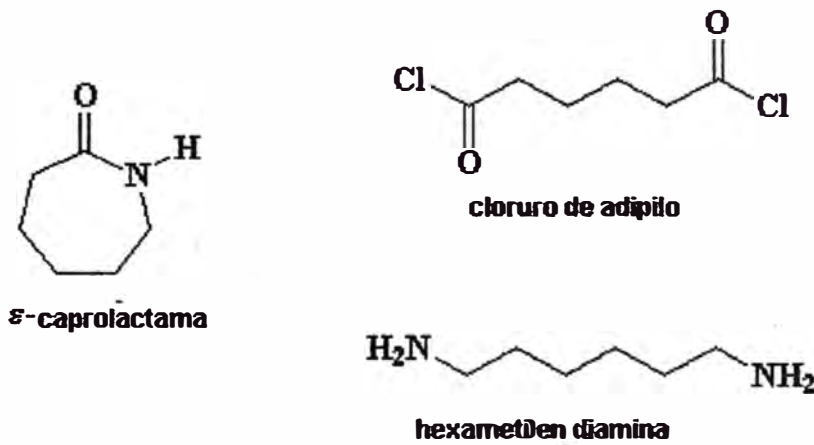


Figura N° 15

El nylon 6 es obtenido al calentar la caprolactama hasta 250 °C con 5%-10% de agua, el mecanismo es el siguiente (Figura N° 16):

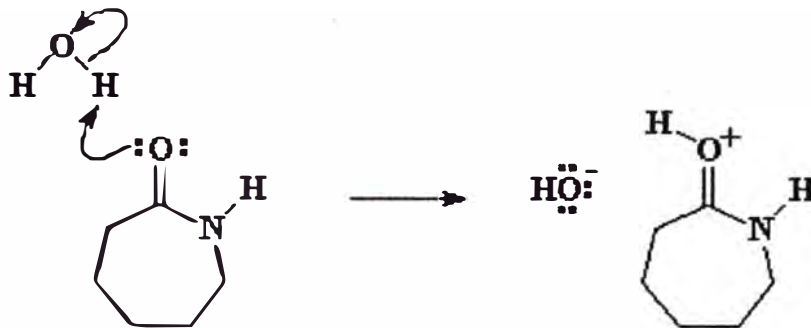


Figura N° 16

El oxígeno del grupo carbonilo dona un par de electrones al átomo de hidrógeno de la molécula de agua quedando el oxígeno con carga positiva y un grupo oxidrilo libre. Al quedar el oxígeno con carga positiva atraerá el par de electrones del doble enlace del grupo carbonilo quedando el átomo de carbono del grupo carbonilo con carga positiva (Figura N° 17).

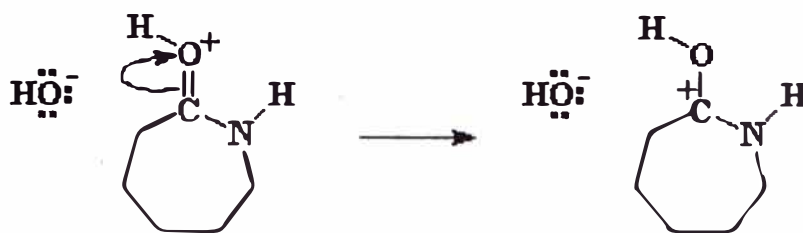


Figura N° 17

La presencia de un carbocatión en una molécula es el inicio de un ataque nucleofílico a esta. El hidróxido que fue liberado cuando la caprolactama quedo con el protón de la molécula del agua ataca al carbocatión (figura N° 18) y la molécula formada ahora es inestable, el átomo de nitrógeno dona un par de electrones al átomo de hidrógeno en uno de los grupos hidróxido.

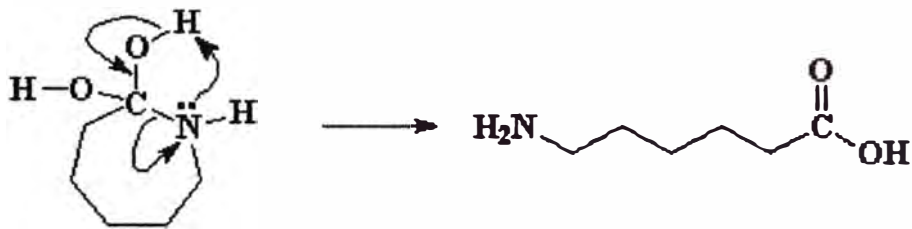


El grupo oxidrilo ataca formando un diol estable

Figuran N° 18

Los electrones que el hidrogeno comparte con este oxigeno son donados para formar el doble enlace entre el átomo de oxigeno y el de carbono. El electrón compartido por el carbono y el nitrógeno es cedido completamente al nitrógeno cortando el enlace entre carbono y nitrógeno.

( Figura N° 19)



**El movimiento de los electrones genera la rotura del anillo  
formandose un aminoácido lineal**

**Figura N° 19**

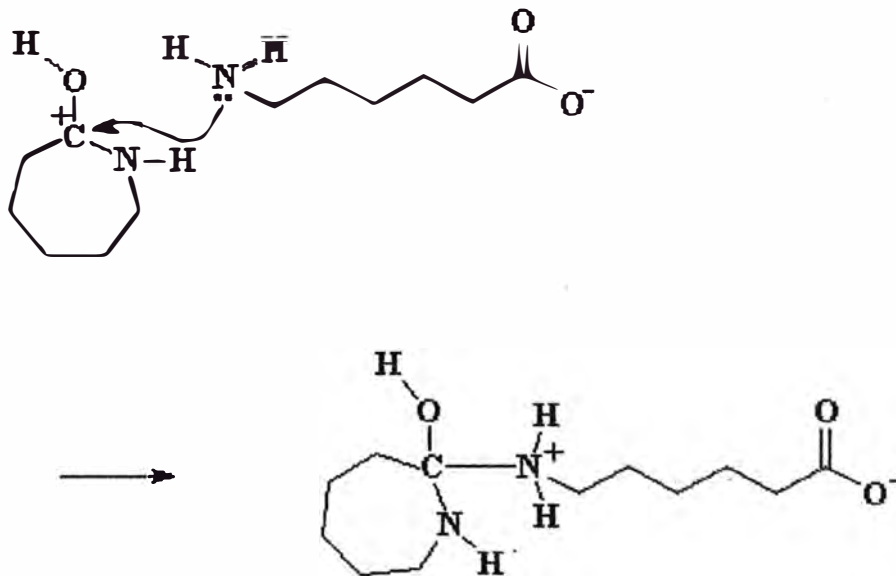
La molécula lineal de aminoácido puede reaccionar con una molécula de caprolactama, esta molécula se quedara con el hidrogeno de la aminoácido lineal, el oxigeno del grupo carbonilo dona un par de electrones a este hidrogeno ocurriendo un arreglo de electrones formándose el carbocation como se muestra en el Figura N° 20



**Un arrastre de electrones genera un carbocation que esta listo para un ataque nucleofílico.**

**Figura N° 20**

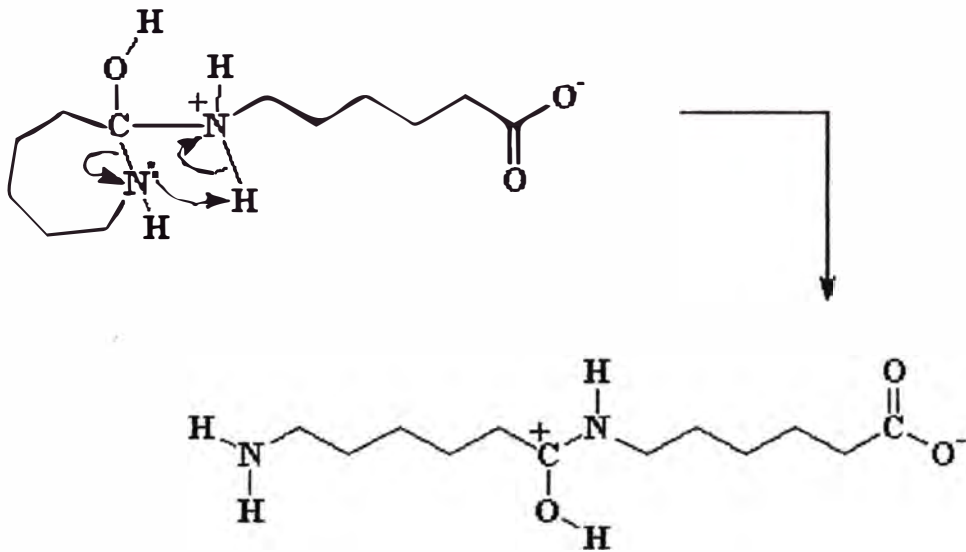
Este carbocation esta a espera de un ataque nucleofílico el cual será realizado por el aminoácido que perdió su hidrogeno ácido (**Figura N° 21**) de la manera indicada en el ataque del ión oxidrilo



**Ataque del aminoácido lineal obteniendos una molecula inestable de amonio**

**Figura N° 21**

Esta molécula inestable , ocurre un arreglo de electrones quedando el hidrogeno del nitrógeno de amonio en el nitrógeno del anillo obteniendo como consecuencia la rotura del enlace que mantiene unido el carbono con el nitrógeno quedando como una molécula lineal (**Figuran N° 22**)



**Movimiento de electrones que originan que el anillo del monomero se abra obteniendo una molécula lineal**

**Figura N° 22**

Luego el grupo carboxilato al extremo de la molécula se quedara con el hidrogeno del alcohol (Figura N° 23)

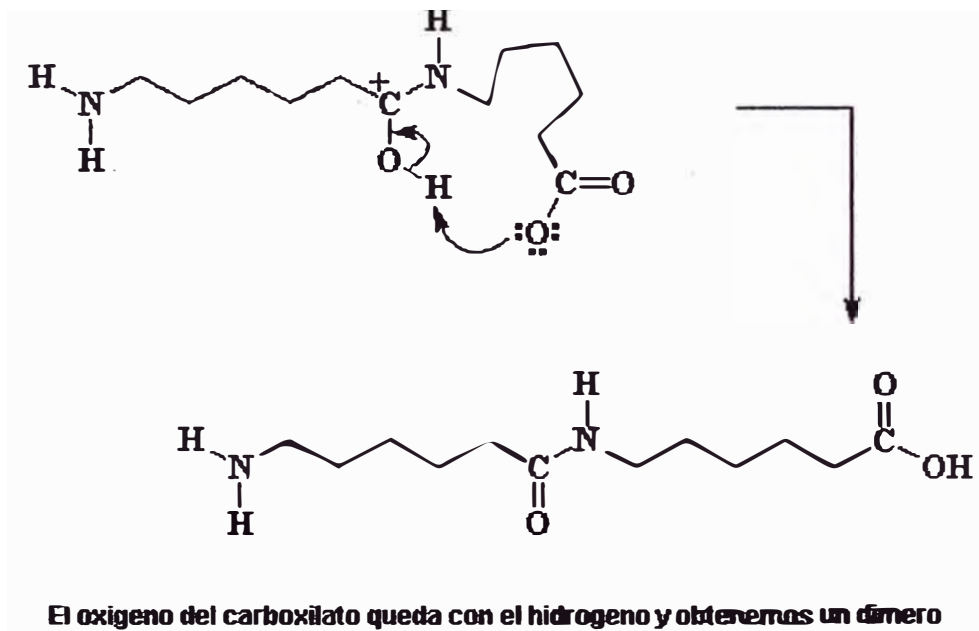


Figura N° 23

Se ha formado un nuevo grupo carbonilo en medio de la molécula regenerándose el grupo carboxílico, realmente no se conoce el orden de estos dos últimos pasos. Nuevamente tenemos un ácido que probablemente reaccionará con otra molécula de caprolactama y así sucesivamente hasta obtener una cadena larga de nylon 6 (Figura N° 24)



Figura N° 24

**ELASTOMEROS:**

Pertenecen a la clase de fibras que la comisión Federal de Marcas de los Estados Unidos, le han aplicado el término genérico de Spandex,

Las propiedades elásticas son superiores a los hilados de látex natural.

Por las notables características de extensión y recuperación de forma permiten mejorar los tejidos con nuevas dimensiones de ajuste confort y flexibilidad en las prendas acabadas.

Son fibras manufacturadas compuestas por largas cadenas de polímero sintético contienen como mínimo 85% de poliuretano segmentado. Esta compuesto de segmentos blandos o flexibles, unidos a segmentos duros o rígidos es por ello que confiere a los hilos las propiedades de elasticidad y recuperación de la forma a los hilos .

Un poliuretano segmentado es un polímero compuesto de un segmento rígido cristalino (disocianato y una diamina alifática) y de un segmento flexible amorfo ( copoliéster del ácido adípico) en aglomeraciones desordenadas (esto por el principio de entropía).

Su alta elasticidad se debe a los segmentos flexibles al ser estirados adquieren una configuración más orientada y alineada actuando de forma de resistir dicha fuerza, buscando recuperar su forma original.

Las propiedades del elastómero a baja temperatura se las confiere el segmento blando mientras que las propiedades a alta temperatura dependen del segmento duro .



Estas fibras El Spandex es obtenido por un proceso de hilatura en seco , en el que la solución de elastano en dimetilacetamida como disolvente, se pasa a través de un jet, y se recibe por una corriente de aire caliente para evaporar el solvente y solidificar la fibra

El Spandex es un conjunto de muchos filamentos finísimos unidos entre sí existen dos tipos de Spandex obtenidos de dos bases químicas diferentes:

\_ Poliéter (enlaces eter)

\_ Poliéster(enlaces ester)

Este trabajo está desarrollado utilizando como fibra elastomérica lycra que pertenece al grupo de elastómeros de polieter , a continuación se muestran algunas diferencias de fibras elastoméricas dependiendo de su base química la que les confiere ciertas propiedades especiales

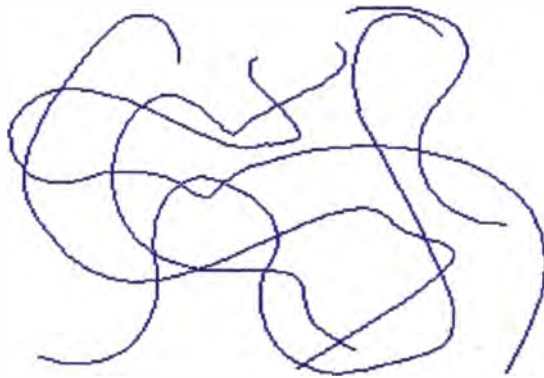
(Figura N° 25 ):

AGENTE	POLIÉTER	POLIESTER
Aceites para el cuerpo	Baja	Buena
Moho	Buena	Pobre
pH	Buena	Aceptable
Clorito	Baja	Buena
Luz Ultravioleta	Baja	Buena
Fuerza	Alta	Baja
Respuesta al calor	Efectiva	Deficiente
Álcali	Buena	Mala

**Figura N° 25**

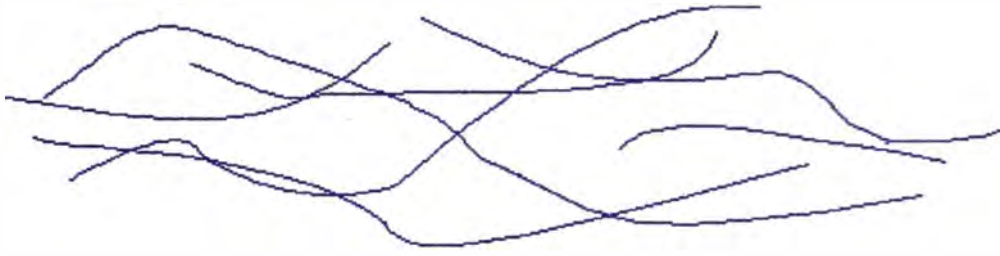
Entre los polímeros que son elastómeros se encuentran el *poli isopreno* o caucho natural, el *polibutadieno*, el *poli isobutileno* y los *poliuretanos*

Las moléculas poliméricas que conforman una porción de caucho no tienen ningún orden, se enrollan y se enredan entre ellas.



**Así es como se ven las cadenas poliméricas en un trozo de caucho no estirado.**

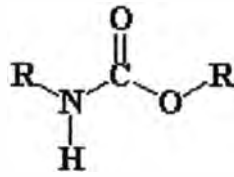
Si estiramos esta porción de caucho las moléculas son forzadas a alinearse en la dirección en la que se realiza el estiramiento, cuando lo hacen se vuelven más ordenadas. Dependiendo del estiramiento las cadenas se alinearán tanto como para cristalizar. Cuando se deja de estirar, las moléculas volverán rápidamente a su estado enredado y desordenado, retornando a su estado de entropía, recuperando su estado original.



**Así es como se encuentran las cadenas poliméricas en un trozo de caucho estirado.**

## **POLIURETANOS**

Es una familia muy versátil pueden ser elastómeros o pinturas. Pueden ser fibras o adhesivos. Son llamados poliuretanos por tener en su cadena principal enlaces uretano. (Figura N° 26)



un uretano

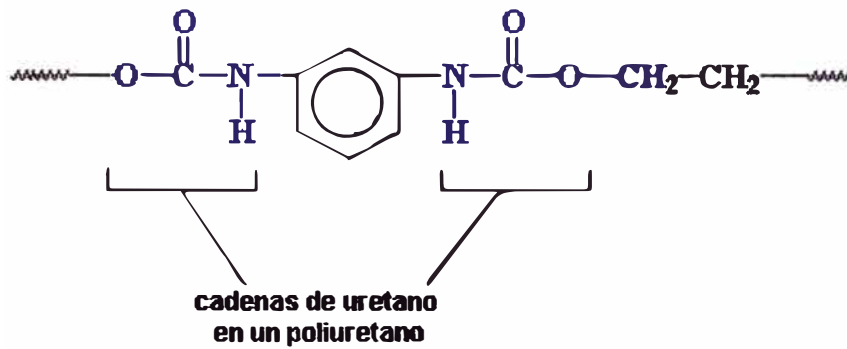


Figura N° 26

Un poliuretano puede ser cualquier polímero que contenga un enlace uretano en su cadena principal. Los poliuretanos son obtenidos al hacer reaccionar disocianatos con di alcoholes (Figura N° 27)

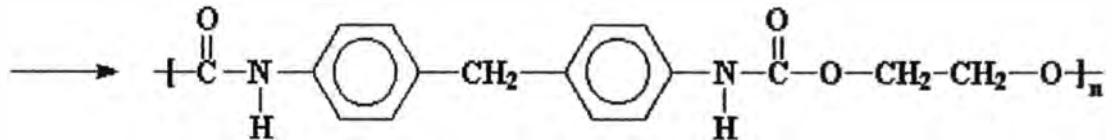
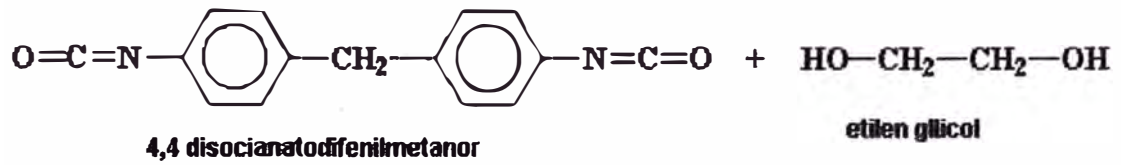
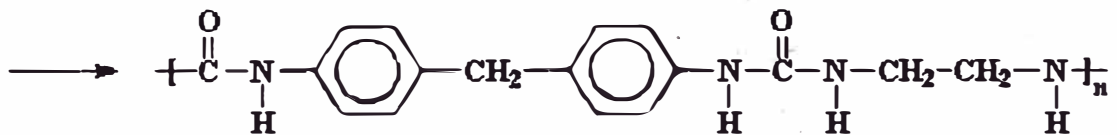
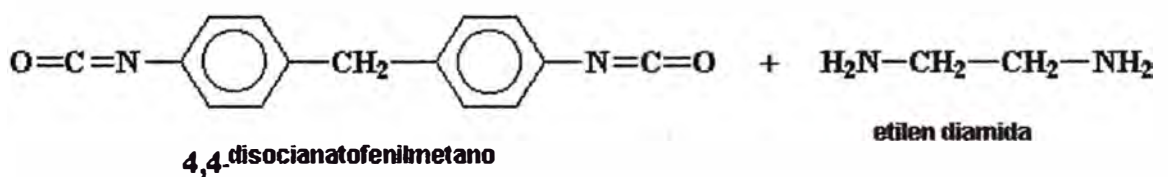


Figura N° 27

El di alcohol puede sustituirse por una diamina y el polímero que obtenemos es una poliurea por contener un enlace urea en lugar de un enlace uretano (Figura N° 28)



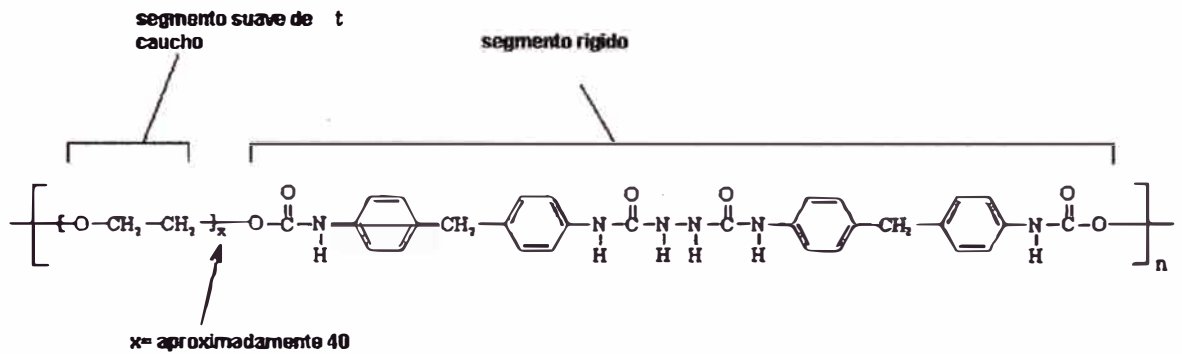
poliurea

Figura N° 28

Los poliuretanos se pueden unir por enlaces puente de hidrogeno pueden ser muy cristalinos por ello son utilizados para hacer copolímeros en bloque con polimeros de estructura similar al caucho. Los copolimeros en bloque tienen características de *elastómeros termoplásticos*.

**Spandex** , Es un elastómero termoplástico poliuretánico comercializado por DuPont con el nombre de Lycra. El polimero esta compuesto por enlaces uretano y urea, este elastómero tiene características particulares por tener en su estructura bloques rígidos y flexibles.

La cadena polimérica corta de un poli glicol, de generalmente, 40 unidades de longitud es flexible y parecida al caucho. El resto de la unidad de repetición es extremadamente rígido. Esta es una sección tan fuerte que las secciones rígidas de diversas cadenas se agrupan y se alinean para formar fibras. Son fibras inusuales ya que los bloques rígidos están unidos entre sí por las secciones flexibles parecidas al caucho. Por ello esta fibra actúa como elastómero, las telas tejidas con estas fibras son capaces de estirarse, muy utilizada en ropas deportivas.



Spandex tiene una estructura complicada con dos tipos de enlaces urea y uretano

**Figura N° 29**

Cabe resaltar que elastómeros a pesar de tener grupos polares en su estructura se comporta como hidrofóbico, esto es debido a que poseen estos grupos polares en el segmento rígido (cristalino) zona que es de difícil acceso dificultando su tintura. (Figura N° 29)

### 2.2.1 Marcas Comerciales

Las marcas que actualmente se están comercializando son las siguientes:

\_Nylon

\_Perlón

\_Dayan

\_Carbyl

\_Enkalón

\_Tactel.

## 2.2.2 Poliamidas más utilizadas

-Nomex

\_kevlar

\_Kermel,

\_ Karvin.

## 2.3 PROCESOS DE HILATURA

**Hilatura por fusión:** Aplicada a polímeros que son estables a temperaturas por encima de sus puntos de fusión o de reblandecimiento, para ser extruidos al estado fundido sin degradación sustancial.

Este tipo de hilatura sigue las siguientes etapas:

\_Polimerización de la materia prima

\_Extrusión y enfriamiento

Estirado

Polimerización de la materia prima, En esta etapa reaccionan los productos químicos bajo presión para formar una resina polimérica.

Extrusión y enfriamiento, En esta etapa la solución caliente y viscosa es bombeada a través de la hilera, saliendo en forma de hebras que son estiradas , en esta etapa el diámetro de los orificios y la velocidad con la que la fibra se extrae de la hilera determinan el tamaño de la fibra



Estirado luego del enfriamiento, se realiza con la finalidad de orientar las cadenas moleculares y desarrollar las propiedades mecánicas de las fibras.

**Hilatura en seco** , En este proceso el polímero y el solvente rejunten en un dispositivo que debe estar entre 40 - 50 °C luego a través de un filtro pasan al recipiente de alimentación que esta a mayor temperatura 70 °C – 80 °C donde el polímero ya esta mejor disuelto, pasando por un intercambiador de calor para llevar al polímero a la temperatura requerida, luego ingresa a la cabina de hilatura atraviesa de un filtro zona en la que ingresa aire caliente en esta zona el solvente se evapora obteniéndose el hilo al que se le da el acabado .

## **2.4 AUXILIARES**

Para este proceso se utilizan los siguientes auxiliares de teñido:

### **Aceleradores de penetración**

Estos productos son utilizados en el baño de teñido para actuar como desaireante y permitir una rápida humectación del material a teñir, suprimen la formación de espuma.

### **Agente de igualación para colorantes ácidos**

Se caracterizan por retardar el agotamiento del colorante, promoviendo la migración y mejorando la igualación, algunos también actúan recubriendo el barrado originado por diferencias físicas en la estructura de la fibra.

### **Fijador**

Mejoran las solidez en húmedo del material teñido.

Otro producto utilizado en el teñido por sistema pad – steam es el encargado de generar un **incremento del pick – up** adicionalmente a esto mejora la apariencia del tejido teñido por prevenir el efecto de **escarchado (frost)** en el tejido.

## **2.4 COLORANTES Y SUS CARACTERISTICAS**

La fibra de Nylon puede ser teñida con colorantes Ácidos, Complejo Metálicos, Dispersos y Reactivos, se utilizan de acuerdo a la intensidad del color y la solidez requerida.

### **2.4.1 Colorantes Ácidos**

Los colorantes ácidos llamados así por que su tintura es realizada desde un baño ácido por otro lado son aniones coloreados que son solubles en agua debido a los auxocromos sulfónicos de carácter ácido.

Estos colorantes tienen la capacidad de poder teñir la lana, poliamida y en algunos casos la fibra de algodón por tener una composición química similar a la de los colorantes directos.

En el caso de tonos claros y medios los colorantes ácidos se caracterizan por ser de molécula pequeña son ácidos monosulfonados de muy buena migración y propiedades de igualación, con buena solidez a la luz.

En el caso de tonos medios a oscuros se utilizan colorantes ácidos monosulfonados y disulfonados de mediana a buena migración e igualación, su solidez a la luz van de mediana a muy buena en el caso de solidez al lavado tonos medios tienen buena solidez pero en el caso de tonos intensos requieren un tratamiento posterior para ser mejoradas, la cobertura de barrado es buena con adición de agentes de igualación.

En tonos intensos se recomienda los colorantes complejo metálicos, son de propiedades de migración e igualación medias. Este tipo de colorantes son se alta solidez a la luz y muy buena solidez al lavado aun en tonos oscuros

### **2.4.1.1 Clasificación Química De Los Colorantes Ácidos:**

Son tres los principales grupos: Trifenil Metano, Antraquinona y Azo

**Colorantes Ácidos con cromógeno Trifenil Metano,** La gran mayoría de este grupo tienen solidez muy bajas solo algunos tienen solidez moderadas, dentro de este grupo se encuentran los tonos azules, violetas y verdes brillantes

**Colorantes Ácidos con cromógeno Antraquinónico.** Se caracterizan por tener buena igualdad pero tienen bajas solidez a tratamientos húmedos, los colorantes de este grupo se pueden utilizar como colorantes de matizados con colorantes mordentables por que sus tonalidades no se alteran con la presencia de dicromatos pudiendo mejorar su solidez húmeda como consecuencia de este tratamiento

En este grupo se encuentran los colorantes azules que poseen buena igualdad y son sólidos a la luz.

**Colorantes Ácidos con cromógeno Azo:** Dentro de este grupo encontramos los amarillos y rojos, naranjas y escarlatas .

Los azules de tonos opacos excepto los azules marinos, la mayoría de los negros, algunos verdes oscuros y violetas.

### **2.4.1.2 Clasificación Por Comportamiento Tintóreo De Los Colorantes Ácidos**

**Colorantes Ácidos De Igualación**, Son de bajo peso molecular, baja afinidad por la fibra y alta solubilidad en agua, tienen bajas solidez a los tratamientos húmedos.

Son fijados a la fibra principalmente por medio del enlace salino para lo cual es necesario crear núcleos positivos utilizando grandes cantidades de ácido mineral.

**Colorantes Ácidos de Abatanado**, En este grupo tenemos colorantes de mayor peso molecular y menos número de grupos sulfónicos comparados con los colorantes de igualación.

Por la fuerza de atracción no iónica su cromógeno posee mayor afinidad, así mismo por esta razón no es necesario la presencia de ácidos minerales que generen alta cantidad de núcleos de reacción. Para conseguir un buen agotamiento es necesario la presencia de ácidos orgánicos como el fórmico y el acético generando pH más elevados mejorando su afinidad no iónica moderada.

**Colorantes Ácidos de Superabatanado**: No necesitan aplicarse en presencia de ácidos orgánicos ni mineral por poseer la afinidad no iónica

mas alta , consecuente mente a esto tienen las solidez más altas al proceso de abatanado.

Se caracterizan por tener baja velocidad de difusión y alto grado de aglomeración temperaturas menores a los 100°C, gracias a las fuerzas de Van der Waals la adsorción de colorante a la fibra es realizada por adsorción no iónica.

En este tipo de colorantes ácidos la adición de sulfato de sodio no actúa como igualante ya que por el contrario promueve su agotamiento como es el caso de los colorantes directos.

## **2.4.2 Colorantes Premetalizados**

Llamados así por que durante su fabricación ha sido formado el complejo metálico entre el ligante y el átomo metálico, químicamente similares a los colorantes mordentables y por su modo de aplicación a los colorantes ácidos.

### **2.4.2.1 Clasificación Química de los Colorantes Premetalizados**

La clasificación es en función del número de moléculas de colorante ligados al átomo de cromo central.

Los colorantes Complejo metálico 1:1 , son llamados así por que los compuestos hidroxiazos y ligantes similares forman un complejo con una

molécula de ligante por átomo de cromo y los Complejo metálico 1:2 tienen dos moléculas de ligante por átomo de cromo.

La formación de estos dos tipos de complejos metálicos difiere en ligante y las condiciones de fabricación. En el caso del Complejo metálico 1:1 su formación es favorecida por la baja solubilidad del complejo y pHs de reacción bajas y en el caso del Complejo metálico 1:2 son formados a pHs altos.

En el modo de aplicación varia en el rango de pHs, el Complejo metálico 1:1 se aplica a pHs bajos muy ácidos por ello también son llamados colorantes ácidos premetalizados, mientras que los colorantes premetalizados 1:2 se aplican a pHs cercanos a 7 reciben por este motivo el nombre de colorantes premetalizados neutros.

### **Colorantes premetalizados complejo metálico 1:1**

Son fabricados de colorantes ácidos principalmente de compuestos orto-ortoprime de hidroxiazobenzol que poseen uno o dos auxocromos sulfónicos solubilizantes por molécula. Por considerarse colorantes ácidos convencionales se considera que su rendimiento tintoreo aumenta con la disminución del pH del baño de teñido.

Por tener una molécula de ligante por átomo de cromo tenemos tres posiciones de coordinación en el metal vacante las cuales pueden ser

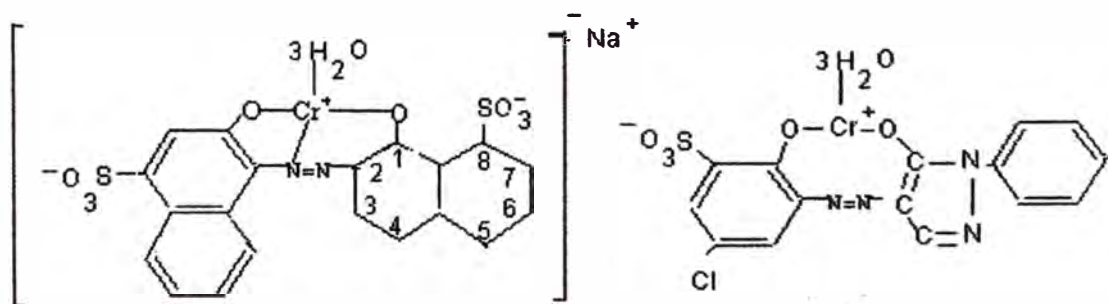
ocupadas por moléculas de agua al inicio del teñido o luego por grupos funcionales como los carboxílicos ionizados o grupos amino.

Si el pH del baño de aplicación es muy bajo, origina la protonización gradual de los grupos amino y la supresión de la ionización de los grupos carboxílicos de la fibra.

Las propiedades del colorante dependen particularmente de la carga iónica de su molécula y de su grado de hidrofiliidad.

Debemos tener en cuenta que los colorantes que poseen dos grupos sulfónicos por molécula, poseen carga negativa, mientras que cuando sólo posee un grupo sulfónico se comporta como zwitterión.

Figura N° 30



C.I. ACIDO AZUL 158

C.I. ACIDO ROJO 180

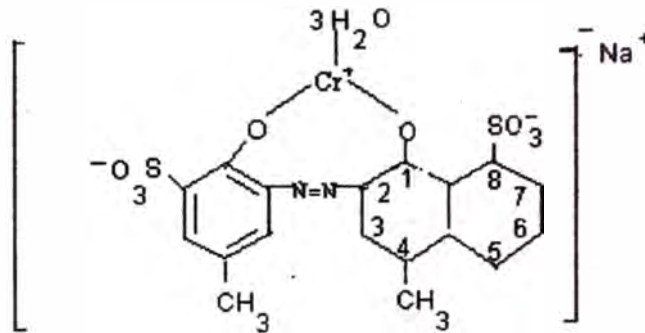
Figura N° 30



La posición de los radicales sulfónicos es importante, en el caso de estar en la posición peri torna al colorante más hidrofóbico, originando menor predisposición a tinturas moteadas. Se piensa que el radical sulfónico en la posición peri se debilita por la interacción con el radical oxidrónico adyacente, actuando como un Zwitterion.

Los isómeros en los que el radical sulfónico ha sido desplazado de la posición 8 a otras posiciones (7,6,5, ó 4) con respecto al radical oxidrónico metalizable, tienen pobre capacidad de migración y mayor predisposición a tinturas moteadas, en contraparte presentan mayor agotamiento al ser aplicados desde baños fuertemente ácidos, son de matiz más rojizo y más sólidos al álcali.

Si el colorante presenta un segundo radical sulfónico mejora las características de buena migración y tinturas más uniformes aún desde un baño acidulado con ácido fórmico, como el colorante mostrado a continuación (Figura N° 31):



**Figura N° 31**

Se debe tener en cuenta que un aumento en la carga negativa de colorante debido a la presencia de grupos sulfónicos adicionales, confieren mayores características de colorante ácido, mayor solubilidad en agua y mayores propiedades hidrofílicas .

En algunos casos el radical sulfamoil (  $-\text{SO}_2\text{NH}_2$ ) se emplea para conferir solubilidad en agua, resultando un colorante de carga neta positiva que posee menores riesgos de tinturas moteadas.

Cuando el colorante ha sido adsorbido pueden experimentar modificaciones en su estructura por las posibles coordinaciones por los grupos carboxílicos y aminos de la fibra.

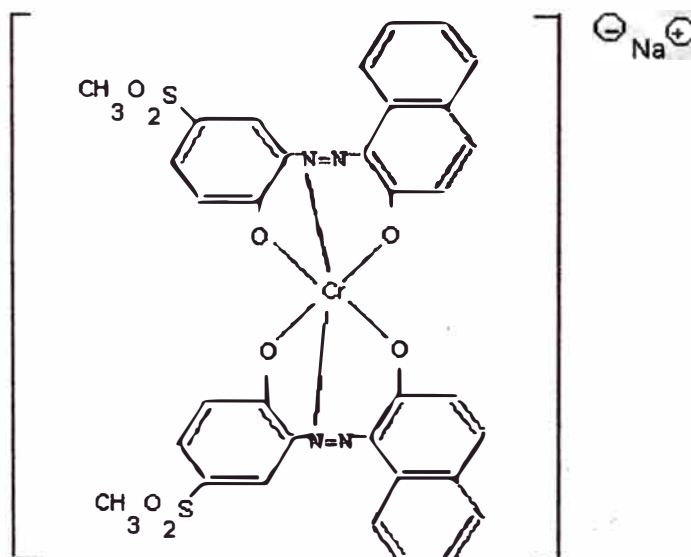
Puede suceder que el complejo 1:1 se transforme en complejo 1:2 debido al largo tiempo de ebullición que requiere su aplicación.

## Colorantes premetalizados complejo metálico 1:2

También fabricados a base de ligantes derivados del orto, ortopríma dihidroxiazos. Algunos son derivados de compuestos azo metinos, en los que cromóforo azo (  $-N=N-$  ) es reemplazado por el cromóforo (  $-CH=N-$  ) el átomo de nitrógeno en este cromóforo puede formar enlaces de coordinación con el átomo metálico central.

En este tipo de moléculas de ligante entran en coordinación con un átomo de cromo; en ciertos casos son usados complejos de cobalto

(Figura N° 32)



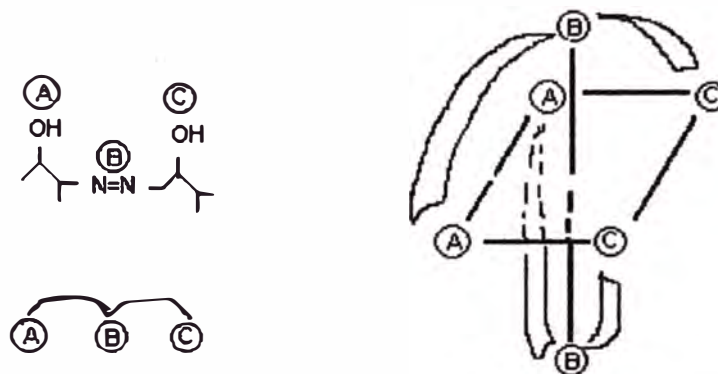
**C.I. VIOLETA ACIDO 78**

**Figura N° 32**

Los complejos de cobalto absorben luz de menor longitud de onda, poseen menor solidez a la luz y menores velocidades de tintura que sus correspondientes de cromo, esto debido a que el cobalto ejerce un efecto baticrómico menor que el cromo sobre el cromóforo azo.

Tenemos dos tipos de complejos de acuerdo a las moléculas coloreadas ligadas al átomo central, son simétricas si estas moléculas son idénticas y asimétricas si son distintas siendo las de mayor estabilidad la simétricas .

Inicialmente se sugirió que los complejos 2:1 formados por colorantes a base de orto, ortopríma dihidroxiazos y a base de ortohidroxiorotopríma carboxiazos eran del mismo tipo, esto fue propuesto por Drew y Fairbairn que consideraban que los dos colorantes azos se hallaban perpendicularmente orientados entre sí y coordinados en forma de un octaedro con respecto al átomo metálico central a esta misma conclusión llegó H. Pfitzner por lo que este arreglo es llamado estructura molecular perpendicular de Drew y Pfitzner. Figura N° 33

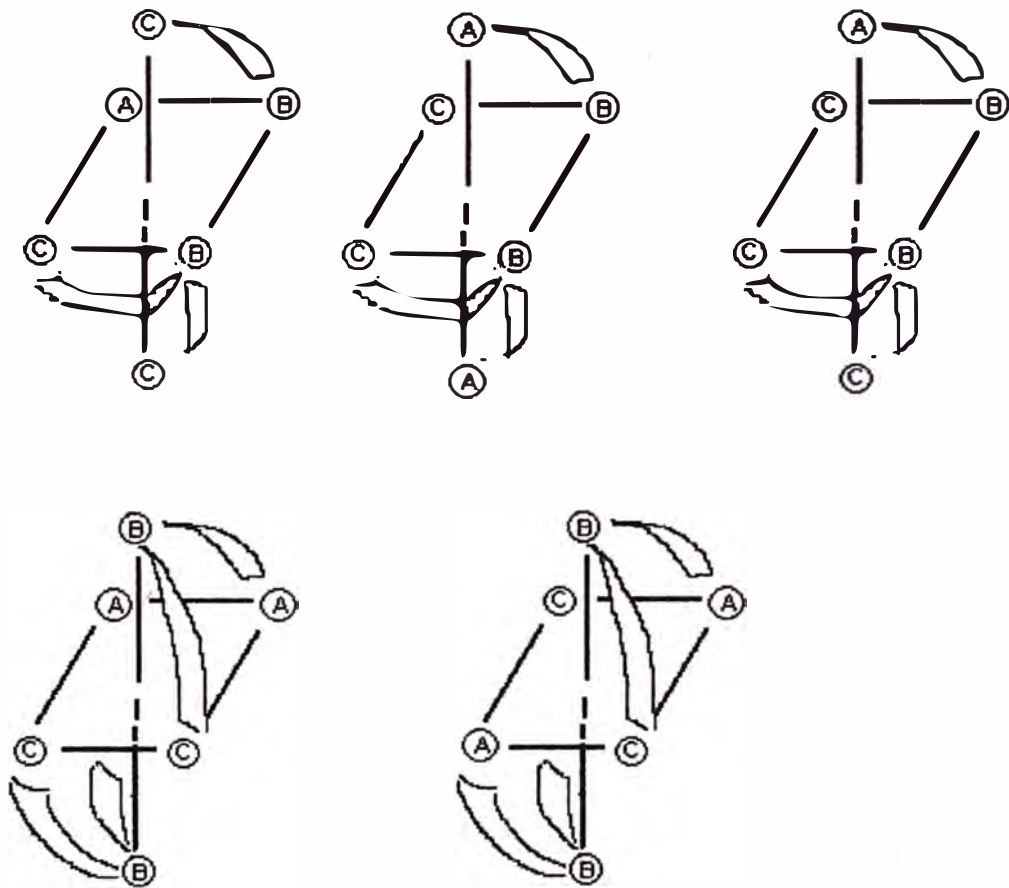


### Estructura perpendicular Drew y Pfitzner (1)

Figura N° 33

Pfiffer y Saure resolvieron los complejos 1:2 formados entre los colorantes a base de ortohidroxi ortopríma carboxi azos y cromo en dos isómeros ópticos, propusieron dos estructuras que contenían un metal central coordinado hexavalentemente por dos moléculas de ligante. En oposición a Drew ignoraron el arreglo perpendicular y proponen una forma de coordinación donde los tres átomos involucrados en el complejo se encuentran situados en las esquinas de dos triángulos equiláteros paralelos.

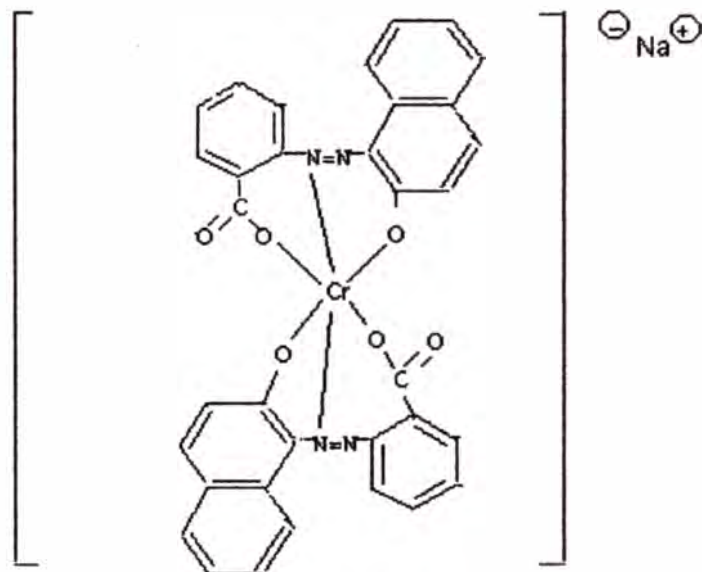
Este arreglo conocido como arreglo paralelo de Pfeiffer o Sándwich crea la posibilidad de cinco isómeros: (Figura N° 34)



### Estructura paralela de Pfeiffer y Saure (2)

#### Figura N° 34

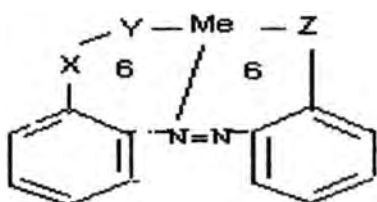
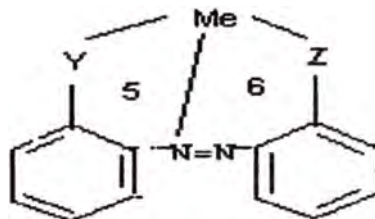
Aún no está definida la estructura correcta pero mediante la cromatografía se ha detectado cuatro isómeros para el colorante cuya molécula se muestra a continuación. ( Figura N° 35)



**Figura N° 35**

Investigaciones realizadas por la compañía Suiza Geigy (Ciba – Geigy) sugieren las siguientes reglas que adopta el colorante:

- \_ Todos los colorantes diarilazos que pueden formar dos anillos de seis miembros con el átomo metálico central, coordinan en el arreglo paralelo.
- \_ Todos los colorantes que forman anillos de 6 y 6 miembros con el átomo metálico central, coordinan por el arreglo perpendicular. (Figura N° 36).

**COMPLEJOS II****COMPLEJOS I**

**Estructuras adoptadas por el colorante de acuerdo a los átomos coordinantes**

**Figura N° 36**

Los tres átomos involucrados en la coordinación en una molécula tridentada y representados como A, B y C en la Figura N° 33, forman un triángulo isósceles en el caso del arreglo perpendicular, mientras que se encuentran en las esquinas de un triángulo equilátero en el caso de un arreglo paralelo.

Al aumentar la distancia A C el ángulo A B C también lo hace, aproximándose a los valores óptimos para formar la estructura perpendicular de Drew y Pfitzner .

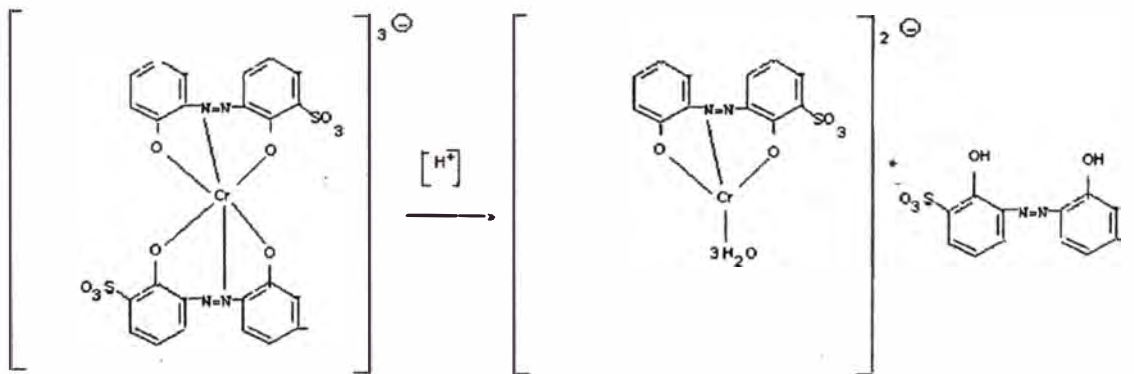
Las moléculas de distancia A C más cortas se comprimen para hacerlo en el arreglo paralelo de Pfeiffer y Saure, por no existir oportunidades de un estiramiento para alcanzar el arreglo perpendicular, el arreglo paralelo conlleva a una disminución en la aromaticidad del complejo y una menor estabilidad de la estructura que el arreglo perpendicular.



Los colorantes complejo metálico 2:1 de estructura paralela son de menor solubilidad en agua, mayor brillantez de matices, menor solidez a los procesos humedos , más sólidos a la luz y de menor rendimiento tintóreo (llegando hasta 50% menos) comparados con los colorantes de estructura perpendicular.

El comportamiento tintóreo del colorante y su estabilidad es afectada por el número de radicales sulfónicos presentes en el colorante complejo metálico 2:1. En el caso de la presencia de dos radicales sulfónicos le confiere carácter tribásico y la necesidad de ser aplicados en soluciones concentradas de ácidos fuertes; condiciones bajo las cuales el complejo 2:1 se descompone en complejos 1:1 y el colorante ácido libre.

Figura N° 37



**Complejo Tribásico 2:1**

**Complejo Dibásico 1:1**

**Colorante**

**Acido libre**

**Figura N° 37**

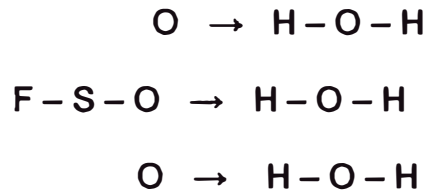
En el caso de tener un solo radical sulfónico es capaz de provocar la descomposición del complejo metálico 2:1 en un complejo 1:1 y el colorante ácido libre.

De manera general, el aumento en la carga negativa del complejo, disminuye su estabilidad en medio ácido.

Los colorantes con auxocromos sulfónicos por ser sales de ácidos fuertes se disocian completamente en agua; los ácidos libres son de baja solubilidad y las sales se agregan considerablemente a temperatura ambiente y son de poca solubilidad en presencia de sales orgánicas. Por ello no es común la presencia de radicales sulfónicos en los colorantes complejo metálico 2:1, por su inestabilidad, dificultad de tintura y solidez disminuida, salvo en colorantes destinados para fibras poliamídicas y tonalidades oscuras.

Por ello se ha incluido radicales solubilizantes no iónicos, con lo cual no se requiere condiciones ácidas extremas de aplicación y convierte el colorante en un compuesto más hidrofóbico.

La acción solubilizante del auxocromo sulfónico depende de la propiedad de su anión de formar enlaces de coordinación con el agua (Figura N° 38)



**Figura N° 38**

El átomo de oxígeno en el radical sulfónico actúa como un donador de electrones, formando enlaces de coordinación con el átomo de hidrógeno en las moléculas de agua.

Todos los donantes fuertes de electrones presentan en diferentes grados el mismo carácter hidrófilo. Los donantes de electrones como el oxígeno, el azufre, el nitrógeno y en ciertos casos el carbono muestran esta propiedad cuando están presentes en grupos apropiados.

En la práctica solo se utilizan los grupos sulfoamidas y sulfones de alta polaridad, como los radicales amino sulfón ( - SO<sub>2</sub> NH<sub>2</sub> ) y metil sulfón ( - SO<sub>2</sub> CH<sub>3</sub> ) para conferirle solubilidad al colorante premetalizado 2:1.

La naturaleza del radical solubilizante influye en la velocidad de tintura del colorante; colorantes que contienen el grupo amino sulfón poseen una velocidad de tintura más lenta que el mismo colorante solubilizado por un radical metil sulfón, a pesar de que ambos radicales tienen propiedades de solubilidad semejante.

En general se llega a las siguientes conclusiones:

- \_ A mayor grado de agotamiento del colorante, menor su tendencia a ocasionar tinturas moteadas (mayor lipofilidad del colorante)

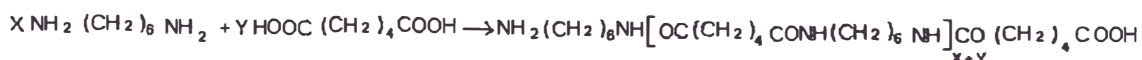
\_A mayor peso molecular del colorante, mayor su grado de agotamiento y mejor solidez

\_ A menor número de grupos solubilizantes, mayor su carácter lipofílico y mayor su grado de agotamiento.

\_ Cuanto más lipofílico es el colorante, se requiere de condiciones ácidas de aplicación menos fuertes y disminuyen las tinturas moteadas.

### 2.4.3 FIJACION DEL COLORANTE EN LA FIBRA

La fibra de nylon por ser fabricada por la polimerización de un ácido di básico y una amina di funcional contando por ello con grupos aminos y carboxílicos en su estructura (Figura N° 39)



Etilen diamina

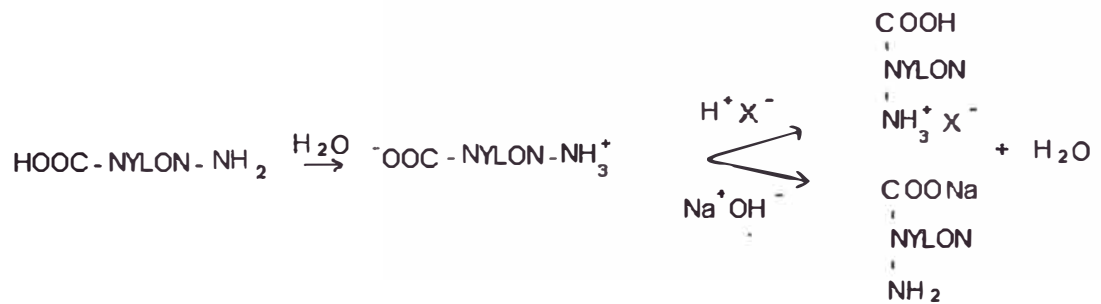
Acido Adipico

Nylon 6,6

(Figura N° 39)

En el agua se genera la disociación de los grupos carboxílicos generando protones que son adsorbidos por los grupos aminos formando Zwitter iones. Cualquier protón externo es adsorbido por el grupo carboxílico

primeramente y en segundo lugar por los grupo aminos, por ello por titulación con ácido se determinar el contenido de grupos aminos libres y el número de grupos carboxílicos por titulación con una base como se observa en el siguiente esquema (Figura N° 40)



**Figura N° 40**

Los grupos aminos terminales no son equivalentes a los grupos a los grupos ácidos debido a la presencia de finalizadores de polimerización como son el ácido acético y el ácido benzoico, utilizados en la fabricación de la fibra. Al realizar estas titulaciones el contenido de ácido corresponde muy cercanamente al contenido amino.

Podemos concluir que la **fibra poliamídica posee propiedades ácido – base**; el porcentaje de contenido ácido de la fibra que es ionizado promueve en condiciones neutras la protonización del contenido básico en la misma, que al representarse en una ecuación sería la siguiente (Figura N° 41)

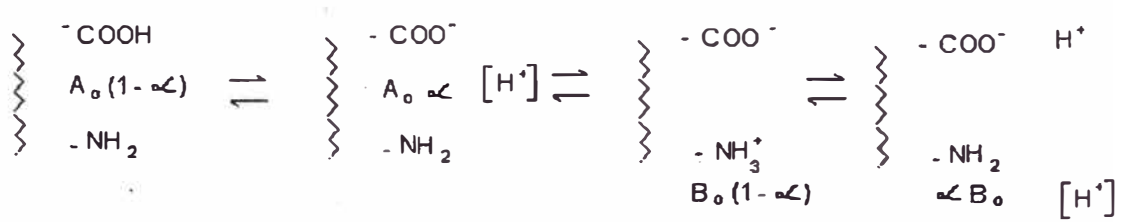


Figura N° 41

$A_o$  = Concentración total de grupos ácidos

$B_o$  = Concentración de grupos aminicos

$\alpha$  = Constante de disociación ácida

La fibra poseerá las siguientes constantes de equilibrio

CONSTANTE ACIDA  $K_a$

CONSTANTE BASICA  $K_b$

$$K_a = \frac{[A_o \alpha] [H^+]}{[A_o(1-\alpha)]}$$

$$K_b = \frac{[B_o \alpha] [H^+]}{[B_o(1-\alpha)]}$$

$$K_a = \frac{\alpha [H^+]}{(1-\alpha)}$$

$$K_b = \frac{\alpha [H^+]}{(1-\alpha)}$$

Siendo el pH de la fibra el logaritmo negativo de la concentración de iones de hidrógeno presentes en la fibra

$$\text{pH}^f = -\log_{10} [\text{CH}^f]$$

pKa de la fibra es el pH alcanzado por la fibra al alcanzar el 50% de ionización ácida y el pKb es el pH alcanzado al haberse protonizado el 50% del contenido amínico en la fibra

$$\text{pKa} = (-\log_{10} \text{CH}^f)_{\alpha = 0.5}$$

$$\text{pKb} = (-\log_{10} \text{CH}_f^+)_{\beta = 0.5}$$

Los colorantes ácidos utilizados al teñir la fibra poliamídica van a reaccionar con los grupos amínicos protonizados en ella, la carga neta de la fibra ( $S^+$ ) estará dada por:

$$S^+ = [B^+] - [A^-]$$

$$S^+ = \left\{ \left[ B_0 \left( \frac{\text{CH}^f}{K_b + \text{CH}^f} \right) \right] - \left[ A_0 \left( \frac{K_a}{\text{CH}^f + K_a} \right) \right] \right\}$$

De estas ecuaciones podemos apreciar que  $S^+$  depende:

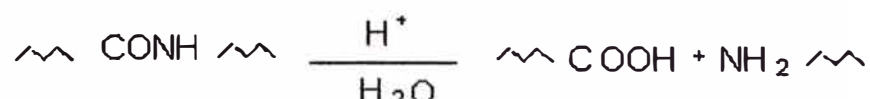
- \_ De la concentración inicial de los grupos ácidos ( $A_0$ ) y grupos amínicos ( $B_0$ ) y la relación entre ambos ( $A_0/B_0$ )
- \_ La fracción de grupos ácidos disolubles ( $\alpha$ ) y aminos protonizables ( $\beta$ ) la que tiene una íntima relación al pH de la solución externa.

En una fibra poliamidica que posee igual contenido de grupos ácidos y amídicos ( $A_0 = B_0$ ), la carga neta de la fibra varía de acuerdo al pH de la solución externa, por ello se fabrican fibras poliamídicas con diferentes contenidos de grupos amídicos y ácidos (en el proceso de polimerización al aumentar el contenido de un grupo disminuye el otro, las fibras teñidas alcanzarán mayor o menor intensidad al teñirse con colorantes ácidos según la concentración de grupos amínicos que posea en su constitución. Para el caso de fibras que posean ambos grupos polares su carga polar neta será:

$$S^+ = \{ B^+ - \{ A^-$$

Debe considerarse que cuando la concentración del colorante aumenta y/o el pH del baño disminuye la fibra adsorbe más colorante que el teóricamente posible por el contenido de grupos amínicos en la fibra, este exceso de colorante depende de su basicidad y afinidad.

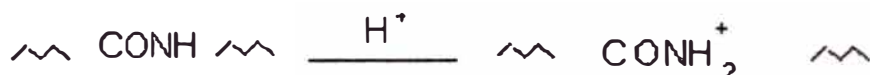
Se ha dado la explicación sobre el exceso de colorante adsorbido a bajo pH de tintura debido a la hidrólisis ácida de los puentes amidos en la fibra (Formula N° 42)



**Figura N° 42**



siendo probable que la absorción de un protón por el mismo grupo amídico para proveer un nuevo sitio de reacción al colorante (Figura N° 43).



**Figura N° 43**

El fenómeno de adsorción teóricamente excesiva a altas concentraciones de colorante, se ha explicado por medio del empleo de fuerzas de adsorción no iónicas además de las iónicas. Caso muy similar al de la adsorción de ácidos sin disociarse;. Se ha comprobado experimentalmente que **cuando más débil es el ácido mayor es su adsorción por la fibra** por ejemplo el ácido fórmico y el acético son adsorbidos en mayor proporción que el ácido clorhídrico, se considera que el exceso de ácido adsorbido, ha sido transferido de la solución a la fibra en forma sólida.

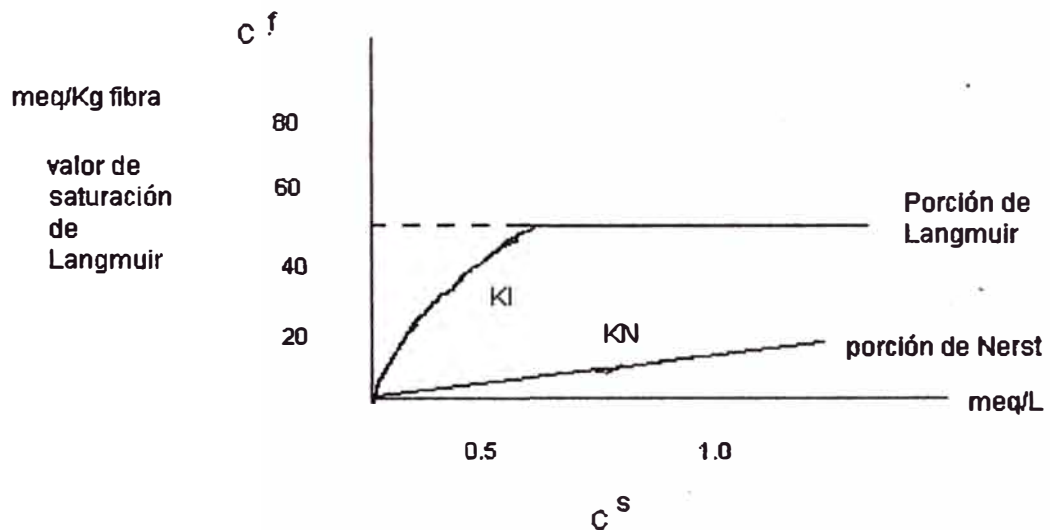
### **2.4.3 Mecanismo de fijación del colorante a la fibra**

El mecanismo real de teñido aún no se ha establecido Beckmann ha sugerido un modelo para el mecanismo de teñido de fibras poliamídicas con colorantes ácidos:

\_ El colorante ácido se fija a la fibra mediante la formación de enlaces salinos con los grupos aminos y una pequeña porción del colorante es adsorbido por medio de fuerzas no iónicas.

La velocidad de difusión del colorante al interior de la fibra determina la velocidad de teñido

- En teñidos de combinación de varios colorantes existe una competencia entre ellos y su intercambio depende de esta competencia. (Figura N° 44)



Isoterma de equilibrio de un colorante ácido sobre fibra poliamídica, mostrando las distribuciones de Langmuir y Nerst según modelo de Beckman

**Figura N° 44**

### **2.4.3.2 Parámetros que influyen en el teñido de fibras poliamídicas con colorantes ácidos**

#### **2.4.3.3 Constitución química del colorante:**

La mayoría de colorantes son sales sódicas de ácidos aromáticos, cuyos pesos moleculares varía de 300- 800 y poseen de 1 a 5 grupos sulfónicos como auxocromos solubilizantes.

Estos radicales sulfónicos se comportan como ácidos fuertes por lo que poseen pKs alto (1-2) formando en solución, sales neutras que se comportan como electrolitos coloidales que poseen tendencia a la aglomeración.

Es probable que solo colorantes en estado de solución monomolecular o en forma de agregados de dos o tres moléculas puedan difundirse a través de la fibra. La aglomeración es atribuida a la represión en la ionización del colorante debido a la presencia de un ión común al ión del colorante. Este es el ión sodio introducido durante su fabricación responsable de la baja solubilidad. El sulfato de sodio tiene una menor tendencia a causar aglomeración que el cloruro de sodio. Los ácidos aplicados poseen un ión común de hidrógeno que también causa aglomeración.

Los ácidos débiles por disociarse en menor grado poseen menor efecto de aglomeración que los ácidos minerales fuertes .

La afinidad del colorante aumenta en a medida que lo hace el peso molecular de su anión y con la introducción de radicales polares.

**El número de grupos sulfónicos en la molécula de colorante influye sobre:**

- Su grado de agotamiento a diferentes pHs, un colorante di sulfonado disminuye la afinidad del colorante en 1.4 Kcal/mol en relación al mismo cromógeno mono sulfonado por haber aumentado la solubilidad en agua el radical sulfónico adicional.

Los colorantes poli sulfonados poseen grados de agotamiento más elevados cuando son aplicados a pH 3 en ausencia de electrolitos ; en este pH ocurre el mayor grado de protonización de la fibra y oportunidades de reacción para el colorante.

A pHs cercanos al pH neutro la fibra adquiere una carga eléctrica superficial negativa que genera una repulsión del colorante cuanto mayor es su grado de sulfonación.

\_ Su comportamiento en presencia de Sulfato de Sodio: La acción retardante de esta sal se debe a la competencia de aniones por lo que es más efectiva con colorantes poli sulfonados.

\_ Su velocidad de teñido y de migración: La velocidad de tintura y de migración disminuye conforme aumenta el grado de sulfonación, colorantes poli sulfonados tienen pobres propiedades de migración.

\_ Su compatibilidad": Durante el teñido es una competencia por los grupos aminos en la fibra esta competencia aumenta cuando participan colorantes de diferentes basicidades.

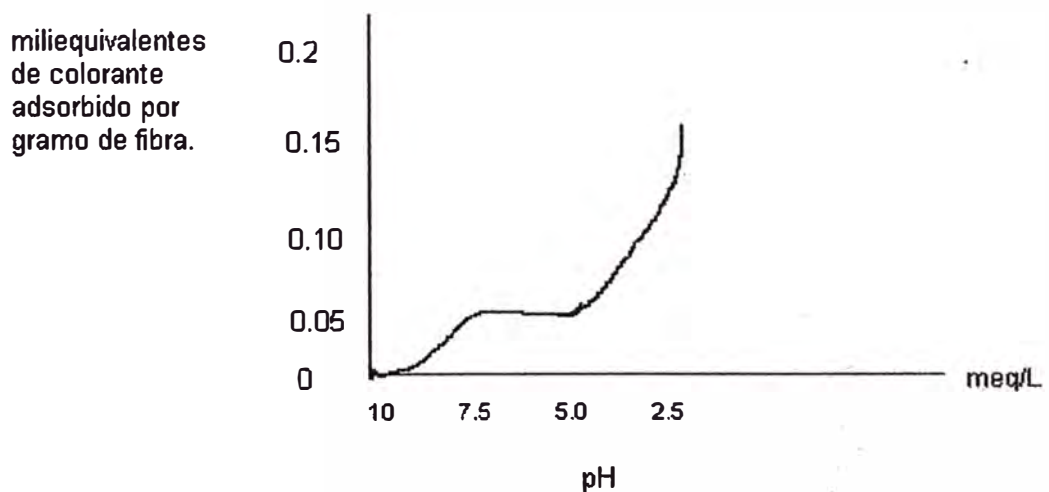
Colorantes tri sulfónicos tienen un valor de saturación menor que los di sulfónicos y estos a la vez menor que los mono sulfónicos.

### Constitución física y Química de la fibra

El contenido de grupos aminos en la fibra es el factor determinante para su intensidad.

En el nylon 6 se alcanzan tinturas mas sólidas que sobre el nylon 6,6.

**pH del baño (Figura N° 45):**



**Cantidad de colorante adsorbido por el nylon 6,6, con relación al pH del baño**

**Figura N° 45**

En el rango de pH 10 – 6 , la curva se asemeja a la curva obtenida al titular la fibra con ácido y corresponde a la de los aniones de colorantes que han reaccionado con los grupos aminos primarios.

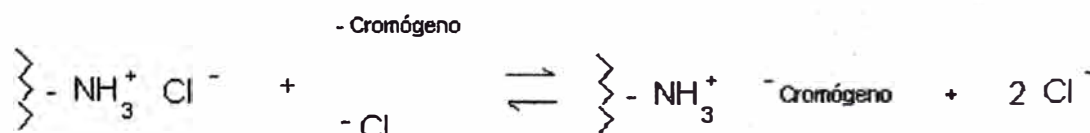
En el rango de pH 6 – 3.5 se nivela, indicando que un aumento en la acidez del baño no tiene efecto sobre los grupos aminos primarios y por lo tanto no hay aumento en la adsorción del colorante por estar todos los grupos aminos primarios ocupados.

En el rango de pH 2.5 – 2.0 hay un incremento notable en la adsorción de colorante, posiblemente por la protonización de los grupos aminos secundarios y la hidrólisis de la fibra.

No se trabaja en este rango por el riesgo a la hidrólisis degradativa de la fibra ; limitándose la tintura al rango de pH 6.0 – 3.5.

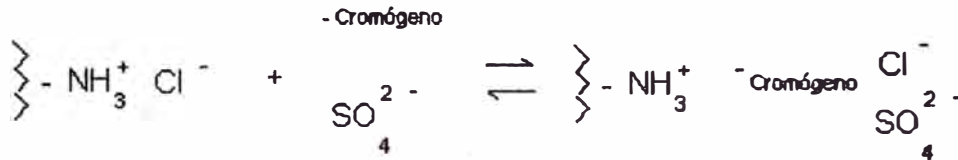
#### Presencia de electrolitos:

Dos aniones se encuentran en competencia por los núcleos básicos de la fibra : el anión de un ácido aromático o colorante y el anión de un ácido de menor peso molecular utilizado para lograr el pH óptimo de tintura del colorante (Figura N° 46)



**Figura N° 46**

Con la adición de un electrolito, como el sulfato de sodio se introduce un tercer anión a la competencia (Figura N° 47)



**Figura N° 47**

Por la ley de acción de masa, la adición de sulfato de sodio al sistema modifica el equilibrio de la reacción anterior, desplazándola hacia la izquierda.

Los colorantes que deben su fijación a fuerzas no iónicas, la acción igualante del sulfato de sodio es menos notoria que con colorantes que se fijan a la fibra por enlaces iónicos, aplicados a pH 3.

En medio neutro, donde el colorante se fija a la fibra en casi su totalidad por medio de fuerzas no polares, el electrolito aumenta su grado de aglomeración y disminuye su solubilidad en agua a la vez que promueve su agotamiento por adsorción no iónica y no posee acción igualante.

En el caso de colorantes ácidos de igualación y ácidos de abatanado donde el enlace iónico posee una marcada o mediana influencia respectivamente sobre su grado de fijación a la fibra, el electrolito actúa como igualante por competencia por los núcleos positivos de fibra.

### **Temperatura de teñido**

La velocidad de tintura en todo sistema de teñido es acelerada con el incremento de la temperatura, las propiedades migratorias de una proporción significativa de estos colorantes son pobres a temperaturas inferiores a 100°C por lo que su aplicación es controlada desde su inicio.

Se inicia la tintura a temperaturas menores a los 50 °C, donde prácticamente no existe ninguna transferencia de colorante a la fibra, se incrementa la temperatura gradualmente hasta la ebullición en un lapso de 30 a 60 minutos (1° - 2°/min), al alcanzar la ebullición los colorantes ácidos logran su máximo agotamiento, los colorantes de abatanado y superbatanado lo hace a medida que se continúa la tintura a ebullición. Esto en el caso de agotamiento, en el sistema de teñido pad – Steam también iniciamos el teñido a temperaturas menores a 50°C (impregnado) luego ingresa a la cámara de vapor donde ocurre la difusión del colorante al interior de la fibra y ocurre la reacción del colorante con la fibra.

**Colorantes mordentables**, en este tipo de colorantes no solo es necesario su fijación a la fibra como colorantes ácidos, sino que la mordante del cromo debe ser también aplicada bajo condiciones que aseguren su reacción con el colorante dentro de la fibra.

Como resultado de la formación del complejo dentro de la fibra las tinturas son más sólidas a los tratamientos húmedos a temperaturas altas, tales como el vaporizado y la termofijación en húmedo; que los alcanzados por



los colorantes ácidos premetalizados. Esta diferencia no se puede asociar a la presencia de los auxocromos sulfónicos solubilizantes en los colorantes premetalizados; pero si con la facilidad de penetración del colorante sin acomplejar en las regiones de la estructura queratinosa que son inaccesibles para las moléculas más grandes y complejas de los colorantes premetalizados.

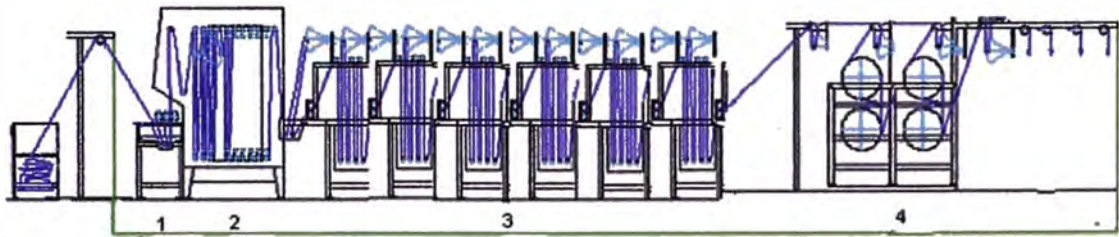
### **Colorantes Complejo metálico**

El grado de agotamiento de estos colorantes depende de su carga iónica y de las condiciones de aplicación, las que se seleccionan para brindar al colorante una velocidad de tintura controlable dentro de los rangos de acidez requeridos.

Los colorantes premetalizados 1:1 se aplican desde un baño fuertemente ácido para asegurar la formación de enlaces iónicos entre el colorante y los grupos aminos protonizados de la fibra, los colorantes complejo metálico 2:1 se aplican desde baños con pH próximos a la neutralidad por depender su agotamiento de fuerzas de adsorción no iónicas y por conducir hacia tinturas defectuosas las condiciones extremadamente ácidas.

## 2.6 MAQUINARIA

A continuación se presenta la disposición de la maquinaria utilizada en la empresa Mundo Textil. S.A. (Figura N° 48).



- 1 Impregnación
- 2 vaporizado
- 3 lavado- fijado
- 4 secado

**Figura N° 48**

Una puerta grande de vidrio doble, permite el acceso al interior del modulo, así como la visualización del proceso.

Un compensador con detector del fin de curso, controla la velocidad y la tensión cuenta con un sistema de alimentación que regule la tensión a la entrada de la máquina.

### **LAVADO:**

Lavado compuesto por 6 cajas construida enteramente de acero inoxidable.

Cada caja posee capacidad para 70 lts de agua

Cada caja posee un rodillo superior e inferior revestidos de caucho nitrifico, la presión de las rolas es accionada por pistones neumáticos y controladas por manómetros.

El calentamiento es hecho por inyección directa de vapor.

El control de temperatura es realizado por termómetros

Cada caja de lavado posee llaves manuales de alimentación de agua, salida de agua y vapor .

### **SECADORA:**

Consta de 4 rolas de secado de acero inoxidable

Sistema de calentamiento de los mismos es por alimentación directa de vapor

## **IMPREGNACIÓN**

Foulard vertical de impregnación para el teñido o acabado con una artesa de 8 lts de baño. Construido de acero inoxidable, el foulard posee un conjunto de rolas removibles para la inmersión de las cintas

Es compuesto por 3 revestidos de caucho nitrilico con dureza de 65-70 shore

La presión de las rolas es accionada a través de pistones neumáticos, y controlada por medio de un manómetro.

El foulard es movido por un motor, posee una llave Star/Stop de seguridad, que actúa en el transporte de toda la máquina.

## **VAPORIZADO:**

La zona de vaporizado tiene inyección directa de vapor, el súper - calentamiento del vapor es hecho a través de resistencias eléctricas

El techo, las paredes y la entrada de las cintas son calentadas con vapor indirecto a través de serpentines para evitar la condensación del vapor y eventual formación de gotas de agua.

Posee un sello de agua en la salida de las cintas con volumen de agua controlado por medio de una válvula de agua y rebose.

La temperatura es medida por medio de un termómetro.

El cilindro superior es accionado por un motor reductor planetario de corriente alterna y el cilindro inferior corre libre, Tanto el cilindro superior como el inferior son de acero inoxidable revestidos con teflón grafitado.

Presenta conjunto de rodillos con un sistema compensador de tensión por regulación de pesas

No posee controlador de temperatura, solo de presión de vapor por medio de manómetros.

### **III. DESARROLLO DEL TEMA**

#### **3.1 TECNOLOGÍA DEL PROCESO DE TEÑIDO PAD – STEAM PARA FIBRAS ELÁSTICAS, DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROCESO**

El proceso de teñido de cintas de PA por el proceso Pad – Steam es un método muy utilizado actualmente a nivel mundial aunque poco difundido en Perú, presenta la ventaja de ser un proceso económico y se ha obtenido buenos resultados técnicos por este proceso. Para lograr buenos resultados es necesario realizar una selección adecuada de colorantes, auxiliares y condiciones de máquina de acuerdo a la intensidad de color, tono y tipo de material. Primero detallaremos algunos puntos importantes sobre el vaporizado:

El vaporizado es un tratamiento en una atmósfera de vapor de agua a alta temperatura que proporciona un efecto muy similar al del agua hirviendo, sin el efecto diluyente de ésta.

**Vapor** , Es un gas cerca de la licuefacción, estado en el que se separan dos fases cuyo límite es la superficie del líquido. Pasando esta fase , todas las propiedades como densidad, energía interna, etc., se cambian.

El vapor de agua puede estar en dos formas:

**Vapor saturado:** Cuando una pequeña disminución en su temperatura promueve su licuefacción cuando está en equilibrio dinámico con el líquido.

**Vapor recalentado:** Es aquel que permite una disminución considerable de temperatura antes de pasar al estado líquido.

Situaciones que se presentan que se presentan durante el vaporizado:

Al ingreso a la cámara de vapor el material lleva consigo humedad y dependiendo del proceso y del tipo de tejido puede llegar a arrastrar hasta su mismo peso en baño. Si trabajamos con un vaporizador atmosférico generalmente es necesario elevar la temperatura del baño que arrastra el tejido hasta 100°C para efectuar un proceso de reacción rápida entre el material y los productos o colorantes impregnados anteriormente.

Para conseguir este efecto es necesario tener vapor que se condense sobre el tejido liberando su calor latente (entalpía de condensación) y eleve la temperatura del sustrato entre 80°C -90°C. Podemos reducir el tiempo de calentamiento así como la cantidad de condensado sobre el tejido precalentando el material a la entrada del vaporizador mediante el uso de vapor recalentado el cual cede su calor latente de calentamiento antes de condensar sobre el tejido.

El vapor sobrecalentado en grado extremo es deficiente en vapor de agua y actúa como un gas caliente seco, que suministra calor a la tela y

concentra los productos sobre ella. Esta concentración de los productos sobre el sustrato puede ocasionar pérdidas de resistencia.

Durante la fijación de colorantes, el sobre calentamiento conduce a una mala difusión del colorante lo que ocasiona una mala solidez al frote y bajo rendimiento tintoreo.

Es un riesgo utilizar vapor recalentado en un proceso de vaporizado satisfactorio, para evitarlo se trabaja con vapor saturado o con pocos grados de sobre calentamiento.

En el proceso de vaporizado el material absorbe agua del vapor promoviendo su hinchamiento de tal manera que las partículas de colorante y productos químicos se puedan desplazar de su superficie al interior de ella , facilitando la difusión de esta..

El efecto de capilaridad en los tejidos se debe a los espacios capilares entre las fibras, los que con la ayuda del agua como vehículo transportador y calor aceleran la difusión de los colorantes y productos químicos

### **3.3.1 Factores que influyen en el proceso Vaporizado:**

**La fibra y tipo de tejido,** No todas las fibras poseen el mismo calor específico y por lo tanto no transmiten el calor con la misma facilidad.

**Temperatura y el grado de humedad del tejido que ingresa a la cámara de vapor,** La tela debe ser calentada lo más rápidamente posible



a 100°C, lo que se consigue por la entalpía de condensación de la atmósfera de vapor saturado. si la tela ingresa con un arrastre de 100% de baño éste puede aumentar a 140 – 160% por efecto de la condensación del vapor sobre ella

Dependiendo del proceso la condensación puede causar dilución de los productos y colorantes y en procesos de fijación de colorantes puede producir un efecto de sombreado sobre materiales de rizo.

Es recomendable trabajar con vapor saturado de muy poca sobrepresión (0.5 atmósferas de presión) para disminuir el efecto de dilución.

**Grado de saturación del vapor** , Si se enfría o comprime el vapor saturado, ocurre la condensación formándose vapor húmedo, mientras que el equilibrio de absorción para un vapor de 100% de humedad relativa y 100°C establece una absorción de agua por encima del 18% en relación al peso del algodón, para un vapor de 90% de humedad relativa y a la misma temperatura disminuye a un 11% para un vapor de 75% de humedad relativa también a 100°C a menos de 6%.

Lo que se recomienda es trabajar con vapor saturado a una temperatura Próxima a 100°C.

**Cantidad de vapor , velocidad de entrada y distribución dentro del vaporizador:** El vapor debe alcanzar el material de una manera uniforme y en suficiente cantidad para lograr su objetivo.

La presión de las tuberías debe garantizar un flujo adecuado dentro del vaporizador y a través de la rama de tuberías. Se recomienda de 15 a 20 lb/in<sup>2</sup> en la tubería de entrada.

El suministro de vapor del caldero puede ser fácilmente de vapor recalentado, aún después de su acondicionamiento. Se puede eliminar introduciendo el vapor directo a través de una piscina en el fondo del vaporizador o por inyección de neblina de agua, la cual luego es vaporizada por el contenido de calor adicional del vapor.

Debemos asegurar trabajar con un exceso de vapor para compensar las pérdidas debido a la radiación de las paredes, techos y sellos y generar una ligera sobrepresión dentro del vaporizador que reduce la cantidad de aire en el interior de la cámara.

**Clase de reacción y coeficiente de difusión del colorante:** El vapor proporciona la cantidad de energía suficiente para que la reacción de solubilización del colorante ocurra y lo active para difundirse al interior de la fibra.

**Tiempo y Velocidad de vaporizado:** Depende de la reacción que debe tener lugar y la difusión del colorante. Los tiempos de permanencia del material de 1 a 8 min son requeridos de acuerdo al proceso.

### **3.1.2 Descripción del proceso**

El proceso comienza desde la recepción del material de telares el cual debe ser acondicionado, luego pasa por un proceso de lavado este material lavado ya esta listo para el proceso de teñido , una vez teñido el material es llevado a la zona de empaque donde es revizado por el personal de control de calidad para su aprobación y finalmente este material es empacado ya sea en carretes o festoneado dependiendo del tipo de material teñido, para finalmente ser llevado al almacén de productos terminados quedando listo para ser enviado al cliente.

El método de teñido que se esta tratando es un proceso Pad – Steam, el cuales realizado en máquinas que constan de las siguientes etapas:

Impregnación

Vaporizado

Lavado

Secado.

En el proceso de teñido actualmete se cuenta con dos operarios, uno encargado del control del material al ingreso a la máquina y del proceso de impregnación (verificación de la constante alimentación de las cintas, control del buen funcionamiento de la válvula de control de nivel del baño de teñido). El segundo operario esta encargado de controlar el correcto funcionamiento de la máquina en todas sus etapas y controla la salida del

material verificando tono, elongación., este operario se encarga de llevar las canastas de la salida de la máquina de teñido a la zona de empaque.

### **3.1.3 Acondicionamiento de cintas**

#### **Relajación del material**

El proceso se inicia desde la recepción del material el cual debe ser relajado previamente al teñido para evitar las tensiones resultantes del tejido, reducir las irregularidades por tensiones.

#### **Preparación del material**

Debe realizarse un lavado previo al teñido con la finalidad de eliminar las impurezas que pueda tener el material, es suficiente un lavado con detergente, pero si el material está demasiado contaminado tal vez sea necesario utilizar detergente con solvente. En este caso es necesario que no quede restos de solvente para evitar amarillamiento .asegurando de este modo una buena base para el teñido.

### **3.1.4 Procedimientos**

#### **Proceso de tintura**

En esta etapa debemos en primer lugar asegurar la condición de la máquina

**\_ Pase de Cintas guía** :.asegurando que el pase de las cintas guías sea el adecuado, manteniendo todas la misma tensión en todas las líneas, verificando la posición de las pesas con las que se regula la tensión de las cintas.

**\_ Preparación del baño de teñido:** Debemos asegurar la buena disolución de los colorantes, la cual debe realizarse a temperatura de ebullición luego filtrados previamente al teñido, el baño de teñido debe estar frío a baja temperatura. Debe haber una adecuada renovación de baño en la artesa de teñido los rodillos del foulard deben estar en condiciones adecuadas.

**\_ Condiciones de la cámara de vapor,** La temperatura de la cámara de vapor el proceso de vaporizado debe asegurarse que se realice con vapor saturado y verificar el nivel da agua que genera el vapor , así como el nivel de agua del sello de agua al final de la cámara.

**\_Bateas de lavado:** Estas deben tener renovación de de agua en un nivel adecuado de acuerdo a la intensidad del color a teñir , así como el control de temperatura de las mismas especialmente cuando se trata de colores oscuro en los que es necesario realizar un fijado.

**\_ Tambores de secado:** Deben estar a la temperatura adecuada dependiendo del tipo de material a trabajar.

En el proceso de tintura de la fibra PA intervienen siertos factores que deben ser controlados:

Tonalidad

Propiedades de solidez exigidas

Cobertura de barrados debidos al material

Incremento cromático

Los colorantes con un grupo sulfónico compensan mejor los barrados que los colorantes con dos grupos sulfónicos debido a que los monosulfónicos tienen un peso molecular menor que los ácidos bisulfónicos , por otro lado al disminuir el peso molecular de un colorante , se reduce también el tiempo de tintura standar y aumenta la velocidad de difusión.

**Receta de teñido:**

\*A gr/lt de colorante

\*B gr/lt de producto tampon y a la vez acidificante.

\*C gr/lt humectante: acelerador de penetración en dispersión

B gr/lt espesante: poliacrilatos en dispersión (si es necesario)

E gr/lt producto anti frost y para incrementar el pick up (polimerización de productos basados en acrilamida, dependiendo del material)

**La fijación del colorante en la fibra depende de varios factores:**

La concentración del colorante a fijar

La temperatura de la cámara de vapor (asegurar vapor saturado)

Tiempo de vaporizado

Características físico \_químicas de la fibra

pH del baño de foulardado y auxiliares utilizados

Debemos asegurar el pH adecuado durante todo el proceso de teñido para lo que se recomienda el uso de un producto no volátil ó un dador de ácido (sulfato de amonio)

**Foulardado:**

Debe realizarse una adecuada selección de colorantes teniendo en cuenta la estabilidad de la solución en el foulard y la buena fijación del colorante en el proceso de vaporizado. La estabilidad de la solución de colorante en el foulard nos indica cuanto colorante se queda disuelto luego de disolver y enfriar el baño hasta una temperatura menor a 35°C, esto nos indica que concentraciones se puede trabajar para la obtención de los tonos deseados.

La disolución de colorante se realiza el empaste del mismo con un auxiliar que mejore la solubilidad del mismo si es necesario y luego es disuelto con agua hirviendo, se diluye el baño con agua fría llevando el baño hasta una temperatura menor a 35°C luego se adiciona el antimigrante previamente solubilizado y el ácido para finalmente adicionar agua hasta completar el volumen final, debe filtrarse la solución de colorante previamente ha ser utilizada.

Es recomendable foulardear a 35°C de este modo disminuimos la afinidad del colorante ácido por el PA y evitamos cambios de color a lo largo de la partida, se recomienda del mismo modo que el chasis de foulard sea pequeño para tener una renovación de baño constante.

En cuanto a los rodillos del foulard de impregnación se recomienda que tenga una dureza de 75 a 85 Shore.



**Vaporizado:** En esta etapa debe asegurarse de que el vapor sea saturado, se recomienda tener el vapor a 105°C (sobrecalentar el vapor) pero no debe excederse este valor el que puede generar problemas de fijación o resequedad de las cintas.

A continuación se presentan los rangos de tiempo de vaporizado recomendable a 102 °C (Figura N° 49)

<b>Colorante</b>	<b>Tonos Claros</b>	<b>Tonos Medios</b>	<b>Tonos Oscuros</b>	<b>Negros</b>
<b>Acidos</b>	3 – 4 minutos	4 – 5 minutos	5 – 7 minutos	7 – 10 minutos
<b>Pre metalizados</b>	3 – 4 minutos	4 – 5 minutos	5 – 7 minutos	7 – 10 minutos

**Figura N° 49**

**Tratamiento Posterior:**

Luego del vaporizado se realiza un lavado posterior, generalmente se cuenta con 4 o 6 bateas de lavado de 40°C – 50°C para tonos claros y de 60 °C– 80°C en el caso de tonos oscuros, esto dependiendo de los colorantes utilizados, en el caso de tonos oscuros se recomienda un fijado

en las dos últimas bateas el cual se realiza en un rango de temperatura de 70°C – 80°C a pH ácido según las recomendaciones del producto.

Finalmente pasa por los tambores de secado de acuerdo al gráfico de distribución de máquina representada.

## **3.2 MEJORAS EN EL CONTROL DE PROCESO**

### **3.2.1 Mejoras en la alimentación de cintas a la máquina:**

Actualmente el material a teñir es devanado y relajado previamente para disminuir las posibles variaciones de tensión sin embargo esto no es suficiente para lo cual se propone la compra de un sistema de alimentación compuesto por compensadores para mantener una alimentación constante con la misma tensión de las 4 cintas a teñir.

#### **Equipo a instalar:**

Es un batidor positivo de 4 cintas para controlar la tensión de 1 a 4 cintas elásticas, el cual está compuesto de lo siguiente:

Un aspa accionada por motor de corriente alternada con llave para encender y apagar el aspa

Cuatro foulares verticales motorizados con 4 compensadores y 4 inversores de frecuencia para sacar las cintas siempre con la misma tensión

Dos detectores para cada una de las cintas, verifican el rompimiento o la tensión excesiva de la cinta, accionando la alarma o parando la máquina.

Cada foulard puede ser encendido o apagado individualmente a través de llave, permitiendo la utilización de una hasta cuatro cintas.

Posee una llave Star/Stop y lámpara indicadora en el panel del propio batidor .

La sincronización del batidor con el transporte de la máquina es hecha automáticamente a través del panel principal.

El ancho máximo de cada cinta es de 25mm, otros anchos debe realizarse pruebas previas.

A continuación se presenta una foto del equipo (Figura Nº 50)



**Figura N°50**

### **3.2.2 Cambios en el proceso de teñido**

Los colorante que se utilizan en la actualidad en la empresa son los colorantes Erionyl A de CIBA los que están clasificados como colorantes ácidos.

Estos colorantes cuentan con certificado de calidad cumpliendo con las normas especificadas por EU Ecolabel for textile products (EU Comisión Decidion 2002/371/EC and amendments.).

Básicamente se propone el uso de colorantes complejo metálico para el caso de tonos oscuros, para mejorar el nivel de solidez. Ya que no se obtendría un ahorro económico con este cambio, pero se podrá ofrecer productos de calidad.

La diferencia de precios es bastante grande:

Mientras que los colorantes ácidos utilizados tienen precios que oscilan entre 10 \$/Kg y 20\$/Kg , los coplejo metálico varían de 30 \$/KG y 50 \$/KG.

### **3.2.3 Cambios en el proceso de vaporizado**

En esta etapa el control de temperatura es solo por medio de un termómetro, se sugiere realizar un control de temperatura por medio de

un detector termo par tipo J (hierro/cromo – níquel) y mantenida a través de un controlador digital instalado en el panel principal de la máquina.

### **3.2.4 Cambios en el proceso de lavado**

En el lavado es necesario realizar los siguientes cambios

Cambiar el tipo de calentamiento de las cajas de lavado, actualmente se realiza por alimentación directa de vapor la que debe cambiarse a alimentación indirecta ya que de esta manera aseguramos que el vapor no este llevando restos de los productos utilizados en el caldero el que puede reaccionar con los auxiliares utilizados en este proceso, tanto en el lavado previo del material , en el proceso de lavado luego del vaporizado como por ejemplo variar el pH del baño de fijado o simplemente afectar el desempeño de los productos utilizados en esta etapa.

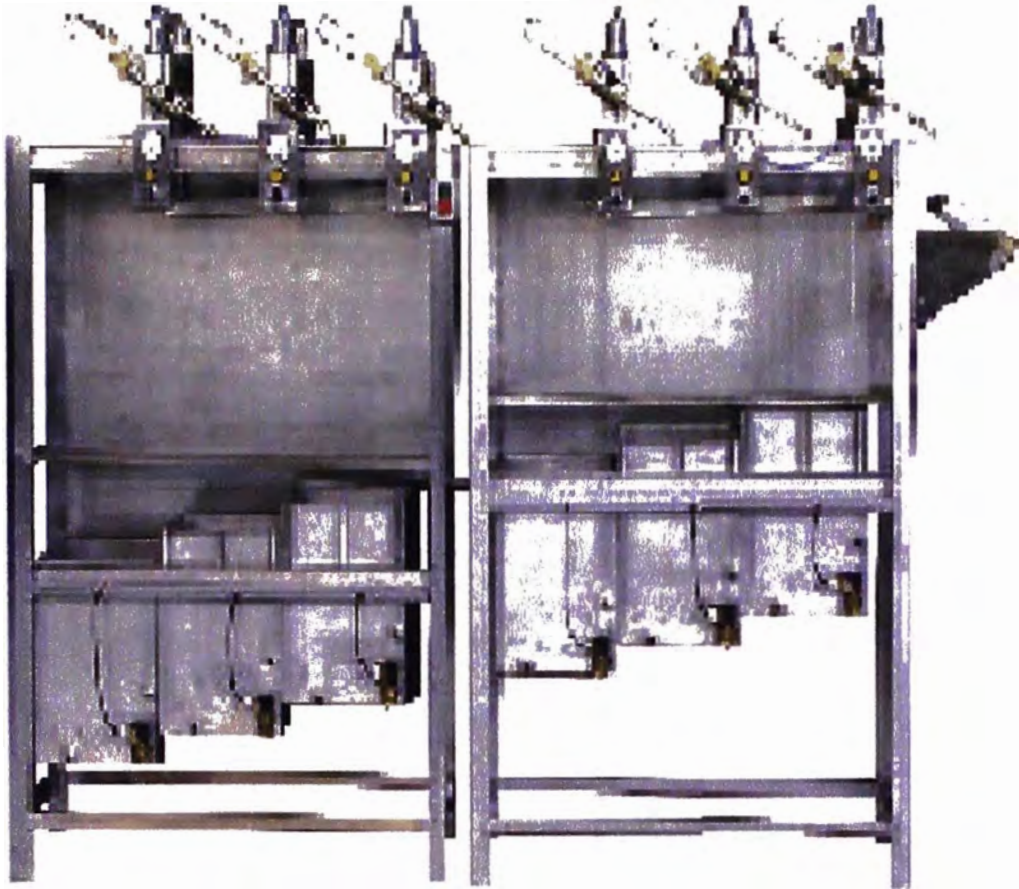
Existe un control de temperatura de las cajas de lavado por medio de termómetros , en este caso se puede a cambiar a un control de temperatura digital controlado desde el panel de control independiente para cada caja.

La renovación de baño de las cajas de lavado es realizada por regulación manual de la llave de ingreso de agua a las mismas , es decir es por un sistema de rebose independiente en cada caja con lo cual se pierde demasiada agua que podría reutilizarse especialmente el de las últimas

bateas en las primeras. Para lo cual se propone cambiar a un sistema de cajas que son instaladas en cascada posibilitando el contraflujo del agua de tal manera que viene el agua mas limpia de la última caja de lavado a las primeras, economizando de esta forma el agua, energía y productos químicos. Debe mantenerse un control individual para el drenaje y el rebose de agua así como la alimentación de agua independiente en cada batea si fuese necesario.

La alimentación de agua principal debe instalarse en la última caja de lavado, la que será sincronizada con el accionamiento del transporte, que enciende y apaga la entrada de agua a través de una válvula globo de asiento inclinado neumático. El volumen de agua es controlado por medio de un medidor de flujo manual.

La propuesta presentada para este proceso se puede observar en el siguiente Figura N° 51



**Sistema de cubas de lavado propuesto por la casa Mathis**

**Figura N° 51**



### **3.2.5 Cambios en el proceso de secado**

El sistema utilizado tiene la desventaja que los tambores al ser alimentados por vapor directo del caldero esta supeditado a las variaciones que esta pueda tener lo que afectaría principalmente en las variaciones de tono especialmente en los colores claros , en este caso puede realizarse los siguientes cambios:

Cambiar el sistema de calentamiento de las rolas de secado por uno a gas evitando así variaciones de temperatura drásticas.

Otra posibilidad es la de cambiar a un sistema de secado por aire caliente

El cual es calentado por resistencias eléctricas de 18kw

Posee un ventilador de 2 ó 3 HP para garantizar la distribución del aire

Consta de rodillos superiores traccionados y rodillos inferiores locos

Tiene dos compensadores para controlar la tensión de las cintas.

Presenta dos puertas grandes de vidrio para facilitar la visión.

Un Extractor para evacuar vapores ( Figura N° 52)

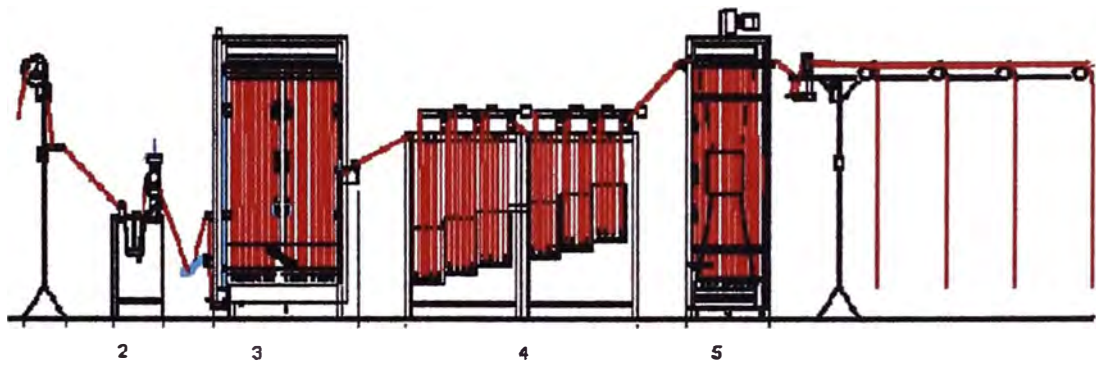
Debemos considerar que el efecto de secado por medio de rolas o aire caliente figura N° 52 pueden diferir en el aspecto final de las cintas.



**Secador por aire caliente Mathis**

**Figura N° 52**

Considerando todos los cambios sugeridos presentamos en el Figura N° 53 el nuevo diseño de máquina.



- 1 Alimentación de cintas elásticas
- 2 Impregnado
- 3 Vaporizado
- 4 Lavado
- 5 Secado con aire caliente

**Figura N° 53**

### **3.2.6 Beneficio económico de mejoras**

#### **3.2.6.1 Criterios y conceptos utilizados en la evaluación de costos**

En la determinación del sistema de costos de producción en la empresa se toman los siguientes criterios:

**Objeto del Costo** : Es el propósito para el cual se miden los costos. Determinar el costo de un producto, es un objeto de costo.

**Costo** : Es la medición, en términos monetarios, de la cantidad de recursos utilizados para un propósito u objeto de costos. Son recursos utilizados dentro del proceso de fabricación.

**Gasto** : Son recursos utilizados dentro de los procesos de administración y de ventas o distribución.

**Sistema de Costos** : es el conjunto de normas, procedimientos y métodos, para lograr el objetivo de la Contabilidad de Costos, reconocidos tratadistas lo denominan como “un método particular de cada empresa de recolectar elementos del costo y asignarlos a objetivos del costo”, esto significa que no existe criterio uniforme ni reglas que impongan un tratamiento rígido en la adopción de un sistema de costos, lo que se busca es que el método elegido satisfaga la necesidad de contar con información inmediata en base a la realidad propia del centro productivo.

## **Clasificación de los Costos**

Los Costos se clasifican en:

- \_Costos de Materiales
- \_ Mano de Obra Directa (MOD)
- \_Costos Indirectos de Fabricación (CIF).

**Los Costos de Materiales Directos**, son aquellos costos que forman efectivamente parte del producto terminado, en nuestro caso el teñido, y comprende los costos de adquisición de los materiales directos, que se pueden identificar fácilmente en el producto terminado y que pueden ser aplicados a dichos insumos, de una manera económica factible.

**La Mano de Obra Directa (MOD)**, son los costos (jornales) de remunerar a las personas que trabajan en la fabricación del producto ó servicio industrial, por labores, que pueden identificarse específicamente con el producto o asociarse con la producción de una manera económicamente factible.

**Los Costos Indirectos de Fabricación (CIF)**, son los costos asociados con el proceso de producción o fabricación, que no pueden identificarse o ser imputados fácilmente en el producto o trabajos específicos. En nuestro caso, son ejemplos de CIF: la depreciación de los activos fijos del centro de producción, seguro de planta, la energía eléctrica, los combustibles, lubricantes, mantenimiento, reparaciones, agua, etc.

**Costos Directos e Indirectos.-** Los primeros pueden identificarse fácilmente con el producto terminado (por ejemplo: Materiales y MOD) en cambio los segundos no (por ejemplo: los CIF). Por otro lado, los costos

directos son costos específicamente imputables o asignables a un objeto de costos; en cambio los costos indirectos, se caracterizan porque no es fácil medir directamente, que porción del costo es atribuible a un solo objeto de costo.

**Costos de Producción y de no Producción** Los Costos de Producción, son aquellos que se incurren para fabricar el producto terminado (Materiales, MOD y CIF), en cambio los costos de no producción, también conocidos como Gastos, se incurren en el desarrollo de actividades administrativas, de ventas o de márketing (también se les denomina: Gastos de Administración y Gastos de Ventas o de Distribución).

**Sistema de Costeo por Absorción** es el sistema que viene aplicando la empresa en la fijación de sus costos de producción; el Costeo por Absorción conocido como Costeo Total o Completo, se caracteriza porque el producto fabricado, absorbe todos los costos de producción (Materiales Directos, Mano de Obra Directa y Costos Indirectos de fabricación). Además este sistema, divide el consumo de recursos en:

a) Aquellos que forman parte del costo de fabricación o producción del producto y que son conocidos también, como costos inventariables, pues sirvan para darles el valor a los inventarios tanto de productos en proceso (no terminado) como de los productos terminados, como por ejemplo los costos de Materiales Directos, la MOD y los CIF.

b) Aquellos que no forman parte del costo de fabricación o producción del producto y que no se consideran dentro del valor de los inventarios de productos en proceso o de los productos terminados, como por ejemplo los Gastos de Administración y Gastos de Distribución o Ventas.

El Costeo por Absorción, divide el uso de recursos de la empresa en Costos y Gastos. Los primeros se relacionan con la producción y los segundos con las áreas de Administración y Ventas.

En el Costeo por Absorción, el costo de un producto está dado por todos los costos de producción, sean variables o fijos.

**Método de asignación de los Costos Indirectos de Fabricación:**

**Unidades de Producción:** Esta base considera que el denominador son las unidades producidas y la fórmula a emplear para determinar los CIF, por unidad producida es:

**CIF predeterminados en S/.**

---

**Unidades estimadas a producir**

El factor obtenido, es la tasa de cargo de los CIF, por cada unidad producida, además es una tasa de asignación de los CIF, no financiera, ya que está expresada no en unidades monetarias, sino en unidades físicas producidas.

**Control de Inventarios de Materiales y Valuación**

El control de inventarios de los materiales se realiza mediante la utilización de un programa de almacenes especializado, para la valuación se emplea el método del promedio ponderado anual. Este método generalmente sirve para aproximarse al costo de las existencias según factura, cuando no se pueda obtener el costo real partida por partida.

El procedimiento para valorar los inventarios es el siguiente: Cuando se reciben materiales disponibles para consumo, la cantidad recibida se suma a la columna de saldo. Este total se divide entre el total de unidades disponibles para el consumo. El nuevo precio promedio resultante se emplea entonces para valorizar el inventario al final de un año. Una regla que debe ser recordada al utilizar este método es que no se calculan nuevos precios promedio a menos que no se haga una nueva compra. Este método es preciso y, en general, razonable, para calcular el costo de inventarios. Es decir, se basa en la suposición de que los materiales consumidos se toman en cada caso de las existencias en proporción exacta con las cantidades físicas de los diversos bienes que componen la existencia en ese momento.

## **COSTOS DE PRODUCCION**

Para la determinación de los costos de producción se ha considerado:

- La jornada de trabajo consta de 02 turnos de 12 horas cada uno, durante 06 días a la semana, lo cual significa;  
 $24 \text{ horas} \times 26 \text{ dias} = 624 \text{ horas}$ .
- Mediante la receta de formulación se determinara el costo promedio tomando como referencia las tonalidades de los colores. Para la determinación de los costes de agua, energía eléctrica, combustible, productos químicos, mano de obra etc; Se harán cuadros comparativos para cada caso.



### 3.2.5.2 Análisis de costos

#### Producción de cinta teñida

- Producción de cinta color claro 4,800mt/hr
- Producción de cinta color oscuro 3,600mt/hr

Considerando una eficiencia de máquina del 15%

- \_Producción de cinta de color claro 4,080 mt/hr
- \_Producción de cinta de color oscuro 3,060 mt/hr

El promedio de producción por hora es de 3,570 mts  
 Producción promedio por día 85,680 mts  
 Producción promedio por mes 2'227,680 mts

Producción Promedio mts de cinta procesada				
Intensidad	%	Día	Mes	Anual
Blanco Optico	30%	25,704		
Colores claros - medios	40%	34,272		
colores oscuros	30%	25,704		
<b>Totales</b>	<b>100,0%</b>	<b>85,680</b>	<b>2'227,680</b>	<b>26'732,160</b>

**Figura N° 54**

Para cada una de las intensidades existe un costo de receta (Figura N° 54), se asume el % de producción por intensidad ya que es el que se viene dando en valores reales de producción.

### **Productos Químicos, Colorante y Auxiliares.**

Para determinar este costo es necesario remitirse a la recetas de formulación y con la cantidades de insumo- producto (Peso de insumo químico / mt. de cinta).

Los precios están expresados en valores constantes de dólares americanos US \$, con lo que se determinara el costo de receta. A continuación se presentan cuadros para la evaluación del costo de receta en tonos claros – medios, oscuros, y blancos.

### **BLANCO OPTICO**

Consumo de baño de impregnación 0.0032lt /mt

Consideremos una producción de 1000 mts

En la Figura N° 55 se presenta el costo de realizar un blanqueo, el que se considerara en el cálculo de costo de proceso (auxiliares, colorantes)

<b>Productos químicos</b>	<b>Cantidad</b> <b>gr/lt</b>	<b>Consumo</b> <b>Kg</b>	<b>Precio</b> <b>\$/kg</b>	<b>Costo total</b> <b>\$</b>
<b>Hidrosulfito de sodio</b>	<b>10</b>	<b>0.032</b>	<b>3.0</b>	<b>0.096</b>
<b>Blanqueador óptico</b>	<b>10</b>	<b>0.032</b>	<b>8.9</b>	<b>0.285</b>
<b>Costo total \$</b>				<b>0.38</b>
<b>Costo \$/mt</b>				<b>0.00038</b>

Figura N° 55

## COLOR CLARO

<b>Productos químicos</b>	<b>Cantidad</b> <b>gr/lt</b>	<b>Consumo</b> <b>Kg</b>	<b>Precio</b> <b>\$/kg</b>	<b>Costo total</b> <b>\$</b>
<b>Acido acético</b>	<b>0.5</b>	<b>1.6 x 10<sup>-3</sup></b>	<b>0.8</b>	<b>0.0013</b>
<b>Sandacid PB</b>	<b>1.0</b>	<b>3.2 x 10<sup>-3</sup></b>	<b>3.2</b>	<b>0.0102</b>
<b>Rojo Erionyl A3G</b>	<b>0.05</b>	<b>0.16 x 10<sup>-3</sup></b>	<b>15.7</b>	<b>0.0025</b>
<b>Azul Eriony AR</b>	<b>0.002</b>	<b>0.0064 x 10<sup>-3</sup></b>	<b>15.7</b>	<b>0.0001</b>
<b>Costo total</b>				<b>0.014</b>
<b>Costo \$ / mt</b>				<b>0.014 x 10<sup>-3</sup></b>

Figura N° 56

**TEÑIDO DE COLOR NEGRO (oscuro)**

<b>Productos químicos</b>	<b>Cantidad gr/lt</b>	<b>Consumo Kg</b>	<b>Precio \$/kg</b>	<b>Costo Total \$</b>
<b>Acido acético</b>	<b>0.5</b>	<b>1.6 x 10<sup>3</sup></b>	<b>0.8</b>	<b>0.0013</b>
<b>Sandacid PB</b>	<b>1.0</b>	<b>3.2 x 10<sup>-3</sup></b>	<b>3.2</b>	<b>0.0102</b>
<b>Negro Erionyl MR</b>	<b>40.0</b>	<b>128 x 10<sup>-3</sup></b>	<b>6.5</b>	<b>0.832</b>
<b>Fijador</b>	<b>30</b>	<b>96 x 10<sup>-3</sup></b>	<b>5.3</b>	<b>0.509</b>
<b>Costo total</b>				<b>1.352</b>
<b>Costo \$ / mt</b>				<b>1.325 x 10<sup>-3</sup></b>

**Figura N° 57**

Costo / Kg. Intensid.							
Intensidad	%	mt/dia	mt/mes	Blanco	Claro	Oscuro	\$/mes
Blanco Optico	30%	25,704	27,846	0.38 x 10 <sup>-3</sup>			10.581
Colores claros-medios	40%	34,272	37,128		0.014 x 10 <sup>-3</sup>		0.519
colores oscuros	30%	1,071	27,846			1.325 x 10 <sup>-3</sup>	36.896
<b>Totales</b>	<b>100%</b>	<b>3,570</b>	<b>85,680</b>				<b>47.997</b>

Figura N° 58

De todos estos cuadros (figura N° 55, 56, 57, 58) se obtiene que el costo por mt

Resultando el costo /mt= \$ 0.048 /mt

### Consumo de Agua.

Como ya se señalo al en el punto de productos químicos, auxiliares y colorantes, presentamos la siguiente tabla (Figura N° 59)

Producto	Impregnación lt/mt	Lavado Lt/mt	m <sup>3</sup> / mt totales	\$/m <sup>3</sup>	Costo \$/ mt
Agua	0.0032	0.371	0.00037	0.914	0.00034

**Figura N° 59**

### Tiempo de proceso

El tiempo de proceso por metro de teñido es de 0.00028 hr

### Mano de obra

Se señalo que en este proceso trabajan dos operarios en el teñido, uno de control de calidad y uno en empaque de cintas, en función a esto tenemos el siguiente cuadro (Figura N° 60)

Operarios	Horas /mt	COSTOS (\$)
Operario teñido1	0.00028	0.00022
Operario teñido2	0.00028	0.00022
Operario de empaque	0.0005	0.0004
Operario de control de calidad	0.0003	0.00024
<b>Total de costo \$/mt</b>		<b>0.0011</b>

**Figura N° 60**

### Consumo de vapor

La empresa cuenta con un caldero de 150 BHP, actualmente solo trabaja con 100 BHP, con una presión de distribución de vapor al sistema de 100 PSI.

#### Asumiendo:

**1BHP caldero = 34.5 Lb/hr Vapor**

**1BHP caldero = 0.285 gal/hr de combustible**

**Galón de petróleo = \$ 0.43**

**Consumo de petróleo por hora = 33.4 galones aprox.**

En el caso del teñido continuo requiere calentar el agua de la cámara que genera el vapor el que tiene un volumen de 75 lt y para 6 cubas de lavado de 70lt

PROCESO	VOLUMEN (Lt)	CONSUMO DE VAPOR 1 litro = 0.156 Kg vapor	COSTO (\$) \$ 0.008/kg vapor
vaporizado	75	11.7	0.0936
Enjuague 6 cubas	70x6=420	65.52	0.524
<b>TOTAL</b>	<b>495</b>	<b>77.22</b>	<b>0.6176</b>

**Figura N° 61**

Determinación de costo de Vapor ; Figura N° 61

\$ 0.617 /1000 mt = 0.0006 \$ / mt.

### Cuadro Resumen

Tipo	Costo \$ / mt.
Vapor	0,0006
Agua	0.00034
Mano Obr. Dir	0,0011
Q, col, Aux.	0,04800
<b>Total</b>	<b>0,0500</b>

**Figura N° 62**

Finalmente tenemos el costo total por mt de cinta elástica (Figura N° 62)

### 3.2.5.3 Evaluación de mejoras

#### Cubas de lavado

El sistema utilizado en la empresa en la etapa de lavado es por rebose cada cuba independientemente este rebose va directamente al desagüe, el sistema de cascada en el que hay un rebose de las últimas bateas a las primeras (contraflujo), el fin de esta modificación es el controlar el consumo de agua evitando su mal uso, con lo cual pensamos reducir el consumo de agua en un 40%. El ahorro con el cambio del sistema actual al recomendado se observa en el Figura N° 63



	<b>Sistema actual</b>	<b>Sistema propuesto</b>	<b>Ahorro</b>
<b>Consumo m<sup>3</sup>/año</b>	384.53	230.71	153.8
<b>Costo \$/año</b>	351.5	210.94	140.56

**Figura N° 63**

**Sistema de alimentación de cintas y Secado por aire caliente**

Costo del sistema de alimentación de cintas \$4,040

Costo de Cámara de secado por aire caliente \$17,820

Con estos dos equipos aseguramos la calidad del teñido evitando el costo de reproceso originados por estos factores.

El total de inversión ha realizar esta representada en el cuadro siguiente (Figura N° 64).

<b>Mejoras</b>	<b>Costo \$</b>
<b>Sistema de alimentación</b>	4,040
<b>Sistema de lavado</b>	16,632
<b>Sistema de secado</b>	17,820
<b>Total de la inversión</b>	38,492

Figura N° 64

Las mejoras de mayor inversión son las que se muestran en la Figura N° 64, que es de un total de \$38,492 sin considerar el costo de algunas mejoras mencionadas como dispositivos de mayor control en el vaporizado y aumento de la producción con la adición de pines para separar la cinta, estas dos últimas mejoras son de muy poca inversión pero si tienen gran importancia en la mejora de la calidad y más aún en el aumento de la productividad en un 100%., todo esto en conjunto contribuirá a evitar costos adicionales por reproceso lo que se puede expresar en los siguientes costos.

Si consideramos que el porcentaje de reprocesos es de un 5% en un año tendríamos lo siguiente:

Costo por metro de cinta elástica = \$0.5629/mt

En un año : \$ 0.5629 /mt x 1'028,160 mt/año = \$ 51,408/año

Considerando un 5% de reproceso = \$2,570/ año.

Se podría recuperar la inversión en catorce años, solo considerando el ahorro en reproceso, y si consideramos que la producción se duplicaría recuperándose la inversión en 7 años.

#### **IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

Un requisito principal en el sistema de teñido Pad – Steam es de asegurar un sistema de alimentación de cintas con regulación de tensión constante evitando variaciones desde la impregnación.

Es importante tener un conocimiento de que auxiliares y tipo de colorantes utilizar considerando el material a trabajar como el tono y la intensidad solicitada, con esto evitaremos problemas de barrados, problemas de solidez obteniendo productos de calidad

Todas las etapas son importantes en este proceso, pero la más delicada y determinante es el vaporizado ya que en este proceso es el que se fija el colorante a la fibra, es por ello que se requiere un controlador digital que se encargue de mantener la temperatura en el rango adecuado garantizando que el vapor sea saturado, en esta etapa temperatura y tiempo de vaporizado son los parámetros que si son controlados

adecuadamente obtendremos buenos resultados de solidez ya que se fijara el colorante evitando que este simplemente se este desperdiciando el cual se eliminara en el lavado.

El proceso de lavado debe asegurarse en el caso de colores oscuros que las cajas de lavado estén a la temperatura adecuada y tengan el nivel de rebose necesario, así mismo el proceso de fijado es muy delicado el cual debe mantener las condiciones de pH y temperatura adecuadas de lo contrario tendremos problemas de solidez.

El ahorro mas sustancial en este informe esta dado por el ahorro de agua en el proceso de lavado, las otras mejoras son mas dirigidas a la obtención de teñidos de buena calidad y productos terminados que cumplan con las exigencias de calidad del mercado, pero que también tienen influencia en los costos ya que se asegurara el realizar un proceso bien a la primera, evitando reprocesos.

Es indispensable tener un sistema de secado que en el que no exista variaciones de temperatura fuera de control, con esto conseguiremos reproducibilidad en los colores y evitaremos variaciones de tono originadas por estas variaciones.

## **V. BIBLIOGRAFIA**

Hollen N, Saddler J, Langford A, Textiles, primera edición, Editorial Limusa S.A, 1987 , pagina 77

Costa M, Las Fibras Textiles y su Tintura, primera edición,1990 . pagina 273

University of Southern Mississippi Department of Polymer Science, Making Nylon 6, 5 paginas.

University of Southern Mississippi Department of Polymer Science, Making Nylon 6,6 , 6 paginas.

University of Southern Mississippi Department of Polymer Science, Elastomeros , 6 paginas.

Ciba , Dyeing polyamide / elastane blends , 25 paginas.

SANDOZ, Dyes and chemicals for polyamide fibres. 55 paginas.