



UNIVERSIDAD POPULAR AUTÓNOMA  
DEL ESTADO DE PUEBLA

ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA

"ADECUACIÓN DE PARÁMETROS  
EUROPEOS EN LA TINTURA DE ÍNDIGO  
PARA LA FABRICACIÓN DE MEZCLILLA"

TESIS PRESENTADA POR  
RAUL DAVID TORRES TAPIA,  
PARA OBTENER EL TÍTULO DE INGENIERO  
QUÍMICO



**UPAEP – Secretaría General**

Dirección General de Apoyos Académicos

Dirección del Centro de Recursos para el Aprendizaje y la Investigación.

Biblioteca Central - **Karol Wojtyla**

**Tesis Digitales Restricciones de uso:**

**DERECHOS RESERVADOS ©**

**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

El uso de textos, imágenes, gráficas, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente de donde la obtuvo mencionando el autor o autores involucrados en el documento.

Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



**UPAEP – Secretaría General**

Dirección General de Apoyos Académicos

Dirección del Centro de Recursos para el Aprendizaje y la Investigación.

Biblioteca Central - **Karol Wojtyla**

**Tesis Digitales Restricciones de uso:**

**DERECHOS RESERVADOS ©**

**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

El uso de textos, imágenes, gráficas, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente de donde la obtuvo mencionando el autor o autores involucrados en el documento.

Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



Puebla, Pue. a 10 de Noviembre de 1996.

El presente trabajo, denominado: ADECUACIÓN DE PARÁMETROS EUROPEOS EN LA TINTURA DE ÍNDIGO PARA LA FABRICACIÓN DE MEZCLILLA, cumple satisfactoriamente con los requisitos de calidad y contenido para ser considerado Tesis Profesional, por lo que a mi juicio el Sr. Raúl David Torres Tapia puede promover la obtención del título de Ingeniero Químico.

Atentamente

Sr. Francisco Comil Perego.

Asesor de Tesis.

62641

## AGRADECIMIENTOS.

A MI AMADA, PACIENTE E INSISTENTE ESPOSA, YA QUE SIN SU GRAN DESEO DE QUE ESTO SE LLEVARA A CABO, SU COMPRENSIÓN Y SU APOYO, ESTO NO HUBIERA SIDO POSIBLE.

SIN OLVIDAR A MIS DOS PEQUEÑOS TESOROS JOSÉ RAÚL Y MARÍA EUGENIA, POR QUIENES DEDIQUÉ TODO MI ESFUERZO Y SACRIFICIO Y A QUIENES DEDICO ESTE TRABAJO.

A USTEDES TRES CON TODO MI AMOR.

A MIS PADRES QUE SIEMPRE QUISIERON VER REALIZADOS  
TODOS LOS ESFUERZOS Y SACRIFICIOS, EN EL FRUTO DE SU  
GRAN AMOR. . .SUS HIJOS.

A MIS HERMANOS; NICO, TERE, NACHO, ALE, PABLO, VICKY,  
CECI Y PEPE, YA QUE ESTOY SEGURO QUE SIEMPRE  
CREYERON QUE ALGÚN DÍA ESTO SERIA UNA REALIDAD.

A TODA LA FAMILIA, QUE NO POR GRANDE SE PIERDE EN LOS LOGROS DE LOS DEMÁS. ESPECIALMENTE A MI PRIMO ALFREDO POR SU AYUDA, ASÍ COMO A SU FAMILIA POR EL TIEMPO QUE LES ROBÉ.

A MISS. CHEPA POR SU GRAN TESÓN E INTERÉS QUE MOSTRÓ CONMIGO PARA QUE REALIZARA FINALMENTE LO QUE AMBOS SABÍAMOS QUE SE TENIA QUE REALIZAR TARDE O TEMPRANO.

MUCHAS, PERO MUCHAS GRACIAS.

A TODOS LOS QUE AQUÍ SE ME OLVIDO AGRADECER Y QUE  
POSIBLEMENTE SIN SABERLO FUERON UNA GRAN AYUDA O UN  
GRAN EJEMPLO, QUE ME IMPULSARON, ME COMPRENDIERON,  
O SIMPLEMENTE ME TOLERARON.

A TODOS MUCHAS GRACIAS.A MIS MAESTROS, AUNQUE A  
ALGUNO TENGA QUE AGRADECÉRSELO CON ORACIONES, MI  
MAS SINCERO AGRADECIMIENTO POR SUS ENSEÑANZAS, SU  
EJEMPLO Y EN OCASIONES SUS REGAÑOS, YA QUE CON TODO  
ESTO FORMAN HOMBRES DE BIEN.

A MIS COMPAÑEROS POR LOS MOMENTOS VIVIDOS DURANTE  
NUESTROS ESTUDIOS Y POR EL APOYO Y SOLIDARIDAD QUE  
ME MOSTRARON.

Y FINALMENTE A DIOS, QUE ES A QUIEN TODOS DEBEMOS LO QUE SOMOS O LO QUE SEREMOS.

## *ÍNDICE GENERAL*

|                                                          |              |
|----------------------------------------------------------|--------------|
| <i>AGRADECIMIENTOS:</i>                                  | <i>III</i>   |
| <br><i>1. <u>CONCEPTOS GENERALES.</u></i>                | <br><i>1</i> |
| <i>1.1 GENERALIDADES.</i>                                | <i>1</i>     |
| <i>1.2 BREVE HISTORIA DE LA MEZCLILLA.</i>               | <i>2</i>     |
| <i>1.3 CARACTERÍSTICAS DEL ALGODÓN.</i>                  | <i>5</i>     |
| <i>1.3.1 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS NATURALES.</i>          | <i>6</i>     |
| <i>1.3.2 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS INDUSTRIALES.</i>       | <i>7</i>     |
| <br><i>2. <u>DESCRIPCIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO.</u></i> | <br><i>9</i> |
| <i>2.1 PREPARACIÓN O APERTURA.</i>                       | <i>9</i>     |
| <i>2.2 HILATURA.</i>                                     | <i>10</i>    |
| <i>2.3 URDIDO.</i>                                       | <i>11</i>    |
| <i>2.4 TEÑIDO.</i>                                       | <i>14</i>    |
| <i>2.4.1 TEÑIDO CONTINUO EN CUERDAS.</i>                 | <i>15</i>    |
| <i>2.4.2 TEÑIDO CONTINUO POR SISTEMA ABIERTO.</i>        | <i>16</i>    |
| <i>2.4.3 PREPARACIÓN QUÍMICA.</i>                        | <i>16</i>    |
| <i>2.4.4 PUNTOS IMPORTANTES.</i>                         | <i>19</i>    |
| <i>2.5 ENGOMADO.</i>                                     | <i>19</i>    |
| <i>2.6 TEJIDO.</i>                                       | <i>25</i>    |
| <i>2.6.1 CALIDAD EN EL TEJIDO.</i>                       | <i>26</i>    |
| <i>2.6.2 CORTE DE LAS PIEZAS.</i>                        | <i>26</i>    |
| <i>2.6.3 RELIEVE DE ROTURAS.</i>                         | <i>27</i>    |
| <i>2.7 ACABADO O SANFORIZADO.</i>                        | <i>28</i>    |

|                                                    |        |
|----------------------------------------------------|--------|
| 2.7.1 FORMACIÓN DEL LOTE.                          | 29     |
| 2.7.2 CEPILLADO.                                   | 29     |
| 2.7.3 CHAMUSCADO.                                  | 29     |
| 2.7.4 IMPREGNACIÓN DE APRESTO.                     | 30     |
| 2.7.5 ESTIRAJE O STRECHING.                        | 30     |
| 2.7.6 PRE - SECADO.                                | 30     |
| 2.7.7 SANFORIZADO.                                 | 30     |
| 2.7.8 SECADO DE LA TELA.                           | 31     |
| 2.8 REVISADO.                                      | 33     |
| <br>3. PROCESO DE TINTURA DE ÍNDIGO:               | <br>35 |
| 3.1 GENERALIDADES SOBRE COLORANTES.                | 35     |
| 3.2 APLICACIÓN DEL COLORANTE A LA FIBRA.           | 41     |
| 3.3 COLORANTES INDIGOIDES.                         | 42     |
| 3.4 SÍNTESIS DEL ÍNDIGO.                           | 44     |
| 3.4.1 PRODUCTOS DE DEGRADACIÓN DEL ÍNDIGO.         | 46     |
| 3.4.2 PRIMERA SÍNTESIS DE BAEYER.                  | 47     |
| 3.4.3 SEGUNDA SÍNTESIS DE BAEYER.                  | 47     |
| 3.4.4 SÍNTESIS DE HEUMANN.                         | 50     |
| 3.5 PROCESO DE TEÑIDO DE ÍNDIGO.                   | 51     |
| 3.5.1 REDUCCIÓN DE COLORANTES A LA TINA.           | 51     |
| 3.6 PROCESO DE TEÑIDO CONTINUO DE ÍNDIGO AL ANCHO. | 54     |
| 3.6.1 HUMECTACIÓN, DESCRUDE, MERCERIZADO.          | 55     |
| 3.6.2 LAVADO EN CALIENTE.                          | 57     |
| 3.6.3 NEUTRALIZACIÓN.                              | 57     |
| 3.6.4 LAVADO EN FRÍO.                              | 58     |
| 3.6.5 BAÑO DE IMPREGNACIÓN DEL ÍNDIGO.             | 58     |

|                                                                                              |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 3.6.6 LAVADO FINAL EN CALIENTE.                                                              | 60 |
| 3.6.7 CÁLCULOS PARA LA ALIMENTACIÓN DEL ÍNDIGO.                                              | 61 |
| 3.7 CONTROLES QUÍMICOS PARA LA TINTURA DE ÍNDIGO.                                            | 65 |
| 3.7.1 VALORACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE SOSA<br>CÁUSTICA.                                    | 66 |
| 3.7.2 VALORACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE<br>HIDROSULFITO DE SODIO.                            | 68 |
| 3.7.3 VALORACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE ÍNDIGO.                                              | 71 |
| 4. <u>ADECUACIÓN DE PARÁMETROS:</u>                                                          | 74 |
| 4.1 PARÁMETROS EUROPEOS.                                                                     | 74 |
| 4.2 CONDICIONES EN PUEBLA.                                                                   | 76 |
| 4.3 VARIACIONES EN LA CONCENTRACIÓN DE HIDROSULFITO DE<br>SODIO, EN EL BAÑO DE IMPREGNACIÓN. | 78 |
| 4.4 DETERMINACIÓN DE NUEVOS PARÁMETROS.                                                      | 78 |
| 5. <u>CONCLUSIONES:</u>                                                                      | 84 |
| 6. <u>ÍNDICE DE FIGURAS</u>                                                                  | 86 |
| 7. <u>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS:</u>                                                        | 88 |

# **1. CONCEPTOS GENERALES.**

## **1.1 GENERALIDADES:**

---

Master Denim es una empresa de nueva creación que hace mezclilla Italiana con una calidad excepcional para cumplir con los requisitos que se requieren para exportar a los Estados Unidos, que es el mercado mas difícil y competido a nivel Mundial.

La gran diferencia entre nosotros y nuestros competidores es que el tejido que nosotros producimos, es como el slogan de nuestra empresa que dice " LA MEZCLILLA ITALIANA EN MÉXICO", esto aunado a una plantilla de gente responsable y con ganas de progresar, con una mentalidad abierta para entender los cambios en los métodos y sistemas de trabajo que a fin de cuentas no es otra cosa que Implantar lo que se hace actualmente en los países desarrollados, solo puede dar como resultado una empresa competitiva, con alta productividad y calidad que se vera reflejada en la preferencia de los clientes por nuestro producto y por consiguiente en el desarrollo general de todos los que trabajamos en esta empresa.

Por todos estos motivos la preocupación de la Administración de esta empresa es el que todo el personal que en ella trabaja lo haga de la menor manera posible y si se detectan deficiencias tratar en lo posible de capacitar, motivar y desarrollar al máximo las capacidades de la planta productiva.

Por estas razones y por el hecho de que la gran mayoría de los equipos de que disponemos son de procedencia europea hubo que

adecuar los procesos químicos a las condiciones de nuestro estado ya que en lo que se refiere a los procesos mecánicos estos no presentan problemas de uno a otro continente, pero en donde influye la humedad, la altura, la cantidad de oxígeno, etc. , esta tiene una gran influencia en los procesos químicos de oxidación y reducción como lo es la tintura de índigo en fibras de algodón.

El sentido de este trabajo es plantear un problema real al que se le encontró una solución real, no sin antes hacer pruebas, intentar diferentes variables hasta encontrar el punto en el que se logra el equilibrio y los resultados no se hicieron esperar.

## 1.2 BREVE HISTORIA DE LA MEZCLILLA:

La Historia de la mezclilla se inicia en el año 1853 cuando Levi Strauss, un joven inmigrante Alemán recién llegado a la costa oeste de Estados Unidos, se disponía a conquistar comercialmente una California que ardía en plena fiebre del oro, llegaba cargado con fardos de una gruesa tela marrón, la mejor para fabricar casas de campaña y toldos para carretas. Sin embargo el destino tenía otros planes para él: cuando quiso vender su primera casa de campaña a un buscador de oro, este le contestó que no era eso lo que necesitaba, sino pantalones que resistieran las duras condiciones de trabajo a la intemperie. El astuto Strauss no perdió tiempo, busco un sastre y le encargó la confección de unos pantalones con la fuerte tela marrón.

Los pantalones deben su nombre Jeans a una casualidad, el sastre a quien Strauss encargo los pantalones cortó su pantalón sobre un pantalón clásico de marino Genovés, ajustado arriba y ancho en

las perneras, de allí surgió la palabra jeans (Ginao, nombre de Génova en Inglés).

En cambio la elección definitiva de la mezclilla no fue obra del azar. Fabricada antiguamente en la ciudad Francesa de Nîmes, la tela conocida como Blue de Nîmes (por contracción denim, su nombre en Inglés), era usada para confeccionar la ropa que usaban los esclavos negros que cultivaban el algodón en las plantaciones del sur de Estados Unidos. Cuando Strauss debió elegir una tela que reemplazara la tela marrón, demasiado dura para la confección de ropa, hizo diversas pruebas y finalmente se decidió por aquella azul resistente que llegaba desde Francia en fardos identificados por la aduana Neoyorquina con el número 501.

Y 501 fue el nombre que la flamante Levi Strauss Co. Le puso en 1873 a su primer pantalón fabricado en serie. Cuatro años más tarde el millonario Strauss decidió usar solo la mezclilla fabricada en Estados Unidos. Además solo se usarían los hilos de algodón teñidos de azul índigo.

Pero iban a pasar muchos años antes de que el pantalón de mezclilla vaquero dejara de ser solo una prenda práctica y durable, propia del lejano oeste. El cambio empezó en 1929, con la crisis de la bolsa Neoyorquina y la depresión que le siguió, las familias ricas que hasta entonces iban de vacaciones a Europa debieron hacerlo en el interior buscando un descanso campestre, de vuelta a la ciudad, en sus valijas habían agregado un Levi's. Poco a poco los jóvenes pudientes fueron adoptándolo como prenda informal. Y en los últimos años de la

década de los 30's llegó la primera consagración con el uso de estos por los estudiantes universitarios.

La Segunda Guerra Mundial convirtió el pantalón vaquero en una prenda muy apreciada por su escasez. Las fábricas textiles trabajaban sin descanso para abastecer a las tropas y solo se les permitía usar vaqueros y overoles de mezclilla a los obreros de las Industrias de guerra. Cuando terminó la conflagración, los blue jeans se convirtieron en uno de los productos más buscados en las tiendas de Estados Unidos y en el mercado negro de Europa.

El azul índigo es uno de los colorantes vegetales más antiguos de la industria textil, se conocen telas teñidas hace más de mil años con este producto del glasto, o añil Europeo, y de la indigófera de las zonas tropicales. En 1897. El químico Adolf Von Baeyer descubrió como era la fórmula química del índigo, y desde entonces, la tintura fue producida en forma sintética, las fábricas de índigo no estaban preparadas para la explosión de consumo que estaba por llegar.

La gruesa tela azul que había sido ropa de trabajo y, después de la Segunda Guerra Mundial, símbolo de identificación de grupos juveniles, se transformó de pronto en una prenda de uso universal, aceptada cada vez más por amplios sectores de la sociedad.

Fue a principios de los 70's cuando las grandes fábricas de todo el mundo vieron con alarma que la demanda aumentaba y el colorante empezaba a escasear. Hasta entonces cualquier pantalón de mezclilla se desteñía naturalmente con el lavado, ya que la tintura con índigo se aplicaba capa sobre capa sin teñir el núcleo del hilo, que

permanecía intacto, blanco o amarillo (estos colores reaparecían cuando la tintura se diluía bajo la acción del agua y del jabón). La solución fue el procesamiento de las prendas terminadas, así nacieron los pantalones deslavados y pregastados, y posteriormente las prendas rotas en fábrica, sobreteñidos y la gran variedad de colores de tela que se pueden encontrar hoy en día, pero de una cosa no cabe la menor duda, la mezclilla original siempre será azul.

### 1.3 CARACTERÍSTICAS DEL ALGODÓN:

A) Control del peso paca por paca para poder tener la posibilidad de comparar lo que se recibió con lo señalado en la tarjeta de recibo.

Hacer la tara quitando la envoltura y las cintas de acero de un cierto número de pacas (mínimo 10) , para obtener el peso neto que servirá además de pagar, para el control del rendimiento de la materia prima.

Sería necesario también hacer pruebas de humedad (8.5%) con tolerancia de +/- 0.5% para llegar así al peso condicionado o mercantil del lote.

B) El algodón vendido sobre descripción debe ser de calidad uniforme, el origen y la zona de cosecha deben ser evidentes con tarjetas puestas sobre las pacas de los establecimientos de desgranado y de prensado, las marcas puestas en las pacas o del puerto de embarque.

C) El algodón vendido sobre muestra ,se deben recibir dos muestras selladas de 250 a 300 grs. Cada una cerradas y lacradas en presencia del vendedor.

### 1.3.1 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS NATURALES:

A) Longitud de la fibra o también llamado tiglio y varía desde  $31/32$  de pulgada hasta  $1\ 1/32$ " .

B) Fineza o también conocida como valores micronaire y puede variar de finísimas con diámetro inferior a 16.5 micrones, hasta gruesas con un diámetro superior a 20 micrones.

Este valor también puede ser medido por índice de fineza que esta expresado en microgramos por pulgada, las finísimas con un índice menor a 3, y gruesas mayor a 6.

C) Resistencia o presley esta expresada en una unidad de medida de 1000 libras por una pulgada cuadrada, esta clasificación varía desde las muy fuertes más de 95,000 hasta las débiles inferiores a 66,000.

D) Elasticidad esta es una variable de elongación que se mide en porcentaje y debe mantenerse entre el rango de 7 a 10%.

E) Color. Existen 6 categorías de color que son: gray-grisaceo, extra white- blanquísimo, white- blanco, spotted- manchado, tinget-tinto y yelow stained- amarillento.

El color del algodón no se debe entender solo como más o menos blanco sino como brillantez y uniformidad. Para determinar las diversas coloraciones se debe tomar en cuenta: la variedad de la semilla, la naturaleza del terreno, enfermedades de la planta, afecciones parasitarias y la lluvia y el frío.

F) Madurez se dice que un algodón es maduro cuando se puede medir en sus fibras tanto la resistencia como la elasticidad si esto no es posible el algodón no es maduro.

### 1.3.2 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS INDUSTRIALES:

A) Preparación. El algodón que se vende en pacas puede ser preparado de dos formas principalmente: a rollo = roller ginned (rolgin) y a sierra = saw ginned (sogin). De este proceso de desgranado depende en gran medida la presencia de marañas y neps.

B) Grado. Este se determina en base a la limpieza, preparación y lucidez, existe una clasificación Internacional fijada por el departamento de agricultura de los Estados Unidos, para nuestro proceso se requieren los siguientes grados: strict middling, middling y low strict middling.

C) Rendimiento. El rendimiento real de un algodón se determina tomando en cuenta la humedad y el peso específico, baste saber que en nuestro caso el rendimiento es de 93.9%.

## **2. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO**

### **2.1 PREPARACIÓN O APERTURA:**

---

Este es el primer proceso en la fabricación de productos textiles de algodón , en este proceso después de la recepción del algodón es necesario abrir las pacas para que se ambienten a la temperatura y humedad que siempre debe haber en estos lugares (ya que al adquirir temperatura y humedad se obtiene un algodón con mayor resistencia), una vez abiertas las pacas, empieza el proceso de desmenuzando de la fibra de algodón, que en la paca esta comprimida, y que por medio de ductos en los que esta es aspirada por depresión y va pasando por los diferentes procesos de limpieza (de polvos e impurezas) y de depuración del largo de fibra deseado , ( esto ultimo depende de la calidad del algodón: longitud de fibra, regularidad de la fibra, resistencia de la fibra, color del algodón, etc.)

Después de la depuración y limpieza del algodón pasa al cardado ,en este proceso, además de ser un punto adicional de limpieza del algodón, es el alineamiento de las fibras en una sola dirección, formando un velo muy ralo a todo lo ancho de la carda(nombre de la maquina), este velo entra a una boquilla donde es obligado a formar una cinta o mecha de un determinado calibre (este calibre depende del titulo de hilo que se va a hacer posteriormente en nuestro caso titulo 0.10), esta cinta es depositada en botes para su siguiente proceso. Después un número que varía de entre 4 a 8 botes que salieron de las cardas, estos son sometidos a un proceso de estiramiento ( la cinta o mecha de algodón), en el que las fibras

alineadas en un mismo sentido serán combinadas con otras similares pero de diferentes cardas para unificar y obtener una sola de mayor calidad en cuanto a apariencia, resistencia y color, la fibra seguirá estando en un mismo sentido, (van alineadas, tanto largas como cortas y tienen una cierta torsión que le da una cierta resistencia), en este momento las cintas están listas para pasar al siguiente proceso.

## 2.2 HILATURA:

En este proceso, una vez que la cinta o mecha de algodón ha sido pasada por los estiradores y es puesta en botes especiales, es aquí donde se fabrica el hilo propiamente dicho, esta maquinaria se conoce como open end o a cabo abierto, en el que por medio de una pequeña cardina, la cual hace la función de una carda normal pero de tamaño reducido y prepara el algodón para pasarlo al siguiente paso de esta maquina o proceso, el cual consiste en un rotor o turbina que gira a altas velocidades o revoluciones por minuto y que tiene un cierto grado de inclinación o vértice dentro del mismo (esto es dependiendo del tipo o características del hilo que se desee), obligando con esto a la cinta o mecha a torcerse sobre si misma hasta lograr un calibre programado con anterioridad en la computadora de la misma maquina, estas maquinas varían en su tamaño dependiendo de la marca de que se trate, por lo regular consisten en secciones de 10 malacates o también llamados husos que unidos forman el tamaño de la maquina en su totalidad, en nuestro caso la marca es Elitex, que es una marca Checoslovaca, y el tamaño de nuestras maquinas es de 160 malacates o husos, en los que en cada malacate o huso se formara una bobina (carrete de plástico donde se envuelve el hilo) de hilo con la longitud,

diámetro o peso que se desee dependiendo del proceso que se le va a dar a ese hilo.

El hilo que sale de los open-end es destinado para dos procesos diferentes posteriormente:

El primero es para el urdidor y tiene un título Ne 7.0 .

El segundo es para la trama y tiene un título Ne 5.0.

Ambos serán explicados en su proceso posteriormente.

### 2.3 URDIDO:

En este proceso las bobinas de hilo que salieron del open end son embobinadas o enrolladas en un julio (carrete de metal gigante donde se envuelve el hilo), el cual debe ser cuidadosamente supervisado en su operación para que no lleve hilos rotos, cruzados o falsos y así evitar problemas en el siguiente paso o proceso, en esta máquina se cargan las bobinas en la fileta del urdidor, atando una por una las puntas del hilo de las bobinas que se van a urdir en el julio, cuidando que no se crucen, en cada julio se pondrán la cantidad de hilos que se necesiten para que sumados con la totalidad de julios de la partida o parada que sean den los hilos totales de la tela en cuestión, la máquina tiene un dispositivo que cuando un hilo se rompe esta para automáticamente para que no se pierda el hilo roto, los julios se hacen de la longitud que tiene la bobina que salió del open end, y es

necesario hacer 12 jullos para completar una parada o partida del proceso de tintorería.

La prerrogativa principal para obtener una optima calidad en tintorería es "CONTROL DE TODO EL PROCESO DE PREPARACIÓN", tener bajo control el proceso de preparación de las telas tintas, no es difícil, pero se necesita entender y aceptar que después no se puede hacer nada para recuperar lo mal hecho. Este concepto es valido para todos desde el Director General hasta el último de los obreros.

Para este efecto fueron preparados algunos formatos sobre los cuales deben ser reportados los datos estándar de elaboración y constantemente comparados con los datos reales con el fin de que se mantengan.

Estos datos son referidos al lote o partida ( 30,600 mts.) Y deben seguir siempre las elaboraciones sucesivas y complementándose poco a poco según el trabajo avanza. Para urdido es el formato (fig. 1), que consta de dos partes en la primera se llena un formato por cada lote o partida entregado por el jefe de departamento con todos los datos relativos al artículo que se debe trabajar. Los siguientes puntos son muy importantes:

- Cada lote o partida debe ser urdido con la misma mezcla de hilado.

- Cada julio de urdido debe reportar los datos de las roturas descritos escrupulosamente para poder determinar las eventuales acciones a tomar en hilatura.

- Al final del lote o partida el formato debe ser entregado al oficial de engomado.

- Cada julio urdido debe llevar la firma del urdidor.

| MASTER DENIM |  |                    |    | RELACION Y CONTROL DE TRABAJO |  |                        |  |                          |  |             |  | PARTIDA                |  |
|--------------|--|--------------------|----|-------------------------------|--|------------------------|--|--------------------------|--|-------------|--|------------------------|--|
|              |  |                    |    | URDIDO, TENIDO Y ENGOMADO     |  |                        |  |                          |  |             |  |                        |  |
| URDIDOR      |  | No HILOS POR JULIO |    |                               |  | HILOS TOTALES          |  | JULIOS TOTALES           |  | FECHA       |  |                        |  |
|              |  | LONGITUD           |    |                               |  | MEZCLA                 |  |                          |  | HORA INICIO |  |                        |  |
|              |  |                    |    |                               |  |                        |  |                          |  | HORA FIN    |  |                        |  |
|              |  |                    |    |                               |  |                        |  |                          |  |             |  | FIRMA URDIDOR          |  |
| FECHA        |  | No                 |    | BALONA                        |  | CAUSAS ROTURA DE HILOS |  |                          |  |             |  |                        |  |
|              |  |                    |    | IZQ DER                       |  | HILO DESIL             |  | MARCA                    |  | Cruzados    |  | CORTADA                |  |
|              |  |                    |    |                               |  |                        |  |                          |  | TERMINADA   |  | TOT.                   |  |
|              |  |                    | 1  |                               |  |                        |  |                          |  |             |  |                        |  |
|              |  |                    | 2  |                               |  |                        |  |                          |  |             |  |                        |  |
|              |  |                    | 3  |                               |  |                        |  |                          |  |             |  |                        |  |
|              |  |                    | 4  |                               |  |                        |  |                          |  |             |  |                        |  |
|              |  |                    | 5  |                               |  |                        |  |                          |  |             |  |                        |  |
|              |  |                    | 6  |                               |  |                        |  |                          |  |             |  |                        |  |
|              |  |                    | 7  |                               |  |                        |  |                          |  |             |  |                        |  |
|              |  |                    | 8  |                               |  |                        |  |                          |  |             |  |                        |  |
|              |  |                    | 9  |                               |  |                        |  |                          |  |             |  |                        |  |
|              |  |                    | 10 |                               |  |                        |  |                          |  |             |  |                        |  |
|              |  |                    | 11 |                               |  |                        |  |                          |  |             |  |                        |  |
|              |  |                    | 12 |                               |  |                        |  |                          |  |             |  |                        |  |
| TOTAL        |  |                    |    |                               |  |                        |  |                          |  |             |  | ROTURAS POR 100000 MT. |  |
| TENIDO       |  | VEL. PROM.         |    |                               |  |                        |  | ANCHO JULIO              |  | FECHA       |  |                        |  |
|              |  | VEL. RECUP.        |    |                               |  |                        |  | COLOR                    |  | HORA INICIO |  |                        |  |
|              |  | FORMULA            |    |                               |  |                        |  | FORMULA                  |  | HORA FIN    |  |                        |  |
|              |  |                    |    | BALONA                        |  | LONG.                  |  | ZONA DE RUPTURA DE HILOS |  |             |  | FIRMA ENGOMADOR        |  |
| FECHA        |  | No                 |    | IZQ DER                       |  | METROS                 |  | JULIO                    |  | TENIDO      |  | ENGOMADO               |  |
|              |  |                    |    |                               |  |                        |  |                          |  | PERRE       |  | TOT.                   |  |
|              |  |                    | 1  |                               |  |                        |  |                          |  |             |  |                        |  |
|              |  |                    | 2  |                               |  |                        |  |                          |  |             |  |                        |  |
|              |  |                    | 3  |                               |  |                        |  |                          |  |             |  |                        |  |
|              |  |                    | 4  |                               |  |                        |  |                          |  |             |  |                        |  |
|              |  |                    | 5  |                               |  |                        |  |                          |  |             |  |                        |  |
|              |  |                    | 6  |                               |  |                        |  |                          |  |             |  |                        |  |
|              |  |                    | 7  |                               |  |                        |  |                          |  |             |  |                        |  |
|              |  |                    | 8  |                               |  |                        |  |                          |  |             |  |                        |  |
|              |  |                    | 9  |                               |  |                        |  |                          |  |             |  |                        |  |
|              |  |                    | 10 |                               |  |                        |  |                          |  |             |  |                        |  |
|              |  |                    | 11 |                               |  |                        |  |                          |  |             |  |                        |  |
|              |  |                    | 12 |                               |  |                        |  |                          |  |             |  |                        |  |
|              |  |                    | 13 |                               |  |                        |  |                          |  |             |  |                        |  |
|              |  |                    | 14 |                               |  |                        |  |                          |  |             |  |                        |  |
|              |  |                    | 15 |                               |  |                        |  |                          |  |             |  |                        |  |
|              |  |                    | 16 |                               |  |                        |  |                          |  |             |  |                        |  |
|              |  |                    | 17 |                               |  |                        |  |                          |  |             |  |                        |  |
|              |  |                    | 18 |                               |  |                        |  |                          |  |             |  |                        |  |
|              |  |                    | 19 |                               |  |                        |  |                          |  |             |  |                        |  |
|              |  |                    | 20 |                               |  |                        |  |                          |  |             |  |                        |  |
|              |  |                    | 21 |                               |  |                        |  |                          |  |             |  |                        |  |
|              |  |                    | 22 |                               |  |                        |  |                          |  |             |  |                        |  |
| TOTAL        |  |                    |    |                               |  |                        |  |                          |  |             |  | ROTURAS POR 100000 MT. |  |

fig. 1

## 2.4 TEÑIDO:

---

Este proceso es quizá uno de los mas complicados en la fabricación de mezclilla.

Esta sección realmente debería llamarse "coloración de urdimbres de algodón con índigo", pues el método desarrollado para lograr la coloración del hilo de algodón con colorante índigo difiere totalmente del teñido convencional de fibras textiles. La baja afinidad del índigo a las fibras de algodón, obliga a un procedimiento muy especial, que consiste en aplicar a la superficie, capas sucesivas de índigo insoluble. Esto se logra transformando el índigo insoluble en agua, en un compuesto leuco soluble en agua. Se impregna el hilo en esta solución por un tiempo corto y se invierte la reducción, oxidando la solución leuco. El índigo vuelve a su estado insoluble, formando una capa mas o menos fina sobre la superficie del hilo. Para lograr un color azul marino intenso sobre el hilo, se necesita efectuar este proceso de impregnación y oxidación varias veces en forma sucesiva, formando varias capas exteriores de índigo insoluble.

La solubilización del índigo se efectúa mediante la reducción del colorante en un medio alcalino, formándose un producto leuco-derivado de una solubilidad de hasta 200 gr/lt. En agua a la temperatura ambiente. Como agente reductor se utiliza hoy en día el hidrosulfito de sodio y como agente alcalinizante, el hidróxido de sodio (sosa cáustica). La poca estabilidad del hidrosulfito de sodio, especialmente a los agentes oxidantes, hace volver el leuco a la forma insoluble, en forma controlada. El mismo oxígeno del aire cumple esta

función , en una "zona de alreación" por la que pasa el hilo impregnado en la solución leuco, por un cierto periodo de tiempo, se forma entonces la capa de indigo superficial sobre el hilo.

Este proceso de Impregnación se repite desde un mínimo de 4 veces hasta 12, cuanto más fina es la capa, mejor y más completa es la oxidación y fijación del colorante al hilo. Existen dos tipos o sistemas de teñido de indigo: teñido en cuerdas y teñido al ancho:

#### 2.4.1 TEÑIDO CONTINUO EN CUERDAS:

Estas aplicaciones siguieron dos tendencias básicas. En la primera, se tiñe el hilo de urdimbre enrollado en forma de cuerda, sobre una madeja de una capacidad muy grande, se tiñen de 24 a 30 madejas al mismo tiempo, sobre el ancho de la máquina. Cuando se tiñen hilos de un título aproximado de 7/1 Ne (Numero Ingles), Cada cuerda esta constituida por unos 400 hilos. Se tiñen al mismo tiempo hasta 12,000 hilos, sin someterlos a una tensión alta, ya que no es necesario mantenerlos separados. Las ventajas de este proceso consisten en su alta productividad y en la uniformidad del teñido. Después del teñido, enjuague y secado cada cuerda de 400 hilos es plegada dentro de un bote o carro, para ser sometida al proceso de apertura de la cuerda o urdido, luego se juntan los arboles de urdido requeridos para el engomado formándose así el plegador que alimenta al telar.

#### 2.4.2 TEÑIDO CONTINUO POR SISTEMA ABIERTO:

Es el sistema en que todos los hilos que componen la urdimbre se tiñen al mismo tiempo, se secan en una sección de pre secadoras para luego engomarlos, es realmente un sistema continuo completo, en el que se alimenta la máquina con plegadores preparados en urdidoras normales, con los hilos crudos, y se sacan los plegadores listos para ser montados en los telares, ya teñidos y engomados. En esto consiste la diferencia principal con el sistema de teñido en cuerda.

Este sistema requiere hilos de mayor calidad y uniformidad, ya que las roturas deben ser reparadas de inmediato, si no causaría paros o variaciones en la velocidad de teñido. También es un hecho de que los hilos están sometidos a una tensión mucho mayor, que en el sistema de cuerda, lo que causa una impregnación mas lenta y a veces irregular del hilo en las tinas de teñido.

Desde el punto de vista del teñido, se aplica la misma técnica de impregnaciones seguldas por el método Americano de manera sucesiva, también se necesita solubilizar el colorante índigo en agua, transformándolo en un compuesto derivado leuco, mediante un proceso de reducción en un medio alcalino.

#### 2.4.3 PREPARACIÓN QUÍMICA:

A) El colorante índigo se suministra en varias formas: polvo, pasta, pre- reducido, micro perlas, etc. Los mas importantes fabricantes de índigo son: Basf (Alemania), Zeneca ( Gran Bretaña), y

Buffalo (Estados Unidos), aunque actualmente es posible encontrar otros fabricantes como son Japón, China y Korea pero no son de la calidad de los grandes productores.

El índigo en polvo, viene normalmente a un 98% de pureza, su manejo se dificulta por la facilidad que tiene en ser arrastrado por el aire, contaminando el ambiente. Necesita ser mezclado primero en pequeñas cantidades de agua fría bajo agitación. Es conveniente añadir un poco de surfactante para que la mezcla se haga en forma rápida.

B) La primera etapa en la preparación del colorante índigo, es su solubilización en agua, cuando los teñidos se efectúan en un medio acuoso. Para ello se transforma el índigo insoluble, en un componente reducido, en un medio alcalino, que se llama forma "leuco" que es soluble en agua y así poder impregnar los hilos de algodón que de otra forma no serían impregnados.

C) De acuerdo a la concentración mas conveniente de la forma leuco del índigo dentro de la tina madre ( baño que se prepara para cargar todas las tinas de la máquina), se determina la adición que debe hacerse a las tinas de teñido, para reponer el colorante que se depositó sobre el hilo en las Inmersiones.

En los sistemas continuos de teñido de hilos de algodón, todos los baños de teñido están intercomunicados, recibiendo un volumen exacto de solución concentrada de forma leuco del tanque de tina de refuerzo, por unidad de tiempo, para reponer el índigo que se desgastó al depositarse en la superficie del hilo, también reciben las

tinajas reposiciones exactas de hidrosulfito y sosa cáustica para mantener el nivel de PH.

D) Antes de entrar en las tinajas de teñido, el hilo pasa por una etapa de prehumectación, que consiste en una solución diluida de sosa cáustica, que generalmente esta a unos 60 grados centígrados de temperatura, esta etapa sirve para limpiar la superficie del hilo y al mismo tiempo, hacer que en la primera inmersión de teñido, el centro del hilo se mantenga blanco. Se somete el hilo a un proceso corto de alreación, pero no se enjuaga o neutraliza.

El primer paso de inmersión tiene una duración de 20 a 30 segundos se exprime con un foulard, luego se airea por unos 100 o 120 segundos, lo que permite una adecuada oxidación que descompone al hidrosulfito, que se hace insoluble y deposita una pequeña capa sobre el hilo, esta secuencia de inmersiones y oxidaciones se repite desde 5 hasta 12 veces dependiendo del tipo de máquina.

En el último paso de inmersión, se extiende el tiempo de oxidación y se aumenta el exprimido para conseguir una buena fijación de la última capa de índigo, antes de los dos pasos de enjuague, el enjuague se efectúa con agua que rebasa la tina para bajar el PH hasta 8.0 finalmente el hilo se seca en tamboras hasta una humedad residual del 7 al 10%, en nuestro caso el hilo se seca después del acumulador.

#### 2.4.4 PUNTOS IMPORTANTES:

- En la superficie de las tinas de teñido se forma una ligera capa de espuma de materiales contaminantes, este material ayuda a prevenir la oxidación excesiva del hidrosulfito y debe eliminarse cuando se forma de manera excesiva.

- Deben controlarse en forma periódica la alineación y limpieza de todos los cilindros de la máquina.

#### 2.5 ENGOMADO:

En este proceso que en las máquinas de teñido al ancho va unido el engomador , para sacar el plegador directamente al telar listo para tejer.

Después del presecado que se le da al hilo se hace pasar el hilo por una tina de engomado con uno o dos cilindros exprimidores y con una o dos inmersiones dependiendo del arrastre que se quiera tener sobre el hilo, el producto que se utiliza en esta tina es generalmente un compound y no productos separados como se hacía anteriormente, estos productos son: un almidón (o fécula de papa o de maíz esterificado total o parcialmente), una resina (acrílica , alcohol polivinílico, poliéster, etc.), Un suavizante o cera, normalmente este producto debe cocinarse durante 20 o 30 minutos a una temperatura de 80 a 90 grados centígrados. La concentración medida en refractómetro varía de 6 a 10% de sólidos.

Después de la impregnación de la goma se debe secar en tamboras arriba de los 120 grados para dejar el hilo completamente seco después se deben poner las varillas para separar los hilos de los diferentes jullos cargados en la fileta esto para tratar de separar todos y cada uno de los hilos totales que se tiñeron, para alcanzar altas eficiencias en los telares.

En este proceso se usa el mismo formato que en el urdido pero en la segunda parte (fig. 1), sobre este formato vienen indicados los datos para la identificación del julio además de las roturas que hayan sucedido que son muy útiles para las estadísticas. Durante la tintorería hay que llevar otros formatos de control.

A) Modelo relativo al equilibrio químico, sobre este deben ser reportados los valores de trabajo que se encuentran en ese momento, aunque estos no sean exactos y si la variación supera el valor estándar indicado, se deben tomar las medidas correctivas necesarias. (fig. 2)

| MASTER DENIM |     |    |    | RELACION Y CONTROL DE TRABAJO |    |    |    | PARTIDA       |    |    |    |
|--------------|-----|----|----|-------------------------------|----|----|----|---------------|----|----|----|
|              |     |    |    | VALOR DE PH, HIDRO.SOSA.      |    |    |    | FECHA         |    |    |    |
| VALOR        | PH  |    |    | HIDROSULFIDO                  |    |    |    | SOSA CAUSTICA |    |    |    |
| TINA         | 1a  | 1b | 1c | 1a                            | 4a | 5a | OR | 1a            | 4a | 5a | OR |
| SYD.         | LM. |    |    | DOSEF.                        |    |    |    | DOSEF.        |    |    |    |
| HORA         |     |    |    |                               |    |    |    |               |    |    |    |
| 1            |     |    |    |                               |    |    |    |               |    |    |    |
| 2            |     |    |    |                               |    |    |    |               |    |    |    |
| 3            |     |    |    |                               |    |    |    |               |    |    |    |
| 4            |     |    |    |                               |    |    |    |               |    |    |    |
| 5            |     |    |    |                               |    |    |    |               |    |    |    |
| 6            |     |    |    |                               |    |    |    |               |    |    |    |
| 7            |     |    |    |                               |    |    |    |               |    |    |    |
| 8            |     |    |    |                               |    |    |    |               |    |    |    |
| 9            |     |    |    |                               |    |    |    |               |    |    |    |
| 10           |     |    |    |                               |    |    |    |               |    |    |    |
| 11           |     |    |    |                               |    |    |    |               |    |    |    |
| 12           |     |    |    |                               |    |    |    |               |    |    |    |
| 13           |     |    |    |                               |    |    |    |               |    |    |    |
| 14           |     |    |    |                               |    |    |    |               |    |    |    |
| 15           |     |    |    |                               |    |    |    |               |    |    |    |
| 16           |     |    |    |                               |    |    |    |               |    |    |    |
| 17           |     |    |    |                               |    |    |    |               |    |    |    |
| 18           |     |    |    |                               |    |    |    |               |    |    |    |
| 19           |     |    |    |                               |    |    |    |               |    |    |    |
| 20           |     |    |    |                               |    |    |    |               |    |    |    |
| 21           |     |    |    |                               |    |    |    |               |    |    |    |
| 22           |     |    |    |                               |    |    |    |               |    |    |    |
| 23           |     |    |    |                               |    |    |    |               |    |    |    |
| 24           |     |    |    |                               |    |    |    |               |    |    |    |
| 25           |     |    |    |                               |    |    |    |               |    |    |    |
| 26           |     |    |    |                               |    |    |    |               |    |    |    |
| 27           |     |    |    |                               |    |    |    |               |    |    |    |
| 28           |     |    |    |                               |    |    |    |               |    |    |    |
| 29           |     |    |    |                               |    |    |    |               |    |    |    |
| 30           |     |    |    |                               |    |    |    |               |    |    |    |
| 31           |     |    |    |                               |    |    |    |               |    |    |    |
| 32           |     |    |    |                               |    |    |    |               |    |    |    |
| 33           |     |    |    |                               |    |    |    |               |    |    |    |
| 34           |     |    |    |                               |    |    |    |               |    |    |    |
| 35           |     |    |    |                               |    |    |    |               |    |    |    |
| 36           |     |    |    |                               |    |    |    |               |    |    |    |
| 37           |     |    |    |                               |    |    |    |               |    |    |    |
| 38           |     |    |    |                               |    |    |    |               |    |    |    |
| 39           |     |    |    |                               |    |    |    |               |    |    |    |

fig. 2

B) Formato relativo a los datos de trabajo, estos valores son siempre iguales para los lotes iguales, pero el formato debe ser cambiado siempre para cada lote por que forma parte del lote mismo y debe recibir los datos hasta la sección de control, de todas las elaboraciones sucesivas. Al reverso de estos formatos se deben escribir eventuales anomalías o modificaciones hechas durante la elaboración del mismo lote (fig.3).

62641



|                     |      |                   | STD. No,                  |        | COLOR                   |      | TITULO Ne                  |          |        |             |         |      |
|---------------------|------|-------------------|---------------------------|--------|-------------------------|------|----------------------------|----------|--------|-------------|---------|------|
| <b>MASTER DENIM</b> |      |                   | INSTRUCCIONES DE SERVICIO |        |                         |      |                            |          |        | CAP.        | SECC.   | PAG. |
| REVISAR             | C.S. |                   | MAQUINA - OPERACION       |        |                         |      |                            |          |        |             |         |      |
|                     |      |                   |                           |        |                         |      |                            |          |        |             |         |      |
|                     |      | TITULO DE HILADOS |                           |        |                         |      |                            |          |        |             |         |      |
|                     |      | Hilos Totales     | PARTIDA                   |        |                         |      | FECHA                      |          |        |             |         |      |
|                     |      | PESO EN GR/M/LN   |                           |        |                         |      |                            |          |        |             |         |      |
| PRODUCTOS           |      |                   | \$                        | % SECO | UNID. KG-LT             | BAÑO | G/LT                       | \$ LITRO | % HILO | % AÑAD.     | % TOTAL |      |
|                     |      |                   |                           |        |                         |      |                            |          |        |             |         |      |
|                     |      |                   |                           |        |                         |      |                            |          |        |             |         |      |
|                     |      |                   |                           |        |                         |      |                            |          |        |             |         |      |
|                     |      |                   |                           |        |                         |      |                            |          |        |             |         |      |
|                     |      |                   |                           |        |                         |      |                            |          |        |             |         |      |
|                     |      |                   |                           |        |                         |      |                            |          |        |             |         |      |
|                     |      |                   |                           |        |                         |      |                            |          |        |             |         |      |
|                     |      |                   |                           |        |                         |      |                            |          |        |             |         |      |
|                     |      |                   |                           |        |                         |      |                            |          |        |             |         |      |
|                     |      |                   |                           |        |                         |      |                            |          |        |             |         |      |
|                     |      |                   |                           |        |                         |      |                            |          |        |             |         |      |
|                     |      |                   |                           |        |                         |      |                            |          |        |             |         |      |
| BAÑO FINAL          |      |                   |                           |        |                         |      |                            |          |        |             |         |      |
| OBSERVACIONES:      |      |                   |                           |        | CONTROL CONSUMO DE BAÑO |      | TIEMPO DE TRABAJO          |          |        |             |         |      |
|                     |      |                   |                           |        | LITROS INICIO           |      | INICIO                     | FIN      |        | TIEMP TOTAL |         |      |
|                     |      |                   |                           |        | 1                       |      | TOTAL METROS TRABAJADOS    |          |        |             |         |      |
|                     |      |                   |                           |        | 2                       |      |                            |          |        |             |         |      |
|                     |      |                   |                           |        | 3                       |      |                            |          |        |             |         |      |
|                     |      |                   |                           |        | 4                       |      |                            |          |        |             |         |      |
|                     |      |                   |                           |        | 5                       |      | VELOCIDAD                  |          |        |             |         |      |
|                     |      |                   |                           |        | 6                       |      | PESO DE LA PARTIDA (KG)    |          |        |             |         |      |
|                     |      |                   |                           |        | 7                       |      | CONSUMO DE LA PARTIDA (LT) |          |        |             |         |      |
|                     |      |                   |                           |        | 8                       |      |                            |          |        |             |         |      |
|                     |      |                   |                           |        | 9                       |      | ABSORCION (LT/KG)          |          |        |             |         |      |
|                     |      |                   |                           |        | 10                      |      | CONSUMO                    |          |        |             |         |      |
|                     |      |                   |                           |        | 11                      |      |                            |          |        |             |         |      |
|                     |      |                   |                           |        | 12                      |      |                            |          |        |             |         |      |
|                     |      |                   |                           |        | 13                      |      |                            |          |        |             |         |      |
|                     |      |                   |                           |        | 14                      |      |                            |          |        |             |         |      |
|                     |      |                   |                           |        | 15                      |      |                            |          |        |             |         |      |
|                     |      |                   |                           |        | 16                      |      |                            |          |        |             |         |      |
|                     |      |                   |                           |        | 17                      |      |                            |          |        |             |         |      |
|                     |      |                   |                           |        | 18                      |      |                            |          |        |             |         |      |
|                     |      |                   |                           |        | 19                      |      |                            |          |        |             |         |      |
|                     |      |                   |                           |        | 20                      |      |                            |          |        |             |         |      |
|                     |      |                   |                           |        | LITROS RESTO            |      |                            |          |        |             |         |      |
|                     |      |                   |                           |        | CONSUMO                 |      |                            |          |        |             |         |      |

Para cada julio hecho, aunque no esté completamente lleno, se debe quitar una muestra de hilos tintos que atados en forma de manojo deben ser pegados a una hoja de cartón numerados en orden de producción. Estos manojos deben ser siempre del mismo tono cualquier variación por pequeña que sea debe ser reportada, esto se debe hacer también para cada partida o lote.

D) Tarjeta relativa al julio esta debe estar completamente llena debe ser pegada al julio que va al telar. Aún cuando en este punto terminan los trabajos de preparación, los peligros para la calidad no han terminado (fig. 5).

| <b>MASTER DENIM</b>         |             |
|-----------------------------|-------------|
| <b>CONTROL DE ENGOMADOR</b> |             |
| JULIO No.                   |             |
| PARTIDA No.                 |             |
| BALONA                      | PESO        |
| CUENTA                      | TARA        |
| METROS                      | KG. NETOS   |
| ENGOMADOR                   | TURNO       |
| FECHA ENT.                  | FECHA ATADO |
| OBSERVACIONES               |             |

| <b>MASTER DENIM</b>       |           |
|---------------------------|-----------|
| <b>CONTROL DE URDIDOR</b> |           |
| JULIO No.                 |           |
| PARTIDA No.               |           |
| BALONA                    | PESO      |
| CUENTA                    | TARA      |
| METROS                    | KG. NETOS |
| URDIDOR                   | TURNO     |
| INICIO                    | FIN       |
| OBSERVACIONES             |           |

fig. 5

## 2.6 TEJIDO:

---

Originalmente, las telas denim teñidas al índigo eran sargas izquierdas de entrelazamiento regular 3/1, la construcción era alta y se utilizaban hilos 100% algodón, hilados en continuas de anillo para urdimbre y trama.

La construcción de la tela terminada variaba entre 72 y 76 hilos por pulgada en urdimbre y 42 a 46 en la trama, con lo que se tenía una tela terminada de una tela con un peso entre las 14 y 15 onzas por yarda cuadrada, se tejía en telares de lanzadera, bastante angostos para el criterio actual, se preferían los telares provistos con mezcladores de trama para reducir el rayado o bandeado de la tela en el sentido de la trama que era una falla bastante frecuente.

El sistema de Inserción de trama por lanzas rígidas o flexibles fue la primera modificación a los viejos telares de lanzadera, después vinieron los telares de proyectil, con capacidad de tejer dos telas en el ancho del telar y han probado su versatilidad en el tejido de telas denim y finalmente los telares de alre y de pinzas que son los que se usan actualmente.

Los telares de pinza tienen una relativa baja velocidad con respecto a los telares de alre pero tienen una alta productividad y una alta calidad en la tela terminada y dan una excelente mano a la tela.

### 2.6.1 CALIDAD EN EL TEJIDO:

Un viejo proverbio dice "UN JULIO BIEN ENGOMADO ESTA MEDIO TEJIDO" y esto es verdad pero aún falta la segunda mitad por tejer. Todos los datos relativos al hilado y a las elaboraciones precedentes, son identificables a través de los documentos precedentes y resumidos en el número de lote o partida. Por lo tanto este número deberá tenerse siempre a la vista y cualquier muestra o pedazo que se corte deberá tenerlo.

Los dos Julios cargados en el telar deben tener sus tarjetas de control a la vista, y en el telar deben estarlos siguientes documentos: letreros del Julio, tarjeta de datos técnicos del artículo y tarjeta básica de las regulaciones estándar, aun cuando los telares sean todos iguales y tejan el mismo artículo.

En la oficina del Jefe de departamento, debe tener un archivo con las tarjetas para cada telar sobre la cual registrar las refacciones substituidas con la fecha y las frecuencias.

### 2.6.2 CORTE DE LAS PIEZAS:

Con un plumón indeleble se debe marcar lo siguiente: número de telar, número de partida, fecha de corte y metros exactos. Estos valores deben ser escritos a 20 cm. Del corte de la pieza y lo mas pequeño posible, cualquier cambio de artículo debe también ser señalado, así como corridas especiales y en caso de alguna prueba ,ya sea de hilo, de goma, de color deben ser identificadas para mejor control.

[illegible]

| Age Group | Total (%) | Male (%) | Female (%) | Male (%) | Female (%) |
|-----------|-----------|----------|------------|----------|------------|
| 18-24     | 15        | 10       | 20         | 15       | 25         |
| 25-34     | 25        | 20       | 30         | 25       | 35         |
| 35-44     | 30        | 25       | 35         | 30       | 40         |
| 45-54     | 20        | 15       | 25         | 20       | 30         |
| 55-64     | 10        | 5        | 15         | 10       | 20         |
| 65+       | 5         | 2        | 10         | 5        | 15         |

## 2.7 ACABADO:

---

Un análisis de la tela cruda de una mezclilla típica, de un peso acabado de 14 oz/yd<sup>2</sup>, muestra que las densidades crudas de los hilos de urdimbre y trama, relacionadas a los títulos de los mismos, son siempre muy similares para un mismo tipo de entrelazamiento, esto se debe a los siguientes factores:

- El contraste entre el color azul del urdimbre con el blanco de la trama se mantiene a niveles bastante estables, por preferencia del público consumidor.

- Las mejores resistencia físicas y establlidades dimensionales se obtienen con estas construcciones, ajustándose a estándares muy similares.

La experiencia muestra que los encogimientos máximos de las telas, son de un 6% en el sentido de la trama y hasta un 14% en el sentido de la urdimbre, en el cálculo teórico de la tela terminada, se incluye el peso del hilo crudo de algodón, el aumento de peso debido al teñido, que es en parte compensado por una pérdida de peso de los productos que contaminan al algodón y que son quitados durante el teñido, el porcentaje de cola o goma que se aplica al urdimbre, el aumento en peso por yarda cuadrada debido al sanforizado y los suavizantes o lubricantes presentes en el apresto. Generalmente se permite un 10% del peso final de materiales no celulósicos.

Las telas antes mencionadas, generalmente se comercializan en anchos terminados de 160 cm. Lo que determina un ancho crudo de 170 cm. Se pasa la tela por una línea continua de procesos de acabado que esta compuesta por las siguientes etapas:

#### **2.7.1 FORMACIÓN DEL LOTE:**

Se unen con costuras especiales las piezas crudas que vienen de los telares, que pueden variar de longitud, para ellos se utiliza una máquina de costura overlock, que une los extremos de la tela sin que se produzcan aumentos en el grosor que dañarían la manga o anillo de goma, se lleva un control de las piezas, con números de telar, de partida y turno de producción.

#### **2.7.2 CEPILLADO:**

Se pasa la tela por una cepilladora que levanta los pelos de la superficie de la tela así como la borra que se encuentra atrapada entre la urdimbre y la trama, a todo este material sobrante por medio de unos extractores es eliminado y se almacena en unas bolsas especiales para retirarlas posteriormente.

#### **2.7.3 CHAMUSCADO:**

El pelo que no alcanza a sacar el extractor debe ser eliminada para esto, se quema todo el material superficial en una máquina llamada chamuscadora, que tiene dos quemadores logrando así una tersura en la superficie de la tela muy apreciada por los confeccionistas.

#### 2.7.4 IMPREGNACIÓN DE APRESTO:

Esto consiste en una tina en la que se ponen los suavizantes, humectantes a una temperatura que varía de los 40 a los 60 grados para lograr la perfecta humectación de las fibras y ayudar al proceso de encogimiento mecánico o sanforizado, después pasa por un foulard de exprimido y es el primer punto de pinzaje para estirar la tela.

#### 2.7.5 ESTIRAJE (STRECHING):

Se estira la tela mojada, para reducir el ancho en aproximadamente un 6% entre el foulard de Impregnación y las barras de estiraje, en esta zona se encuentra el enderezador de trama, que corrige las distorsiones que ha sufrido la trama, en relación a su posición normal a 90 grados de la urdimbre.

#### 2.7.6 PRESECADO:

Se pasa la tela por una serie de tamboras de secado controlando la temperatura de estas para controlar la humedad residual que debe permanecer entre los 10 y 15% de humedad para poder entrar en la sanforizadora.

#### 2.7.7 SANFORIZADO:

Primero que nada es importante hacer notar que antes de sanforizar es necesario hacer pruebas de lavado para determinar el encogimiento natural que tiene la tela y ajustar el nivel de preencogido mecánico al que debe ajustarse la banda de goma para conseguir el

encogimiento residual deseado, que normalmente debe ser entre el 0 y el 1 %. Este proceso consiste en una banda o anillo de goma que por compresión va encogiendo la tela mecánicamente, para lograr buenos encogimientos es necesario rectificar la banda de goma cada vez que se alcance el millón de metros sanforizados.

#### 2.7.8 SECADO DE LA TELA:

Después del sanforizado se seca la tela en el pálmer de la sanforizadora que es un tapete de fieltro cuya función además de secar y fijar el encogimiento mecánico, plancha la tela para quitar arrugas que en ocasiones genera la banda de goma, dejando una humedad residual de un 7 a 8 % y no excediendo una temperatura de secado de 120 grados, finalmente la tela pasa por un par de cilindros enfriadores, provistos con circulación de agua fría que circula por el interior de los mismos.

Se recoge la tela terminada, plegándola sobre un carro, este método es el mas usado pues permite un fácil control del encogimiento residual.

En este proceso se controla con un formato los rollos que salen de telares y entran al sanforizado, donde se apunta el número de telar, la partida, la longitud y las pruebas de encogimiento durante el proceso (fig. 7), para las recetas de preparación del apresto el mismo formato que en teñido (fig. 2).

| MASTER DENIM      |             |                   |          | CONTROL DE SANFORIZADO |             |        |          | FECHA                               |        |         |
|-------------------|-------------|-------------------|----------|------------------------|-------------|--------|----------|-------------------------------------|--------|---------|
| HORAS             |             | METROS TRABAJADOS |          |                        |             |        |          | ENCOGIMIENTO                        |        |         |
| INICIO            | FIN         | ENTRADA           |          | SALIDA                 |             | DIF.   | %        | TEORICO                             | DIF.   |         |
|                   |             |                   |          |                        |             |        |          |                                     |        |         |
| DATOS DE LA PIEZA |             |                   |          | DATOS DE LA PIEZA      |             |        |          | CONTROLAR DOS VECES POR CADA ROLLO. |        |         |
| No. TELAR         | No. PARTIDA | LADO I            | METROS D | No. TELAR              | No. PARTIDA | LADO I | METROS D | ANCHO                               | SANFOR | HUMEDAD |
| 1                 |             |                   | 51       |                        |             |        |          |                                     |        |         |
| 2                 |             |                   | 52       |                        |             |        |          |                                     |        |         |
| 3                 |             |                   | 53       |                        |             |        |          |                                     |        |         |
| 4                 |             |                   | 54       |                        |             |        |          |                                     |        |         |
| 5                 |             |                   | 55       |                        |             |        |          |                                     |        |         |
| 6                 |             |                   | 56       |                        |             |        |          |                                     |        |         |
| 7                 |             |                   | 57       |                        |             |        |          |                                     |        |         |
| 8                 |             |                   | 58       |                        |             |        |          |                                     |        |         |
| 9                 |             |                   | 59       |                        |             |        |          |                                     |        |         |
| 10                |             |                   | 60       |                        |             |        |          |                                     |        |         |
| 11                |             |                   | 61       |                        |             |        |          |                                     |        |         |
| 12                |             |                   | 62       |                        |             |        |          |                                     |        |         |
| 13                |             |                   | 63       |                        |             |        |          |                                     |        |         |
| 14                |             |                   | 64       |                        |             |        |          |                                     |        |         |
| 15                |             |                   | 65       |                        |             |        |          |                                     |        |         |
| 16                |             |                   | 66       |                        |             |        |          |                                     |        |         |
| 17                |             |                   | 67       |                        |             |        |          |                                     |        |         |
| 18                |             |                   | 68       |                        |             |        |          |                                     |        |         |
| 19                |             |                   | 69       |                        |             |        |          |                                     |        |         |
| 20                |             |                   | 70       |                        |             |        |          |                                     |        |         |
| 21                |             |                   | 71       |                        |             |        |          |                                     |        |         |
| 22                |             |                   | 72       |                        |             |        |          |                                     |        |         |
| 23                |             |                   | 73       |                        |             |        |          |                                     |        |         |
| 24                |             |                   | 74       |                        |             |        |          |                                     |        |         |
| 25                |             |                   | 75       |                        |             |        |          |                                     |        |         |
| 26                |             |                   | 76       |                        |             |        |          |                                     |        |         |
| 27                |             |                   | 77       |                        |             |        |          |                                     |        |         |
| 28                |             |                   | 78       |                        |             |        |          |                                     |        |         |
| 29                |             |                   | 79       |                        |             |        |          |                                     |        |         |
| 30                |             |                   | 80       |                        |             |        |          |                                     |        |         |
| 31                |             |                   | 81       |                        |             |        |          |                                     |        |         |
| 32                |             |                   | 82       |                        |             |        |          |                                     |        |         |
| 33                |             |                   | 83       |                        |             |        |          |                                     |        |         |
| 34                |             |                   | 84       |                        |             |        |          |                                     |        |         |
| 35                |             |                   | 85       |                        |             |        |          |                                     |        |         |
| 36                |             |                   | 86       |                        |             |        |          |                                     |        |         |
| 37                |             |                   | 87       |                        |             |        |          |                                     |        |         |
| 38                |             |                   | 88       |                        |             |        |          |                                     |        |         |
| 39                |             |                   | 89       |                        |             |        |          |                                     |        |         |
| 40                |             |                   | 90       |                        |             |        |          |                                     |        |         |
| 41                |             |                   | 91       |                        |             |        |          |                                     |        |         |
| 42                |             |                   | 92       |                        |             |        |          |                                     |        |         |
| 43                |             |                   | 93       |                        |             |        |          |                                     |        |         |
| 44                |             |                   | 94       |                        |             |        |          |                                     |        |         |
| 45                |             |                   | 95       |                        |             |        |          |                                     |        |         |
| 46                |             |                   | 96       |                        |             |        |          |                                     |        |         |
| 47                |             |                   | 97       |                        |             |        |          |                                     |        |         |
| 48                |             |                   | 98       |                        |             |        |          |                                     |        |         |
| 49                |             |                   | 99       |                        |             |        |          |                                     |        |         |
| 50                |             |                   | 100      |                        |             |        |          |                                     |        |         |

fig. 7

## **2.8 REVISADO:**

---

Después de todos los procesos de producción de la mezcilla, esta no puede ser comercializada si no cumple con ciertas normas de calidad, la tela puede ser inspeccionada manualmente, en mesas de inspección, o electrónicamente en forma automática. En ambos casos la tela se evalúa por cantidad de defectos por metro de tela usando un sistema en el que se le asignan uno, dos, tres, cuatro o seis puntos malos dependiendo de la gravedad de la falla y se toma en cuenta solo esta falla por metro de tela revisada ya sea a lo largo o a lo ancho. Las telas que pasan de 60 puntos malos por cada 100 metros son considerados de segunda y su precio es distinto al de las telas de primera calidad. También se controlan las variaciones en el tono de la tela, comparándolas con una escala de valores ascendentes y descendentes, telas que salgan con diferencias deben ser identificadas y separadas por tono de tela para ser colocadas en el mercado por igualdad de color, la tela en este proceso tiene un pequeño estiramiento que depende del tipo de que se trate, que puede ser de entre .8% a 1.0% .

Los defectos principales a detectar en este proceso son los siguientes:

1. Flamas- grueso, variaciones en cadena.
2. Flamas- grueso, variaciones en trama.
3. Barra- mezcla, títulos de pelo, color.
4. Hilo malo, doble en cadena.
5. Hilo roto, rizado, mal tensado.

6. Trama rota, doble o faltante.
7. Paro señalado del telar.
8. Agujero, rasgadura.
9. Raya de peine- color.
10. Manchas.
11. Pliegues.
12. Ancho terminado fuera de standard.
13. Moiree.
14. Peso fuera de standard.

Existen otras fallas no menos importantes que las ya mencionadas, pero son muy poco frecuentes o casi imposibles que aparezcan, en caso de que así suceda, se tienen que comunicar con el supervisor en turno para comprobar esta y tomar las medidas correctivas pertinentes.

## 3 PROCESO DE TINTURA DE INDIGO

### 3.1 GENERALIDADES SOBRE COLORANTES:

---

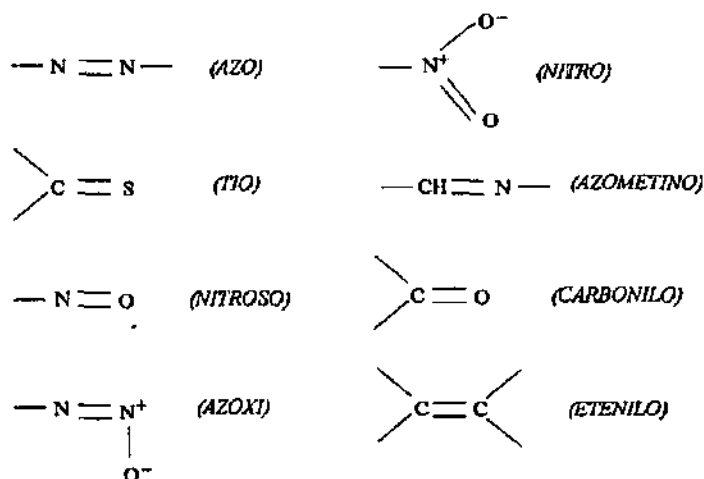
La luz esta compuesta por rayos de distinta longitud de onda; el ojo humano solo percibe longitudes de onda comprendidas entre los 4,000 y los 8,000 angstroms, la luz formada por rayos de una determinada longitud de onda produce la sensación de color, por ejemplo: aquella cuya longitud de onda esta comprendida entre los 4,000 y los 4,250 angstroms aparece como violeta.

Todas las moléculas orgánicas absorben la luz en diferentes proporciones, pero la mayoría de ellos lo hacen en la región ultravioleta del espectro, es decir por debajo de los 4,000 angstroms y aparecen como Incoloras.

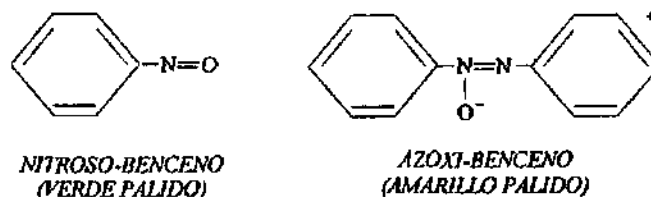
El fenómeno de absorción esta relacionado con la vibración de ciertos electrones en la molécula que son estimulados por rayos luminosos con frecuencias de oscilación específicas. Si los electrones están firmemente combinados, absorberán luz de longitud de onda corta y alta frecuencia. A medida que los electrones se hacen más movibles, generalmente por acumularse en la misma molécula varios centros de Instauración conjugados, se van haciendo mas sensibles al estímulo vibratorio de los rayos luminosos con mayores longitudes de onda, lo que da por resultado que se absorben rayos de la zona visible del espectro.

Con relación a las sustancias orgánicas, se dice que el color se intensifica a medida que las bandas de absorción se desplazan hacia mayores longitudes de onda. Evidentemente el color puede ser también la resultante de una absorción de la luz en dos o más regiones del espectro, esto es, mientras que una sustancia aparece verde por que absorbe en la zona del púrpura otra puede mostrar el mismo color verde por absorber simultáneamente en las regiones complementarias del azul y del amarillo. Como consecuencia puede carecer de sentido buscar correlaciones entre el color y la constitución química cuando se trata de sustancias complejas por eso la única base real y científicamente precisa para poder comparar con exactitud es la espectroscopía de absorción.

Ya en 1876 O. N. Witt estableció una clasificación empírica que ha resultado muy útil, a pesar de que se basa en toscas observaciones sobre los efectos del color. Al revisar los diversos colorantes conocidos por entonces advirtió que todos tenían un grupo no saturado, responsable fundamental del color, al cual aplicó el distintivo nombre de cromóforo (llevar color) los grupos no saturados son los siguientes:



Los grupos de la primera columna son evidentemente más potentes, pues basta la presencia de uno de ellos para proporcionar color al anillo bencénico:



Aunque los dobles enlaces del benceno no pueden compararse en cuanto a su grado de insaturación, con el doble enlace etílico, contribuyen de manera apreciable en la formación del color.

Por regla general, se necesita más de un grupo cromóforo para que aparezca color; por ejemplo, la acetona ( $\text{CH}_3\text{-CO-CH}_3$ ) es incolora mientras que el diacetilo ( $\text{CH}_3\text{-CO-CO-CH}_3$ ) es de color amarillo.

PROPIEDADES DE LOS DIFENIL-POLIENOS  
BANDAS DE ABSORCIÓN.

| Valor de n | Color             | A    | B    | C     |
|------------|-------------------|------|------|-------|
| 1          | Ninguno           | 3190 | 3060 | 2940  |
| 2          | Ninguno           | 3520 | 3340 | 3160  |
| 3          | Amarillo pálido   | 3770 | 3580 | 3430  |
| 4          | Amarillo verdoso  | 4040 | 3840 | 3630  |
| 5          | Anaranjado        | 4240 | 4030 | 3870  |
| 6          | Naranja parduzco  | 4450 | 4200 | 4000  |
| 7          | Bronceado cúprico | 4650 | 4350 | 4130  |
| 11         | Negro violeta     | 5300 | 4930 | 4620  |
| 15         | Negro verdoso     | 5700 | 5320 | ----- |

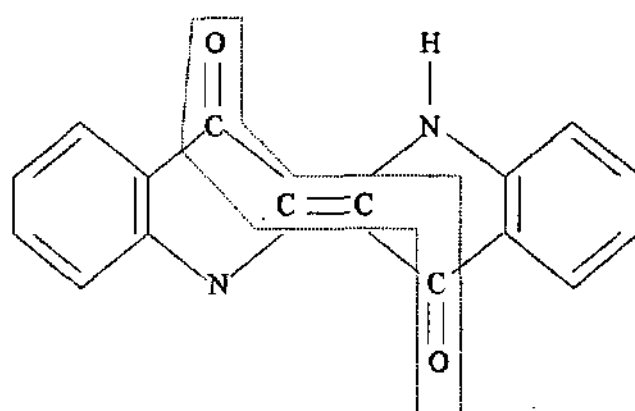
Tabla No. 1

Desde luego el color no se debe exclusivamente a los enlaces etilénicos, pues también contribuyen los anillos bencénicos no saturados y en posición conjugada. El propio Witt advirtió que ciertos radicales son capaces de aumentar el efecto de un grupo cromóforo, aunque no puedan comunicar color alguno o moléculas incolores denominadas auxocromas ( del griego auxo aumentar).

Un colorante cuyo color no se explica satisfactoriamente por la simple clasificación empírica de Witt es el índigo o añil de Intenso

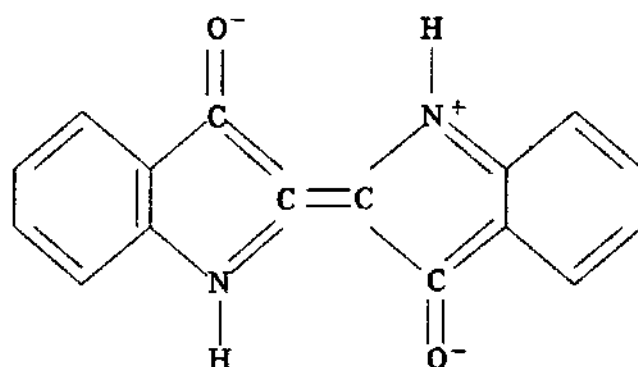
<sup>1</sup> DONDE A, B Y C SON LOS MÁXIMOS DE ABSORCIÓN DE LAS BANDAS CARACTERÍSTICAS EN ANGSTROMS.

color azul, su formula convencional contiene un sistema conjugado similar al que se encuentra en las para-quinonas, en un principio ello se consideraba como causa del color:



*FORMULA CLASICA DEL INDIGO*

Por otro lado la formula clásica del indigo no explica tampoco su punto de fusión que es extraordinariamente elevado (390-392°C), ni otras propiedades peculiares, por ejemplo, la sustancia es roja en fase vapor o cuando se disuelve en disolventes no polares, pero disuelta en disolventes polares, el color es azul y da valores para el peso molecular que son dobles de los calculados. Mediante medidas de rayos X se ha demostrado que el indigo tiene la configuración *trans*, mientras que la formula *cis* no ha podido obtenerse aún. Kuhn señalo que estas aparentes anomalías pueden explicarse fácilmente si el indigo se formula como una molécula tetrapolar:

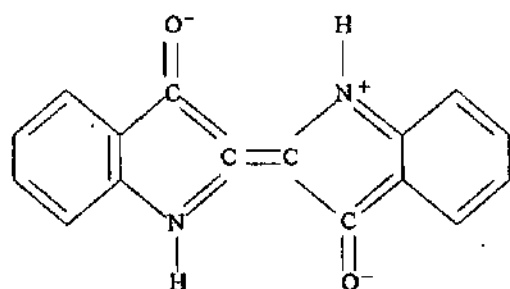


FORMULA TETRAPOLAR DEL INDIGO  
(KHUN)

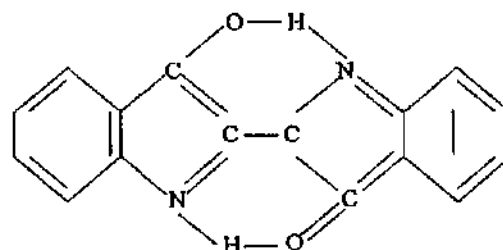
Semejante formula explica la orientación *trans*, pues los átomos de oxígeno y de nitrógeno, con cargas opuestas en ambas mitades de la molécula, tienden a atraerse mutuamente. El sistema conjugado de dobles enlaces resulta así mas extenso que en la formula tradicional y por lo tanto mas favorable al desarrollo de un intenso color. Por otro lado el carácter heteropolar de la substancia puede contribuir además al color de la misma. En la formación de picratos de hidrocarburos, donde no se produce una extensión equivalente del sistema de dobles enlaces conjugados resulta también en una intensificación del color, lo que se atribuye a que los compuestos resultantes son complejos dipolares.

Según Kuhn, los agregados que se encuentran en las soluciones azules del índigo, tienen las moléculas emparejadas, de tal manera que las cuatro cargas de una de ellas son atraídas por cargas opuestas de la otra. Al aumentar el numero de cargas aparejadas se produce una intensificación del color. Otra formulación posible representa una forma enólica estabilizada por un enlace a través de un

hidrógeno, ello explicaría la estabilidad y la formación preferente de la modificación *trans*, pero no puede explicar el fenómeno de asociación.



FORMULA DE KUHN



FORMULA DE QUELATO

INDIGO O AÑIL

Las fórmulas de kuhn para el índigo, y otros colorantes, pueden considerarse como estructuras en resonancia de las fórmulas usuales. En términos de la teoría de resonancia, cuanto mayor sea la contribución de esas formas heteropolares, mayor será la movilidad de los electrones del sistema cromóforo, y por consiguiente, aumentará la intensidad de absorción de la luz desplazándose los máximos de las bandas hacia mayores longitudes de onda

### 3.2 APLICACIÓN DEL COLORANTE A LA FIBRA:

No todas las materias colorantes son necesariamente sustancias coloreadas, para adquirir este carácter es imprescindible que la sustancia coloreada pueda adherirse químicamente a la fibra de los tejidos, llama extraordinariamente la atención el hecho de que se conociese desde la mas remota antigüedad un método para teñir el algodón con el añil natural, obtenido de plantas de la India, perteneciente al género Indigófero, que representa una de las materias

primas para colorear mas difícilmente solubles, entre todas las conocidas. El proceso se basa en que el índigo o añil se reduce transformándolo en un dihidroderivado o leucoderivado incoloro que es soluble en los álcalis, si se sumerge un tejido en la solución alcalina del colorante reducido, el compuesto leuco queda absorbido por la fibra textil, y al sacar el tejido y exponerlo al aire, se oxida formando el colorante que queda retenido en la tela. En los primitivos procesos la reducción se verificaba por fermentación; el método moderno, que se patentó en 1871, utiliza como reductor el hidrosulfito de sodio, todos los colorantes que se aplican en esta forma se conocen con el nombre común de colorantes a la tina, estos son relativamente recientes, hoy en día el índigo y sus derivados comprenden varios centenares de sustancias y todas requieren una reducción y luego una oxidación al aire.

### 3.3 COLORANTES INDIGOIDES:

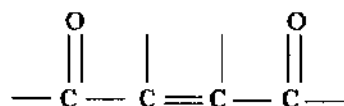
Los colorantes indigoides se llaman así por que en este grupo se hallan el índigo y otros colorantes estructuralmente relacionados con el, el índigo se compone de dos núcleos de indoxilo ( realmente pseudoindoxilo ), unidos por un doble enlace entre los carbonos que ocupan la posición alfa con respecto a los átomos de nitrógeno. El tioindigo tiene dos átomos de azufre en lugar de los dos átomos de nitrógeno del índigo.

Los colorantes indigoides, que son los colorantes de tina naturales y sintéticos mas antiguos, se dividen en las siguientes clases:

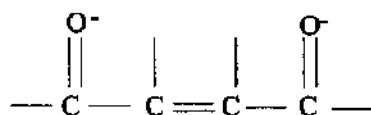
- 1.- Derivados simétricos del indigo y del tioindigo.
- 2.- Derivados asimétricos del indigo y del tioindigo.
- 3.- Indirrubinas.
- 4.- Índigos e Indirrubinas en las que un grupo mímino es reemplazado con azufre (Indigo-tioindigoides)
- 5.- Colorantes que contienen una mitad heterocíclica cetónica unida por medio de un enlace doble a un carbono alfa, a un grupo ceto u oxo en un sistema aromático.

Los colorantes indigoides se usan para teñir y estampar algodón, rayón, lana y como pigmentos para pinturas, lacas , caucho , tintas de Imprenta, plásticos, etc.

Son colorantes de tina en virtud del cromóforo:



Que es reducible a la forma sustantiva leuco:

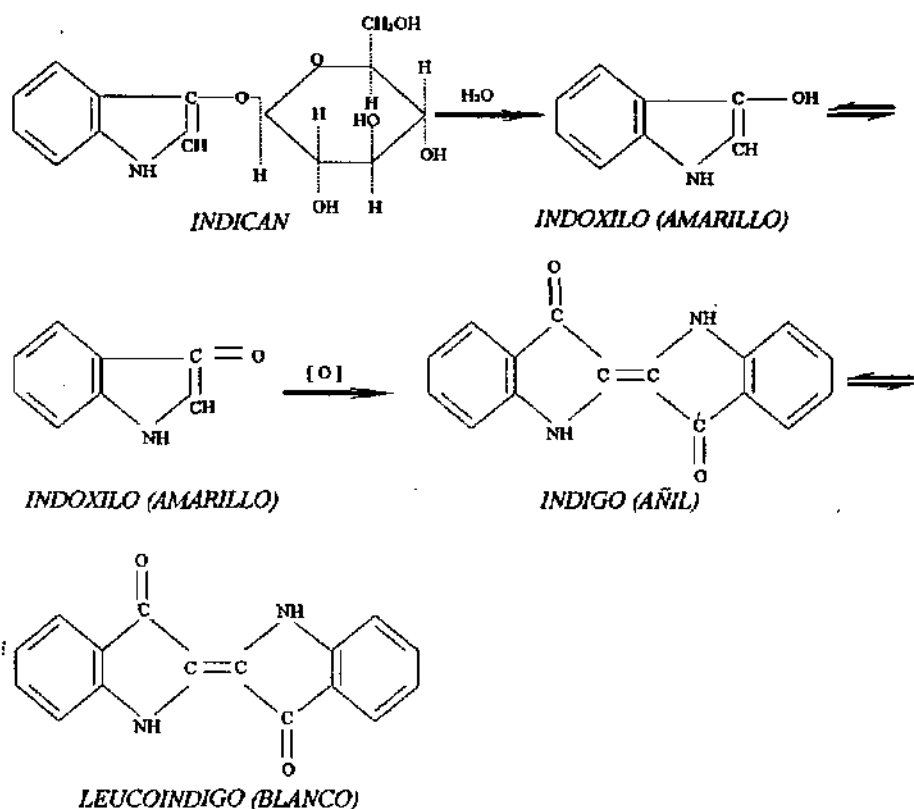


El colorante leuco, ya sea sobre la fibra o fuera de ella, puede ser reoxidado y convertido en la formula carboxílica insoluble original por el aire u otros oxidantes. El leucoindigo puede ser reoxidado y

convertido en el índigo original. Cuando se fija sobre la fibra se obtiene un color muy permanente

### 3.4 SÍNTESIS DEL ÍNDIGO.

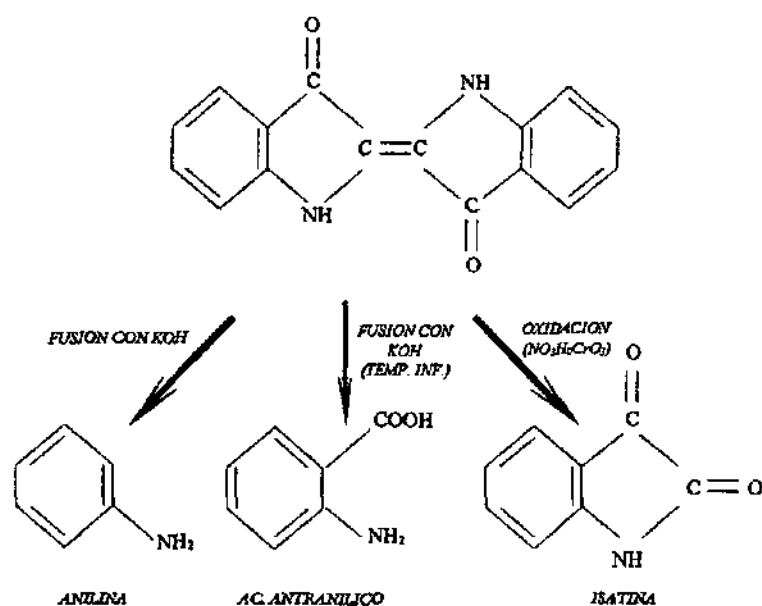
El índigo o añil se encuentra como tal en dos tipos de plantas la Indigófera tinctoria, tipo de malva tropical y sub tropical y la Isatis tinctoria, el glasto de zonas de tipo templado, de donde se extrae (especies pertenecientes al genero Indigófero) , sino que se halla en forma de un glucócido incoloro, denominado indican, al extraer con agua la planta desmenuzada, el glucocido se hidrolliza fácilmente por los fermentos contenidos en el tejido vegetal, liberando glucosa e indoxilo, este ultimo es oxidado al aire con producción de colorante azul:



Puesto que el Indigo, junto con la alizarina, había mantenido una posición prominente durante muchos siglos como uno de los colorantes naturales mas importantes, el esclarecimiento de su constitución química atrajo el Interés de muchos de los primeros químicos. Las degradaciones que se ilustran a continuación fueron realizadas durante el periodo 1826-1841:

### 3.4.1 PRODUCTOS DE DEGRADACIÓN DEL ÍNDIGO

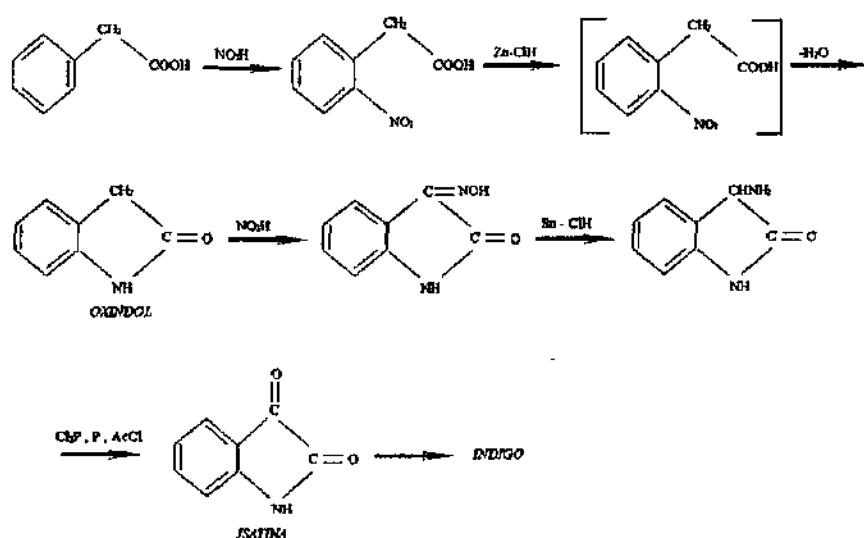
---



Ni siquiera pudieron explicarse las reacciones en términos estructurales hasta varios años después. Finalmente, el problema de la estructura del colorante fue resuelto por Baeyer en 1883, como resultado de investigaciones que se desarrollaron en el transcurso de 18 años. Por primera vez, Baeyer intentó (1865) volver a transformar la isatina en índigo por simple reducción, pero obtuvo una serie de productos cuyo grado final estaba representado por el indol, exento de oxígeno. La transformación deseada no se logró hasta 1878, mediante el uso de tricloruro de fósforo, fósforo y cloruro de acetilo en la primera síntesis, esta carecía de valor comercial por que implicaba numerosas fases y el rendimiento era muy bajo, pero tuvo gran significación teórica, ya que la isatina había sido obtenida mediante una síntesis que establecía su estructura sin lugar a dudas:

### 3.4.2 PRIMERA SÍNTESIS DE BAEYER:

---

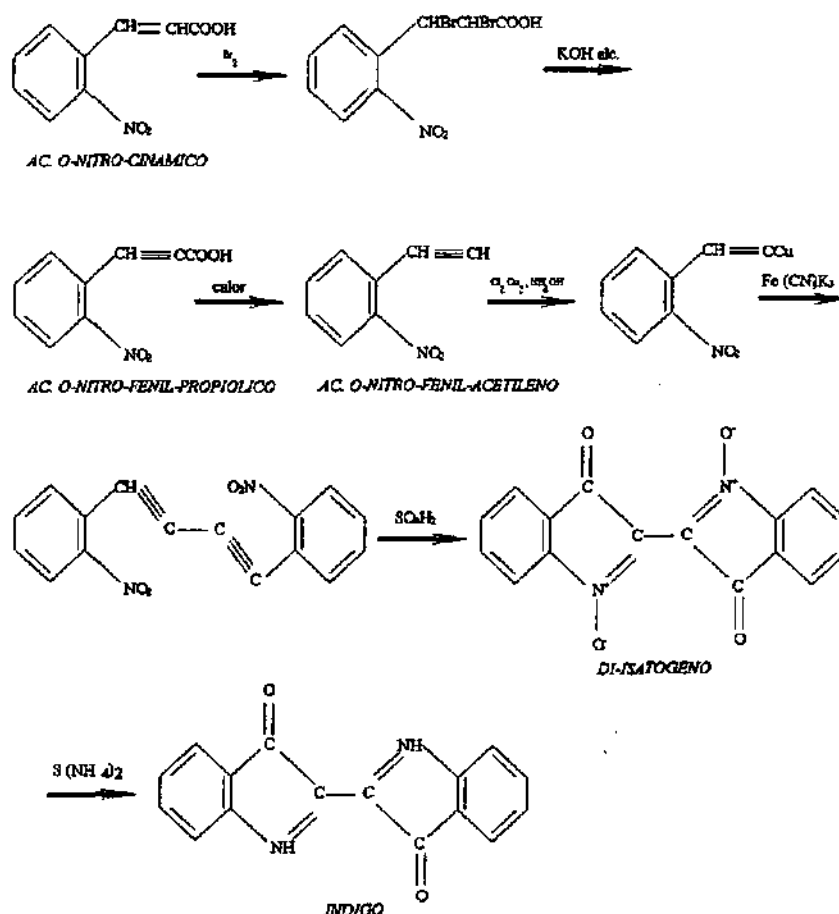


### 3.4.3 SEGUNDA SÍNTESIS DE BAEYER:

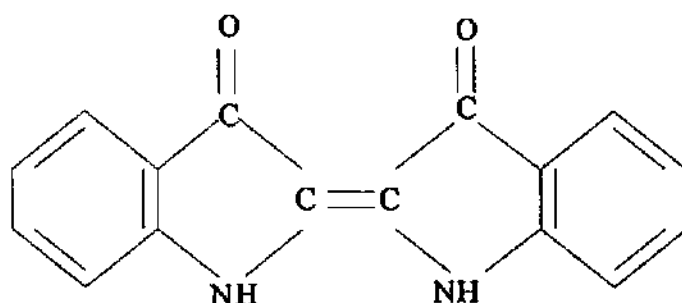
---

La segunda síntesis que se ilustra a continuación utiliza el ácido o-nitro-cinámico como materia prima (1882); así se demostró que los dos núcleos bencénicos del índigo están unidos entre sí por una cadena recta de cuatro átomos de carbono. En consecuencia, Baeyer propuso por primera vez una fórmula para el colorante, propuesta que fue abandonada al año siguiente:

## SEGUNDA SÍNTESIS:

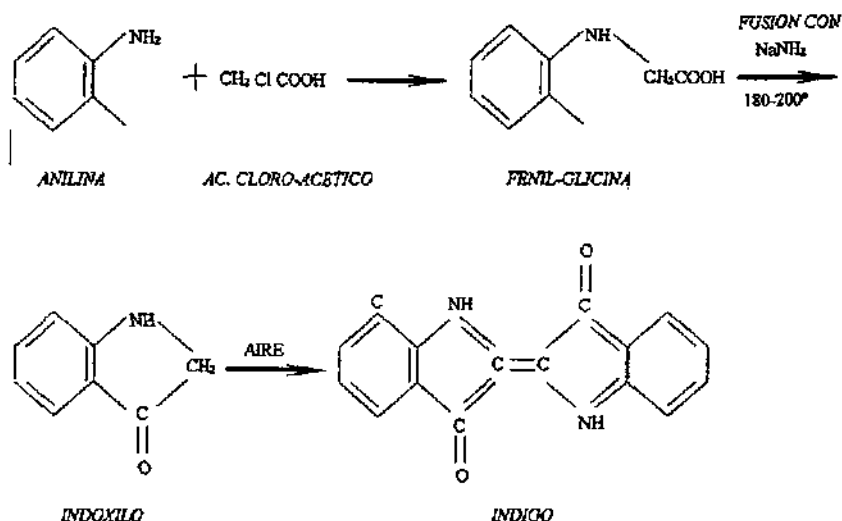


Sin embargo no fué abandonada definitivamente sino reemplazada en favor de la formula final o configuración *c/s* de la estructura que es la que se acepta actualmente. La formula de Baeyer no se impugnó hasta el año 1928, en que las medidas con rayos X demostraron que el colorante ha de tener la configuración simétrica o *trans*:



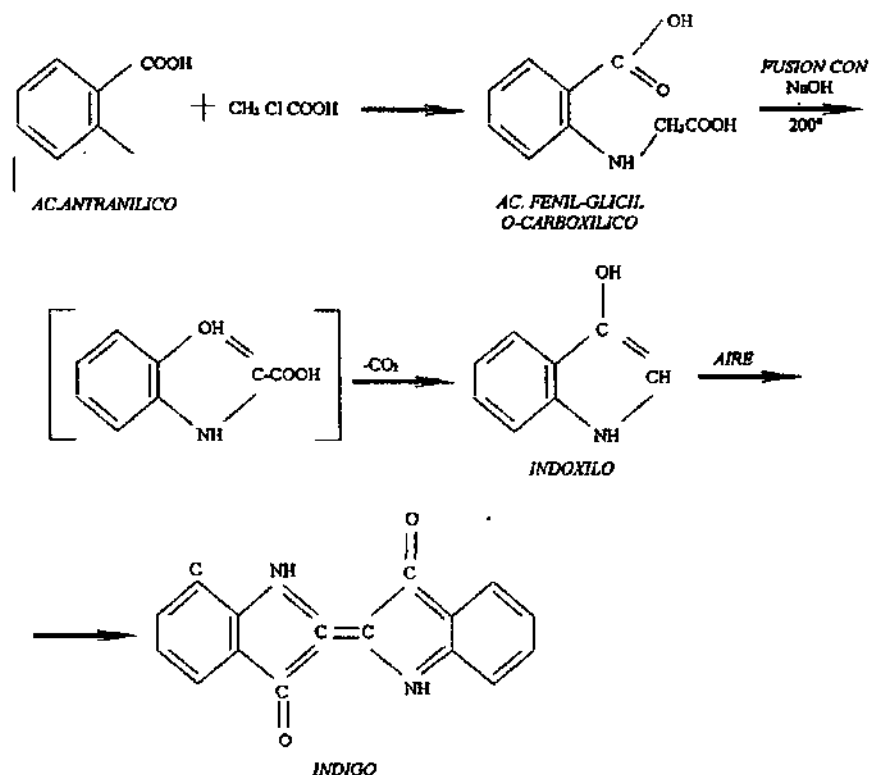
FORMULA DE BAEYER PARA EL ÍNDIGO (1883)

Baeyer desarrollo otras dos síntesis a partir del ácido o-nitro-cinámico y otra a partir del o-nitro-benzaldehído; esta última tuvo aplicación comercial, si bien en escala reducida, pues no podía competir con el producto natural. La primera síntesis que logró éxito comercial fue desarrollada por Heumann en 1890 y consistía en condensación de anilina con ácido cloroacético para obtener la fenilglicina, que se ciclaba por fusión alcalina, y el indoxilo resultante se oxidaba al aire en solución alcalina produciendo el indigo. El método original de ciclación tenía el inconveniente de que se eliminaba agua durante la reacción, alcanzándose un punto de equilibrio cuando la transformación era incompleta. Más tarde se introdujo una mejora consistente en fundir el ácido intermedio con sodamida anhidra, que combina el agua liberada formando amoníaco y hidróxido sodico.



#### 3.4.4 SÍNTESIS DE HEUMANN:

En 1893, el propio Heumann desarrolló otra síntesis valiosa utilizando como materia prima el naftaleno, sustancia que por entonces constituía un desecho de la Industria del alquitrán de hulla. El hidrocarburo se transforma en ácido antranílico, a través de anhídrido ftálico y de ftalimida. El ácido antranílico, auténtico punto de partida de la síntesis, se condensa con ácido cloro-acético y se obtiene un producto intermedio, el ácido fenil-glicino-carboxílico, que se cicla con gran suavidad al fundirlo con álcalis dando el ácido indoxil-acético, un  $\beta$ -cetoácido que se enoliza y se descarboxila muy fácilmente produciendo el indoxilo. El índigo sintético fabricado por el método de Heumann se adueño rápidamente del mercado, pues pudo venderse a un precio más bajo que el del colorante natural. Todavía en la actualidad, el índigo es uno de los colorantes que se fabrican en cantidades mayores.



### 3.5 PROCESO DE TEÑIDO DE ÍNDIGO:

#### 3.5.1 REDUCCIÓN DE COLORANTES DE TINA:

Cuando se trata un colorante de tina con algún agente reductor fuerte en presencia de alcalí, para solubilizarlo y teñir fibras celulósicas, se reducen dos grupos carbonilos segun se ilustra en las siguientes ecuaciones aplicables al índigo y un colorante antraquinónico de tina.

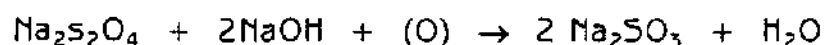
Aunque en otro tiempo se reducía el índigo en diversos tipos de tinas de fermentación y en el oriente aun se acostumbra reducirlo así, solo se expondrá aquí la reducción con hidrosulfito sodico. Hoy en

día es posible encontrar el índigo pre reducido para el mercado oriental, ya que la reducción por fermentación requiere de varios días.

Cuando se usa hidrosulfito de sodio para reducir un colorante a la tina, aquel es oxidado por este y por el aire y convertido en sulfito ácido de sodio, según la siguiente ecuación:



Con todo dado que el ácido hidrosulfuroso,  $\text{H}_2\text{S}_2\text{O}_4$ , es inestable en solución ácida, es necesario que haya bastante alcali para mantener el baño francamente alcalino, para evitar la acumulación de sulfito ácido de sodio, que tiene reacción ácida:



Que esta última reacción es correcta se comprobó con la oxidación por el aire de dos series de baños que contenían, respectivamente, 5.62 gr. Y 15 gr. de sosa cáustica por litro de solución. Con un electrodo de hidrógeno se averiguó que cuando la razón entre hidrosulfito de sodio y sosa cáustica es de 2.0 o menos, el baño se conserva fuertemente alcalino, incluso después que se oxida todo el hidrosulfito; más si la razón es más de 2.0, el baño se vuelve ácido. En la práctica se suele emplear una razón de y 1.0:1.0 de hidrosulfito de sodio y sosa cáustica.

Además según indicó Conant, cuando se efectúa la reducción de un colorante de tina, la actividad reductiva de una solución de

hidrosulfito para una quinona es directamente proporcional a la concentración de iones hidrosulfitos y al cuadrado de la concentración de iones hidróxidos. En consecuencia, para reducir colorantes de tina, solo es necesario emplear bastante hidrosulfito para la reducción inicial y mantener exceso del mismo durante toda la operación de teñido, en toda la cual hay más o menos absorción de aire según el procedimiento que se ejecute.

Es variable la facilidad con que pueden ser reducidos los colorantes de tina, los menos solubles requieren mayor temperatura y más sosa cáustica para mantener la solubilidad. Por lo tanto, conviene clasificarlos de la siguiente manera, según su aplicación:

|            |                                                       |
|------------|-------------------------------------------------------|
| Proceso IN | Colorantes que se disuelven con menos facilidad.      |
| Proceso IW | Colorantes que se disuelven con facilidad Intermedia. |
| Proceso IK | Colorantes que se disuelven más fácilmente.           |

Además de las diferencias características en concentración de álcali y temperatura los colorantes mas solubles representados por los métodos IW e IK necesitan de sal para su agotamiento.

### 3.6 PROCESO DE TEÑIDO CONTINUO DE ÍNDIGO AL ANCHO.

Como ya se explicó en el primer capítulo existen dos tipos o métodos de teñir hilos de algodón con colorantes indigoides, como recordatorio estos son el teñido en cuerda que es el favorito de los productores Americanos, en el cual se tiñen cuerdas o madejas de 300 a 500 hilos por madeja y dependiendo de la maquina se pueden teñir de 12 a 30 cuerdas al mismo tiempo, este tipo de máquinas requiere mucho espacio y mucha altura para lograr la oxidación, a continuación se ilustra un dibujo de una maquina típica de teñido en cuerda o cable:

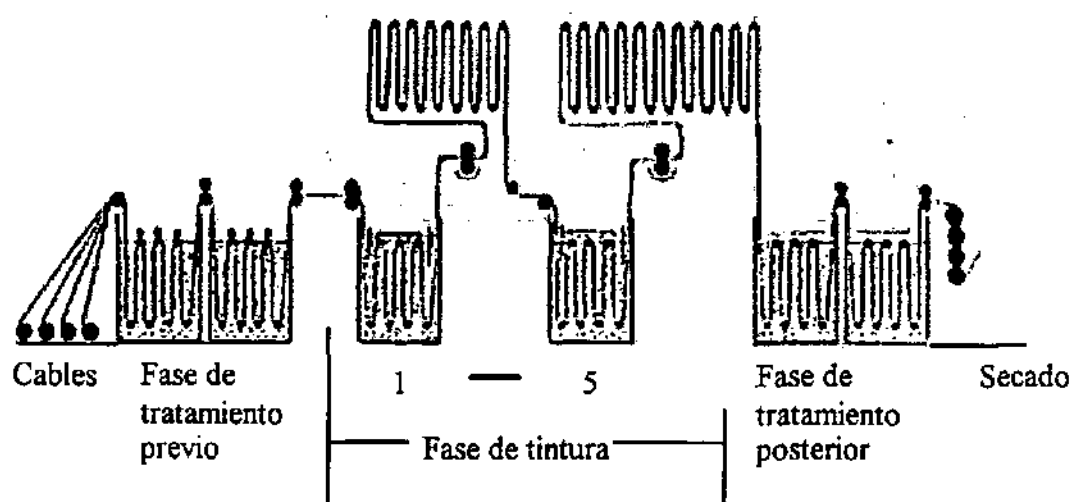


Fig. 8

En nuestro caso vamos a explicar un poco mas a detalle como es el teñido al ancho, que es el preferido de los fabricantes Europeos, que dependiendo de la máquina (marca) , que en nuestro caso es el modelo INDIGOFLOW, de la empresa Italiana Master, de la cual se ilustra un dibujo con el arreglo típico, al cual se le puede poner en serie un engomador, como es la máquina que tenemos en la fábrica:

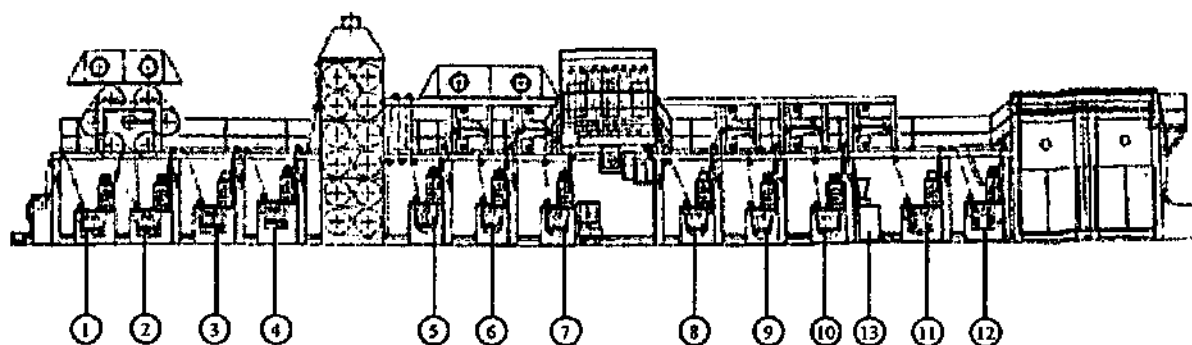


Fig. 9

A continuación se describe brevemente el funcionamiento general de esta maquina de teñido de urdimbres de algodón, que además de teñir colorantes indigoides tienen la versatilidad de teñir también colores sulfuro, directos y algunos otros colorantes; En general el proceso consta de las siguientes fases:

### 3.6.1 HUMECTACIÓN, DESCRUDE, MERCERIZADO.

(Tina No. 1)

La primera tina normalmente contiene un humectante apropiado y puede estar a cualquier temperatura entre la ambiente y la de ebullición normalmente entre 60 y 80°, el humectante usado debe ser estable en medios alcalinos, la concentración de este producto estará en relación con el poder de hidrofiliización y la concentración del producto, normalmente se usan de 2 a 6 gr/lit de humectante.

También en esta primera tina se pone una pequeña cantidad de sosa cáustica que varía entre 3 y 15 gr/lit. cuando se trata solo de descruar el algodón y cuando se usan de 24° Be' en adelante, el proceso se llama mercerizado.

Dependiendo que tan enérgicamente se desea descruar el algodón, esto significa quitarle al algodón las ceras y resinas propias de una fibra natural, con el mercerizado se obtienen colores mas brillantes, pero tiene el inconveniente de que debilita el hilo por que también elimina fibras cortas, lo que representa un riesgo en trenes continuos de teñido.

Además de los productos anteriores es recomendable usar un secuestrante que hace la función de mantener los sólidos en suspensión dentro de la tina suspendidos para evitar que estos precipiten y formen acumulaciones en las paredes de la tina u obstruyan las tuberías.

Y por último un dispersante el cual tiene la función de mantener a todos los demás auxiliares perfectamente dispersados en todo el volumen de la tina para garantizar que todos hagan su función a todo lo ancho del tendido de hilos que pasarán por esta etapa.

Cabe mencionar que en determinados casos o por moda en algunas ocasiones en esta tina se pone un baño de Impregnación de color negro sulfuro a este tipo de mezclilla se le llama bottom sulphur. El efecto que se logra con esto es que al desgastarse las capas de índigo del hilo el contraste no sea blanco sino negro dando un efecto muy gustado sobre todo en Estados Unidos.

### **3.6.2 LAVADO EN CALIENTE.**

---

(Tina No. 2)

En esta parte del proceso solo se trata de lavar los hilos descrudados en la tina anterior para tratar de quitar los productos en exceso que pudiera llevar el hilo y terminar de extraer las grasas y ceras que pudieran haber quedado del proceso anterior, normalmente se hace a 70°.

Además debe mantenerse una alimentación de volumen constante de agua para evitar la saturación y eficiencia del lavado, garantizando así una perfecta limpieza de los hilos.

### **3.6.3 NEUTRALIZACIÓN.**

---

(Tina No. 3)

Esta es prácticamente igual a la anterior, con la diferencia que cuando se hace bottom sulphur en esta se pone un baño de neutralización, o cuando se hace un descrude mas enérgico al cual se le llama mercerización y que en general tiene 24° be´ o más, por lo que se hace necesario neutralizar el exceso de sosa cáustica para no contaminar el baño de tintura elevando el PH lo que provocaría variaciones en el tono y la intensidad del color resultante, normalmente como agente neutralizador se usa ácido acético en una concentración que varía de 5 a 15 gr/lit. Dependiendo del grado de mercerización.

### **3.6.4 LAVADO EN FRÍO.**

---

(Tina No. 4)

En esta parte del proceso de teñido se hace un lavado a temperatura ambiente sin ningún aditivo , pero se esta renovando constantemente el agua para evitar la saturación del baño, que se pudiera tener por arrastre de los procesos anteriores, esto con el fin de que cuando el hilo entre en el baño de índigo vaya lo mas limpio posible así como prácticamente a temperatura ambiente evitando un cambio brusco de temperatura del hilo así como variaciones en el PH.

### **3.6.5 BAÑO DE IMPREGNACIÓN DE ÍNDIGO.**

---

( Tinas No. 5 a la 10)

Es este el proceso de teñido propiamente dicho las tinas que contienen el baño de índigo están conectadas y dispuestas en forma escalonada, esto es la primera esta más alta que la segunda y esta que la tercera y así sucesivamente para que por sobreflujo el baño vaya pasando de una tina a otra hasta la caja de mezclas químicas que esta después de la ultima tina de teñido, aquí el baño que va llegando por sobreflujo es bombeado con una bomba de velocidad regulable y que va por la parte inferior de la máquina para entrar nuevamente en la primera tina de Impregnación.

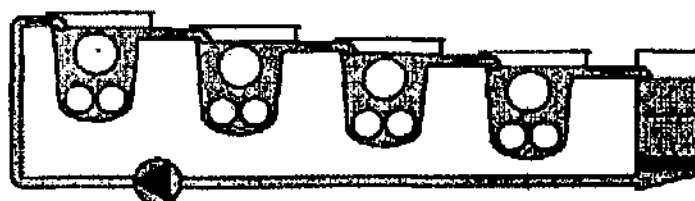


Fig. 10

Con esto se garantiza que la concentración en el baño de todas las tinas tenga la misma concentración y este en constante recirculación mientras dure la partida que se esta tiñendo.

A la salida de cada tina de Impregnación de Índigo, se encuentra un dispositivo diseñado por el fabricante de esta maquina, en el cual después de ser exprimido el hilo para comenzar a oxidar el colorante hace que entre aire en sentido contrario al viaje del hilo lo que provoca una sobreoxigenación que reduce rápidamente el Índigo a su forma Insoluble fijándolo a la fibra, antes de este dispositivo (llamado rapid sky) lo que se hacía era hacer viajar el hilo a distancias más largas para lograr esta oxidación - reducción de forma natural, lo cual presenta ciertos Inconvenientes además de que se ocupa mayor espacio y mayor altura de la maquina.

Es necesario que el agua de preparación del colorante sea tratada con algún sistema de suavizado, pues las sales de calcio y magnesio precipitan parcialmente los leucoderivados. En tales circunstancias se obtienen tonos mas débiles que son menos fijos. Para preparar el baño reductor se diluye primero en agua la pasta de

colorante o el polvo dispersable a la temperatura correcta y se agita hasta que queda uniformemente disperso. Al polvo de tipo ordinario es necesario agregarle un agente dispersivo, un humectante y un secuestrante, a continuación se agrega la cantidad de sosa cáustica y después, agitando continuamente se agrega poco a poco el hidrosulfito de sodio, después es necesario esperar a que la reducción este completada por lo general para el índigo se requieren tres horas para poder usarlo.

### **3.6.6 LAVADO FINAL EN CALIENTE.**

---

(Tinas No. 11 y 12)

Esta es la última parte del proceso en una máquina continua para teñido de índigo en este proceso se lavan los hilos con agua de preferencia a una temperatura de 40 a 50° con alimentación continua de agua y las dos tinas conectadas a contracorriente para lograr un lavado de todo el ancho de hilos para quitar todo el colorante que no esta fijado a la fibra y evitar que contamine en el siguiente proceso o en procesos subsiguientes.

Como se mencionó en un párrafo anterior la máquina cuenta después de las tinas de impregnación de colorante con una caja de mezclas (13) en la que son adicionados tanto el hidrosulfito de sodio en exceso para mantener la concentración del baño esto se hace con un dosificador de polvo de hidrosulfito de sodio que hace la dosificación cada minuto dependiendo de la cantidad de índigo a reducir o mejor dicho el tono que se requiera.

Así como también en esta caja se dosifica la sosa en exceso por medio de una bomba dosificadora que al igual que la que alimenta a la máquina con el baño de refuerzo o comúnmente llamado baño madre que es un baño concentrado de índigo que debe ir alimentando el colorante que se esta fijando a la fibra y que va agotando el baño de la máquina.

Esta dosificación dependerá del tono que se quiere lograr, de la cantidad de algodón que pasa por el baño por unidad de tiempo, es necesario hacer ciertos cálculos para determinar las cantidades a adicionar, a continuación se ilustra un ejemplo de estos cálculos:

### 3.6.7 CÁLCULOS PARA LA ALIMENTACIÓN DEL ÍNDIGO.

1. Determinar el peso total del hilado que pasara a través de la máquina por hora.

2. A una intensidad del 1.7% cuanto índigo 100% será necesario para teñir este peso de hilado por hora.

3. Cuantos litros de tina madre de índigo contienen la cantidad de índigo 100% requerida.

#### PESO DEL HILADO:

Un metro del tendido de hilos con un calibre Ne ( numero Ingles) de 7.0 pesa:

$$Ne = 7.0$$

Número de hilos = 4200

Constante = 0.59

De la formula de hilados.

$$p = \frac{\text{No de hilos} \times \text{Constante}}{\text{Titulo del hilo} \times 1000}$$

$$P = \frac{4200 \times 0.59}{7.0 \times 1000} = 0.354 \text{ Kg (Peso del metro de hilado)}$$

Velocidad de la máquina = 25 mts/min.

Kilos por minuto =  $25 \times 0.354 = 8.85$  Kilos/min.

Tono deseado = 1.7%

$$= 1.7 \times 8.85 = 150.5 \text{ Gr. de Indigo por min.}$$

Hidrosulfito para reducir el Indigo:

$$= 150.5 \times 0.7 = 105.35 \text{ Gr. de hidrosulfito por min.}$$

Hidrosulfito en exceso:

$$= 8.85 \times 0.85 \times 6.0 \times 1.5 \times 2.0 = 135.40 \text{ gr/min}$$

Donde: 0.85 es el pick up

6.0 son las tinas de teñido

1.5 gr/lit hidro %

2.0 factor debido a la experiencia por el tipo de máquina.

Hidrosulfito total =  $105.35 + 135.40 = 240.75$  gr/min.

Sosa cáustica para mantener el PH alcalino:

= Peso de hidrosulfito = 240.75 ml/min.

Sosa cáustica en exceso:

=  $8.85 \times 0.8 \times 20 = 141.6$  ml/min

Sosa cáustica total:

=  $240.75 + 141.6 = 382.35$  ml/min. Sosa 38° be'

=  $382.35 \times 0.57 = 217.94$  ml/min Sosa 50%.

De acuerdo a la tabla de conversión de la sosa:

TABLA DE CONVERSIÓN DE SOSA CÁUSTICA.

| °BAUME | °TWADDELL | % NaOH | gr/lit NaOH 100% |
|--------|-----------|--------|------------------|
| 38     | 71.4      | 32.4   | 442.2            |
| 39     | 74.0      | 33.6   | 463.0            |
| 40     | 76.6      | 34.9   | 494.0            |
| 41     | 79.4      | 36.2   | 505.0            |
| 42     | 82.0      | 37.5   | 530.0            |
| 43     | 84.8      | 38.7   | 556.0            |
| 44     | 87.6      | 39.9   | 582.0            |
| 45     | 90.6      | 41.4   | 608.7            |
| 46     | 93.6      | 42.7   | 637.5            |
| 47     | 96.6      | 44.3   | 668.0            |
| 48     | 99.6      | 46.0   | 700.0            |
| 49     | 102.6     | 47.9   | 730.2            |
| 50     | 105.6     | 50.0   | 765.2            |

Tabla No. 2

Formula para el baño madre:

|                          |             |
|--------------------------|-------------|
| Agua suavizada           | 1000.0 lts. |
| Setamol ws (dispersante) | 2.0 lts.    |
| Trilon tb (secuestrante) | 3.0 lts.    |
| Primasol nf (humectante) | 5.0 lts.    |
| Índigo                   | 160.0 kg.   |
| Sosa 50%                 | 150.0 lts.  |
| Hidrosulfito             | 128.0 kg.   |

Este baño se debe hacer en el orden que indica la formula, siempre en presencia de agitación, después de agregar todos los productos y agitar durante 15 min. se debe agregar agua suavizada hasta alcanzar un volumen final de 6000 lts. este baño después de tres horas de reposo se pasa a la máquina y se pone a circular.

Después se debe preparar el baño de refuerzo con la misma formulación, con la diferencia de que el volumen final del baño será el que salga de mezclar todos los productos, pero dosificando de acuerdo a los cálculos que debe ser 1.3 lts/min. y las respectivas dosificaciones de hidrosulfito de sodio que será de 112.0 gr/min., y de sosa cáustica que será de 70 ml/min.

### 3.7 CONTROLES QUÍMICOS PARA LA TINTURA DE ÍNDIGO.

Se describe un amplio espectro de apropiados métodos de ensayo que facilitaran los controles necesarios para el responsable de la tintorería y mantener y operar un tren de tintura químicamente equilibrado, y de esta manera lograr la optima producción de un matiz de Indigo uniforme.

La necesidad de un estricto control y comprobación del comportamiento del tren de tintura de Indigo, ha crecido en importancia, especialmente en vista de las rígidas especificaciones establecidas por los principales fabricantes de tejanos.

Es de capital importancia mantener la proporción correcta de colorantes y agentes químicos reductores a un nivel constante y

adecuado en todo momento durante el funcionamiento del tren de teñido.

Un control de las variables dentro de parámetros aceptables, dará como resultado una tintura uniformemente penetrada, de matiz y concentración constantes, acompañada de máxima economía.

Aunque los métodos de control disponibles son numerosos, se ha tomado la selección de un perfil útil, que tengan viabilidad y de un costo moderado.

Para que un tren funcione adecuadamente es esencial que el responsable y los operarios de la máquina se familiaricen con las técnicas de ensayo, la toma de muestras a intervalos regulares asegurara la continuidad de un matiz correcto.

### 3.7.1 VALORACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE SOSA CÁUSTICA.

Hay disponibles medidores de PH algunos dotados de registradores, que son de gran exactitud a los valores de PH que se dan en los trenes de tintura de índigo.

El PH de una tina de colorante de índigo normalmente se sitúa entre 11.8 y 12.5, el valor real de PH dependerá del matiz y la intensidad requerida.

Si no se cuenta con un potenciómetro la única forma de saber la cantidad de sosa presente en el baño es por titulación con ácido

clorhídrico, la marcha de la titulación se hace como se describe a continuación:

#### **MATERIAL NECESARIO:**

Un vaso de precipitado de 50 ml.

Una pipeta graduada de 10 ml.

Una pipeta graduada de 5 ml.

Una pipeta graduada de 1 ml.

Una bureta automática.

#### **REACTIVOS NECESARIOS:**

Solución de formaldehído al 40%.

Solución de fenofaleína al 1%.

Solución de ácido clorhídrico 0.1 n.

#### **PROCEDIMIENTO:**

- Pipetear en el vaso de precipitado 10 ml. De agua destilada, 3 ml. De solución de formaldehído y 10 gotas de fenofaleína y agitar.

- Pipetear 1 ml. De baño de índigo sacado directamente de la máquina.

- Titular con la bureta automática previamente llenada con la solución de ácido clorhídrico.

## RESULTADO:

A la cantidad de ml. De solución de ácido clorhídrico necesaria para lograr el vire de rosa a violeta hay que multiplicarla por 5.714 lo que nos dará los ml. De sosa cáustica por litro presentes en la solución.

### 3.7.2 VALORACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE HIDROSULFITO DE SODIO:

---

Puede utilizarse con confianza cualquiera de las técnicas de ensayos relacionadas, si bien las preferencias obviamente quedaran determinada por el equipo disponible y la velocidad de operación del ensayo.

Un método muy rápido y fiable consiste simplemente en sumergir una placa de vidrio o platina de microscopio dentro de la tina de colorante y determinar el tiempo que tarda en virar el color del verde amarillento al azul, el tiempo variará dependiendo del montaje de la máquina, pudiendo oscilar entre 10 y 20 segundos en un equipo bien equilibrado.

Existe un cierto grado de habilidad en este método y , como el punto final no es bien definido, es aconsejable practicar con soluciones de hidrosulfito sódico de concentraciones conocidas. Una vez dominada esta técnica, es sorprendentemente precisa, ofreciendo un método muy rápido para detectar cambios en el estado de la tina de índigo.

Además de este existe un método de medición de hidrosulfito de sodio con un aparato semejante al potenciómetro incluso algunos de estos son capaces de medir la conductividad en millivolts lo que nos da una medida bastante precisa de la cantidad de hidrosulfito de sodio presente en el baño, a este potencial se le conoce como redox, a continuación se presenta una tabla con lecturas de redox y PH con variación en los niveles de sosa cáustica e hidrosulfito de sodio:

| Gr/lit<br>Naoh | Gr/lit<br>Hidro | Ph    | MV  |
|----------------|-----------------|-------|-----|
| 0.5            | 1.0             | 11.69 | 769 |
| 1.0            | 1.0             | 12.02 | 771 |
| 2.0            | 1.0             | 12.29 | 785 |
| 3.0            | 1.0             | 12.43 | 794 |
| 0.5            | 2.0             | 11.69 | 781 |
| 1.0            | 2.0             | 12.01 | 796 |
| 2.0            | 2.0             | 12.30 | 809 |
| 3.0            | 2.0             | 12.46 | 815 |
| 0.5            | 3.0             | 11.73 | 783 |
| 1.0            | 3.0             | 12.06 | 800 |
| 2.0            | 3.0             | 12.35 | 813 |
| 3.0            | 3.0             | 12.49 | 819 |
| 0.5            | 4.0             | 11.54 | 788 |
| 1.0            | 4.0             | 11.91 | 809 |
| 2.0            | 4.0             | 12.24 | 823 |
| 3.0            | 4.0             | 12.39 | 830 |

Tabla No. 3

Al igual que en la determinación de la sosa cáustica , también existe un método de titulación para determinar la cantidad de hidrosulfito de sodio presente en el baño, el procedimiento se describe a continuación:

## MATERIAL NECESARIO:

- Una pipeta graduada de 5 ml.
- Una pipeta graduada de 50 ml.
- Una pipeta graduada de 1 ml.
- Una pipeta graduada de 10 ml.
- Un vaso de precipitado de 100 ml.

## REACTIVOS NECESARIOS:

- Solución de hidróxido de sodio 0.1 n.
- Solución de Setamol al 5%. ( producto dispersante de la empresa basf)
- Parafina líquida.
- Solución de ferricianuro de potasio al 1%.

## PROCEDIMIENTO:

- Pipetear en el vaso de precipitado 30 ml. De la solución de hidróxido de sodio 0.1 n. ,0.5 ml de la solución de Setamol, 15 ml de parafina líquida.
- Pipetear 10 ml. De baño de índigo tomados directamente de la máquina cuidando de hacerlo debajo de la parafina, para evitar que el hidrosulfito se reduzca por el contacto con el aire.

- Titular con la solución de ferricianuro de potasio, pipeteando igualmente debajo de la parafina agitando muy lentamente para no sacar la solución por encima de la parafina.

#### RESULTADO:

La cantidad de solución de ferricianuro de potasio necesaria para lograr el vire de un color verde amarillento a un color azul oscuro multiplicada por 0.49 nos dará la cantidad de gramos de hidrosulfito de sodio por litro presentes en el baño de Indigo, cuando al agregar la muestra de baño de Indigo, esta ya presenta el color azul oscuro esto significa que la cantidad de hidrosulfito de sodio en el baño es demasiado pequeña y es necesario poner un refuerzo directamente en la máquina antes de arrancar el tren.

### 3.7.3 VALORACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE ÍNDIGO.

Existen varios métodos para la determinación de la concentración de Indigo con algunas variantes, pero como mencionamos anteriormente el método a emplear dependerá de la disponibilidad del equipo para las determinaciones.

Existe un método que solo es aplicable en ausencia de otros colorantes que se extraen, el Indigo se extrae del algodón con piridina y se determina espectrofotométricamente en el extracto de piridina diluida, comparándola con una solución diluida de Indigo estándar de concentración conocida.

Otro método muy simple que no requiere titulación o determinación de la densidad óptica, pero proporciona una determinación lo suficientemente precisa del contenido de indigotina en el baño de tintura.

#### PROCEDIMIENTO:

Se toma una muestra homogénea de baño de tintura, generalmente un litro, eliminando los materiales extraños generalmente por filtración al vacío, utilizando un embudo de filtro de vidrio sinterizado, lavando a fondo la totalidad del índigo usando una solución caliente de sosa cáustica 100% (1.0 gr/lit) e hidrosulfito de sodio (1.0 gr/lit).

Se acidifica luego el filtrado con ácido clorhídrico, generalmente 10 ml. De ácido clorhídrico (32° tw), precipitando el leucoácido del índigo. Entonces se filtra utilizando un embudo de filtro de vidrio sinterizado de peso conocido, bien lavado con agua, succionado al vacío (para promover la oxidación) y secado hasta peso constante. Por sustracción del peso del embudo de filtro, puede calcularse la cantidad de índigo 100% de la muestra del baño de tintura. Cuando se comprueba este método contra el mas preciso de titulación, este método gravimétrico esta dentro del 2-5% de precisión, por lo que proporciona un método de control práctico asociado a confiabilidad.

Otro método más complicado y que requiere equipo muy sofisticado es el de colorimetría, en el que hay que diseñar un gráfico

relacionando la densidad óptica a la concentración de índigo en mg.  
Por 100 ml., Este método es muy exacto.

## **4. ADECUACIÓN DE PARÁMETROS**

### **4.1 PARÁMETROS EUROPEOS.**

---

Toda la maquinaria con que cuenta la fábrica es de procedencia Europea, por lo que los métodos de trabajo y los sistemas que se están implantando tratan de alguna manera de acoplarse a los del primer mundo como es Europa y especialmente de Italia ya que el 80% de la maquinaria es de ese país, además, cabe mencionar que la maquina de tintorería que se tiene en la fábrica es la primera en su tipo en México, por lo que se requirió asesoría de personal calificado en este tipo de maquinaria.

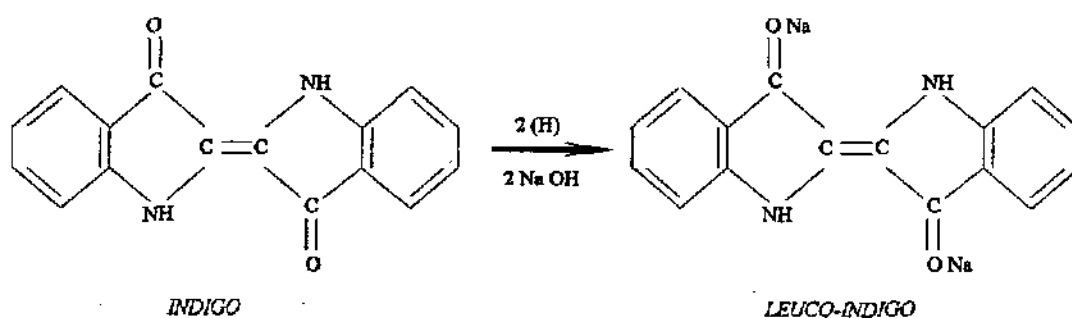
Además de que fué necesario cambiar un poco la mentalidad y la forma de trabajar adecuándose a los sistemas Europeos, pero con las limitantes geográficas que representa la altura sobre el nivel del mar que repercute directamente con la cantidad de oxígeno que se encuentra en el aire, así como las condiciones climáticas que aunque son muy parecidas no son tan extremosa como en Europa que varían en verano de 40° C. hasta temperaturas tan bajas en invierno como - 10° C. bajo cero.

Normalmente en Europa al haber mayor cantidad de oxígeno en el aire por estar al nivel del mar o en niveles muy bajos es necesario usar menores cantidades de hidrosulfito de sodio, ya que no es tan difícil lograr la oxidación del índigo después de ser fijado a la fibra.

Este punto en particular fué causa de muchas tribulaciones, ya que al usar las mismas cantidades de hidrosulfito de sodio que al nivel del mar provocaba inexplicables variaciones en el tono del hilo teñido así como una gran dificultad para mantener el equilibrio químico del baño en la máquina.

Esto se explica de la siguiente manera, en Europa al tener en el ambiente grandes cantidades de oxígeno las cantidades usadas de hidrosulfito de sodio son relativamente bajas, ya que el proceso de oxidación se realiza sin dificultad.

A este punto hay que agregar que la relación de hidrosulfito de sodio y sosa cáustica es proporcional, estequiométricamente se definiría: que por cada mol de hidrosulfito de sodio 100% se requieren 4 moles de sosa cáustica 100%, para reaccionar con un mol de índigo 100%, esto se explica con la siguiente reacción:



|                                          |        |
|------------------------------------------|--------|
| Peso molecular del índigo                | 262.26 |
| Peso molecular de la sosa cáustica       | 40.01  |
| Peso molecular del hidrosulfito de sodio | 174.11 |

En la que se puede apreciar como se hace el leucoderivado del Indigo para hacerlo soluble y lograr la fijación a las fibras de algodón.

Cabè mencionár que el problema que se presentó en nuestro caso no lo hubiera sido de estar nosotros instalados al nivel del mar y los parámetros de uso del hidrosulfito de sodio hubieran sido los mismos que en Europa, pero no fue así y por lo tanto hubo que hacer adecuaciones para la altitud que tenemos en nuestra ciudad.

#### 4.2 CONDICIONES EN PUEBLA.

En la Ciudad de Puebla estamos a 2239 mts. sobre el nivel del mar, la cantidad de oxígeno en el aire es mucho menor que al nivel del mar, por esta razón a la gente que esta acostumbrada a vivir al nivel del mar , le cuesta trabajo o su rendimiento físico es menor en estas altitudes.

Si al ser humano estas condiciones adversas en cuanto a cantidad de oxígeno le afectan, esto también afectará a los productos químicos y sus reacciones en las que el elemento principal para su realización sea el oxígeno.

El problema que se presento en nuestra fabrica fue que el tono del teñido de Indigo tenia lo que para nosotros era Inexplicable, variaciones en el tono y el matiz durante la corrida de una partida, se estuvieron monitoreando las variables que influyen estas variaciones como son las concentraciones de sosa cáustica e hidrosulfito de sodio,

no encontrando nada anormal, ya que las concentraciones estaban dentro de los rangos permisibles en una tintorería al nivel del mar, estas concentraciones oscilaban entre: 0.3 gr/lt. de hidrosulfito de sodio y 0.15 gr/lt de sosa cáustica.

Aunado a este problema hay que añadir que el equilibrio químico del baño era muy difícil de mantener, por que aunque los parámetros eran permisibles, siempre era necesario estar adicionando tanto sosa cáustica como hidrosulfito de sodio mientras duraba la partida de teñido.

Estas acciones lo que en realidad hacían era desequilibrar mas el baño de impregnación, que era lo que queríamos evitar, estos cambios en el tono y el matiz se pueden resumir en los siguientes:

1. Cuando el matiz tiende al rojo, es decir se nota ligeramente bronceado es necesario aumentar la concentración de hidrosulfito de sodio. Otra acción correctiva es el Inverso de esta acción que sería reducir la concentración de sosa cáustica.

2. Cuando el matiz tiende al verde pálido, lo que se debe hacer es reducir la concentración de hidrosulfito de sodio, o como en el caso anterior también tiene una acción Inversa, aumentar la concentración de sosa cáustica.

Estas acciones son las recomendadas por los grandes productores de índigo y es en base a su experiencia que se pueden tomar estas medidas correctivas mientras se esta haciendo un teñido.

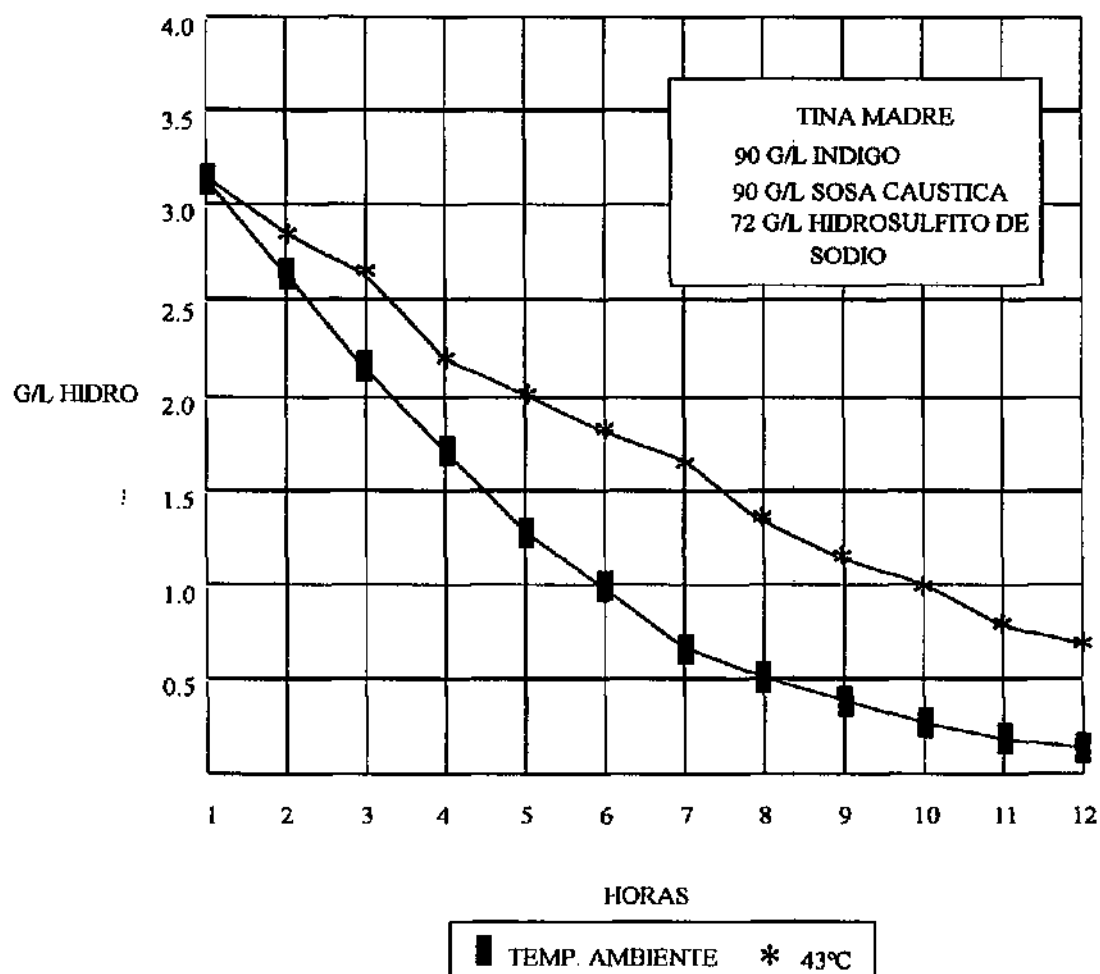
### 4.3 VARIACIONES EN LA CONCENTRACIÓN DE HIDROSULFITO DE SODIO EN EL BAÑO DE IMPREGNACIÓN.

Como la experiencia marcaba que las acciones anteriores eran las que había que hacer, así se hizo, provocando el desequilibrio mencionado anteriormente, ya que de momento, el color del hilo salía ligeramente verde y la primera acción que se hacía era reducir la concentración de hidrosulfito de sodio, como no se veía un cambio, entonces se aumentaba la concentración de sosa cáustica, y por el contrario cuando se notaba un matiz rojo primero se aumentaba la concentración de hidrosulfito de sodio y si no se notaba cambio entonces se reducía la concentración de sosa cáustica, lo que conseguía un mayor desequilibrio químico.

### 4.4 DETERMINACIÓN DE NUEVOS PARÁMETROS.

Entonces lo que se hizo fue ir variando solo un parámetro y esperar un tiempo razonable hasta que esta modificación fuera perfectamente uniforme en los 5500 lts. que contiene el baño de impregnación de indigo, y si aun continuaba la diferencia de matiz se volvía a aumentar el mismo producto.

# DESCOMPOSICION DEL HIDROSULFITO EN UNA TINA MADRE

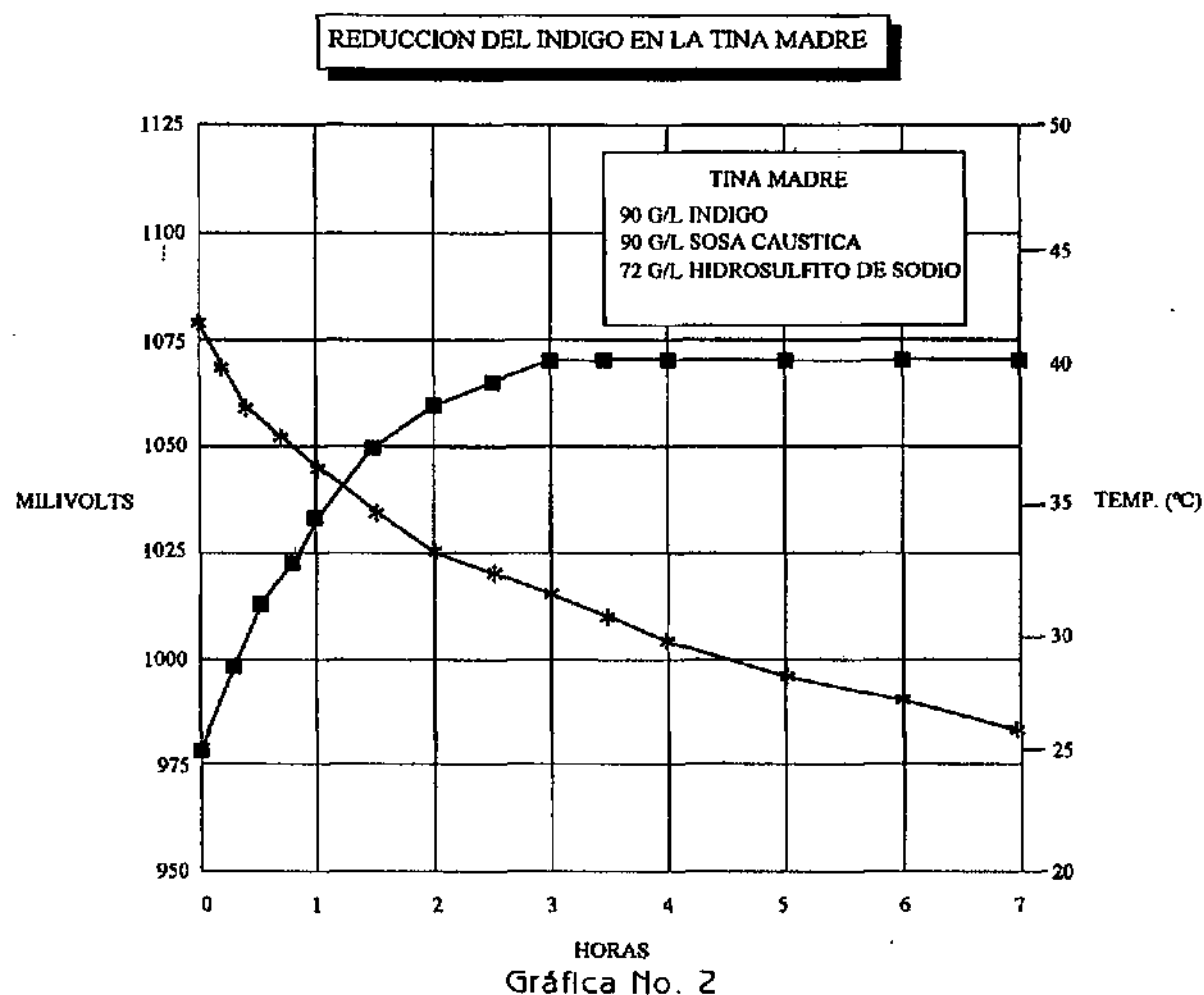


Gráfica No. 1

Después de muchos ajustes llevando un registro de los incrementos de los reactivos usados, se encontró finalmente el punto de equilibrio de los reactivos, que finalmente se vieron reflejados en un tono y matiz uniforme, pero para la experiencia de nuestro asesor italiano eran un poco descabellados ya que las concentraciones tanto de hidrosulfito de sodio como de sosa cáustica se fueron casi al doble

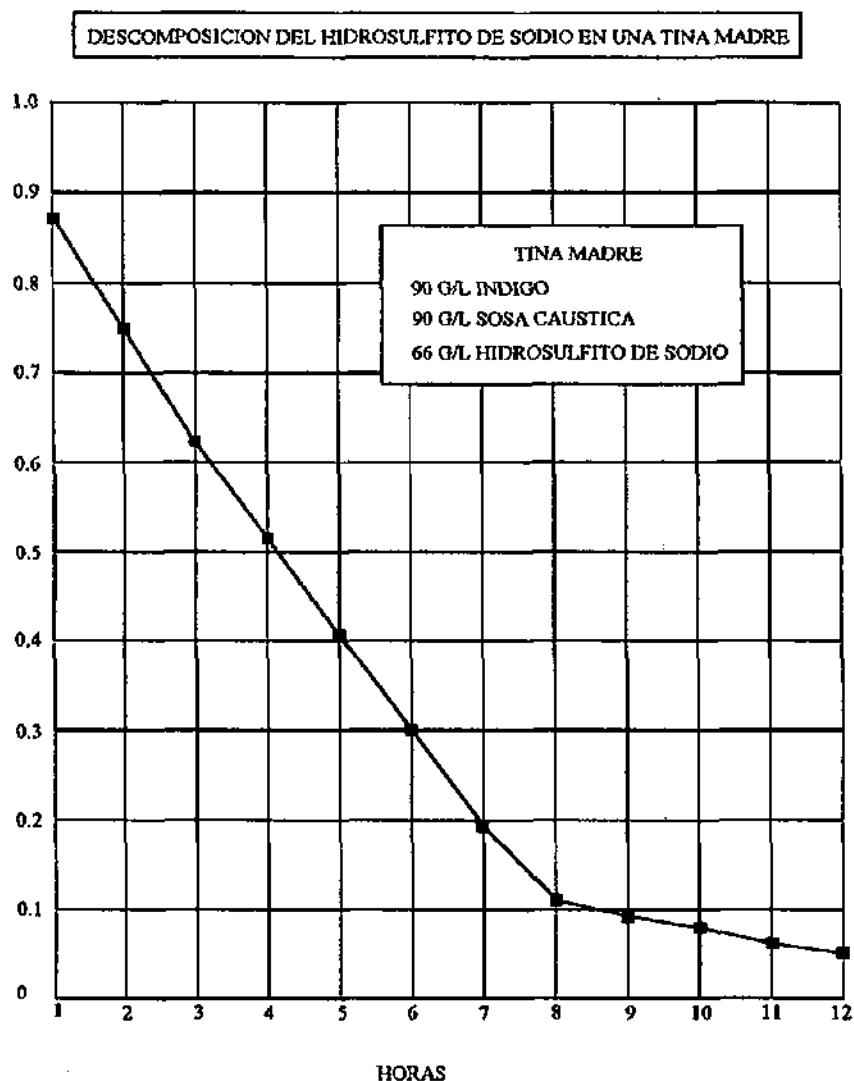
de las usadas en Europa, quedando la concentración de hidrosulfito de sodio en 0.72 gr/lit. y la de sosa cáustica en 0.50 gr/lit.

Esto también se vió reflejado en la forma en que se reducía la concentración del indigo en la tina madre ,como se muestra en la siguiente gráfica:



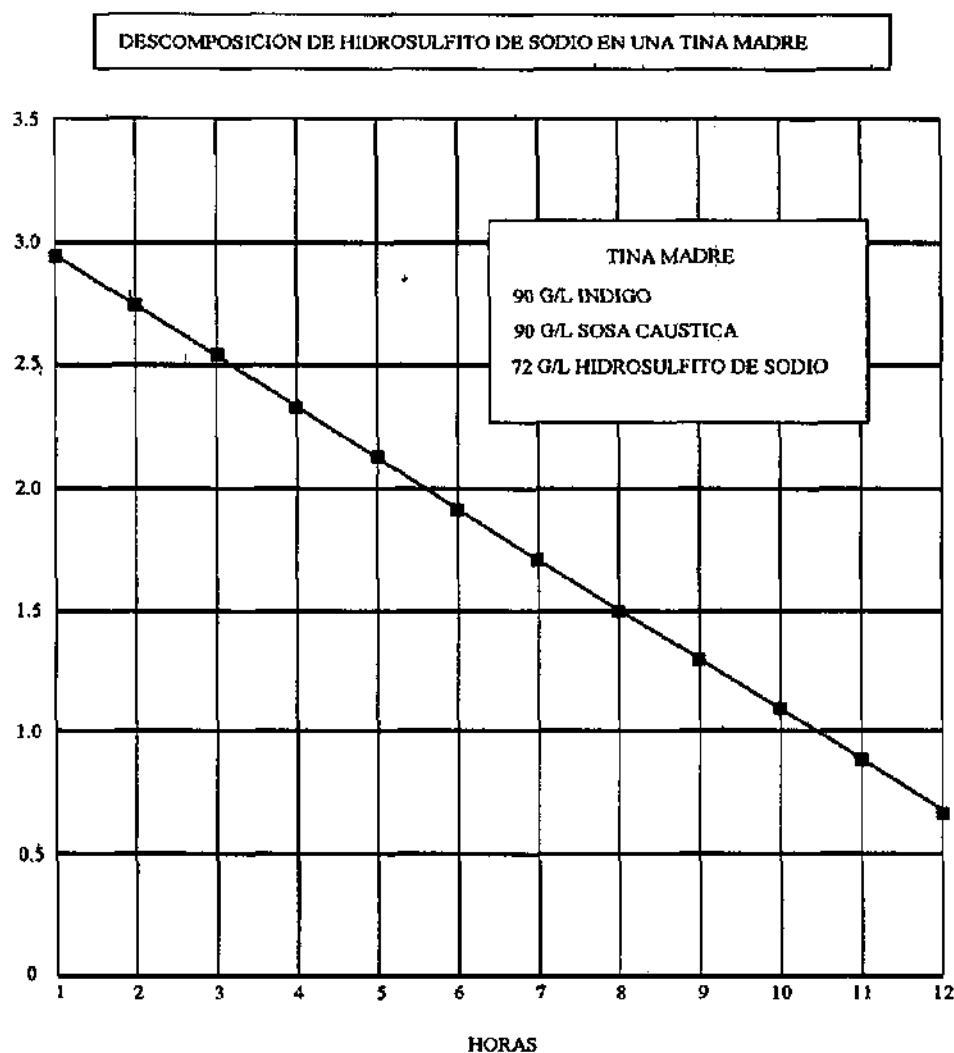
Además de estas descomposiciones lógicas desde el punto de vista de desgaste de baño madre por lo que va consumiendo el hilo, tanto el colorante reducido como el hidrosulfito de sodio necesario

para reducir este colorante, pero queda pendiente un punto, el exceso de hidrosulfito de sodio que debe haber en el baño madre para mantener reducido el indigo que se va adicionando a la maquina, este hidrosulfito en exceso y su descomposición a una concentración de 66 g/l de hidrosulfito de sodio se pueden ver en la siguiente gráfica:



Gráfica No. 3

A continuación se presenta el mismo tipo de gráfica pero variando la concentración de hidrosulfito de sodio a 72 g/lit y de la misma manera que la anterior la concentración de sosa cáustica e Indigo se mantienen constantes:



Gráfica No. 4

Como se puede apreciar en los gráficos anteriores después de muchas titulaciones se llegó a una gráfica lineal en la que la concentración del hidrosulfito de sodio se comporta linealmente lo que

nos dió la pauta para saber que esta concentración era la correcta y en la que no variaba el tono y el matiz del hilo teñido, además de que el equilibrio químico fué fácil de mantener si se respetaban estos parámetros.

Cuando empezamos a estudiar el por que de tan altas concentraciones de hidrosulfito de sodio y sosa cáustica caímos en la cuenta de que a 2320 mts. sobre el nivel del mar la cantidad de oxígeno es menor y esto afectaba directamente en el proceso de oxidación que debía llevarse a cabo con concentraciones menores, pero al nivel del mar, una vez aclarado el punto y estabilizado el tono y el matiz de los hilos teñidos, ya no se presentaron las variaciones que teníamos en un principio.

## 5. CONCLUSIONES

De todo lo anterior podemos concluir que no importa que la tecnología sea de la última generación en máquinas de teñido, que no importa que la Ingeniería sea mundial para todos los países, que no importa cuanta experiencia se tenga en este tipo de procesos, siempre habrá algo que haga la excepción en toda regla ya que existen casos particulares donde se deben buscar las soluciones propias para una empresa.

Esto está demostrado en infinidad de situaciones similares en las que una empresa que en un país funciona a la perfección en otro no se acerca ni con mucho a la de su predecesora. Todas las empresas pueden triunfar si se hacen las adecuaciones a las condiciones geográficas, idiosincrasia de las personas, a los métodos de trabajo, lo importante es nunca rendirse y siempre buscar grandes soluciones a grandes problemas, que a fin de cuentas es para lo que los dueños o los dirigentes de las empresas nos contratan, para dar soluciones.

El hecho de que la misma máquina y el mismo proceso se comporten de manera diferente, dependiendo de las condiciones climatológicas, de altura, de presencia de oxígeno en el aire, son variables que aunque parezca que no son de trascendencia en un proceso químico, es indispensable recurrir a estas variables en caso de que se hayan agotado todas las variables posibles, y seguramente se encontrará que esta es la clave que tanto tiempo buscamos y la que menos habíamos imaginado.

Esto incluso para nuestro asesor Italiano fue también una experiencia diferente, algo que nos hizo pensar, buscar, intentar, probar, hacerlo una y otra vez hasta encontrar la solución definitiva que nos llevó a determinar unas condiciones diferentes pero las necesarias para nuestro estado.

## 6. INDICE DE FIGURAS

|            |                                                                                                                    |           |
|------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| FIGURA 1.  | FORMATO DE CONTROL PARA LOS PROCESOS DE URDIDO, TEÑIDO Y ENGOMADO.                                                 | (pag. 13) |
| FIGURA 2.  | FORMATO DE CONTROL QUÍMICO PARA EL PROCESO DE TEÑIDO DE ÍNDIGO.                                                    | (pag. 21) |
| FIGURA 3.  | ESTÁNDAR DE PROCESO, EN EL QUE SE VEN TODAS LAS VARIABLES Y AJUSTES DE LA MAQUINA DE TEÑIDO DE ÍNDIGO Y ENGOMADOR. | (pag. 22) |
| FIGURA 4.  | RECETAS DE PREPARACIÓN, ESTA RECETA SIRVE PARA: PRODUCTOS DE DESCRUDE, BAÑO DE REFUERZO, APRESTO PARA SANFORIZADO. | (pag. 23) |
| FIGURA 5.  | TARJETA DE CONTROL PARA JULIOS O PLEGADORES DE URDIDO Y ENGOMADO.                                                  | (pag. 24) |
| FIGURA 6.  | RELIEVE DE ROTURAS.                                                                                                | (pag. 27) |
| FIGURA 7.  | FORMATO DE CONTROL DE SANFORIZADO                                                                                  | (pag. 32) |
| FIGURA 8.  | ESQUEMA TÍPICO DE MÁQUINA DE CUERDAS.                                                                              | (pag. 54) |
| FIGURA 9.  | ESQUEMA MÁQUINA AL ANCHO                                                                                           | (pag. 55) |
| FIGURA 10. | ESQUEMA CIRCULACIÓN DEL BAÑO DE IMPREGNACIÓN DE ÍNDIGO                                                             | (pag. 59) |
| TABLA 1.   | BANDAS DE ABSORCIÓN                                                                                                | (pag. 38) |
| TABLA 2.   | CONVERSIÓN DE SOSA CÁUSTICA                                                                                        | (pag. 64) |
| TABLA 3.   | COMPARATIVO ENTRE HIDROSULFITO, SOSA Y MILIVOLTS                                                                   | (pag. 69) |
| GRÁFICA 1. | DESCOMPOSICIÓN DE HIDROSULFITO EN LA TINA MADRE                                                                    | (pag. 79) |
| GRÁFICA 2. | REDUCCIÓN DE ÍNDIGO EN TINA MADRE                                                                                  | (pag. 80) |

*GRÁFICA 3. DESCOMPOSICIÓN DE HIDROSULFITO (pag. 81)*

*GRÁFICA 4. DESCOMPOSICIÓN DE HIDROSULFITO (pag. 82)*

**7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

MONITORING THE CONCENTRATION OF INDIGO DYE BATHS.  
TECHNICAL INFORMATION TI/246 e BASF  
JULY 1996 (AJM)

SOLIDI E ATTUALI - INDANTHREN  
LA TINTURA AL TINO NELLA PRATICA  
SIMPOSIO BASF A RIVA DEL GARDA  
OTTOBRE 1988

PRACTICAS DE SENTIDO COMÚN EN EL TEÑIDO DE ÍNDIGO  
INFORMACIÓN TÉCNICA  
BUFFALO COLORS CORPORATION  
ENERO 1990

ENCICLOPEDIA DE TECNOLOGÍA QUÍMICA  
RAYMOND E. KIRK  
DONALD F. OTHMER  
EDITORIAL UTEHA  
PRIMERA EDICIÓN

QUÍMICA ORGÁNICA  
LOUIS F. FIESER- MARY FIESER  
EDITORIAL ATLANTE  
MÉXICO D.F. 1948

SEMINARIO SOBRE DENIM  
AMTEX-SEYDEL  
MARZO 1996

ISTRUZIONI DI TINTURA  
SOCIETA ACCOMANDITA SEMPLICE DI RONCHI FRANCESCO & Co.  
MASTER

TINTURA A LA CONTINUA DEL ÍNDIGO SOBRE HILADO DE URDIMBRE DE  
ALGODÓN PARA TEJANOS  
INFORMACIÓN TÉCNICA D 1639  
IMPERIAL CHEMICAL INDUSTRIES PLC  
MANCHESTER, ENGLAND

UPAEP

BIBLIOTECA CENTRAL

TESIS

USO ÚNICAMENTE EN SALA



TÉCNICAS DE CONTROL PARA TINTURA A LA CONTINUA DE HILADO DE  
ALGODÓN

INFORMACIÓN TÉCNICA D 1640

IMPERIAL CHEMICAL INDUSTRIES PLC

MANCHESTER, ENGLAND

IL BLU POPOLARE

ELECTA 1989

MILANO, ITALIA

ELEMOND EDITORI ASSOCIATI

SUBLIME INDIGO 1987

OFFICE DU LIVRE SA

FRIBOURG (SUISSE)

ET MUSÉES DE MARSEILLE