



# **Curtido con polímeros para cuero automotriz**

Trabajo Terminal para optar por el

## **Diploma de Especialidad en Curtido de Pieles**

**Presenta:**

Mauricio Cervantes Torres

**Asesor:**

Ing. Walter Ronald Valeriano Acevey

León, Guanajuato, febrero 2024.



GOBIERNO DE  
MÉXICO



CONACYT  
Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología

CIATEC

León, Guanajuato, a 23 de febrero de 2024.

Coordinación de Posgrados.  
CIATEC, A.C.  
PRESENTE.

El abajo firmante Asesor de del alumno, *Mauricio Cervantes Torres* una vez leído y revisado el Trabajo Terminal titulado; "*Curtido con polímeros para cuero automotriz*" autorizo que dicho trabajo sea presentado e impreso por el alumno para aspirar al diploma de Especialización en Curtido de Pieles durante la defensa correspondiente.

Y para que así conste se firma la presente a los 23 días del mes de febrero del año 2024.

  
Walter Ronald Valeriano Acevey

## **AGRADECIMIENTOS**

Quiero agradecer a Dios por permitirme cumplir con este proyecto, por haberme dado la sabiduría para siempre seguir adelante.

También quiero agradecer a los profesores que nos impartieron las materias de la especialidad, que me ayudaron a aumentar mi conocimiento y experiencia. En especial al profesor Walter Ronald Valeriano Acevey quien en todo momento me brindo su apoyo y sobre todo compartió su conocimiento y experiencia, enriqueciendo mi aprendizaje.

A mi esposa Estefanía Rodríguez Soto y mis hijas (Emma y Mia) por su apoyo, comprensión y tolerancia, también a mis padres Ma. De Jesus Torres Lopez y Enrique Cervantes Romo que en todo momento están para alentarme y siempre confiar en mí. A mis hermanas y familia en general que siempre me apoyan.

Asimismo, agradecer al Lic. Issac Muñoz Macias quien confió en mí y me impulso a seguir capacitándome y llevar a cabo este proyecto.

Sin el apoyo de la beca del Consejo Nacional de Humanidades Ciencias y Tecnología CONAHCYT esto no hubiera sido posible, muchas gracias.

## RESUMEN

Esta investigación abordo el tema de la curtición de Wet White con polímero orgánico para cuero automotriz, debido a que sobre este tipo de procesos se tienen pocas variantes.

El objetivo de la investigación es ofrecer una alternativa para la curtición de las pieles, con la intención de disminuir los contaminantes en la industria de la curtiduría. Lograr reducir el consumo del sulfato básico de cromo evitando residuos sólidos después del curtido, como recortes en web blue y Crust, que al momento de incinerarse pueden convertirse en cromo hexavalente. Además, al curtir con polímero orgánico se disminuye el impacto ambiental evitando consumir sustancias como sales de amonio y ácidos inorgánicos, así como la disminución de cloruro de sodio en el proceso. Con el cuero automotriz una vez cumplido su uso podrá depositarse en vertederos o incinerarse sin limitaciones.

En comparación la curtición de Wet White con aldehído/glutaraldehído Vs polímero orgánico. La curtición con aldehído/glutaraldehído tiene posibles riesgos durante su uso: por inhalación o contacto directo. Además, Riesgos de generación de formaldehido libre en el cuero.

De acuerdo con el análisis realizado, se concluye que este tipo de proceso cumple con las especificaciones solicitadas por la industria automotriz, las pruebas químicas como la temperatura de contracción posterior al proceso de curtido es aceptable y está dentro de los estándares de calidad solicitadas por los clientes, asimismo el cuero Crust cumple satisfactoriamente pruebas físicas, como resistencia a la elongación, tensión y desgarre.

## ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	6
2. ANTECEDENTES .....	8
3. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA .....	9
4. OBJETIVO GENERAL .....	10
5. OBJETIVOS PARTICULARES.....	10
6. ALCANCE .....	10
7. MARCO TEORÍCO .....	11
7.1 ¿Qué es la curtiduría y la materia prima? .....	11
7.2 Etapa de conservación.....	12
7.3 Etapa de ribera .....	13
7.4 Etapa de curtido.....	15
7.4.1 Curtido con extractos vegetales .....	15
7.4.2 Curtido al cromo (Sulfato básico de cromo).....	16
7.4.3 Curtido Wet White .....	16
7.4.4 Curtido con glutaraldehído.....	18
7.4.5 Curtición con polímero orgánico .....	19
7.5 Etapa de acabado en húmedo.....	24
8. DESARROLLO EXPERIMENTAL.....	26
8.1 Pruebas preliminares.....	26
8.1.1 Prueba preliminar curtido con polímero orgánico .....	26
8.1.2 Prueba preliminar curtido con polímero orgánico/Tanino sintético.....	30
8.1.3 Prueba preliminar curtido con polímero orgánico/Curtiente sintético .....	31
8.1.4 Prueba preliminar curtido con polímero orgánico/Vegetal .....	32
8.1.5 Prueba preliminar curtido con polímero orgánico/Sintético de sustitución .....	33
8.1.6 Prueba preliminar con polímero orgánico/Sintético de sustitución-Tanino sintético .....	34
8.1.7 Resultados Pruebas Preliminares .....	35
8.2 Pruebas experimentales de curtido a nivel laboratorio utilizando un diseño de experimentos.....	38
8.3 Toma de muestras y realización de pruebas de temperatura de contracción ..	41

<b>8.4 Optimización del proceso de curtido libre de cromo.....</b>	<b>42</b>
<b>8.4.1 Análisis de varianza de temperatura de contracción. ....</b>	<b>42</b>
<b>8.4.2 Prueba Piloto .....</b>	<b>45</b>
<b>8.5 Toma de muestra y realización de prueba de temperatura de contracción.....</b>	<b>46</b>
<b>8.6 Especificación de calidad cuantitativa y cualitativa de cuero en crust .....</b>	<b>47</b>
<b>9. CONCLUSIONES.....</b>	<b>49</b>
<b>10. BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>50</b>

## 1. INTRODUCCIÓN

El curtido es una de las industrias más antiguas de la historia humana. Nuestros antepasados conservaban las pieles y las utilizaban como vestimenta para protegerse del frío. A lo largo del tiempo, la industria de la curtiduría ha ido evolucionando, adaptando nuevos procesos y con ello satisfaciendo las necesidades del mercado.

Las primeras sustancias para la conservación de las pieles fueron los extractos vegetales que por mucho tiempo estuvieron vigentes, este tipo de cueros se utilizaban para la marroquinería; como cintos, bolsas, sillas de montar, suela, etc., pero debido a las exigencias y cambios de los nuevos mercados, solicitando procesos estandarizados y controlados se optó por comenzar a utilizar curtientes como el sulfato básico de cromo (III) y el glutaraldehído.

Con el curtiente sulfato de básico de cromo (III) se obtienen cueros Wet Blue con excelentes propiedades y características, como resistencias físicas altas, su temperatura de contracción hasta 100 °C, cuero con buena llenura y suavidad, finura y plenitud de flor excelente. La problemática de curtir con este producto es debido a que los residuos sólidos generados después del curtido, como recortes en Wet blue y Crust, que al momento de incinerarse pueden convertirse en cromo hexavalente.

En el curtiente glutaraldehído se buscó una alternativa para sustituir al cromo, promoviéndose como un proceso libre de cromo o curtición Wet White. Durante un tiempo se estuvo trabajando como un proceso con menor impacto ambiental, pero con el paso del tiempo se fue descubriendo riesgos a la salud durante su uso; por inhalación o contacto. Además, de riesgos por generación de formaldehído en el producto final.

Debido a los requisitos normativos ambientales y las exigencias de calidad del mercado actual, se pretende dar a conocer un curtido amigable con el medio ambiente, utilizando un polímero orgánico como producto curtiente, que comparado con un proceso convencional está libre de cromo y glutaraldehído.

El curtido con polímero orgánico se obtiene a partir de un proceso más sustentable y sostenible. Acercándose a las solicitudes de las organizaciones internacionales que piden garantizar el suministro responsable de cuero en la industria y para los consumidores. Este tipo de proceso reduce el consumo de agua y energía debido a que los procesos se simplifican.

En cuanto a los procesos químicos durante la fabricación de la piel curtida con polímero orgánico, podemos utilizar materiales con menor impacto ambiental como son las enzimas en los procesos de remojo y pelambre, en el proceso de pelambre con la ayuda de enzimas se disminuye la oferta de productos reductores (sulfuros). En el proceso de desencalado se anula la aportación de sulfato de amonio, mejorando la calidad de los efluentes generados en esta etapa. Al igual en el proceso de pickle se minimiza la aplicación de cloruro de sodio y la nula oferta de ácidos inorgánicos.

En referencia a la calidad del cuero final cumple con las especificaciones solicitadas por el mercado de cuero automotriz tanto químicos como físicas.

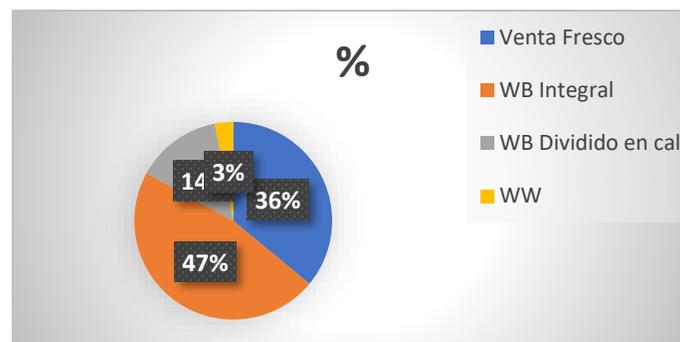
## 2. ANTECEDENTES

Importante empresa nacional es líder en el negocio de la carne con alta responsabilidad social y ambiental, aprovechando al máximo de los productos derivados de la res. Por ello, hace 6 años nace **División Piel** enfocada a una mayor competitividad en el sector de la curtiduría, aprovechando sus 6 plantas TIF abastecedoras de pieles crudas que se encuentran en Sinaloa, Durango, Nuevo León, Baja California y Michoacán (En México) y Nicaragua.



Imagen 1. Establos de planta TIF, autor desconocido (2023)

Anualmente aproximadamente llegan 1.3 millones de pieles a León Guanajuato, de las cuales el 36% de las pieles frescas se venden directamente, el 47 % de las pieles frescas se procesan como Wet Blue integral, el 14% se procesan como Wet Blue dividido y solamente el 3 % se curte como Wet White. Y en la actualidad solo el 10% de los cueros viaja a acabado en húmedo en combinación de los 3 tipos de curtidos, el 3% de cueros divididos en azul, 4% de cueros en dividido en cal y el 3% de cueros Wet White. La empresa cuenta con clientes nacionales e internacionales, los cuales están solicitando un curtido de Wet White diferente a la del glutaraldehído.



Grafica 1. Producción anual de venta, autoría propia (2023).

### 3. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

La industria de la curtiduría está buscando alternativas para sustituir el curtido con sales de cromo, debido a que los residuos sólidos generados después del curtido, como recortes en Wet blue y Crust, que al momento de incinerarse pueden convertirse en cromo hexavalente.



Imagen 2. Cuero curtido al cromo, autoría propia (2023)



Imagen 3. Cuero curtido WW, autoría propia (2023)

La empresa realiza procesos de Wet White utilizando como producto el glutaraldehído, pero clientes nacionales e internacionales, están solicitando curtidos diferentes al mencionado debido a posibles riesgos durante su uso: Por inhalación o contacto directo.

Riesgos de generación de formaldehído libre en el cuero, motivo por el cual la norma ISO 17226-1:2019 especifica que debe ser  $< 20\text{mg/kg}$ . Motivo por el cual se pretende realizar un proceso de curtido amigable con el medio ambiente, utilizando un polímero orgánico como producto curtiente, que comparado con un proceso convencional estará libre de sales de cromo.

El posible Impacto ambiental que se puede obtener es el siguiente:

- No se utilizará sales de amonio ni ácidos inorgánicos.
- Reducción de 80% de sal.
- Los residuos sólidos generados en el raspado estarán libres de cromo.
- El cuero para automotriz una vez cumplido su uso podrá depositarse en vertederos o incinerarse sin limitación.
- Sin formación de formaldehído libre en el curtido.

#### 4. OBJETIVO GENERAL

Desarrollar un proceso de curtido libre de cromo para cuero automotriz, utilizando un polímero orgánico, determinar su temperatura de contracción, optimizarla y valorar las especificaciones cuantitativas y cualitativas del cuero en Crust.

#### 5. OBJETIVOS PARTICULARES

- Realizar pruebas preliminares del curtido libre de cromo.
- Realizar pruebas de curtidos a nivel laboratorio utilizando un diseño de experimentos y optimizar el proceso de curtido libre de cromo.
- Realizar proceso de acabado húmedo para tapicería automotriz.

#### 6. ALCANCE

El proceso inicia a partir de pieles de vacuno en tripa divididas con espesor de 2.2-2.6 mm, se realizará el proceso de curtido con polímero orgánico optimizando la temperatura de contracción, posteriormente se realizará el proceso de acabado en húmedo hasta obtener un cuero en Crust para automotriz para valorar especificaciones cuantitativas y cualitativas.



Imagen 4. Piel en tripa, autoría propia  
(2023)



Imagen 5. Cuero Crust Automotriz, autoría propia  
(2023)

## 7. MARCO TEORÍCO

### 7.1 ¿Qué es la curtiduría y la materia prima?

Es una rama de la química que se encarga de transformar la piel en cuero, de orgánica a inorgánica mediante procesos químicos, físicos y biológicos. **(Morera, 2002)**

Las pieles más utilizadas en la industria de la curtiduría son piel de bovinos, caprinos, porcinos, ovinos, reptiles y animales marinos. Las pieles que más se fabrican son las de origen vacuno y se clasifican de la siguiente manera:

- Pieles de ternera: Tienen la flor fina con poro pequeño y pocos defectos
- Pieles de novillo: son pieles muy valoradas por su regularidad y resistencia mecánica. Son muy llenas y con mejor flor que las pieles de vaca.
- Pieles de vaca: Tienen una piel más vacía y delgada y un poco grosera que la de los novillos. A menudo presentan defectos en la culata.
- Pieles de buey y toro: Presentan defectos de flor, arrugas profundas en el cuello y poro muy grosero. **(Morera, 2002)**

La piel cuenta con las siguientes zonas, a continuación, se describen:

- El crupon es la parte más homogénea, compacta y valiosa. Tiene un peso aproximado del 45% del total de la piel fresca.
- El cuello presenta muchas arrugas y tiene un peso aproximado del 25% del total de la piel fresca.
- Las faldas son las partes más irregulares y fofas y tienen un peso aproximado del 30% del total de la piel fresca. **(Morera, 2002)**

La piel tiene 3 principales capas la epidermis, dermis y endodermis. A continuación, se describe como está conformada:

- La epidermis. Es la parte más externa de la piel y sirve de revestimiento. Está constituida principalmente por la proteína queratina.
- La dermis o córium. Es la parte primordial para el curtidor, porque es la que se transforma en cuero, está conformada por la proteína colágeno.
- La endodermis o tejido subcutáneo. Carnaza con fibras de colágeno de la misma medida que las de la capa anterior y paralelas a la superficie de la piel. También contiene células grasas que forman la panícula o inflorescencia adiposa y las fibras elásticas. **(Morera, 2002)**

La piel posee 8 principales proteínas. Las proteínas cíclicas es el colágeno (la más importante), queratina, elastina y melanina. Las proteínas globulares son la grasa, lípidos, albúmina y globumina.

La calidad de la piel depende de muchos factores, como el clima, el lugar donde se encuentra, la alimentación, la edad, la raza. el sexo, pelaje, estado de salud, etc.

## **7.2 Etapa de conservación**

En esta etapa de la curtiduría tenemos varios tipos de procesos de conservaciones, y se pueden utilizar para diferentes tipos de pieles como la vacuna, porcina, caprina, ovina, caprina, entre otras. El objetivo de la conservación es evitar la descomposición de la piel. A continuación, menciono los tipos de conservaciones más comunes que se utilizan; conservación por salado, por salmuera, por secado, por refrigeración, entre otras. **(Ollé, 2002)**

### 7.3 Etapa de ribera

Proceso de Remojo. La finalidad del proceso de remojo es 1) Eliminar la suciedad de la piel como polvo, estiércol, sangre, etc. Y la 2) es Re humectar la piel como cuando estaba viva (60-65 % de humedad) **(Soler, 2000)**, esto para poder continuar el con el siguiente proceso de pelambre. Normalmente el proceso de remojo está distribuido en lavados iniciales (donde eliminamos las impurezas superficiales), pre-remojo (donde comenzamos a extraer impurezas internas y comenzamos a re humectar), remojo final (donde terminamos de Re humectar y saponificar lípidos). **(Morera, 2002)**

Proceso de Pelambre y Calero. La finalidad de proceso de pelambre es llevar a cabo una hidrolisis química que provoca el hinchamiento de la piel y hace que se desprenda el pelo. El objetivo del proceso de calero es hinchar la piel para abrir las fibras para generar grupos reactivos en el colágeno. **(Morera, 2002)**

Proceso de descarne. Esta operación, en según casos, no se realiza en este punto sino después del remojo. Consiste en limpiar el lado carne de la piel de restos de carne y grasa que puedan haber quedado en ella. Esto se hace con la ayuda de una máquina que lleva un cilindro con cuchillas en forma de "V". Luego, si es necesario se lleva al dividido en cal. **(Ollé, 2002)**

Proceso de dividido en cal. Cuando la piel es demasiado gruesa para el artículo deseado, se pasa por una máquina que tiene una cinta de acero afilada y muy fina. Esta máquina divide la piel en dos, de tal manera que el lado flor queda igualado a un grosor previamente seleccionado y separado del lado carne. Este lado de la carne se denomina "serraje" y se puede curtir posteriormente si es lo suficientemente grueso, obteniéndose así artículos aptos, por ejemplos, para fabricar zapatos deportivos. En caso contrario se usa para fabricar colas y gelatinas. **(Ollé, 2002)**

Proceso de descalcado. El objetivo del proceso de descalcado es para eliminar la cal y productos alcalinos del interior de la piel, y por lo tanto el hinchamiento alcalino de la piel apelmbrada. (Morera, 2002) Existen 3 tipos de cal en el proceso de descalcado; La superficial: este tipo de cal normalmente se elimina en el primer lavado antes del descalcado principal. La depositada: Normalmente es te tipo de cal se elimina con agentes descalcantes y se elimina durante los primeros 60-90 minutos del proceso de descalcado. La ligada químicamente: este tipo de cal es necesario un descalcado a fondo con agentes descalcantes y se elimina alrededor de los 120-150 minutos de proceso. **(Morera, 2002)**

Proceso de rendido. Es lograr por medio de enzimas proteolíticas un aflojamiento y ligera peptificación de la estructura de colágeno, al mismo tiempo que se produce una limpieza de la piel de grasas, proteínas no fibrosas. Normalmente este proceso se realiza en el mismo baño de descalcado, por ello se deja al pH donde trabajan las enzimas. Si se quisiera drenar el baño de descalcado y hacer el rendido en baño nuevo, antes se tendría que acondicionar al pH donde trabajan las enzimas. **(Soler, 2000)**

Proceso de Desengrase. El objetivo del desengrase es la eliminación, en lo posible, de la grasa natural de la piel para minimizar los problemas que su presencia presenta durante el proceso de fabricación. **(Soler, 2000)**

## 7.4 Etapa de curtido

Proceso de Pickle. El objetivo en el piquel se pretende eliminar de la piel la cal combinada con el colágeno que aun lleva. Interrumpir definitivamente la acción de las enzimas del rendido y también preparar la piel para la curtición, en especial la curtición mineral. **(Adzet, 1995)**

Nota: para el curtido con polímero orgánico solo es necesario realizar el acondicionado utilizando mínima aplicación de cloruro de sodio y nula aplicación de ácido inorgánico.

Proceso de curtido. El objetivo del proceso de curtido es estabilizar la piel, esto para transformar la piel a cuero, de orgánica a inorgánica. Esto para evitar que haya descomposición. **(Adzet, 1995)**

### 7.4.1 Curtido con extractos vegetales

Los taninos son compuestos fenólicos presentes en las plantas que se caracterizan por su capacidad de complejar proteínas y su propiedad astringente. Los taninos hidrolizables se componen de ácidos orgánicos y azúcares, mientras que los taninos condensados son polímeros que contienen unidades estructurales de flavan-3-ol. **(Morera, 2002)**

Los extractos vegetales son productos naturales. Sus soluciones contienen:

- Taninos. Son los que curten la piel. Son compuestos de carácter fenólico. Según su procedencia varia su composición y estructura.
- No taninos. No curten, pero intervienen en la curtición. Están constituidos por hidratos de carbono, ácidos orgánicos, fenoles de menor magnitud molecular que los taninos, sales, proteínas, compuestos de lignina y otros productos diversos.

Al fermentar los hidratos de carbono se transforman en ácidos, y al provocar el aumento de la relación (ácido)(sal) influyen en la curtición.

- Insolubles. Son sustancias insolubles en agua que proceden de la materia vegetal extraída o que se ha transformado durante la extracción del vegetal o durante la fabricación del cuero. **(Morera, 2002)**

#### 7.4.2 Curtido al cromo (Sulfato básico de cromo)

La finalidad secundaria de la curtición al cromo es conferir a la piel una serie de propiedades como son: plenitud, tacto, elasticidad, finura de flor, etc. Con la curtición se aumenta la temperatura de contracción de la piel, para que aguante las sucesivas operaciones de tintura y engrase, que generalmente se deben hacer a altas temperaturas. El cuero curtido al cromo resiste temperaturas hasta 100 °C, y una vez en Crust puede aguantar la temperatura de vulcanización que es de unos 120 °C. **(Soler, 2000)**

Una de las desventajas de curtir al cromo es que al verter sus efluentes desechamos óxido de cromo, que es contaminante para el medio ambiente, dañando la flora y fauna del ecosistema. A continuación, se muestra un análisis realizado en la determinación de óxido de cromo Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> en los licores de cromo posterior al proceso de curtido y basificado.

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA	MgO	ALTIFIX	KANDELIUM	RIVERAUS	FELIDERM	BICARBONATO
Normalidad de tiosulfato de sodio	0.0995 N					
Volumen de muestra/mL	10	10	10	10	10	10
mL de tiosulfato de sodio	9.1	11.3	4.9	15.6	9.2	17.1
<b>Resultados (gr/lt)</b>	2.29	2.84	1.23	3.93	2.31	4.31

Tabla 1. Resultados de óxido de cromo en los licores de cromo, autoría propia (2023).

#### 7.4.3 Curtido Wet White

En el medio curtido Wet White se les conoce a los cueros que se encuentran libre de cromo y que su curtido va desde un color plenamente blanco a un beige medio.

Hoy en día existen diversos nombramientos de acuerdo con las patentes comerciales como metal free, easy white, releasys, zero, etc. **(Otero, 2000)**

En la actualidad se puede realizar procesos wet-white con diversos productos químicos como: aldehídos (formol), glutaraldehídos naturales y modificados,

oxazolidinas cíclicas y biciclícas, sintanes, titanio, aluminio, aluminios modificados como triformiato de aluminio, zirconio, derivados del fosforo, resinas poliméricas, etc. **(Otero, 2000)**

Los procesos de wet White inician por lo general de pieles encaladas a veces integrales o divididas de acuerdo con lo que se quiera obtener. En el caso de wet White para cuero automotriz de pieles en tripa divididas a 2,2-2.6 mm

Ventajas del proceso de wet white

- Podemos hacer compostaje.
- Los baños residuales contienen muy poca cantidad de productos peligrosos.
- No existe peligrosidad en mezclar baños a los vertederos.
- Las virutas de rebajado y restos de piel se puedan depositar en vertederos o incinerarse sin limitación. **(Otero, 2000)**

Las curticiones exentas de cromo las podemos clasificar:

- Curticiones a base vegetales, sintéticos auxiliares o de sustitución.
- Curticiones con base de metales, aluminio, hierro, titanio, zirconio.
- Curticiones a base de aldehídos, glutaraldehídos, polímeros modificados y combinados.
- Curticiones con polímeros orgánicos de fósforo.
- curticiones con sintéticos y polímeros resínicos. **(Otero, 2000)**

Detalles del proceso

- Evitar que las temperaturas iniciales de proceso aumenten rápidamente.
- Evitar en lo posible el roce excesivo entre las pieles.
- Dosificar adecuadamente las adiciones de productos para evitar la formación de arrugas de proceso.
- En las operaciones mecánicas hay que tomar precauciones adecuadas en los sistemas de secado. En el proceso de rebajado debe considerar raspar de 0.2-0.4 mm más bajo del espesor final.

- Pieles curtidas Wet White son muchos más sensibles a los hongos.
- Las pieles curtidas en Wet White por cualquiera de los sistemas indicados, presentan una carga fuertemente aniónica, por lo tanto, todas las operaciones posteriores (RTE) tendrán una afinidad.

Tipos de los procesos más usuales

- Sistemas con polialdehidos modificados.
- Sistema con glutaraldehído más auxiliares resínicos-sintéticos
- Sistemas con polímeros orgánicos de fosforo.
- Las sílices coloidales. **(Otero, 2000)**

#### **7.4.4 Curtido con glutaraldehído**

El proceso parte de pieles piqueladas a un pH de 3.2-3.5 y en el mismo baño entre el 1-2.5 % de glutaraldehído, más entre un 2-6% de una mezcla o de forma individualizada de un polímero acrílico y de un sintético base fenol. Con la adición del polímero se mejora la distribución del glutaraldehído de forma más homogénea, obteniendo una Tc entre 70-75 °C, se rueda durante 3-5 horas hasta la penetración total de forma uniforme, después se pasa a la fase de fijación donde se aumenta el pH hasta valores de 3.9-4.5, mediante la adición de forma lenta y controlada de una solución de bicarbonato de sodio. **(Otero, 2000)**

Es importante controlar el pH final ya que pH superiores a 4.5 produciría una polimerización excesiva y por tanto un color amarillo mucho más intenso y persistente que molestaría a la hora de obtener ciertos colores claros o de tonos pastel, además la flor quedaría más frágil.

La adición del sintético fenólico, ayuda durante el escurrido a mejorar la deshidratación de la piel y por tanto a regular positivamente el rebajado, además de obtener unos cueros más firmes de flor y mayor plenitud. **(Otero, 2000)**

Actualmente el glutaraldehído se utiliza para la curtición de cueros automotrices, una de las desventajas es la generación de formaldehido libre en cuero Crust, los clientes automotriz está solicitando que no debe de ser máximo a 20 ppm.

#### 7.4.5 Curtición con polímero orgánico

En comparación al proceso convencional de curtido, además de tener las propiedades funcionales del material de una sola carga, el polímero anfótero también puede ajustar su carga con un cambio en la estructura y el pH para cumplir con los requisitos del colágeno. Sus principales características son las siguientes:

- Regulación de la carga de colágeno
- Provisión de efecto sinérgico para la absorción de productos químicos correspondientes
- Simplificación del proceso
- Posesión de buena compatibilidad ambiental y baja irritación.

Por lo tanto, el desarrollo de polímeros anfóteros para la fabricación de cuero es esencial para la investigación de productos químicos para la producción de cuero. Se han desarrollado con éxito varios productos químicos anfóteros excelentes para la fabricación de cuero. **(al, 2021)**

Estructura y propiedades de los polímeros anfóteros.

Los polímeros anfóteros contienen grupos aniónicos y catiónicos en la misma estructura molecular. Por lo tanto, tiene las características de punto isoeléctrico (pI), buena compatibilidad, carga molecular ajustable y baja toxicidad. Los polímeros anfóteros se pueden clasificar de diferentes formas. Una de las clasificaciones se basa en las características estructurales de los polímeros, la estructura del esqueleto y los tipos de grupos aniónicos y catiónicos.

Según la estructura del esqueleto principal, los polímeros anfóteros se pueden dividir en esqueleto de carbono, esqueleto hetero y esqueleto orgánico elemental. Las estructuras esqueléticas de los polímeros anfóteros de cadena de carbono están compuestas de átomos de carbono. Además de los átomos de carbono, hay oxígeno, nitrógeno, fósforo, azufre y otros heteroátomos en la estructura principal de los polímeros anfóteros de hetero cadena, incluidos los polímeros anfóteros de poliuretano y poliéster. **(al, 2021)**

Los centros de carga positiva de los polímeros anfóteros son principalmente átomos de nitrógeno, fósforo y azufre, que pueden formar cationes de sales de amonio cuaternario, fosfonio cuaternario y sulfónico. Entre ellos, el más común es el átomo de nitrógeno, que se puede dividir en tipos insensibles al pH y sensibles al pH según los grupos funcionales formados por el átomo de nitrógeno. La cantidad de carga de los átomos de nitrógeno insensibles al pH no cambia en un amplio rango de pH, como el grupo amino cuaternario en los polímeros anfóteros de betaína. **(al, 2021)**

Debido a que, en la capa más externa del átomo de nitrógeno, cuatro electrones forman un enlace covalente con el electrón externo del átomo de carbono respectivamente y se pierde un electrón, el grupo amino cuaternario siempre tiene un ion positivo estable, en el que el átomo de nitrógeno transfiere electrones con dificultad con el cambio de pH. La cantidad de carga del átomo de nitrógeno sensible al pH cambia con el entorno de pH, como el grupo amino primario, el grupo amino secundario y el grupo amino terciario en las moléculas polipeptídicas, en las que los átomos de nitrógeno pueden obtener o perder electrones. **(al, 2021)**

Los centros de carga negativa se cargan en grupos ácidos cargados negativamente, como los grupos de ácido carboxílico, ácido sulfónico, ácido sulfúrico, sulfito y fosfato. Se pueden construir diferentes polímeros anfóteros mediante la combinación por pares de diferentes centros de carga positiva y negativa. **(al, 2021)**

El punto isoeléctrico (pI) del cuero crust es un índice importante de sus propiedades anfóteras, en el cual el número total de cargas positivas y negativas en el cuero son iguales. Afectó directamente la carga del cuero en diferentes pH y la elección de productos químicos y tecnología durante la fabricación del cuero. **(al, 2021)**

Durante el proceso de elaboración del cuero, los productos químicos pueden interactuar con la matriz de colágeno. Los productos químicos pueden consumir los grupos ácidos y/o básicos del colágeno. Además, los materiales agregados tienen una cierta cantidad de carga, lo que también afectará el pI del cuero. **(al, 2021)**

El agente curtiente de cromo se coordina principalmente con el grupo carboxilo en el colágeno de la piel y el cromo metálico complejo es catiónico. Por lo tanto, se incrementó el pI (7.2) del cuero curtido al cromo. La pI del cuero curtido al vegetal es 4,6. Esto ocurre porque el curtiente vegetal es el polímero polifenólico; por tanto, el grupo hidroxilo de la molécula puede combinarse con el grupo amino de los colágenos mediante enlaces de hidrógeno. El pI del cuero curtido con sintán es 4,2. En la preparación del curtido sintético, la sulfonación se usa a menudo para modificar los polifenoles y mejorar su combinabilidad y solubilidad en agua. El grupo de ácido sulfónico de syntan se puede combinar con el grupo amino de colágeno mediante un enlace iónico, lo que aumenta la carga negativa en la piel. El agente curtiente aldehído se combina covalentemente con grupos amino en el colágeno, lo que hace que el pI de la piel curtida sea 4.8.

El pI del cuero húmedo blanco curtido con polímero orgánico es 4.5. El polímero orgánico es un producto modificado de cloruro cianúrico y contiene un átomo de cloro, que se puede unir covalentemente con grupos amino en el colágeno. **(al, 2021)**

Al mismo tiempo, durante el proceso de elaboración del cuero, la penetración y la combinación de productos químicos en el cuero a menudo se controlan ajustando el pH de la solución de baño.

- Cuando el pH es igual a pI, el colágeno muestra neutralidad, lo que mejora la penetración de los productos químicos.
- Cuando el pH es mayor que pI, la carga del colágeno es iónica.
- Cuando el pH es inferior a pI, la carga de colágeno es catiónica.
- Cuando el pH se desvía más de pI, aumenta la cantidad de carga en el cuero, lo que conduce a la combinación de productos químicos con diferentes cargas. **(al, 2021)**

Por lo tanto, el cambio de carga del sustrato de polímeros anfóteros de colágeno durante la fabricación del cuero es extremadamente complicado.

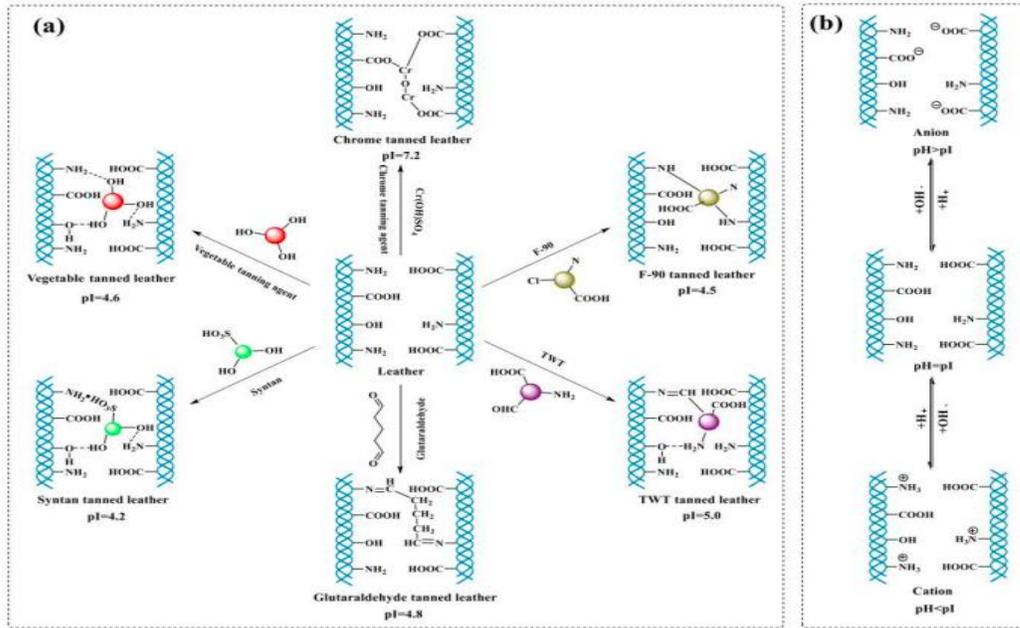


Imagen 6. a) Mecanismo de acción entre varios agentes curtientes y grupos polares en las fibras de colágeno y los puntos isoeléctricos del cuero después del curtido y b) carga eléctrica del cuero bajo diferentes condiciones de pH. **(al, 2021)**

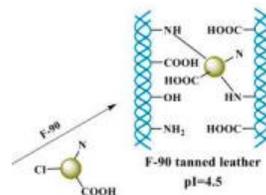


Imagen 7. Enlace covalente entre el nitrógeno y el carbono **(al, 2021)**

Enlace químico de la piel con el polímero orgánico

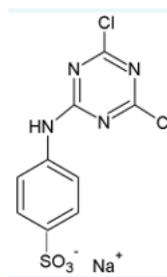


Imagen 8. Estructura del polímero orgánico, Sodio p-((4,6-dicloro-1,3,5-triazin-2-il) Amino) Benzolsulfonato **(al, 2021)**.

Actualmente, a nivel mundial, el 90 % de las curtiembres todavía se curten con cromo, lo que da como resultado aguas residuales que contienen cromo y desechos sólidos que contienen cromo que causarán graves daños al medio ambiente. Los curtientes orgánicos sin cromo son el camino por seguir para la curtiduría. En este estudio, el polipéptido de colágeno (CP) se extrajo mediante descromización in situ y tripsina industrial de CCWL, seguido de una modificación con etilenglicol diglicidil éter (EGDE) para obtener un compuesto orgánico anfótero, libre de cromo, basado en biomasa, terminado en epoxi. curtiente (CP-EGDE) con un alto punto isoeléctrico de 5,16 y un índice de epoxi de 0,316 mol/100 g. CP-EGDE se puede aplicar en los procesos de curtido sin piquelado y sin sal para preparar cueros húmedos y aguas residuales de curtiduría con buena degradabilidad = 84,9 °C), finura de la flor, plenitud de flor, blandura, resistencia al amarillamiento, propiedades mecánicas, capacidad de absorción del engrase aniónico tradicional (88,4 %) y colorantes (95,3 %) del cuero curtido con CP-EGDE superó al curtido comercial orgánico libre de cromo agentes. Esta investigación consideró tanto la protección ambiental como la calidad del cuero, especialmente mejorando en gran medida la capacidad de absorción de los materiales de acabado húmedo aniónico tradicionales. Se espera que CP-EGDE reemplace a los curtientes de cromo y tiene buenas perspectivas de aplicación. **(Hao, 2023)**

Se recogieron aguas residuales de curtiduría de diferentes tenerías, y su demanda bioquímica de oxígeno (DBO) y demanda química de oxígeno (DQO) se aprobaron de acuerdo con el método establecido **(Hao et al., 2023)**. En comparación a algunos otros curtientes, el polímero orgánico anfótero no se utiliza reactivos tóxicos en el proceso de su preparación, y sus aguas residuales de curtiduría tiene una mejor degradabilidad. **(Yu et al., 2020; Dan, 2012)**.

Para finalizar la etapa de curtido se lleva a cabo el Proceso de basificado, la finalidad es fijar y agotar el producto curtiente, por medio de una polimerización. (Morera, 2002). Posterior se deja reposar, para posterior llevar al proceso de escurrido, donde se extrae el exceso de humedad. Siguiendo al proceso de raspado donde se regula e iguala la diferencia en grosor de una parte a la otra del mismo cuero, y también de cuero a otro. **(Ollé, 2002)**

## 7.5 Etapa de acabado en húmedo

El proceso de acabado húmedo (RTE y secado) se lleva a cabo de manera convencional, fijando siempre en cumplir con las especificaciones cualitativas y cuantitativas del cliente.

El lavado ácido o inicial se utiliza para humectar y eliminar las impurezas superficiales que pudiera traer (como raspa adherida posterior al proceso de raspado), los productos utilizados son tensoactivo y ácido fórmico. **(Morera, 2002)**

El proceso de neutralizado se realiza de manera convencional con productos como formiato de sodio, bicarbonato de sodio y como complemento con un neutralizante de marca, el objetivo de este proceso es buscar aniónizar uniformemente el cuero para que los recurtientes y engrasantes se fijen adecuadamente y resulten las características deseadas.

Para el proceso de recurtido las principales características buscadas es la firmeza y plenitud de flor, con buena llenura. Buscando que los productos utilizados nos mejoren las propiedades y características finales del cuero. Los principales productos utilizados son base acrílico, proteínico y resínico. **(Soler, 2000)**

En el proceso de teñido el objetivo es transferir al cuero el color, se utiliza la anilina ácida para facilitar la penetración y obtener un 100% de atravesado del color. Realizando al final del proceso de RTE un remonte para intensificar el color, utilizando cambiadores de carga para ayudar a lograr un mejor color.

Para el proceso de engrase la finalidad es dar la suavidad final al cuero, mediante productos engrasantes, los materiales más utilizados son aceites sulfitados sintéticos, acetites catiónicos, esteres fosfóricos, polímeros engrasantes. **(Morera, 2002)**

Y, por último, el proceso de fijación. Este se realiza con ácido fórmico para terminar de fijar químicamente no solamente los colorantes con las fibras del cuero sino también recurtientes y aceites utilizados. Entre un pH de 3.6-3.8.

Debajo de un pH de 3.6 corremos el riesgo de resistencias bajas, al momento del armado de las piezas de cuero el hilo utilizado podrá romperse debido a la acidez, picazón o irritación al usar los artículos. Arriba de un pH de 3.8 se corre el riesgo de migración de recurtientes, anilinas y grasas. **(Morera, 2002)**

En este tipo de artículos curtido al Wet White el secado juega un papel muy relevante, por su temperatura de contracción obtenida en el proceso final de curtido, el secado no debe de llevarse a altas temperaturas debido a que puede obtenerse una brusca bajada de humedad y disminuir las características y propiedades del cuero.

En el proceso de escurrido y desvenado, su principal finalidad es eliminar el exceso de humedad que se encuentra superficialmente, además de abrir el cuero disimulando la arruga natural, la humedad terminal en este proceso es entre 50-60%. **(Morera, 2002)** Siguiendo con el proceso de secado, se llevan los cueros a la máquina del vacío donde consiste en eliminar el exceso de agua depositado, además de compactar los materiales agregados en el RTE, terminando alrededor de una humedad entre 38-46%. Para el secado final de los cueros se tienen diferentes maquinas, el objetivo es evaporar el agua que se encuentra ligada químicamente a las fibras, dejando el cuero entre 10-14 % de humedad final. Una vez que las pieles están secas es necesario proporcionar al cuero flexibilidad y esponjosidad ya que las fibras se encuentran compactas y hay que separarlas por acción mecánica. **(Ollé, 2002)**

## 8. DESARROLLO EXPERIMENTAL

### 8.1 Pruebas preliminares

Para realizar las pruebas preliminares se tomó en cuenta la revisión y análisis del estado del arte con ello se determinó el proceso de curtido con polímero orgánico y se comenzó a ejecutar pruebas iniciales.

Para poder definir el proceso base a utilizar se realizaron diferentes pruebas preliminares utilizando el polímero orgánico por sí solo, y en algunas otras acompañado de algunos tipos de materiales utilizados en la industria curtidora como taninos sintéticos, curtientes sintéticos, vegetales y sintéticos de sustitución, con la finalidad de obtener la mayor temperatura de contracción en el cuero curtido con polímero orgánico.

#### 8.1.1 Prueba preliminar curtido con polímero orgánico

La prueba inicial se efectuó utilizando por sí solo el polímero orgánico, esto se hizo para conocer las características y propiedades transferidas al cuero. A continuación, se muestra la fórmula utilizada en la tabla número 2:

Tabla 2. Fórmula de curtido con polímero orgánico, autoría propia (2023).

PROCESO DE WET WHITE CON POLIMERO ORGANICO								
	<b>Tipo</b>	Fresco origen Dgo	<b>Espesor</b>	2.2.-2.6 mm	<b>Peso Tripa (Kg)</b>	8		
PROCESO	%	MATERIAL	DILUCIÓN	TIEMPO (MIN)	TEMPERATURA	pH	CORTE	CONTROLES
ACONDICIONADO	35	AGUA 25°C						
	1	SAL		10				°Be 1-1.5
	0.35	ÁCIDO FÓRMICO	(1:10 25°C)	90				pH 5-5.5
CURTIDO	1	ACEITE	(1:4 50°C)	20				pH 5.5-6.0
	9	POLIMERO ORGANICO	Liquido	180				pH 5-5.5
	0.7	ÁCIDO ORGANICO	Polvo	360				
					35-40 °C	4.0-4.5	CHECAR CORTE	
FIJACIÓN	1	ACEITE SULFITADO	(1:4 50°C)					
	0.15	ÁCIDO FORMICO	(1:10 25°C)	120				
					40-45 °C	3.8-4.0	CHECAR CORTE	DRENAR
LAVADO	100	AGUA 25°C						
	0.05	ÁCIDO FÓRMICO	(1:10 25°C)	10				
	0.1	BUSSAN 1418	(1:5 25°C)					
	0.1	BUSSAN 7655	(1:5 25°C)	40				DRENAR
								PRUEBA DE ENCOGIMIENTO
								ESCURRIR
								RASPAR 1.0-1.1 mm

El resultado de temperatura de contracción obtenida con el curtido de polímero orgánico fue de 60 °C.

Nota: La prueba de temperatura contracción se realiza con el método ISO 3380:2015/ IULTCS/IUP 16 " Método de prueba estándar para Temperatura de contracción del cuero". Enseguida se describe en que consiste la prueba:

- Se toma la muestra del cuero curtida en Wet White, la muestra debe ser de la zona oficial de acuerdo con la norma IUP 2-IUC 2 (Font, 2002). Como se indica en la imagen número 9.

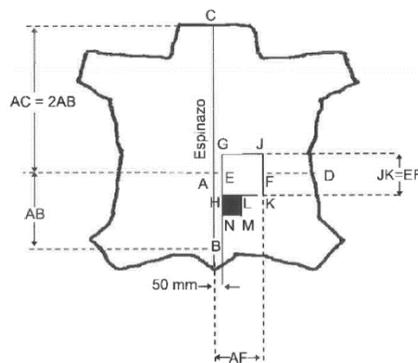


Imagen 9. Criterio de zona de muestreo para cuero entero/lado (Font, 2002)

- Teniendo la muestra cortada (ver imagen número 10), se debe cortar una probeta de aproximadamente 0.5 cm de ancho y 5 cm de largo, además se hacen perforaciones en los extremos para poder sujetar de la máquina, como observa en la imagen número 11.



Imagen 10. Muestra de Wet White, autoría propia (2023)



Imagen 11. Probeta para prueba, autoría propia (2023)

- Hay que mencionar que por cada muestra que se toma por cuero, se deben realizar 2 pruebas; una probeta paralela y otra perpendicular a la vara del cuero como se muestra en la imagen 12.

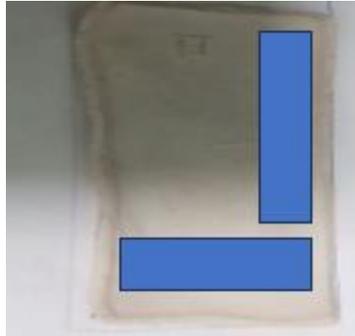


Imagen 12. Probetas paralela y perpendicular, autoría propia (2023)

- Una vez cortada la probeta, se sujeta a los ganchos (ver imagen número 13) y se lleva al equipo para comenzar la prueba, el vaso de precipitar ya debe de tener agua a temperatura ambiente (22 a 25 °C) como indica la imagen número 14.



Imagen 13. Probeta para prueba, autoría propia (2023)



Imagen 14. Colocación de probeta en equipo para realizar temperatura de contracción, autoría propia (2023)

- Colocada la probeta, se debe encender el equipo para que comience a generar temperatura. La prueba comienza a ejecutar cuando el agua alcanza los 60 °C (ver imagen número 15) y se evalúa cada minuto.



Imagen 15. Comienzo de prueba temperatura de contracción, autoría propia (2023)

- Cuando el agua haya alcanzado la temperatura de 60 °C, se comienza a evaluar minuto a minuto y se va registrando los datos en un formato (ver imagen número 17). La prueba finalizara una vez que la escala se mueva a 0.5 (ver imagen 16) y se toma el valor de temperatura que se encuentra en ese momento, siendo este el resultado de temperatura de contracción de la muestra. Para obtener el resultado final de la muestra inicial se deberá promediar el resultado de la probeta paralela y perpendicular.



Imagen 16. Escala de equipo de temperatura de contracción, autoría propia (2023)

MUESTRA PARALELA		
TIEMPO EN MINUTOS	TEMPERATURA ° C	ESCALA 0-270
1	60	0
2	62.5	0
3	64.9	0.5

MUESTRA PERPENDICULAR		
TIEMPO EN MINUTOS	TEMPERATURA ° C	ESCALA 0-270
1	60	0
2	62.2	0
3	66.4	0.5

Imagen 17. Registro de lecturas, autoría propia (2023)

Nota: Este método se realizará durante todas las pruebas para determinar la temperatura de contracción del cuero.

### 8.1.2 Prueba preliminar curtido con polímero orgánico/Tanino sintético

La siguiente prueba preliminar se realizó aplicando un polímero orgánico en combinación con tanino sintético, aprovechando las excelentes propiedades auto curtientes y un alto grado de estabilidad a los electrolitos, dando cueros con tacto muy lleno y con una estructura en flor muy firme. Se presenta la formulación en la tabla número 3:

Tabla 3. Fórmula de curtido con polímero orgánico/Tanino sintético, autoría propia (2023).

PROCESO DE WET WHITE CON POLIMERO ORGANICO/TANINO SINTETICO								
	<b>Tipo</b>	Fresco origen Dgo	<b>Espesor</b>	2.2.-2.6 mm	<b>Peso Tripa (Kg)</b>	7.5		
PROCESO	%	MATERIAL	DILUCIÓN	TIEMPO (MIN)	TEMPERATURA	pH	CORTE	CONTROLES
ACONDICIONADO	35	AGUA 25°C						
	1	SAL		10				°Be 1-1.5
	0.35	ÁCIDO FÓRMICO	(1:10 25°C)	90				pH 5-5.5
	1	ACEITE	(1:4 50°C)	20				pH 5.5-6.0
CURTIDO	9	POLIMERO ORGANICO	Liquido	180				pH 5-5.5
	0.7	ÁCIDO ORGANICO	Polvo	360				
					35-40 °C	4.0-4.5	CHECAR CORTE	
	3	TANINO SINTETICO	Polvo					
	1	ACEITE SULFITADO	(1:4 50°C)	70				
	0.15	ÁCIDO FORMICO	(1:10 25°C)	120				
					40-45 °C	3.8-4.0	CHECAR CORTE	DRENAR
LAVADO	100	AGUA 25°C						
	0.05	ÁCIDO FÓRMICO	(1:10 25°C)	10				
	0.1	BUSSAN 1418	(1:5 25°C)					
	0.1	BUSSAN 7655	(1:5 25°C)	40				DRENAR
								PRUEBA DE ENCOGIMIENTO
								ESCURRIR
								RASPAR 1.0-1.1 mm

El curtido con polímero orgánico acompañado con tanino sintético dio un resultado de temperatura de contracción de 62 ° C.

### 8.1.3 Prueba preliminar curtido con polímero orgánico/Curtiente sintético

Posteriormente se corrió el curtido con polímero orgánico junto con el curtiente sintético con el propósito de incrementar la temperatura final en el curtido, aprovechando las propiedades curtientes, dando buenas resistencias físicas, sumando una flor fina y firme. A continuación, se comparte la fórmula en la tabla número 4:

Tabla 4. Fórmula de curtido con polímero orgánico/Curtiente sintético, autoría propia (2023).

PROCESO DE WET WHITE CON POLIMERO ORGANICO/CURTIENTE SINTETICO								
	Tipo	Fresco origen Dgo	Espesor	2.2.-2.6 mm	Peso Tripa (Kg)	7		
PROCESO	%	MATERIAL	DILUCIÓN	TIEMPO (MIN)	TEMPERATURA	pH	CORTE	CONTROLES
ACONDICIONADO	35	AGUA 25°C						
	1	SAL		10				°Be 1-1.5
	0.35	ÁCIDO FÓRMICO	(1:10 25°C)	90				pH 5-5.5
	1	ACEITE	(1:4 50°C)	20				pH 5.5-6.0
CURTIDO	9	POLIMERO ORGANICO	Liquido	180				pH 5-5.5
	1	ÁCIDO ORGANICO	Polvo	420				
					35-40 °C	4.0-4.5	CHECAR CORTE	
	4	CURTIENTE SINTENTICO	Polvo					
	1	ACEITE SULFITADO	(1:4 50°C)	120				
	0.65	BICARBONATO DE SODIO	(1:15 25°C)	360				
					40-45 °C	3.8-4.0	CHECAR CORTE	DRENAR
LAVADO	100	AGUA 25°C						
	0.05	ÁCIDO FÓRMICO	(1:10 25°C)	10				
	0.1	BUSSAN 1418	(1:5 25°C)					
	0.1	BUSSAN 7655	(1:5 25°C)	40				DRENAR
								PRUEBA DE ENCOGIMIENTO
								ESCURRIR
								RASPAR 1.0-1.1 mm

El valor obtenido en la prueba de temperatura de contracción con este proceso de curtido es de 66 °C.

### 8.1.4 Prueba preliminar curtido con polímero orgánico/Vegetal

Enseguida se ejecutó la combinación entre el vegetal y polímero orgánico debido al poder curtiente que poseen los extractos vegetales, dando cueros con buena plenitud y suavidad, manteniendo la flor lisa y firme. En la tabla número 5 se observa la formulación:

Tabla 5. Fórmula de curtido con polímero orgánico/Vegetal, autoría propia (2023).

PROCESO DE WET WHITE CON POLIMERO ORGANICO/VEGETAL								
	<b>Tipo</b>	Fresco origen Dgo	<b>Espesor</b>	2.2.-2.6 mm	<b>Peso Tripa (Kg)</b>	6.3		
PROCESO	%	MATERIAL	DILUCIÓN	TIEMPO (MIN)	TEMPERATURA	pH	CORTE	CONTROLES
ACONDICIONADO	35	AGUA 25°C						
	1	SAL		10				°Be 1-1.5
	0.35	ÁCIDO FÓRMICO	(1:10 25°C)	90				pH 5-5.5
	1	ACEITE	(1:4 50°C)	20				pH 5.5-6.0
CURTIDO	9	POLIMERO ORGANICO	Liquido	180				pH 5-5.5
	1	ÁCIDO ORGANICO	Polvo	420				
					35-40 °C	4.0-4.5	CHECAR CORTE	
	4	VEGETAL	Polvo					
	1	ACEITE SULFITADO	(1:4 50°C)	420				
					40-45 °C	3.8-4.0	CHECAR CORTE	DRENAR
LAVADO	100	AGUA 25°C						
	0.05	ÁCIDO FÓRMICO	(1:10 25°C)	10				
	0.1	BUSSAN 1418	(1:5 25°C)					
	0.1	BUSSAN 7655	(1:5 25°C)	40				DRENAR
								PRUEBA DE ENCOGIMIENTO
								ESCURRIR
								RASPAR 1.0-1.1 mm

Derivado del proceso de este curtido el resultado de temperatura de contracción es de 60 ° C.

### 8.1.5 Prueba preliminar curtido con polímero orgánico/Sintético de sustitución

Consecutivamente se hizo la prueba con el polímero orgánico más el sintético de sustitución, aprovechando sus características y propiedades curtientes, dando un buen relleno y tacto al cuero. Enseguida en la tabla número 6 se indica la formulación aplicada:

Tabla 6. Fórmula de curtido con polímero orgánico/Sintético de sustitución, autoría propia (2023).

PROCESO DE WET WHITE CON POLIMERO ORGANICO/ SINTETICO DE SUSTITUCIÓN								
	Tipo	Fresco origen Dgo	Espesor	2.2.-2.6 mm	Peso Tripa (Kg)	7		
PROCESO	%	MATERIAL	DILUCIÓN	TIEMPO (MIN)	TEMPERATURA	pH	CORTE	CONTROLES
ACONDICIONADO	35	AGUA 25°C						
	1.5	SAL		10				°Be 1.5-2
	0.35	ÁCIDO FÓRMICO	(1:10 25°C)	90				pH 5-5.5
	1	ACEITE	(1:4 50°C)	20				pH 5.5-6.0
CURTIDO	9	POLIMERO ORGANICO	Líquido	180				pH 5-5.5
	1	ÁCIDO ORGANICO	Polvo	420				
					35-40 °C	4.0-4.5	CHECAR CORTE	
	0.5	ÁCIDO ORGANICO	Polvo	120		3.5-4.0		
	0.35	ÁCIDO FÓRMICO	(1:10 25°C)	60		3.0-3-5	CHECAR CORTE	
	4	SINTETICO DE SUSTITUCIÓN	Polvo					
	1	ACEITE SULFITADO	(1:4 50°C)	120				
	0.5	BICARBONATO DE SODIO	(1:20 25°C)	60				
	0.5	BICARBONATO DE SODIO	(1:20 25°C)	60				
	0.5	BICARBONATO DE SODIO	(1:20 25°C)	180	40-45 °C	4.0-4.2	CHECAR CORTE	DRENAR
LAVADO	100	AGUA 25°C						
	0.05	ÁCIDO FÓRMICO	(1:10 25°C)	10				
	0.1	BUSSAN 1418	(1:5 25°C)					
	0.1	BUSSAN 7655	(1:5 25°C)	40				DRENAR
								PRUEBA DE ENCOGIMIENTO
								ESCURRIR
								RASPAR 1.0-1.1 mm

Con esta curtición se logró un resultado de temperatura de contracción de 71 ° C.

### 8.1.6 Prueba preliminar con polímero orgánico/Sintético de sustitución-Tanino sintético

La finalidad de realizar la prueba mezclando el polímero orgánico y sintético de sustitución-tanino sintético es maximizar la temperatura de contracción final en el curtido. A continuación, en la tabla 7 se muestra la fórmula utilizada:

Tabla 7. Fórmula de curtido con polímero orgánico/Curtiente sintético/Tanino sintético, autoría propia (2023)

PROCESO DE WET WHITE CON POLIMERO ORGANICO/CURTIENTE SINTETICO + TANINO SINTETICO								
	Tipo	Fresco origen Dgo	Espesor	2.2.-2.6 mm	Peso Tripa (Kg)	8.5		
PROCESO	%	MATERIAL	DILUCIÓN	TIEMPO (MIN)	TEMPERATURA	pH	CORTE	CONTROLES
ACONDICIONADO	35	AGUA 25°C						
	1.5	SAL		10				°Be 1.5-2
	0.35	ÁCIDO FÓRMICO	(1:10 25°C)	90				pH 5-5.5
CURTIDO	1	ACEITE	(1:4 50°C)	20				pH 5.5-6.0
	9	POLIMERO ORGANICO	Liquido	180				pH 5-5.5
	1	ÁCIDO ORGANICO	Polvo	420				
					35-40 °C	4.0-4.5	CHECAR CORTE	
	0.5	ÁCIDO ORGANICO	Polvo	120		3.5-4.0		
	2	TANINO SINTETICO	Polvo					
LAVADO	2	CURTIENTE SINTETICO	Polvo					
	1	ACEITE SULFITADO	(1:4 50°C)	120		3.5-4.0		
	0.35	BICARBONATO DE SODIO	(1:20 25°C)	120	40-45 °C	4.0-4.2	CHECAR CORTE	DRENAR
LAVADO	100	AGUA 25°C						
	0.05	ÁCIDO FÓRMICO	(1:10 25°C)	10				
	0.1	BUSSAN 1418	(1:5 25°C)					
	0.1	BUSSAN 7655	(1:5 25°C)	40				DRENAR
							PRUEBA DE ENCOGIMIENTO	
							ESCURRIR	
							RASPAR 1.0-1.1 mm	

La última prueba preliminar que se realizó dando como resultado una temperatura de contracción en el proceso de curtido de 67 ° C.

### 8.1.7 Resultados Pruebas Preliminares

Los resultados de pruebas preliminares relacionados con la temperatura de contracción se describen a continuación en la tabla 8:

Tabla 8. Resultados Pruebas Preliminares “Temperatura Contracción”, Mauricio Cervantes.

MÉTODO ISO 3380:2015/ IULTCS/IUP 16

# PROCESO	TEMPERATURA DE CONTRACCION °C
PROCESO 1	60
PROCESO 2	62
PROCESO 3	66
PROCESO 4	65
PROCESO 5	71
PROCESO 6	67

De acuerdo con la tabla 8 de pruebas preliminares se puede observar que la temperatura de contracción más elevada se logró con el proceso número 5, el cual corresponde al Polímero orgánico + Sintético de Sustitución.

Determinado la temperatura de contracción más elevada del proceso 5 (Polímero orgánico + Sintético de Sustitución) se realizó la verificación de las pruebas químicas del cuero curtido Wet White, los resultados se describen en la tabla 9:

Tabla 9. Resultados Pruebas Químicas “Cuero Curtido WW”, autoría propia.

ANÁLISIS	MÉTODO	ESPECIFICACIÓN	RESULTADO
% DE ÓXIDO DE CROMO	ISO 5398-1	< 0.1 %	0.00%
% GRASAS	ISO 4048	1.5 % MAX	1.44%
PH (1:10)	ISO 4045	4.0-4.5	4.25
DELTA PH	ISO 4045	0.6 MAX	0.27
TEMPERATURA DE CONTRACCIÓN	ISO 3380:2015/ IULTCS/IUP 16	MÍNIMO 70 ° C	71
% HUMEDAD	ISO 4084	51-57 %	52.25%
% CENIZAS	ASTMD 7476	5 % MAX	2.55

En la tabla 9 se puede observar que el cuero cumple todos los ensayos químicos; oxido de cromo, grasas, pH y delta pH, temperatura de contracción, húmedas y cenizas.

Una vez finalizado el proceso curtido, se procedió a embancar durante 24 horas, para posteriormente realizar los procesos de escurrido y raspado de los cueros a un espesor 1.0-1.1 mm (ver imagen número 18). Enseguida se preparó para los procesos de recurtido, teñido y engrase de acuerdo con formula convencional del cliente.



Imagen 18. Cuero curtido con polímero orgánico; escurrido y raspado, autoría propia (2023)

Los cueros después del RTE se embancaron 8 horas y se procedió al proceso de secado convencional del cliente, escurrido/desvenado, vacío y el secado final taic, para finalizar con una humedad entre 10-14%. Posterior al secado se deja reposar 24 horas para homogenizar la humedad de las piezas, posterior a esto se finaliza con el proceso de ablandado.



Imagen 19. Proceso de RTE y secado de cuero curtido con polímero orgánico, autoría propia (2023)

A los cueros en crust (ver imagen 20), se tomaron muestras de la zona oficial de acuerdo con la norma IUP 2-IUC 2 (ver imagen 21) (Font, 2002) para realizar ensayos físicos de acuerdo con especificaciones del cliente. Los resultados se indican en la tabla número 10.



Imagen 20. Cuero Crust curtido con polímero orgánico, autoría propia (2023)

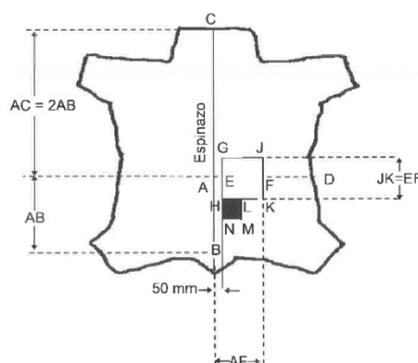


Imagen 21. Criterio de zona de muestreo para cuero entero/lado (Font, 2002)

Tabla 10. Resultados de Ensayos Físicos “Cuero en Crust”, autoría propia.

ANÁLISIS	MÉTODO	ESPECIFICACIÓN	RESULTADO
DESGARRE	ISO 3377-1	> 34 N	66.7 N
ELONGACIÓN	ISO 13934-1	10 A 30 %	5.98%
TENSIÓN	ISO 3376	> 130 N	228.43
CROKING	SAEJ 1351	> 2	3
OLOR	ASTMD 2813	< 3	2

En la tabla 10 se puede observar que el cuero cumple todos los ensayos físicos: desgarre, elongación, tensión, croking y olor.

## 8.2 Pruebas experimentales de curtido a nivel laboratorio utilizando un diseño de experimentos

Los resultados de pruebas preliminares permitieron determinar los factores que influyen la variable de Respuesta “Temperatura de Contracción” en el proceso curtido con polímero orgánico, para poder realizar un diseño de experimentos utilizando el **Software Statgraphics**, los cuales se describen a continuación.

### Factores:

**Producto A:** Polímero orgánico anfótero: Sodio p- ((4.6-dicloro-1,3,5-triazin-2-il) Amino) Benzolsulfonato

**pH:** pH proceso de “Sintético de sustitución”

**Producto B:** Sintético de sustitución.

**VARIABLE DE RESPUESTA:** Temperatura de Contracción.

Tabla 11. Factores y Niveles, autoría propia (2023).

FACTOR	NIVEL BAJO	NIVEL ALTO	UNIDAD
PRODUCTO A	7	11	%
pH	3	3.5	---
PRODUCTO B	3	4.5	%

El “Diseño de Experimentos” elegido fue “Diseño Factorial  $2^3$  con una réplica y con un punto al centro.

### Diseño y orden de corridas:

Los factores y sus niveles se alimentaron en el **Software Statgraphics**, utilizando el diseño factorial  $2^3$  elegido dando un total de 18 corridas del proceso para llevar a cabo el diseño de experimentos.

Este diseño nos permitirá mover los diferentes factores que afectan a la variable de respuesta, con ello esperando maximizar la temperatura de contracción en el cuero curtido con polímero orgánico.

Tabla 12. Corrida de pruebas de diseño de experimentos, autoría propia (2023).

	BLOQUE	Producto A	pH	Producto B	Temperatura de Contraccion
		g		g	°C
	Entero	Numérico	Numérico	Numérico	Numérico
1	1	11	3	3	
2	1	9	3.25	3.75	
3	1	7	3	4.5	
4	1	11	3	4.5	
5	1	7	3	3	
6	1	11	3.5	4.5	
7	1	11	3.5	3	
8	1	7	3.5	3	
9	1	7	3.5	4.5	
10	2	11	3	3	
11	2	9	3.25	3.75	
12	2	7	3	4.5	
13	2	11	3	4.5	
14	2	7	3	3	
15	2	11	3.5	4.5	
16	2	11	3.5	3	
17	2	7	3.5	3	
18	2	7	3.5	4.5	

Una vez obtenidas las 18 corridas indicadas por el **Software Statgraphics** se llevaron a cabo las pruebas utilizando la siguiente formula (Proceso número 5, curtido con polímero orgánico en combinación con el sintético de sustitución), siendo esta la de mejor resultado en las pruebas preliminares en cuanto temperatura de contracción. A continuación, se muestra la formulación en la tabla número 13:

Tabla 13. Fórmula de curtido con polímero orgánico/sintético de sustitución, autoría propia (2023).

PROCESO DE WET WHITE CON POLIMERO ORGANICO/ SINTETICO DE SUSTITUCIÓN								
	Tipo	Fresco origen Dgo	Espesor	2.2-2.6 mm	Peso Tripa (Kg)	7		
PROCESO	%	MATERIAL	DILUCIÓN	TIEMPO (MIN)	TEMPERATURA	pH	CORTE	CONTROLES
ACONDICIONADO	35	AGUA 25°C						
	1.5	SAL		10				Be 1.5-2
	0.35	ÁCIDO FÓRMICO	(1:10 25°C)	90				pH 5-5.5
	1	ACEITE	(1:4 50°C)	20				pH 5.5-6.0
CURTIDO	X	POLIMERO ORGANICO	Liquido	180				pH 5-5.5
	1	ÁCIDO ORGANICO	Polvo	420				
					35-40 °C	4.0-4.5	CHECAR CORTE	
	0.5	ÁCIDO ORGANICO	Polvo	120		3.5-4.0		
	Y	ÁCIDO FÓRMICO	(1:10 25°C)	60		3.0-3.5	CHECAR CORTE	
	Z	SINTETICO DE SUSTITUCIÓN	Polvo					
	1	ACEITE SULFITADO	(1:4 50°C)	120				
	0.5	BICARBONATO DE SODIO	(1:20 25°C)	60				
	0.5	BICARBONATO DE SODIO	(1:20 25°C)	60				
	0.5	BICARBONATO DE SODIO	(1:20 25°C)	180		40-45 °C	4.0-4.2	CHECAR CORTE
LAVADO	100	AGUA 25°C						
	0.05	ÁCIDO FÓRMICO	(1:10 25°C)	10				
	0.1	BUSSAN 1418	(1:5 25°C)					
	0.1	BUSSAN 7655	(1:5 25°C)	40				DRENAR
								PRUEBA DE ENCOGIMIENTO
							ESCURRIR	
							RASPAR 1.0-1.1mm	

Con esta fórmula descrita en la tabla número 13 se corrieron las 18 pruebas de curtido. Se menciona a continuación los factores y niveles que de acuerdo con el diseño de experimentos se modificaron para llevar a cabo las 18 corridas necesarias para maximizar la variable de respuesta (Tc).

- X = Aplicación de polímero orgánico de 7 a 11 %
- Y = Aplicación de ácido orgánico para llegar a pH de 3 a 3.5
- Z = Aplicación de sintético de sustitución de 3 a 4.5 %

### 8.3 Toma de muestras y realización de pruebas de temperatura de contracción

Una vez finalizada todas las pruebas del diseño de experimentos se procedió a tomar muestras de cada uno de los cueros en la zona oficial de acuerdo con la norma IUP 2-IUC 2 (Font, 2002) para analizar la "temperatura de contracción" de cada una de las corridas mencionadas en la tabla 14 mediante el método ISO 3380:2015/ IULTCS/IUP 16 y estos son los resultados que nos obtenidos:

Tabla 14. Resultados Corrida de pruebas de diseño de experimentos, autoría propia (2023).

No. Pruebas	Bloque	Producto A %	pH	Producto B	T° Contracción
1	1	11	3	3	65
2	1	9	3.25	3.75	66.6
3	1	7	3	4.5	71
4	1	11	3	4.5	71
5	1	7	3	3	66
6	1	11	3.5	4.5	70
7	1	11	3.5	3	64.5
8	1	7	3.5	3	66
9	1	7	3.5	4.5	66.5
10	2	11	3	3	70
11	2	9	3.25	3.75	69
12	2	7	3	4.5	70
13	2	11	3	4.5	70
14	2	7	3	3	69
15	2	11	3.5	4.5	70
16	2	11	3.5	3	70
17	2	7	3.5	3	69
18	2	7	3.5	4.5	69

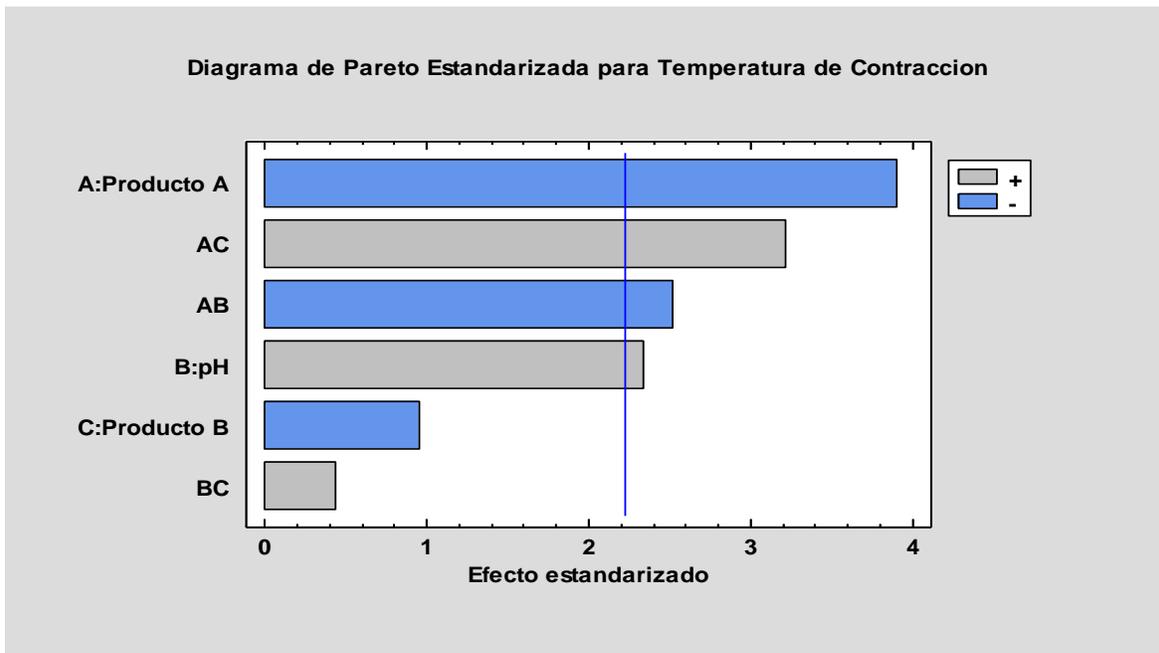
Los resultados de temperatura de contracción se alimentaron al Software Statgraphics para realizar un análisis de varianza y optimizar la temperatura de contracción.

## 8.4 Optimización del proceso de curtido libre de cromo

Para poder optimizar el proceso se necesitó el **Software Statgraphics** alimentando con los datos resultantes de las 18 corridas en cuanto a la temperatura de contracción, para el cual se realizó un análisis de varianza la cual se describe a continuación.

### 8.4.1 Análisis de varianza de temperatura de contracción.

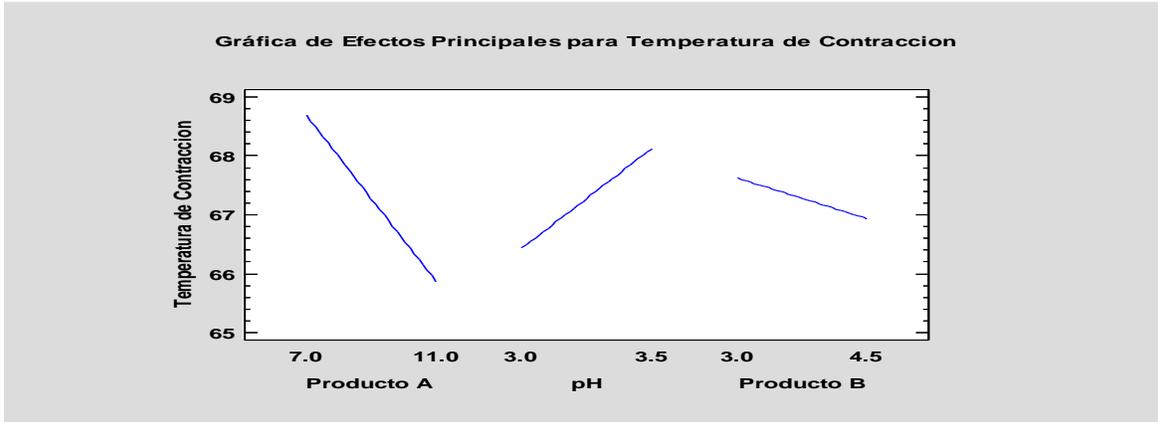
#### Grafica de Pareto



Grafica 2. Grafica de Pareto.

La grafica 2. de Pareto indica como factores importantes para la “Temperatura de contracción” el producto A, la interacción AC, la interacción AB y el pH, en cambio el producto B y la interacciones BC estadísticamente no son importantes.

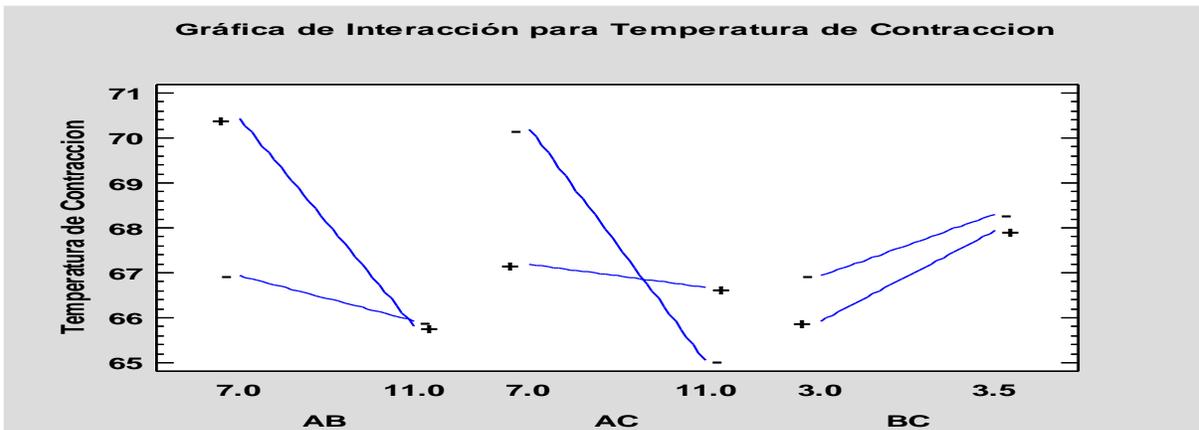
### Grafica de efectos principales



Grafica 3. Grafica efectos principales

Grafica 3. Esta grafica muestra que para obtener mejores valores de temperatura de contracción el “Producto A” debe utilizar el nivel bajo (7 %), el pH en su nivel alto (3.5 %) y el “Producto B” en su nivel bajo (3%).

### Grafica de interacción



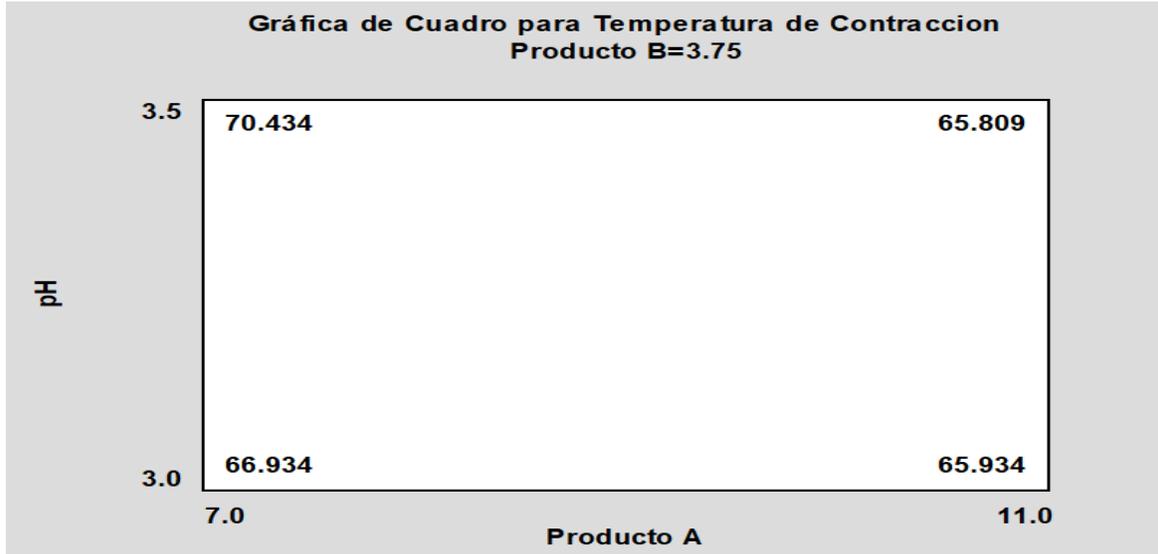
Grafica 4. Grafica de interacción

La grafica 4. de interacción AB muestra que la temperatura de contracción es mayor cuando el “Producto A” es 7% y el “Producto B” es 3 %.

La interacción AC muestra que la temperatura de contracción es mayor cuando el “Producto A” es 7% y el “Producto C” es 3 %.

La grafica de interacción BC muestra que la temperatura de contracción es mayor cuando el “pH” es 3.5% y el “Producto C” es 3%.

## Grafica de cuadro



Grafica 5. Grafica de cuadro

La grafica 5. De cuadro indica que el valor más elevado de temperatura de contracción se alcanza con el nivel bajo del “Producto A” (7 %), el nivel alto del “pH” (3.5 %) y el “producto B” a 3.75%.

## Optimizar respuesta

Al solicitar la optimización al **Software Statgraphics** pidiendo como meta maximizar la temperatura de contracción en el curtido con polímero orgánico el resultado de la aplicación es el siguiente como se muestra en la tabla número 15, dando un valor óptimo de 71.777 de temperatura de contracción.

Tabla 15. Valores óptimos para maximizar la temperatura de contracción, autoría propia (2023).

### Optimizar Respuesta

Meta: Maximizar Temperatura de Contracción

Valor optimo: 71.777

Factor	Bajo	Alto	Optimo
A: Producto A	7	11	9
B: pH	3	3.5	3.5
C: Producto B	3	4.5	3

## 8.4.2 Prueba Piloto

Para comprobar los resultados obtenidos en el **Software Statgraphics** se realizó una prueba piloto utilizando 4 cueros enteros, utilizando el polímero orgánico y el sintético de sustitución, aplicando los factores obtenidos por el **Software Statgraphics** en cada una de las etapas del proceso de curtido. En la tabla número 16 se describe la formula del proceso:

Tabla 16. Fórmula de curtido con polímero orgánico/sintético de sustitución, autoría propia (2023).

PROCESO DE WET WHITE CON POLIMERO ORGANICO/ SINTETICO DE SUSTITUCIÓN								
Tipo	Fresco origen Dgo	Espesor	2.2-2.6 mm	Peso Tripa (Kg)	13			
PROCESO	%	MATERIAL	DILUCIÓN	TIEMPO (MIN)	TEMPERATURA	pH	CORTE	CONTROLES
ACONDICIONADO	35	AGUA 25°C						
	1.5	SAL		10				Be 1.5-2
	0.35	ÁCIDO FÓRMICO	(1:10 25°C)	90				pH 5-5.5
	1	ACEITE	(1:4 50°C)	20				pH 5.5-6.0
CURTIDO	<b>9</b>	POLIMERO ORGANICO	Liquido	180				pH 5-5.5
	1	ÁCIDO ORGANICO	Polvo	420				
					<b>35-40 °C</b>	<b>4.0-4.5</b>	<b>CHECAR CORTE</b>	
	0.5	ÁCIDO ORGANICO	Polvo	120				<b>3.5-4.0</b>
	<b>0.6</b>	ÁCIDO FÓRMICO	(1:10 25°C)	60		<b>3.5</b>	<b>CHECAR CORTE</b>	
	<b>3</b>	SINTETICO DE SUSTITUCIÓN	Polvo					
	1	ACEITE SULFITADO	(1:4 50°C)	120				
	0.5	BICARBONATO DE SODIO	(1:20 25°C)	60				
	0.5	BICARBONATO DE SODIO	(1:20 25°C)	60				
	0.5	BICARBONATO DE SODIO	(1:20 25°C)	180	<b>40-45 °C</b>	<b>4.0-4.2</b>	<b>CHECAR CORTE</b>	DRENAR
LAVADO	100	AGUA 25°C						
	0.05	ÁCIDO FÓRMICO	(1:10 25°C)	10				
	0.1	BUSSAN 1418	(1:5 25°C)					
	0.1	BUSSAN 7655	(1:5 25°C)	40				DRENAR
								PRUEBA DE ENCOGIMIENTO
								ESCURRIR
								RASPAR 1.0-1.1mm

Distinguir los factores óptimos en la formulación para maximizar la temperatura de contracción son los siguientes:

Factor A: producto A aplicar el 9 %

Factor B: pH 3.5 aplicar el producto A

Factor C: producto B aplicar el 3%

Nota: Posterior al curtido los cueros se embancaron 24 horas para posteriormente procesar en los procesos de escurrido y raspado.

## 8.5 Toma de muestra y realización de prueba de temperatura de contracción

Una vez curtidos los cueros con polímero orgánico y sintético de sustitución se procedieron a la toma de muestras que deben ser de la zona oficial de acuerdo con la norma IUP 2-IUC 2 (Font, 2002) cómo se indicó en la imagen número 9 y con el método mencionado anteriormente 3380:2015/ IULTCS/IUP 16 " Método de prueba estándar para Temperatura de contracción del cuero". Los resultados se indican en la tabla 17.

Tabla 17. Resultados Pruebas Químicas "Cuero curtido con polímero orgánico/Sintético de sustitución", autoría propia (2023).

ANÁLISIS	MÉTODO	ESPECIFICACIÓN	RESULTADO
% DE ÓXIDO DE CROMO	ISO 5398-1	< 0.1 %	0.00%
% GRASAS	ISO 4048	1.5 % MAX	1.45%
PH (1:10)	ISO 4045	4.0-4.5	4.5
DELTA PH	ISO 4045	0.6 MAX	0.14
TEMPERATURA DE CONTRACCIÓN	ISO 3380:2015/ IULTCS/IUP 16	MÍNIMO 70 ° C	72
% HUMEDAD	ISO 4084	51-57 %	50.92%
% CENIZAS	ASTMD 7476	5 % MAX	2.87



Imagen 22. Equipo para realizar temperatura de contracción, autoría propia (2023)

En esta tabla número 17 se puede observar que la prueba de contracción es de 72 °C, así comprobando que la optimización realizada por el **Software Statgraphics** es la correcta. Además, se puede observar que el cuero cumple todos los ensayos químicos; oxido de cromo, grasas, pH y delta pH, humedad y cenizas.

## 8.6 Especificación de calidad cuantitativa y cualitativa de cuero en crust

Finalizado el proceso de curtido, se procedió a embancar durante 24 horas, para posteriormente realizar los procesos de escurrido y raspado de los cueros a un espesor 1.0-1.1 mm. Enseguida se preparó para los procesos de recurtido, teñido y engrase de acuerdo con formula convencional del cliente. Los cueros después del RTE se embancaron 8 horas y se procedió al proceso de secado convencional del cliente, escurrido/desvenado, vacío y el secado final taic, para finalizar con una humedad entre 10-14%. Posterior al secado se deja reposar 24 horas para homogenizar la humedad de las piezas, posterior a esto se finaliza con el proceso de ablandado. Una vez finalizada la etapa de acabado en húmedo los cueros en crust se evalúan las especificaciones cualitativas por el departamento de calidad, como se observa en la imagen 23. A continuación, se presentan los resultados obtenidos en la tabla número 18:



Imagen 23. Inspección cualitativa, autoría propia (2023)

Tabla 18. Resultados especificaciones cualitativas de inspección "Cuero en Crust", autoría propia (2023).

INSPECCIÓN	EQUIPO	ESPECIFICACIÓN	RESULTADO
HUMEDAD FINAL	HIGROMETRO	10 - 14 %	<b>13-14%</b>
ESPESOR	CALIBRADOR	11 - 14 mm	<b>12-14 mm</b>
SOLTURA DE FLOR	SUBJETIVO	1-1.5	<b>1.2</b>
SUAVIDAD	BLC	2.7-3.5	<b>3.0-3.3</b>
COLOR	SUBJETIVO (MASTER)	UNIFORME	<b>OK</b>
ATRAVESADO DE COLOR	SUBJETIVO	100%	<b>100%</b>

En la tabla número 18 se muestra que cumple con todas las especificaciones cualitativas; humedad final, espesor, soltura de flor, suavidad, color y atravesado de anilina.

A los cueros en Crust (acabado en húmedo), se tomaron muestras de la zona oficial de acuerdo con la norma IUP 2-IUC 2 (ver imagen 24) (Font, 2002) para realizar ensayos físicos de acuerdo con especificaciones del cliente. Los resultados se indican en la tabla número 19.



Imagen 24. Toma de muestra para ensayos físicos, autoría propia (2023)

Tabla 19. Resultados de Ensayos Físicos “pruebas cuantitativas en Crust”

ANÁLISIS	MÉTODO	ESPECIFICACIÓN	RESULTADO
DESGARRE	ISO 3377-1	> 34 N	<b>52.00</b>
ELONGACIÓN	ISO 13934-1	10 A 30 %	<b>29.00</b>
TENSIÓN	ISO 3376	> 130 N	<b>210</b>
CROKING	SAEJ 1351	> 2	<b>3</b>
OLOR	ASTMD 2813	< 3	<b>2</b>



Imagen 25. Equipo para ensayos físicos, autoría propia (2023)

En la tabla 19 se puede observar que el cuero cumple todos los ensayos físicos: desgarre, elongación, tensión, croking y olor. Hay que mencionar que las resistencias físicas están por encima de las convencionales.

## 9. CONCLUSIONES

De acuerdo con los resultados obtenidos de temperatura de contracción con el polímero orgánico que fue de 72°C, podemos decir que se cumplió debido a que el mínimo que requiere la empresa en el Wet White es de 70°C.

Además, el cuero curtido cumple todas las especificaciones químicas las cuales se describen en la tabla 17: 0 % de óxido de cromo, 1.5 % de grasas, pH 4.5, Delta pH 0.14, temperatura de contracción 72°C, % de humedad 50.92, % de cenizas 2.8.

Cumple también las especificaciones cualitativas de los cueros en Crust las cuales se describen en la tabla 18, de igual manera cumple todas las especificaciones cuantitativas de resistencias físicas, descritas en la tabla 19.

El curtido con polímero orgánico es un proceso amigable con el medio ambiente

En comparativa con procesos de curtidos de WW con glutaraldehído en cuanto a pruebas físicas, químicas y aspectos generales (suavidad, finura y plenitud de flor, entre otras) son muy similares.

Los productos químicos utilizados en el proceso de RTE para cueros curtidos con polímero orgánico son compatibles, mostrando buena afinidad y mejorando sus características finales.

Para los cueros curtidos con polímero es relevante el cuidado en el proceso de secado, se necesita realizar gradualmente con la bajada de la humedad, por ello es necesario que no sea tan brusco entre los procesos de escurrido/vacío/y secado final.

## 10. BIBLIOGRAFÍA

- Adzet, J. M. (1995). *Tecnología del cuero*. Igualada, España: Cicero.
- al, W. e. (2021). Application of amphoteric polymers in the. *Journal of Leather Science*.
- Bacardit, L. O. (2011). *Diseño de experimentos en*. Igualada, España: Escola d'Enginyeria d'Igualada.
- Font, J. (2002). *Análisis y ensayos en la*. Igualada, España: Escola d'Enginyeria d'Igualada.
- Hao, D. W. (2023). Sustainable Leather Making . *Science of the Total Environment*.
- Luo, J. Y. (2022). A novel eco-combination tannage of chrome-free leather with softness and high shrinkage temperature. *Journal of the Society of Leather Technologists and Chemists*.
- Morera, J. M. (2002). *Química Técnica de Curtición*. Igualada, España: Escola d'Enginyeria d'Igualada.
- Navilio, B. F. (2019). The characterization of volatile organic compounds (VOC) in wet-white and metal free leather. *Beningn by Desing Leather-the Future through science an technology*.
- Ollé, A. B. (2002). *Maquinaria de curtidos*. Igualada, España: Escola d'Enginyeria d'Igualada.
- Otero, L. O. (2000). *Técnicas especiales de curtido*. Igualada, España: Escola d'Enginyeria d'Igualada.
- Soler, J. (2000). *Procesos de curtidos*. Igualada, España: Escola d'Enginyeria d'Igualada.

## 10. BIBLIOGRAFÍA

- Adzet, J. M. (1995). *Tecnología del cuero*. Igualada, España: Cicero.
- al, W. e. (2021). Application of amphoteric polymers in the. *Journal of Leather Science*.
- Bacardit, L. O. (2011). *Diseño de experimentos en*. Igualada, España: Escola d'Enginyeria d'Igualada.
- Font, J. (2002). *Análisis y ensayos en la*. Igualada, España: Escola d'Enginyeria d'Igualada.
- Hao, D. W. (2023). Sustainable Leather Making . *Science of the Total Environment*.
- Luo, J. Y. (2022). A novel eco-combination tannage of chrome-free leather with softness and high shrinkage temperature. *Journal of the Society of Leather Technologists and Chemists*.
- Morera, J. M. (2002). *Química Técnica de Curtición*. Igualada, España: Escola d'Enginyeria d'Igualada.
- Navilio, B. F. (2019). The characterization of volatile organic compounds (VOC) in wet-white and metal free leather. *Beningn by Desing Leather-the Future through science an technology*.
- Ollé, A. B. (2002). *Maquinaria de curtidos*. Igualada, España: Escola d'Enginyeria d'Igualada.
- Otero, L. O. (2000). *Técnicas especiales de curtido*. Igualada, España: Escola d'Enginyeria d'Igualada.
- Soler, J. (2000). *Procesos de curtidos*. Igualada, España: Escola d'Enginyeria d'Igualada.