



Trabajo Terminal Especialidad en Curtido de Pieles.

Optimización del tiempo de curtido en pilas y oferta de extractos, en el proceso de curtido de suela.

Presenta:

Ing. Mariana Montserrat Aguilar Hernández

Tutor:

M.I.I María del Socorro García Murillo

Marzo del 2023.



GOBIERNO DE
MÉXICO



CONACYT
Comisión Nacional de Ciencia y Tecnología



León, Guanajuato, a 27 de febrero de 2023.

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

El abajo firmante Asesor de la alumna, **Mariana Montserrat Aguilar Hernández**, una vez leído y revisado el Trabajo Terminal titulado "*Optimización del tiempo de curtido en pilas y ofertas y oferta de extractos, en el proceso de curtido de suela*" autorizo que dicho trabajo sea presentado e impreso por el alumno (a) 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 27 días del mes de febrero del año 2023.

MII. María del Socorro
García Murillo.



Resumen

En el siguiente trabajo se presenta un estudio sobre el curtido vegetal para la producción de suela en el cual el objetivo principal es estandarizar la variable de salida referente al espesor que esta presenta, dado que la rentabilidad en este tipo de negocios va referenciada a los kilogramos vendidos. Se determinaron los parámetros bajos los cuales deben operar las especificaciones constantes a controlar, así como la definición de las variables de las combinaciones que optimicen el sistema en los aspectos valorados para este trabajo en el artículo ya como producto terminado.

El resultado obtenido fue el entendimiento del sistema para el curtido comprendido por un sistema pila-tambor así como una variable de espesor estandarizada con una amplitud de menor proporción, complementaria al control en la incidencia de los porcentajes de selección, así como el ahorro en el consumo de la materia principal referida al curtiente vegetal empleado, esto debido a que se logró optimizar las condiciones de atravesado y porcentaje tánico depositado en el cuero como resultado del control de los días en pilas en base al peso tripa de entrada de cada una de las partidas.

Palabras clave: Pila, recurtido, relación tanino/ no tanino, peso tripa, espesor, curtiente vegetal

Abstract

A study on vegetable tanning for the production of soles is presented. The main objective was to standardize the variable factors referring to the sole's thickness, since the profitability in this type of business is referenced to sole's weight. The parameters to operate and the constant specifications to be controlled, were determined, as well as the definition of the variables in order to establish the combinations that optimize the system in the aspects valued for this work in the article as a final product. As a result, the tanning system was understood, comprised of a vegetable pit-drum system as well as a standardized thickness variable with a smaller proportion amplitude, complementary to the control in the incidence of the selection percentages, as well as the savings in the consumption of the main material referred to the vegetable tanning used, this because it was possible to optimize the conditions of traversing and tannic percent deposited in the leather as a result of the control of the days in vegetable tanning pits based on the pelt weight of each one of the batches.

Agradecimientos

Antes que cualquier cosa, me gustaría agradecer a Dios que día con día me dio la oportunidad de levantarme para seguir preparándome con el objetivo de ser mejor no solo profesionalista si no también ser humano y permitirme llegar hasta el final de la meta propuesta.

Quiero agradecer a mi familia quien ha sido un apoyo incondicional en mi vida, así como a mi pareja pues siempre me alentaron y convencieron de tener la capacidad necesaria para lograr todo lo que hasta el día de hoy me he propuesto, que los límites de lo alcanzable siempre los fijo yo y por lo tanto no existen los imposibles.

Así mismo, me gustaría agradecer al licenciado José Antonio, director de la empresa donde orgullosamente laboro, así como al gerente de operaciones Francisco Ramírez por la fe y confianza que han puesto en mí a lo largo de los años que Dios me ha permitido formar parte de Marfil Tannery.

Llena de orgullo puedo decir que mis días laborando ahí, han formado parte de los mejores recuerdos y experiencias que a mí corta edad he acumulado, y estoy y estaré eternamente agradecida por la oportunidad de crecer en sabiduría y profesionalismo que a diario me brindan en este recinto.

Y por último y no menos importante, me gustaría agradecer a mi asesor Socorro García Murillo quien nunca me dejó atrás e iba de la mano para hacer posible el cumplimiento de cada una de mis obligaciones, gracias por el valioso tiempo dedicado y la sabiduría y consejos compartidos.

Tabla de Contenido

Resumen	2
Abstract	3
Introducción	9
1. <i>Preámbulo</i>	9
2. <i>Planteamiento del problema</i>	9
3. <i>Justificación</i>	11
4. <i>Objetivos</i>	12
4.1 <i>Objetivo General</i>	12
4.2 <i>Objetivos específicos</i>	12
Marco Teórico	12
Metodología	21
1. <i>Cronograma</i>	24
Desarrollo Experimental	29
1. <i>Descripción de las Variables del Sistema</i>	29
2. <i>Verificación de las Atribuciones constantes del Sistema del Curtido en Pila</i>	31
2.1 <i>Descripción de actividades para el control del sistema analizado</i>	35
3. <i>Definición de límites de variabilidad</i>	38
3.1 <i>Límite inferior para días en pilas de curtido</i>	38
3.2 <i>Límite para variable de salida en producto terminado referente al Espesor 4</i>	38
3.3 <i>Límite superior para la variable de días en pilas para la estadía del centro suela</i> ...	39
3.4 <i>Límites para el parámetro del espesor del dividido en cal</i>	39
4. <i>Justificación de la elección de las variables del sistema: Peso Tripa, Días de Pilas, Días de recurtido en tambor</i>	39
5. <i>Determinación de la linealidad del modelo para definición de parámetros acorde a las</i>	

condiciones de entrada.	41
Conclusiones	48
1. <i>Determinación Reglas generales a cumplir para definir el flujo de producción y asegurar la estandarización de la variable de salida.</i>	48
2. <i>Determinación Disminución en la oferta de curtiente en tambor.</i>	50
Bibliografía	51
Apéndice	52

Listado de tablas e ilustraciones

Imágenes

<u>Imagen 1.</u> Descripción visual del planteamiento del problema de 3 especificaciones del sistema de estudio.	10
<u>Imagen 2.</u> Descripción visual de los enlaces formados por la molécula tánica y la molécula de colágeno.	13
<u>Imagen 3.</u> Descripción del sistema pila- tambor para el curtido vegetal de la suela.....	29
<u>Imagen 4.</u> Definición de la especificación Densidad para la pila de curtido.....	31
<u>Imagen 5.</u> Definición de la especificación pH para la pila de curtido.....	32
<u>Imagen 6.</u> Definición de la especificación Temperatura para la pila de curtido.....	33
<u>Imagen 7.</u> Definición de la especificación Relación tanino/ no tanino para la pila de curtido.....	34
<u>Imagen 8.</u> Descripción visual de los dos sistemas que en conjunto comprenden las 40 pilas de curtido en las cuales se lleva el proceso de deposición de tanino en la suela.....	36
<u>Imagen 9.</u> Representación visual para la liberación de atravesado en los cortes realizados como control antecedente al recurtido en tambor.	38
<u>Imagen 10.</u> Variación del % espesor 4 con dependencia a los días en pilas para un peso Tripa P1 y la variable constante D1 para los días de recurtido en tambor.....	41

<u>Imagen 11.</u> Variación del % espesor 4 con dependencia a los días en pilas para un peso tripa P2 y la variable constante D1 para los días de recurtido en tambor.....	42
<u>Imagen 12.</u> Variación del % espesor 4 con dependencia a los días en pilas para un peso tripa P3 y la variable constante D1 para los días de recurtido en tambor.....	44
<u>Imagen 13.</u> Variación del % espesor 4 con dependencia a los días en pilas para un peso tripa P4 y la variable constante D1 para los días de recurtido en tambor.....	45
<u>Imagen 14.</u> Variación del % espesor 4 con dependencia a los días en pilas para un peso tripa P5 y la variable constante D1 para los días de recurtido en tambor.....	46
<u>Imagen 15.</u> Referencia visual del comportamiento de la variable de salida referente al Espesor 4 y su estandarización a partir del desarrollo experimental.....	49

Tablas

<u>Tabla 1.</u> Descripción de las actividades realizadas.	23
<u>Tabla 2.</u> Descripción y definición de las especificaciones que define el sistema de estudio.....	30
<u>Tabla 3.</u> Descripción del análisis estadístico para la especificación de Densidad del sistema para el curtido en pila.	31
<u>Tabla 4.</u> Descripción del análisis estadístico para la especificación de pH del sistema para el curtido en pila.	33
<u>Tabla 5.</u> Descripción del análisis estadístico para la especificación de Temperatura del sistema para el curtido en pila.	33
<u>Tabla 6.</u> Descripción del análisis estadístico para la especificación de Relación tanino/no tanino del sistema para el curtido en pila.	34
<u>Tabla 7.</u> Comparativa de los valores de los circuitos independientes que comprenden el sistema que conforman las 40 pilas de curtido, donde bajo dichas condiciones se analizaron las propiedades del licor para concluir similitud de propiedades.	36
<u>Tabla 8.</u> Propiedades del licor del circuito CD comprendido por 20 pilas de curtido.....	37
<u>Tabla 9.</u> Propiedades del licor del circuito EF comprendido por 20 pilas de curtido.....	37
<u>Tabla 10.</u> Análisis de la variable de salida de estudio resultante de una única variable referente al peso tripa de entrada.	40

<u>Tabla 11.</u> Análisis de la variable de salida de estudio resultante de una única variable referente a días de pilas en el sistema de curtido.	40
<u>Tabla 12.</u> Análisis de la variable de salida de estudio resultante de una única variable referente a los días de recurtido en tambor.	40
<u>Tabla 13.</u> Resultado del promedio de incidencia para la variable del % espesor 4 con dependencia a los días en pilas y días de recurtido en tambor para un peso tripa P1.....	41
<u>Tabla 14.</u> Resultado del promedio de incidencia para la variable del % espesor 4 con dependencia a los días en pilas y días de recurtido en tambor para un peso tripa P2.....	43
<u>Tabla 15.</u> Resultado del promedio de incidencia para la variable del % espesor 4 con dependencia a los días en pilas y días de recurtido en tambor para un peso tripa P3.....	44
<u>Tabla 16.</u> Resultado del promedio de incidencia para la variable del % espesor 4 con dependencia a los días en pilas y días de recurtido en tambor para un peso tripa P4.....	45
<u>Tabla 17.</u> Resultado del promedio de incidencia para la variable del % espesor 4 con dependencia a los días en pilas y días de recurtido en tambor para un peso tripa P5.....	47
<u>Tabla 18.</u> Condiciones imperativas sobre límites de días a cumplir segregados por el peso tripa entrante.	48
<u>Tabla 19.</u> Combinación de variables que optimizan el sistema para cada especificación de entrada.....	48
<u>Tabla 20.</u> Referencia del % promedio y su desviación estándar en la variable de salida referente al Espesor 4.....	49
<u>Tabla 21.</u> Referencia del % de curtiente empleado para cada peso tripa entrante para la reducción en la oferta de demanda.	50

INTRODUCCIÓN.

1. Preámbulo

En Marfil Tannery la perfección y mejora continua están presentes en nuestros procesos, productos y por supuesto, en nuestro servicio. Nuestro enfoque va mucho más allá de la proveeduría de pieles, ya que nos esforzamos en generar alianzas con nuestros clientes, para lograr que sus productos alcancen el máximo nivel de excelencia, con un óptimo balance entre costo y calidad.

En Marfil Tannery trabajamos con estándares internacionales de calidad y contamos con una amplia experiencia en exportación, para garantizar entregas altamente formales. Además, cumplimos de manera impecable con las normativas ecológicas aplicables y fomentamos una cultura sustentable en cada miembro de nuestro equipo de trabajo.

2. Planteamiento del problema

La situación actual de los controles sistemáticos bajo los cuales opera el proceso de atravesado en pilas presenta ausencia de parámetros para la valoración de la optimización de las condiciones de operación que impactan en el aspecto de la difusión. Hoy en día se evalúan las propiedades químicas del licor de pila para la curtición de suela, pero se desconoce el impacto que la variable de estudio, la relación tanino/no tanino, puede presentar en el atravesado del curtiente en cada una de las partidas procesadas para disminuir el periodo de tiempo que éstas deban durar en pilas en relación a dicha variable, donde el promedio actual de días de proceso es de 19.5. En otras palabras, no se cuenta con un parámetro que se deba cumplir bajo cierta desviación de operación para el control de la relación tanino/no tanino, programando así el refuerzo de licor de extracto con la finalidad de mantener un valor deseado. Lo descrito anteriormente se debe a que no existe una variable de salida para determinar una correlación entre la concentración tánica del circuito y el porcentaje de tanino depositado en el artículo de interés, en este caso la suela, ya que únicamente se determinan las propiedades del producto terminado, donde dicho análisis implica la valoración del conjunto de procesos *Atravesado en Pila- Recurtido y Fijación en tambor*, por lo que dichas especificaciones no aíslan el proceso de pilas el cual es el que se pretende optimizar, con lo cual se estableció el objetivo de implementar dicho análisis del cuero al término de la estadía en pilas y no solamente al término del proceso.

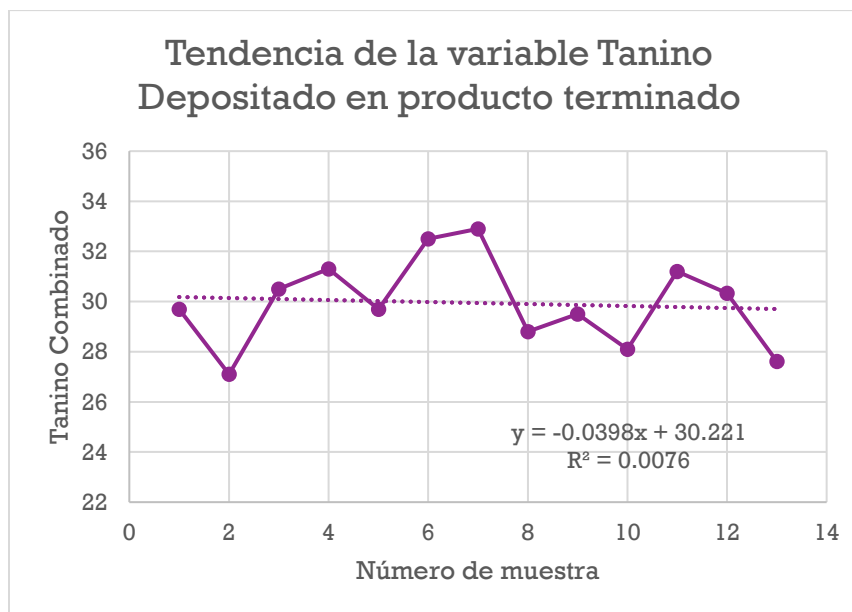
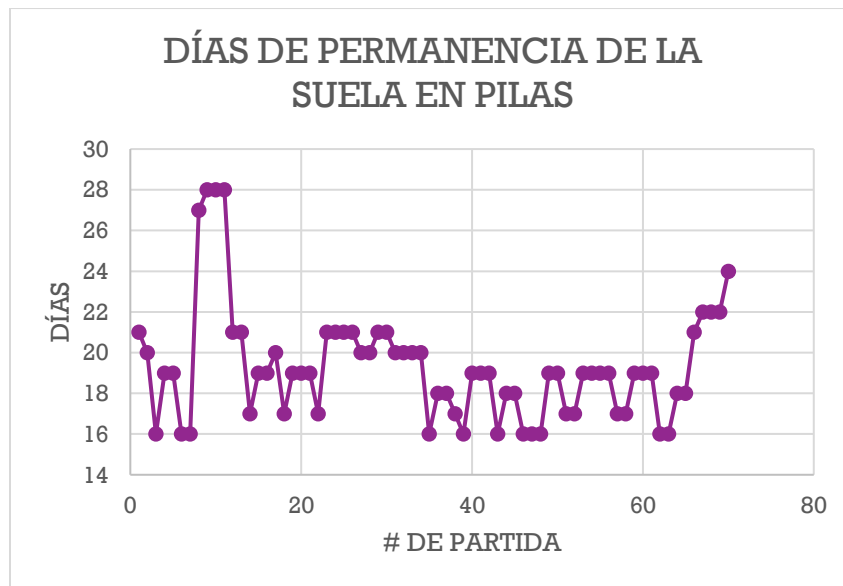
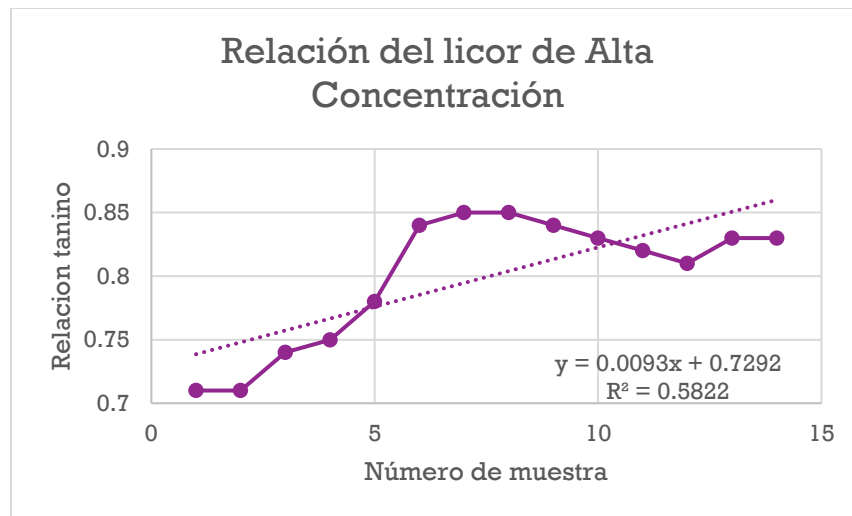


Imagen 1. Descripción visual del planteamiento del problema de 3 especificaciones del sistema de estudio.

Como se puede observar en los gráficos anteriores, a pesar de presentar un aumento en la relación tanino no tanino en el periodo de estudio, el cual comprende los meses de noviembre 2021 a marzo 2022, no es apreciable una disminución en el periodo de estadía de la suela en el proceso en pilas ni un aumento en el tanino depositado en el cuero considerando que, de fórmula base se tiene un porcentaje de curtiente constante para el proceso de recurtido en tambor.

Una vez conocido el rango de operación de la variable de la relación en el circuito, con el cual es posible asegurar el atravesado en 3 días menos de operación respecto al valor actual, se pretende desarrollar el complemento a las fórmulas reportadas en el marco teórico para determinar la periodicidad y concentración del refuerzo del licor de extracto para mantener la relación del circuito dependiendo del conocimiento de la capacidad que éste presente.

3. Justificación

El impacto de disminuir 3 días el proceso de estadía en pilas permitiría tener un flujo constante de una partida diaria tanto en el área de ribera como el área de recurtido dado que en la actualidad las partidas semanales procesadas en el RTE oscilan en promedio las 4 partidas con una desviación de ± 1 .

Como es bien sabido, todo lo que no se mide no se puede mejorar, con lo cual nos remitimos al hecho del desconocimiento real del costo que implica procesar una partida en el sistema implementado de pilas, referente únicamente al costo del curtiente empleado dado que en éste se tienen las siguientes entradas:

- Licor concentrado de extracto del curtiente a una densidad específica
- Recirculación del licor de los recurtidos en tambor de cada una de las partidas

Por lo tanto, es necesario aislar el costo que se recircula de los recurtidos y determinar la proporción en la que cada entrada afecta el costo de proceso para determinar el valor neto.

Determinando el costo se podría concluir la magnitud en la cual se incrementa la rentabilidad del proceso, donde se espera un costo beneficio mayor al tener una relación tanino/no tanino superior al promedio actual el cual es de 0.8 con menor tiempo de estadía en pilas, lo cual presenta como consecuencia tener un flujo de producción con 3 días menos de proceso en referencia al promedio actual de estadía.

Así mismo se obtendrá una mejora en base a la programación de refuerzos de licor concentrado donde el objetivo bajo el cual se especificarán las características de dicha entrada, será el cumplimiento del parámetro establecido para la relación tanino/no tanino obteniendo una menor desviación estándar en las propiedades del licor del circuito de alta dando menor variabilidad al producto terminado de una partida a otra.

4. Objetivos

Objetivo General.

Establecer parámetros de permanencia en tinas de la suela en base a:

- La relación tanino/no tanino del licor de curtido
- Espesor del producto terminado.
- Variabilidad de tiempo

Objetivos Específicos.

1. Racionalizar la permanencia en pilas
2. Implementar análisis para la valoración de procesos
3. Crear Base de datos
4. Generar Modelo para refuerzo de licor
5. Estandarizar la producción y rentabilidad
6. Dominio del sistema de pilas
7. Implementar una base de datos para el control de partidas en base a las propiedades del licor del proceso en pilas y las características del sistema durante el tiempo de estadía.

MARCO TEÓRICO

“El proceso de curtir cuero mediante el empleo de sustancias curtientes de origen vegetal se le conoce como curtido vegetal. Existen en la naturaleza una gran cantidad de plantas que contienen taninos que son los responsables de la estabilidad que confieren al colágeno.” (López & Hernández, 1986, p.244). Como bien se sabe los taninos son mezclas de polifenoles de gran complejidad que presentan un elevado peso molecular, este de aproximadamente 500 y 3000 (Morera, 2000, p.123)

“Los taninos vegetales se fijan sobre el colágeno mediante puentes de hidrógeno en un intervalo de pH de 2 a 8. Los grupos -OH de las moléculas tánicas forman enlaces transversales mediante puentes de hidrógeno con los grupos peptídicos del colágeno.” (Morera, J. M., 2000, p.130)

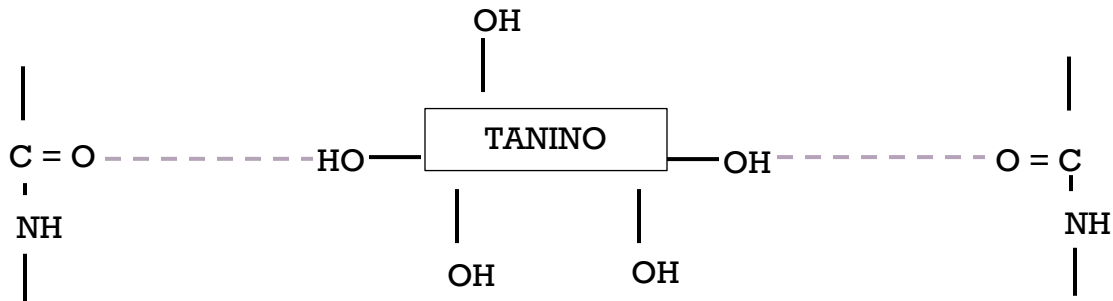


Imagen 2. Descripción visual de los enlaces formados por la molécula tánica y la molécula de colágeno.

La curtición mediante el empleo de taninos es posible dado que estos tienen el suficiente número de monómeros y un tamaño específico que le permite unir varias fibras a la vez, donde el número de enlaces que se formen con el colágeno dependerá del tamaño de la molécula y el número de grupos -OH que esta tenga. (Morera, 2000, p.130)

“Se clasifican en dos grupos:

- a) Pirogálicos e hidrolizables, que sin los que por hidrolisis en medio ácido y por ebullición forman productos solubles en agua.
- b) Catequínicos o condensados, que en las mismas condiciones forman precipitados.” (Morera, 2000, p.123)

“Los taninos condensados se forman por unión de núcleos polifenólicos mediante oxígenos-éter, a través de cadenas carbonadas de longitud variable, cuya unión puede ser del tipo catequina, resorcina, pirogalol, fenol; o mediante heterociclos conteniendo átomos de oxígenos y carbonos alifáticos.” (López & Hernández, 1986, p.235)

Los extractos vegetales se componen de diferentes elementos además de los taninos, un componente muy importante son las sustancias solubles no tánicas, las cuales se extraen separándoles del

vegetal junto con el tanino lixiviado. Este grupo es el denominado no taninos solubles en el análisis empleado para su cuantificación, donde estos pueden ser hidratos de carbono de diversos tipos como “ácidos orgánicos procedentes del vegetal y de la hidrólisis del tanino, fenoles simples que no han alcanzado todavía la magnitud molecular de taninos o productos que intervienen en la síntesis de estos; además de las sales contenidas en el tejido o en el agua empleada en la extracción.” (López & Hernández, 1986, p.235)

Los no taninos del extracto a emplear definen en cierta medida el comportamiento de este, donde los ácidos y las sales que los conforman pueden determinar en gran medida la relación sal/ ácido de la solución, referente a los azúcares presentes, estas pueden dar lugar a más ácidos por reacciones de fermentación y por último, las resinas y sustancias inertes pueden influir en la formación de lodos y precipitados dificultando de esta manera la difusión del curtiente. (López & Hernández, 1986, p.236)

Otro de los componentes presentes en las soluciones curtientes son elevados porcentajes de sustancias insolubles en agua, las cuales aparecen en suspensión o en forma de precipitados. Estos insolubles son propios remanentes de la extracción o se originan a lo largo del proceso de curtición. (López & Hernández, 1986, p.236).

Históricamente el curtido vegetal era realizado en una serie de pilas las cuales van aumentando de concentración tánica y disminuyendo su potencial de hidrogeno. “Muchos curtidores fabrican cuero fino utilizando sistemas de tambores y pilas, y algunos trabajan solo con tambores, lo que puede reducir en gran medida el tiempo necesario, ya que la acción del tambor acelera la penetración del tanino en el cuero.” (VegLeatherHub, SF)

El sistema de curtido pila tambor, asegura una calidad visual agradable a la vista, difícilmente conseguida con alguno de los otros métodos empleados. “Es un sistema utilizado por los curtidores artesanos que probablemente representan la mayoría de los curtidores del mundo, pero que en general, no han tenido formación técnica” (Mosiewicz, 1975, p.1). La perfección de un curtido vegetal a otro se basa principalmente en el desconocimiento y comprensión técnica del sistema así como la deficiencia en la obtención del equipo adecuado y consideraciones necesarias en el mismo.

Algunas de las ventajas del sistema pila- tambor son descritas a continuación:

- “Se utiliza un volumen limitado de los licores y el extracto añadido durante el curtido de cada partida se disuelve directamente en este volumen. No se realizan adiciones diarias de licor

fresco al sistema. Si no se forman licores agotados en el proceso, no surge el problema de su eliminación. Por lo tanto, este sistema puede denominarse sistema de curtido cerrado y sin efluentes.” (Mosiewicz, 1975, p.122)

- “Como el cuero después del curtido se lava con uno de los licores existentes, no se forman licores de lavado débiles, que en otros sistemas de curtido son tan difíciles de eliminar. Debido a este método de lavado del cuero curtido, se produce un ahorro considerable en el extracto, ya que se minimizan las pérdidas del licor concentrado.” (Mosiewicz, 1975, p.122)
- “Se producen regularmente cueros de color claro y uniforme y de flor muy suave.” (Mosiewicz, 1975, p.123)
- “La calidad de la piel es bien aceptada, no sólo en los mercados donde se practica el sistema, sino también en los mercados que importan los zapatos en los que se ha utilizado esta piel.” (Mosiewicz, 1975, p.123)
- “El sistema permite aumentar la producción, cuando se requiera, sin necesidad de instalar equipos adicionales.” (Mosiewicz, 1975, p.123)
- “En este sistema de curtido, se pueden producir suelas a partir de pieles de distinto origen y curación, encaladas por diversos métodos, sin necesidad de cambio en el proceso.” (Mosiewicz, 1975, p.123)
- “Los problemas que ocurren comúnmente tienen un efecto relativamente pequeño y rara vez conducen a una pérdida de producción.” (Mosiewicz, 1975, p.123)

Las posibles desventajas posibles a presentarse en este tipo de sistema son:

- “Para poner en marcha el sistema es necesario tener al menos 1 tambor y un número mínimo de pilas de la capacidad correspondiente a la capacidad productiva del tambor.” (Mosiewicz, 1975, p.123)
- Para iniciar el proceso, se debe realizar una inversión de capital para cubrir el costo del extracto necesario para la preparación de los licores de pila y tambor. (Mosiewicz, 1975, p.123)
- El curtido tarda unos 10 días para cueros ligeros y aproximadamente 17 días para cueros pesados. (Mosiewicz, 1975, p.123)

El sistema pila tambor es un método mixto que implica el asegurar la coloración en pila y la penetración tanto en pila como en tambor. Para la primera etapa de la coloración se recomienda una concentración del licor con una densidad en °Be dentro de un intervalo de 2-6 y un pH 5.0-5.2. Para la pila de penetración se recomienda manejar un rango de densidad °Be de entre 8-12 y un pH 4.5-4.8. En este

sistema para asegurar la uniformidad en las partidas entrantes es necesario controlar el contenido tánico, el pH y la concentración de sales. “En este proceso el cuero desencalado y precurtido se ubica en pilas de coloración durante 24 horas para obtener un color suave y parejo junto con un grano apropiado. En el siguiente paso los cueros son situados en las pilas de curtición hasta alcanzar la penetración total.” (Unitán, S.F)

Una de las variables más importantes a mantener siempre dentro de especificación es la relación tanino/ no tanino del licor, cuyo margen de operación recomendable por el autor es de 1.5 a 2, lo cual debe conseguirse con un drenaje periódico de la pila y el agregado de nuevos licores formados a partir de extractos puros. Referente al parámetro de temperatura más adecuado a manejar se recomienda un intervalo de operación de entre 22 y 26 °C, cuya variable optimizara el tiempo de atravesado, acortando el proceso a un tiempo de 5 a 10 días dependiendo del espesor del cuero. “El propósito del recurtido en tambor es agregar mayor cantidad de extractos vegetales y aumentar el peso y la resistencia. Para asegurar estas características es necesario supervisar cuidadosamente la concentración, el pH, el comportamiento y temperatura del licor.” Así mismo el proceso de fijación se lleva en el tambor alcanzando temperaturas de entre 36 a 38°C y valores de pH de 3.8-3.9 con la finalidad de asegurar un cuero maleable y de tacto semi suave. (Unitán, S.F)

El curtido es un proceso principalmente de difusión donde la velocidad de penetración se rige por la diferencia entre la concentración externa e interna del curtiente. “Por lo tanto, si se pudiera aumentar la fuerza de los licores de curtiduría utilizando licores elaborados a partir de extractos en lugar de licores de lixiviación, el tiempo necesario para completar la curtición podría acortarse sustancialmente, con la consiguiente reducción de la degradación del tanino y la formación de lodos.” (VegLeatherHub, S.F).

La curtición vegetal se comprende de dos etapas donde una es continuidad de la otra y las características y propiedades de cada una pueden influir en la velocidad de curtición, pudiendo afectarse o beneficiarse en mayor o menor grado. Estas son:

- “Penetración: (Difusión) de la solución curtiente hacia el interior de la piel.”
- “Fijación: (Curtido propiamente dicho) del tanino sobre el colágeno.” (Valenti, S.F, p.2)

“En líneas generales:

- La velocidad de penetración varía de acuerdo a la estructura y propiedad de la piel, características de los extractos tánicos (astringencia, tamaño de partículas), pH, concentración salina y tánica, temperatura y efecto mecánico.
- La fijación varía según los tratamientos previos de la piel que modifica la estructura y propiedades del colágeno, pH, concentración de ácidos, sales y taninos, temperatura, tiempo y efecto mecánico.” (Valenti, S.F, p.3)

Las variables de las cuales depende la penetración en pilas son:

- pH: La fijación de los taninos ocurre en un intervalo amplio de pH el cual corresponde desde 2.0 hasta 4.5 donde en el límite inferior se obtiene la mayor fijación de los taninos, esto porque a medida que el pH disminuye se aumentan las cargas positivas en el colágeno y es posible aumentar la reactividad de los taninos donde estos poseen las cargas negativas necesarias para realizar el enlace. “A pesar de que los taninos también se fijan en el intervalo de pH 5.5 a 8.0 no es de interés práctico debido a la rápida oxidación de los mismos.” (Valenti, S.F, p.3). El límite superior del parámetro anteriormente establecido es referido al pH isoeléctrico del colágeno en la piel acondicionada previa al curtido referido a un pH de 5, donde las cargas positivas de la molécula son iguales a las cargas negativas, por tanto es un pH óptimo para la penetración máxima del curtiente al interior de la piel y donde la fijación que se puede presentar a dichas condiciones será mínima. “Una vez lograda la penetración total, se baja el pH de todo el sistema, generalmente con un ácido orgánico que tiene el efecto de 'fijar' el curtiente en el interior del cuero.” (Leather International, 2005).
- Temperatura: Al aumentar la temperatura se aumenta la velocidad de penetración del curtiente dada la disminución en la densidad y viscosidad de los licores así como también se logra aumentar la fijación de los taninos. (Valenti, S.F, p.3).
- Concentración de los extractos curtientes: En las primeras etapas del curtido realizado en pilas, la penetración de curtiente al interior de la piel se da por un proceso de osmosis. Mientras mayor sea la concentración de los licores curtientes mayor será la velocidad de difusión de los mismos.

“Una densidad excesiva (por encima de la solubilidad del extracto) puede dar el efecto contrario ya que ocurre una deshidratación del cuero y sobre curtición de la flor con una consecuente curtición muerta”. (Valenti, S.F, p.4).

- Concentración salina: La concentración de sales en esta etapa es importante pues simulan el mismo efecto en la previa adición del ácido en el pickle, donde se previene e hinchamiento osmótico, relajando las fibras y favoreciendo la penetración del curtiente dado un cierto tipo de efecto enmascarante. “Una cierta cantidad de sales es buena en la primera fase del curtido cuando es importante reducir la astringencia o agresividad de los curtientes. En la fase final la cantidad de sales debe ser mínima para garantizar una buena fijación de los taninos. Una excesiva concentración salina produce debilitamiento de las fibras, baja fijación y un cuero poco resistente al agua.” (Valenti, S.F, p.4).

Referente al cuerpo del cuero curtido con extractos vegetales, la proporción de sal dentro del mismo determinara en cierta parte lo referido a este. Una alta concentración salina dará cueros suaves, mientras que una baja concentración en sal y un alto contenido en ácido darán un cuero firme. (Leather International, 2005).

Tinas de Curtido.

En el curtido en pilas, las pieles se transfieren de una tina a otra aumentando la concentración del licor. En un sistema de dos tinas, las pieles duran entre 4 a 8 días en las pilas de coloración y penetración de 10 a 20 días en las tinas de curtido. Al final del periodo total los cueros deberán estar completamente atravesados. (Valenti, S.F, p.7).

“Valores analíticos:

✓ Primera serie:

- Densidad: 7-8 °Be
- pH: 4.5-4.6
- Relación T/nT: 1.1-1.2
- Relación sales/ácidos: 5-6

✓ Segunda serie:

- Densidad: 10-11 °Be

- pH: 4.3-4.4
- Relación T/nT: 1.4-1.6
- Relación sales/ácidos: 4-4.5” (Valenti, S.F, p.8).

Distribución de los extractos y movimiento de los licores

Para mantener fresco el licor de las pilas es necesario hacer recorridos de baño de la tina de mayor concentración, a la tina de concentración inferior más próxima. Las pilas de curtido deberán ser reforzados con los licores del recurtido en tambor previamente decantado, así como licor preparado a base de agua pura de baja dureza y extracto puro del curtiente vegetal. De este modo tanto la relación tanino/ no tanino como mantenimiento del pH y la relación sal/ ácido se verán favorecidos con ducha renovación constante de licores. (Valenti, O., S.F, p.9).

Las fórmulas que se presentan a continuación, “le permiten al curtidor preparar licores de curtición con características determinadas, recurriendo a licores nuevos o por refuerzo de licores agotados que han perdido poder de curtición ya sea por absorción de los taninos y/o aumento de los No Taninos.”

“Para evaluar un licor usaremos dos conceptos:

- a) Contenido tánico que se expresa en Taninos g/L
- b) Poder de Curtición que se puede expresar de dos maneras distintas:”

$$\text{Relación: } \frac{\text{Taninos}}{\text{No Taninos}} = R$$

$$\text{Pureza: } \frac{\text{Taninos} \times 100}{\text{Taninos} + \text{No Taninos} + \text{Insolubles}} = P$$

(Instituto del Quebracho IDEQ, SF, p. 1-3)

Un licor de curtiente vegetal envejece cuando el valor de R presenta un decremento, esto debido a que el cuero absorbe una mayor proporción de Taninos que los No Taninos y a su vez la concentración de estos aumenta debido la disolución de las sales y sustancias orgánicas de la piel que son solubles en agua y desprendidas en el proceso de curtición. La condición idónea en la curtición en pilas es alcanzar el equilibrio entre la absorción de la relación entre taninos/ no taninos por el cuero donde esta permanezca constante, para así conseguir que el valor de R disminuya lentamente.

“Se debe controlar el valor de R y si se observa que este disminuye se debe aumentar mediante el drenado de una parte del licor agotado y el refuerzo con una cantidad adicional de Extracto curtiente.”
(Instituto del Quebracho IDEQ, SF, p. 1-3)

La fórmula presentada a continuación se emplea cuando se requiere aumentar la relación tanino/ no tanino de un licor a volumen constante mediante el agregado de un licor de mayor concentración manteniendo la densidad original del licor a reforzar:

- V_o : Volumen original
- L : °Be licor original
- $V_D = V_x$: Volumen a descartar y a reponer
- C : °Be licor de refuerzo
- R_o : Relación del licor a reforzar
- R_c : Relación del licor concentrado
- R_d : Relación del licor deseada
- T_o : Taninos licor original g/L
- N_o : No Taninos licor original g/L
- T_c : Taninos licor concentrado g/L
- V_C : Volumen a tomar del licor concentrado
- A : Volumen de agua a agregar

$$V_D = \frac{N_o * V_o * R * C}{(T_o * L) + (N_o * R * C)} \quad ec. (1)$$

$$R = R_o * \frac{R_d - R_o}{R_c - R_d} \quad ec. (2)$$

$$V_C = \frac{L * V_D}{C} \quad ec. (3)$$

$$A = V_D - V_C \quad ec. (4)$$

(Instituto del Quebracho IDEQ, SF, p. 11-12)

METODOLOGÍA

DESARROLLO EXPERIMENTAL.

# de Actividad	Actividad	Descripción	Justificación
1	Introducción.	Desarrollo del preámbulo, descripción y justificación del problema de estudio	Delimitación de los objetivos a cumplir
2	Búsqueda y análisis de la bibliografía.	Búsqueda de información referente al tema estipulado.	Fundamentar la metodología a seguir para lograr los objetivos definidos.
3	Realizar el análisis estadístico del sistema de estudio.	Análisis estadístico de las variables controladas del sistema operativo como lo son pH, temperatura y densidad. El análisis estadístico deberá evaluar las siguientes propiedades: <ul style="list-style-type: none"> ○ Media aritmética ○ Moda ○ Mediana ○ Desviación estándar ○ Especificación inferior ○ Especificación superior ○ Índices de capacidad y métricas seis sigma. 	Asegurarse de que las variables de las cuales depende el atravesado de las pieles en el curtido en pilas, puedan considerarse como constantes en el modelo del sistema y la relación tanino/ no tanino sea la única variable dependiente y única correlación con la variabilidad de las propiedades adquiridas por la piel.
4	Realizar el muestreo de las 45 pilas y análisis de la información recabada.	Valoración de la uniformidad de las propiedades del licor en las 45 pilas que comprenden el sistema determinando pH, temperatura y densidad de cada muestra.	Asegurarse de que el sistema de bombas implementado en el sistema proporciona condiciones y propiedades homogéneas al licor el cual es el medio para conferir las características esperadas a las pieles en cada pila en el tiempo deseado.
5	Diseño de la bitácora para el registro de resultados.	Recolección de los siguientes datos para el análisis de información y conclusiones de los mismos: <ul style="list-style-type: none"> • Piezas de ocupación en el circuito. • Kilogramos procesados por días • Volumen de recirculación • pH, densidad, temperatura • Días de permanencia en pilas. • Volumen de extracto de curtiembre adicionado. 	Inferencia del comportamiento de las pieles con relación de la concentración tánica del sistema.

		<ul style="list-style-type: none"> • Relación tanino/ no tanino • Especificaciones de la piel a la salida de pilas 	
6	Análisis de la muestra del licor de recurtido.	<p>Determinación de las propiedades del licor de retorno del proceso de recurtido en tambor.</p> <p>La práctica de laboratorio será realizada siguiendo la metodología planteada en: "Manual de métodos de análisis para el químico curtidor" cuya técnica se reporta en los apéndices.</p>	Determinar el impacto que el licor de recurtido presenta en las pilas una vez que este es adicionado y valorar el cambio en la relación tanino/ no tanino en el sistema.
7	Análisis de la muestra del licor de refuerzo.	<p>Determinación de las propiedades del licor de refuerzo de extracto puro para el circuito de alta concentración.</p> <p>La práctica de laboratorio será realizada siguiendo la metodología planteada en: "Manual de métodos de análisis para el químico curtidor" cuya técnica se reporta en los apéndices.</p>	Determinar el impacto que el licor de refuerzo presenta en las pilas una vez que este es adicionado y valorar el cambio en la relación tanino/ no tanino en el sistema
8	Análisis de información para determinar el refuerzo necesario en el sistema.	Análisis para determinar las propiedades del refuerzo necesario para establecer el valor de la relación tanino/ no tanino, deseada y realizar la solución de concentración deseada para su adicción.	Acondicionar el licor con el valor de relación tanino/ no tanino deseado para dimensionar la variabilidad que distintos valores de ésta otorgan a las pieles procesadas.
9	Análisis químico cuantitativo del licor de estudio.	<p>Análisis del licor en pila para corroborar el valor real de la relación tanino/ no tanino por triplicado.</p> <p>La práctica de laboratorio será realizada siguiendo la metodología planteada en: "Manual de métodos de análisis para el químico curtidor" cuya técnica se reporta en los apéndices.</p>	Veracidad de los datos que serán utilizados en la correlación de la función que describirá su comportamiento entre las variables.
10	Análisis químico cuantitativo de la piel de estudio.	<p>Análisis de cortes a la salida de pilas para la valoración de las propiedades adquiridas por la permanencia en el licor acondicionado por triplicado.</p> <p>La práctica de laboratorio será realizada siguiendo la metodología planteada en: "Manual de métodos de análisis</p>	En primera instancia se debe verificar que el atravesado del licor sea completo a través del espesor de la piel, es decir, de flor a carne, así como determinar que las propiedades en la piel presenten un grado de curtido entre un 55-65%.

		para el químico curtidor” cuya técnica se reporta en los apéndices.	
11	Actualización de la base de datos seguido de cada análisis de laboratorio.	N/A	N/A
<p>El conjunto de actividades comprendidas por los números 8, 9, 10 y 11 comprenden un período de tiempo de quince días dado que para el análisis del licor es necesario determinar un conjunto total de 13 variables las cuales son: pH, temperatura, densidad, rango, taninos, no taninos, sólidos totales, sólidos solubles, sólidos insolubles, relación tanino/ no tanino, pureza, relación sal ácido y cenizas y para el análisis de las pieles es necesario determinar un conjunto total de 14 variables las cuales son: Humedad, Cenizas totales, Grasa total, pH, Delta pH, Densidad, Ruptura de Flor, Materia soluble, Cenizas sulfatas de soluble, Materia orgánica soluble, Nitrógeno total, Sustancia dérmica, Tanino combinado y Grado de curtido, donde ambos análisis se realizan por triplicado.</p> <p>Así mismo, se plantea un conjunto de 10 perturbaciones del sistema para el análisis de las propiedades en la piel dado el tiempo de reacción, el tiempo de espera para recabar datos del análisis de laboratorio y el costo de insumos de materia prima para modificar la concentración en campo.</p>			
12	Determinación de la función entre las variables de relación tanino/ no tanino y tanino depositado en la piel.	Establecer la función que describa el comportamiento entre dichas variables y determinar si el comportamiento es linealmente dependiente, exponencial, cuadrático, logarítmico o presenta una correlación diferente.	A partir del establecimiento de dicha función se pretende determinar el valor que la optimice.
13	Comparativa de la rentabilidad del proceso con las variables optimizadas.	Determinación del ROI para ambos procesos.	Dado que aumentar el valor de la relación tanino/ no tanino implica el incremento en la demanda del curtiente como refuerzo para el licor de pilas, es necesario determinar si este costo representa un incremento en los ingresos dada la disminución en tiempo para obtener retribución del producto terminado.

Tabla 1. Descripción de las actividades realizadas.

a) CRONOGRAMA

Cronograma de Actividades		Mes	Abril							Mayo											
		Fechas	18/04/2022 - 24/04/2022			25/04/2022 - 01/05/2022				2/05/2022 - 8/05/2022			9/05/2022 - 15/05/2022								
Nombre de la Actividad	Duración Días	Numero de semana	3			4				1			2								
Introducción: Desarrollo del preámbulo, descripción y justificación del problema de estudio, así como la delimitación de los objetivos a cumplir.	2		x																		
Búsqueda y análisis de la bibliografía, así como la redacción del marco teórico.	9			x	x	x	x	x	x												
Diseño y revisión de la metodología experimental, así como el estudio de la reproducibilidad.	3								x	x	x										
Determinación de la desviación que presentan las variables medidas del sistema operativo como lo son pH, Temperatura y Densidad.	2											x	x								
Valoración de la uniformidad de las propiedades del licor en las 138 pilas que comprenden el sistema.	3													x	x	x	x	x	x	x	x

Cronograma de Actividades		Mes	Junio							Septiembre								
		Fechas	13/06/2022-19/06/2022			20/06/2022 - 26/06/2022				5/09/2022 - 11/09/2022								
Nombre de la Actividad	Duración Días	Numero de semana	3			4				2								
Análisis del extracto del licor en pila para corroborar el valor real de la relación tanino/ no tanino por triplicado.	3		x	x	x													
Análisis de cortes a la salida para la valoración de las propiedades adquiridas por triplicado	3		x	x	x	x	x											
Actualización de la base de datos	1							x										
Conjunto de las actividades a realizar para un muestreo total de 9 pruebas adicionales: - Análisis para determinar las propiedades del refuerzo e implementación. - Análisis del licor para obtención del valor real - Análisis y cortes a la salida de pilas para su valoración por triplicado. - Actualización de la base de datos.	55																	x

Cronograma de Actividades		Mes	Septiembre																			
		Fechas	12/09/2022 - 18/09/2022					19/09/2022 - 25/09/2022					26/09/2022 - 2/10/2022									
Nombre de la Actividad	Duración Días	Numero de semana	3					4					5									
Revisión de la base de datos para el estudio de la rentabilidad y valoración del objetivo	5		x	x	x	x	x															
Análisis estadístico de la información	10							x	x	x	x	x	x	x	x	x	x					
Cronograma de Actividades		Mes	Octubre																			
		Fechas	03/10/2022 - 09/10/2022					10/10/2022 - 16/10/2022					17/10/2022 - 23/10/2022									
Nombre de la Actividad	Duración Días	Numero de semana	1					2					3									
Determinación del modelo para la estimación de la relación tanino/ no tanino	15		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x					
Cronograma de Actividades		Mes	Octubre					Noviembre														
		Fechas	24/10/2022 - 30/10/2022					31/10/2022 - 6/11/2022					7/11/2022 - 13/11/2022					14/11/2022 - 20/11/2022				
Nombre de la Actividad	Duración Días	Numero de semana	4					1					2					3				
Redacción del trabajo terminal	15		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x					
Revisión del trabajo Terminal	5																	x	x	x	x	x

DESARROLLO EXPERIMENTAL

1. Descripción de las Variables del Sistema

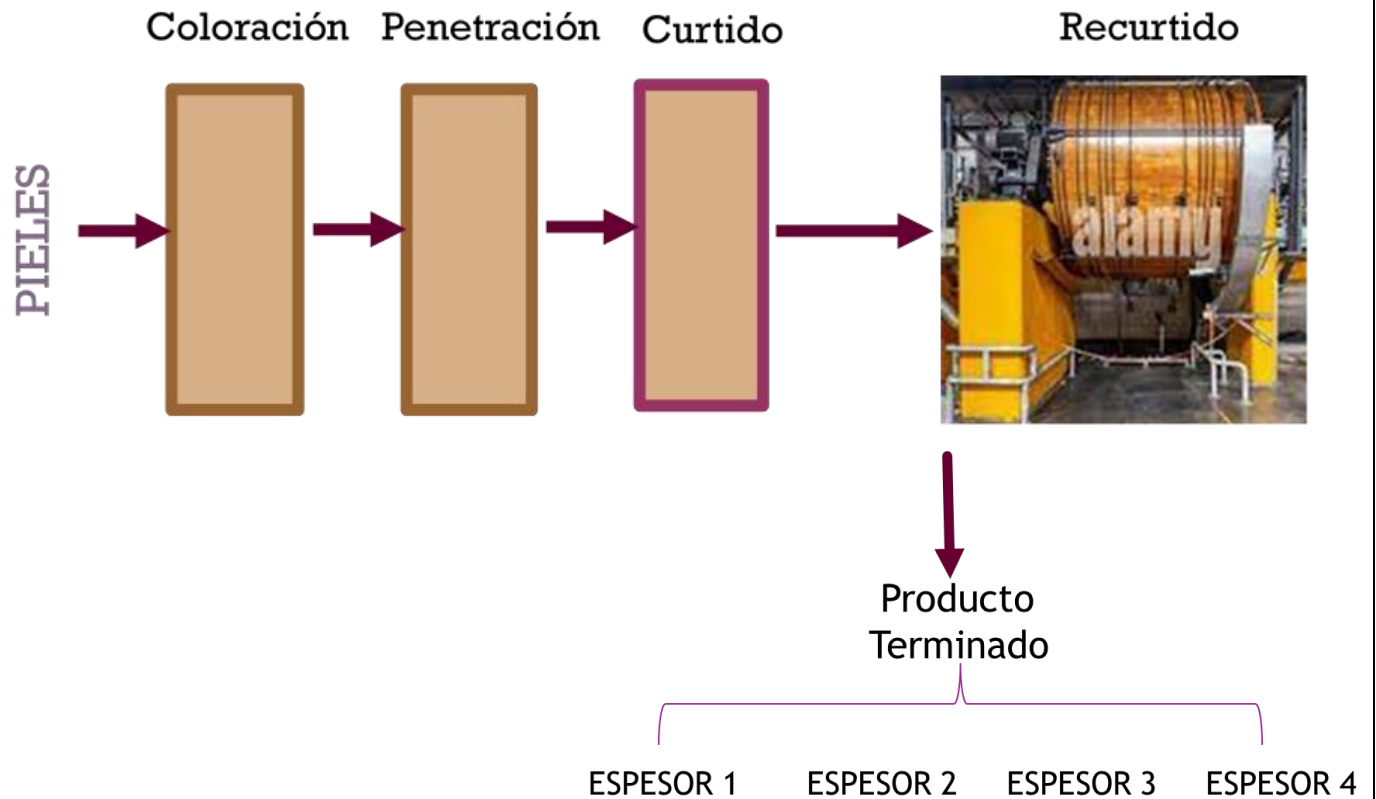


Imagen 3. Descripción del sistema pila- tambor para el curtido vegetal de la suela.

Variables del Sistema:

- Refuerzos (extracto y licor)
- Días en pilas
- Porcentaje de ocupación del circuito para el curtido del centro suela en pilas
- Recurtido en tambor (días y oferta de curtiente)
- Peso tripa promedio

SISTEMA	CARACTERÍSTICA	VALOR	ESPECIFICACIÓN
Entrada de pieles	Peso Tripa (kg)	Variable	(P1 - P5) P5>P4>P3>P2>P1 (diferencia entre ellos=1 kg)
Circuito de Coloración	Densidad (°Be)	Constante	5.5 - 7.5 °Be
	pH	Constante	4.7 - 5.2
	Días de estadía	Constante	1 día
Circuito de Penetración	Densidad (°Be)	Constante	7.5 - 9.5 °Be
	pH	Constante	4.3 - 4.8
	Días de estadía	Constante	1 día
Circuito Curtido	Densidad (°Be)	Constante	13.0 - 14.0 °Be
	pH	Constante	3.8 - 4.4
	Temperatura (°C)	Constante	27.0 - 31.0 °C
	Relación (g/l) T/No T	Constante	0.75 - 0.90
	Días de estadía	Variable	Rango 14 a 30 días
Recurtido en Tambor	Días en tambor	Variable	(D1, D2) Donde D2>D1 d=2 días
	Ofertado de curtiente	Constante	CONFIDENCIAL

Tabla 2. Descripción y definición de las especificaciones que define el sistema de estudio.

2. Verificación de las Atribuciones constantes del Sistema del Curtido en Pila

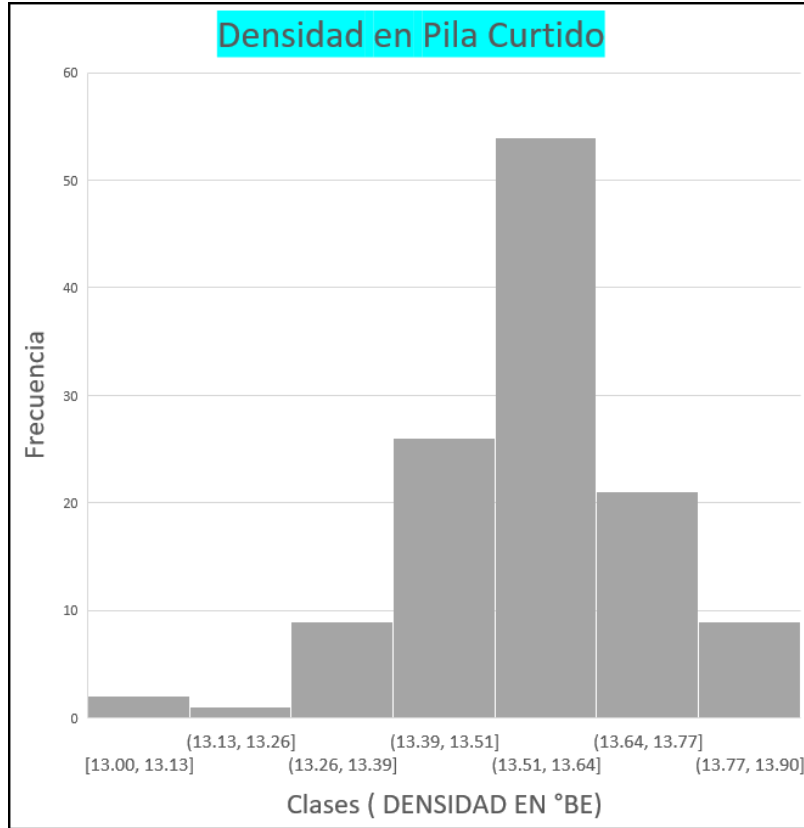


Imagen 4. Definición de la especificación Densidad para la pila de curtido.

	Densidad	UNIDADES
Promedio	13.6	°Be
Desviación estándar	0.17	°Be
Mínimo	13.0	°Be
Máximo	13.9	°Be
Mediana	13.6	°Be
Moda	13.6	°Be
Especificación de calidad superior	13.0	°Be
Especificación de calidad inferior	14.0	°Be
Error estándar (Sx)	0.01	°Be
Media + 1.96 sx	13.6	°Be
Media - 1.96 sx	13.5	°Be
Número de datos	192	-
Datos dentro de intervalo	159	-
% equivalente al cumplimiento	83	%
Cp	1.4	-

Tabla 3. Descripción del análisis estadístico para la especificación de Densidad del sistema para el curtido en pila.

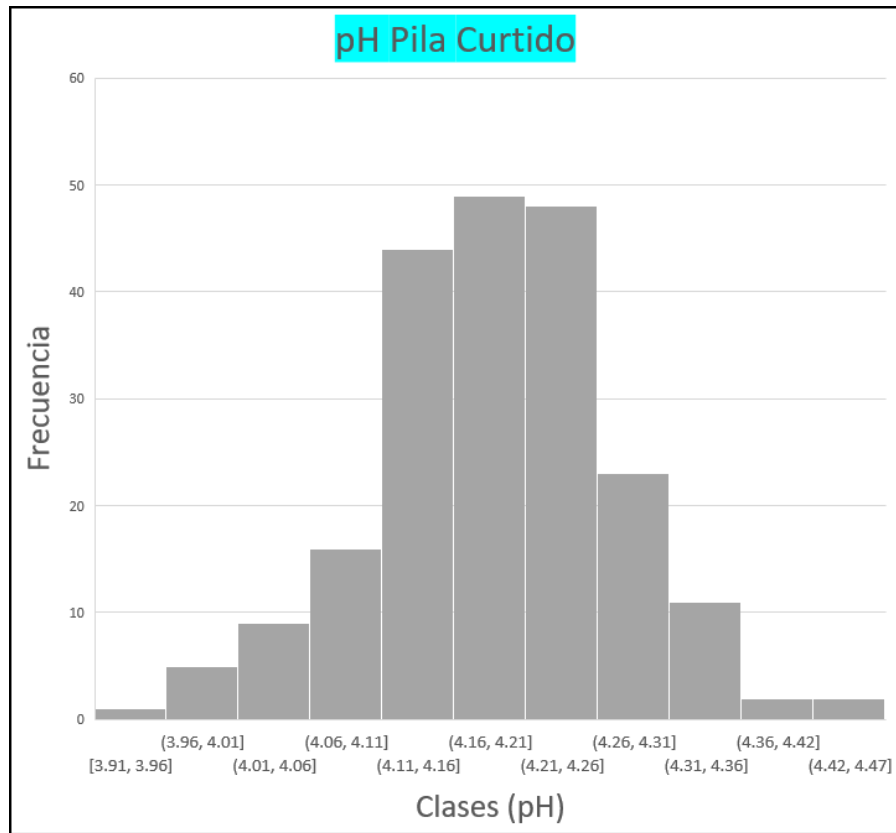


Imagen 5. Definición de la especificación pH para la pila de curtido.

	pH	UNIDADES
Promedio	4.22	-
Desviación estándar	0.07	-
Mínimo	4.00	-
Máximo	4.42	-
Mediana	4.22	-
Moda	4.23	-
Especificación de calidad superior	3.80	-
Especificación de calidad inferior	4.40	-
Error estándar (Sx)	0.00	-
Media + 1.96 sx	4.23	-
Media - 1.96 sx	4.21	-
Número de datos	210	-
Datos dentro de intervalo	162	-
% equivalente al cumplimiento	77.1	%
Cp	1.4	-

Tabla 4. Descripción del análisis estadístico para la especificación de pH del sistema para el curtido en pila.

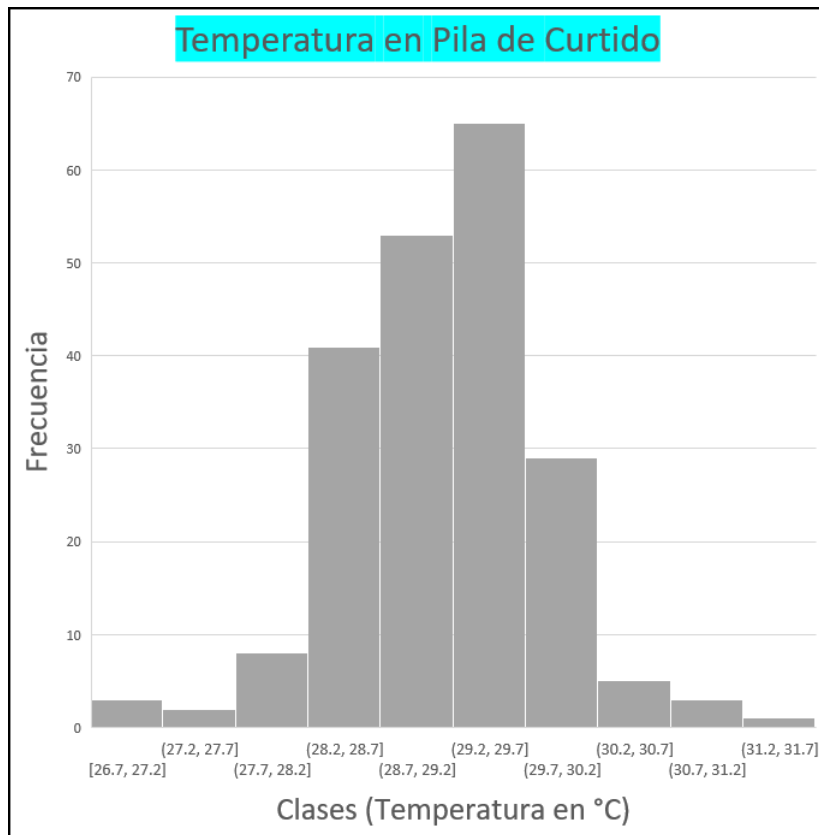


Imagen 6. Definición de la especificación Temperatura para la pila de curtido.

	Temp.	UNIDADES
Promedio	29.1	°C
Desviación estándar	0.7	°C
Mínimo	26.7	°C
Máximo	31.3	°C
Mediana	29.0	°C
Moda	29.0	°C
Especificación de calidad superior	31	°C
Especificación de calidad inferior	27	°C
Error estándar (Sx)	0.05	°C
Media + 1.96 sx	30.5	°C
Media - 1.96 sx	27.7	°C
Número de datos	210	-
Datos dentro de intervalo	171	-
% equivalente al cumplimiento	81	°C
Cp	1.2	-

Tabla 5. Descripción del análisis estadístico para la especificación de Temperatura del sistema para el curtido en pila.

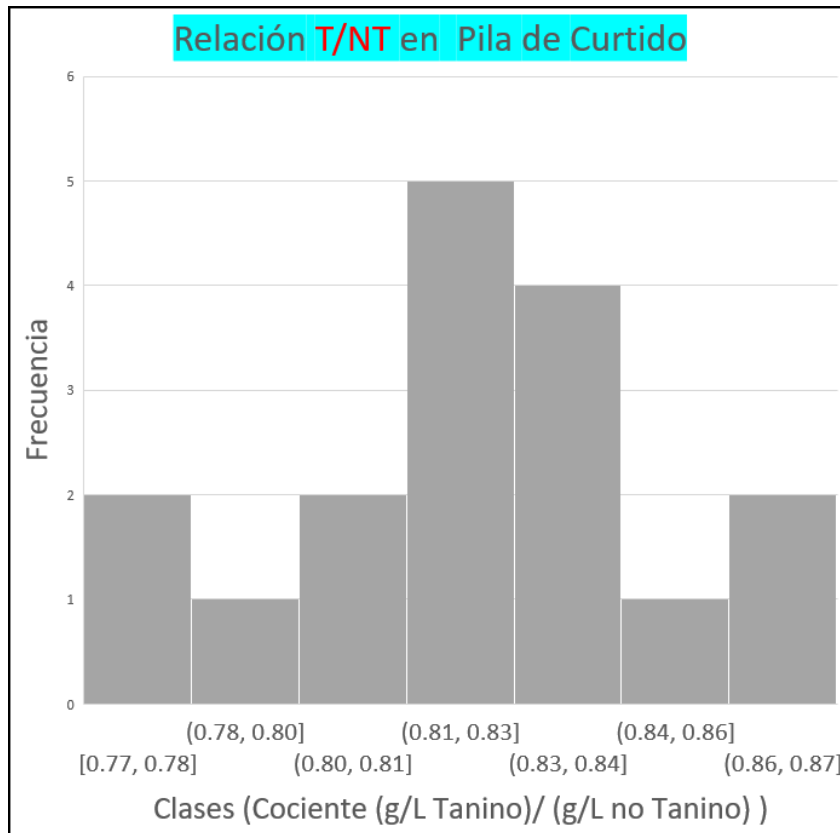


Imagen 7. Definición de la especificación Relación tanino/ no tanino para la pila de curtido.

Relación (g/L Tanino)/ (g/L No Tanino)	Valor	Unidades
Promedio	0.82	-
Desviación estandar	0.03	-
Mínimo	0.77	-
Máximo	0.87	-
Mediana	0.82	-
Moda	0.82	-
Especificación de calidad superior	0.90	-
Especificación de calidad inferior	0.75	-
Error estándar (Sx)	0.01	-
Media + 1.96 sx	0.84	-
Media - 1.96 sx	0.81	-
Número de datos	17	-
Datos dentro del intervalo	11	-
% equivalente al cumplimiento	65	%
Cp	1	-

Tabla 6. Descripción del análisis estadístico para la especificación de Relación tanino/ no tanino del sistema para el curtido en pila.

2.1 Descripción de actividades para el control del sistema analizado

A manera de resumen a continuación se enlistan las siguientes consideraciones a realizar para controlar las condiciones del licor de la pila de curtido:

- Recorrido del 21 al 28% del volumen total comprendido por las 40 pilas de curtido para la renovación de licor de manera mensual al circuito correspondiente de menor concentración con rango inferior por debajo de este.
- Ajustes del 0.08 al 0.12% % relativo al volumen total del sistema de adición de metabisulfito de sodio como mantenimiento preventivo en la oxidación del baño de manera mensual.
- Ajustes del 0.008 al 0.015% relativo al volumen total del sistema de secuestrante en la prevención de manchas de fierro de manera mensual.
- Ajustes del 0.005 al 0.012%% relativo al volumen total del sistema de fungicida en la prevención en la generación de hongos y sus esporas como mantenimiento preventivo realizado mensualmente.
- Ajuste con extracto puro en un porcentaje del 1.6 al 2.0% referido a peso de curtiente con respecto al volumen total del circuito a reforzar en un mantenimiento preventivo mensual.
- Limpieza de grasas y aceite depositado de manera superficial en el baño.
- Valoraciones analíticas de las propiedades del baño de recurtido en tambor para la descarga de pilas con la finalidad de determinar la instancia final de descarga así como asegurar las condiciones posteriores deseables del baño de recurtido y los ajustes necesarios para conseguirlas. Ejemplo: determinar el momento adecuado para disminuir o aumentar la oferta necesaria de curtiente en el proceso del recurtido en tambor evaluando la relación tanino/ no tanino para determinar el agotamiento del baño, el parámetro de este oscila de 1.3 – 1.6 para la variable relación tanino/no tanino.
- Asegurar que las condiciones de los dos circuitos que comprenden en conjunto total de las 40 pilas de curtido para centro suela, siempre mantengan valores de pH, densidad ($^{\circ}\text{Be}$) y temperatura ($^{\circ}\text{C}$) dentro de una desviación estándar del ± 0.2 unidades para las variables de pH y densidad y de ± 0.1 unidad para la variable de temperatura, ya que la definición estructural para el sistema es de un sistema de tubería acoplado a una bomba y un intercambiador para un suministro total de 20 pilas, por lo cual manejamos dos circuitos independientes los cuales debemos asegurar operen como uno de manera cualitativa y cuantitativa referente a parámetros de laboratorio con la finalidad de unificar

las propiedades de salida en el producto terminado, estas referentes al color de la pieza, el temper, propiedades físicas, espesor, entre otras. El sistema se ilustra en la siguiente imagen donde se muestran a su vez los controles realizados de manera mensual.

Imagen del circuito de curtido donde se observan los dos sistemas independientes conformados por las 20 pilas que en conjunto suman las 40 pilas del sistema total:

C	pH: 4.1	pH: 4.16	pH: 4.15	pH: 4.15	pH: 4.15	pH: 4.1
	°BE: 14	°BE: 13.7	°BE: 13.7	°BE: 13.7	°BE: 13.8	°BE: 14
D	pH: 4.2	pH: 4.15	pH: 4.15	pH: 4.14	pH: 4.14	pH: 4.1
	°BE: 14	°BE: 13.7	°BE: 13.7	°BE: 13.8	°BE: 13.8	°BE: 14
E	pH: 4.1	pH: 4.15	pH: 4.15	pH: 4.15	pH: 4.13	pH: 4.1
	°BE: 14	°BE: 13.7	°BE: 13.7	°BE: 13.7	°BE: 13.8	°BE: 14
F	pH: 4.2	pH: 4.15	pH: 4.14	pH: 4.14	pH: 4.11	pH: 4.1
	°BE: 14	°BE: 13.8	°BE: 13.7	°BE: 13.8	°BE: 13.9	°BE: 14

Imagen 8. Descripción visual de los dos sistemas que en conjunto comprenden las 40 pilas de curtido en las cuales se lleva el proceso de deposición de tanino en la suela.

CIRCUITO 4 FILAS CD		CIRCUITO 4 FILAS EF	
Promedio de Densidad:	13.7	Promedio de Densidad:	13.8
Desviación de la Densidad:	0.1	Desviación de la Densidad:	0.1
Promedio de pH:	4.15	Promedio de pH:	4.14
Desviación del pH:	0.01	Desviación del pH:	0.01

Tabla 7. Comparativa de los valores de los circuitos independientes que comprenden el sistema que conforman las 40 pilas de curtido, donde bajo dichas condiciones se analizaron las propiedades del licor para concluir similitud de propiedades.

Como se puede observar de la imagen, fue posible que las propiedades tanto de pH, temperatura (°C) y densidad (°Be) de ambos circuitos tuvieran condiciones dentro de valores de desviación estándar de ± 0.2 unidades, bajo las cuales se opera un valor de relación tanino/no tanino semejantes, asegurando tanto el atravesado como el grado de tanino depositado en pilas de una pieza a otra así como de una partida a otra.

CONTROL DE LICOR DE CURTIDO EN SUELA.			
FECHA DE MUESTREO: 04/07/2022	PUNTO DE MUESTREO: EN 12 PUNTOS CIRCUITO DE SUELA FILA C Y D		
ANÁLISIS	RESULTADO	PARÁMETRO	UNIDADES
pH	4.14	3.8-4.2	
TEMPERATURA	28	27.0-31.0	°C
DENSIDAD	13.7	13.0-14.0	°Be
NO TANINOS	117.91		gr/L
RANGO	3.79		
TANINOS	97.27		gr/L
SOLIDOS TOTALES	216.56		gr/L
SOLIDOS SOLUBLES	215.18		gr/L
SOLIDOS INSOLUBLES	1.38		gr/L
RELACION TANINO/NO TANINO	0.82	1	-
PUREZA	44.92		%
RELACION SAL/ACIDO	2.59		
CENIZAS TOTALES	50.55		gr/L

Tabla 8. Propiedades del licor del circuito CD comprendido por 20 pilas de curtido.

CONTROL DE LICOR DE CURTIDO EN SUELA.			
FECHA DE MUESTREO: 04/07/2022	PUNTO DE MUESTREO: EN 12 PUNTOS CIRCUITO DE SUELA FILA E Y F		
ANÁLISIS	RESULTADO	PARÁMETRO	UNIDADES
pH	4.20	3.8-4.2	
TEMPERATURA	28	27.0-31.0	°C
DENSIDAD	13.7	13.0-14.0	°Be
NO TANINOS	119.37		gr/L
RANGO	3.74		
TANINOS	98.42		gr/L
SOLIDOS TOTALES	218.79		gr/L
SOLIDOS SOLUBLES	217.79		gr/L
SOLIDOS INSOLUBLES	1.0		gr/L
RELACION TANINO/NO TANINO	0.82	1	-
PUREZA	44.98		%
RELACION SAL/ACIDO	2.75		
CENIZAS TOTALES	53.65		gr/L

Tabla 9. Propiedades del licor del circuito EF comprendido por 20 pilas de curtido.

3. Definición de límites de variabilidad

3.1 Límite inferior para días en pilas de curtido

Independiente de las condiciones de entrada de las pieles al sistema, hablando específicamente del peso tripa de la partida, manteniendo constante las condiciones de densidad, pH, Temperatura y Relación tanino/ No Tanino del sistema, el valor de días de permanencia del centro suela en pilas corresponde a un mínimo de 14 días para asegurar el atravesado total a través de todo el espesor.



Imagen 9. Representación visual para la liberación de atravesado en los cortes realizados como control antecedente al recurtido en tambor.

3.2 Límite para variable de salida en producto terminado referente al Espesor 4

A partir de un análisis estadístico realizado sobre una base de datos de 930 referencias en la cual, sin realizar ninguna segregación para días de pilas o recurtido ni consideración de especificaciones de entrada, se observa que es posible obtener un promedio del 31% de incidencia en la salida del % Espesor 4 por partida con una desviación estándar de $\pm 3\%$.

3.3 Límite superior para la variable de días en pilas para la estadía del centro suela

A partir de un análisis estadístico de una base de datos de 480 referencias sin realizar ninguna segregación de datos más que la segmentación en rangos de días de pilas se puede observar que por cuestiones de calidad visual, una pieza de centro suela no debe durar en el circuito comprendido por las pilas de curtido más de 24-25 días dado que el promedio de la selección de suela de tercera para un rango de días en pilas menor o igual a 20 días comparado con el rango de días mayor o igual a 21 días y menor o igual a 25 días, dicha variable aumenta de un 17 a 20%, lo cual afecta la rentabilidad del producto terminado y define un límite estricto para la variación a considerar de los días de curtido en pilas.

Así mismo para asegurar un flujo óptimo de la producción sin generar cuellos de botella por disponibilidad de espacios y bastidores, la partida debe durar un máximo de 26 días como máximo permisible.

3.4 Límites para el parámetro del espesor del dividido en cal

Para asegurar la limpieza adecuada del producto a la salida del pelambre donde es realizada la operación del dividido en cal, sin perjudicar la injerencia de dicha variable de salida en producto terminado, se establece un parámetro de dividido en cal para la pieza centro suela de 6.2 a 6.8 mm donde la zona a muestrear se localiza al centro y una cuarta arriba de la culata.

4. Justificación de la elección de las variables del sistema: Peso Tripa, Días de Pilas, Días de recurtido en tambor.

Observando la variabilidad que presenta el sistema al dejar dos variables en lugar de 3 no se presenta un cambio significativo para ninguno de los pares presentados, por lo que se puede asegurar que el modelo debe definirse bajo la combinación de las tres variables estipuladas para el control estricto de la variable de salida:

Días pilas y tambor = constantes	
Peso Tripa (kg)	% promedio Espesor 4
P1	34
P2	30
P3	33
P4	34
P5	32
Promedio general (%)	32.6
Desviación estándar (%)	1.7

Tabla 10. Análisis de la variable de salida de estudio resultante de una única variable referente al peso tripa de entrada.

Días tambor y peso tripa= constantes	
Días en pilas	% promedio Espesor 4
14 - 15 días	28
16 - 17 días	31
18 - 19 días	31
20 - 21 días	32
> = 22 días	34
Promedio general (%)	31.2
Desviación estándar (%)	2.2

Tabla 11. Análisis de la variable de salida de estudio resultante de una única variable referente a días de pilas en el sistema de curtido.

Peso tripa y días pilas constante	
Días recurtido tambor	% promedio Espesor 4
D1	31
D2	32
Promedio general (%)	31.5
Desviación estándar (%)	0.7

Tabla 12. Análisis de la variable de salida de estudio resultante de una única variable referente a los días de recurtido en tambor.

A partir de las 3 tablas anteriores se puede observar que, al bajar por columna en cada una de las tres, no es posible apreciar un cambio significativo como se presentará en la definición del modelo bajo la variabilidad simultánea del peso tripa, días de pilas y días de recurtido en tambor.

5. Determinación de la linealidad del modelo para definición de parámetros acorde a las condiciones de entrada.

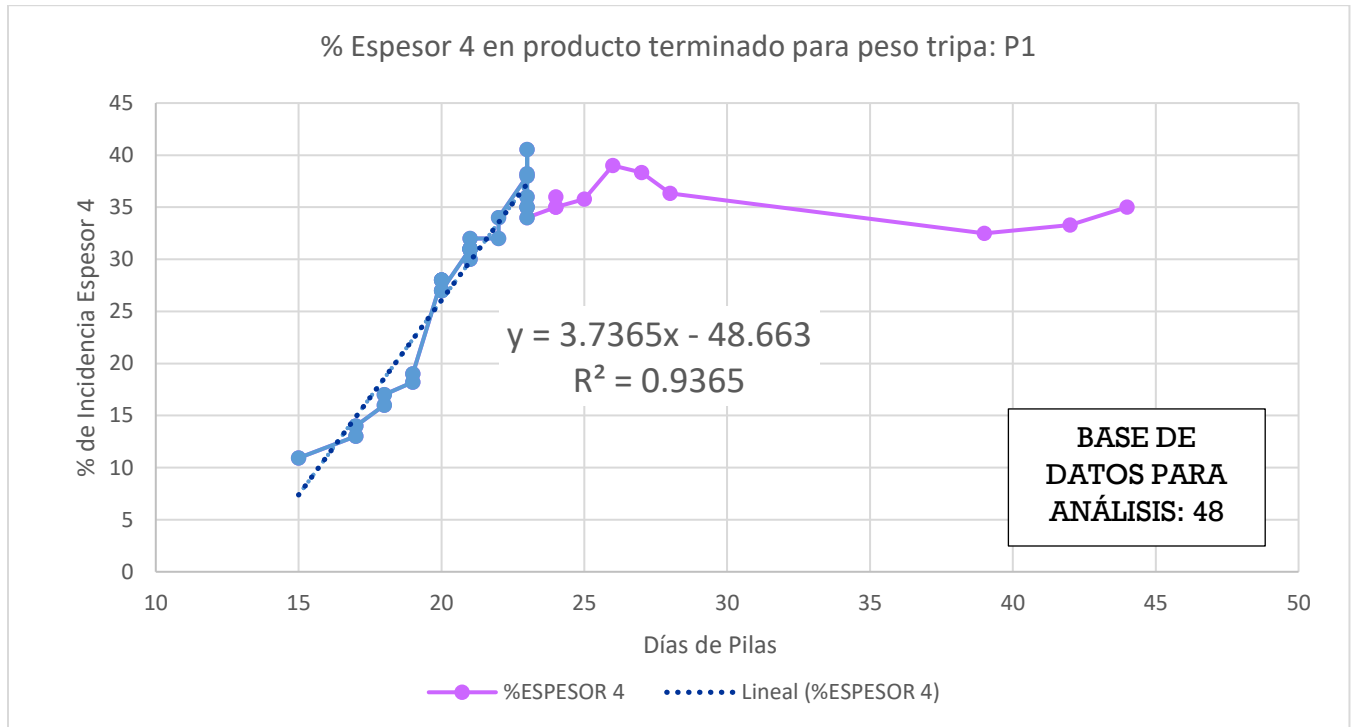


Imagen 10. Variación del % espesor 4 con dependencia a los días en pilas para un peso tripa P1 kilos y la variable constante D1 para los días de recurtido en tambor.

De acuerdo a la linealidad observada para un peso tripa P1 se pueden concluir los rangos de operación para los días en pilas para asegurar la variable de salida deseada:

Peso Tripa (kg)	Días recurtido tambor	Días de pilas	% ESPESOR 4
P1	D1	14-15	11
		16-17	19
		18-19	20
		20-21	25
		> = 22	25
	D2	14-15	14
		16-17	21
		18-19	31
		20-21	31
		> = 22	34

Tabla 13. Resultado del promedio de incidencia para la variable del % espesor 4 con dependencia a los días en pilas y días de recurtido en tambor para un peso tripa P1.

Observaciones acotadas al peso tripa de estudio:

- Ninguna combinación P1-D1 satisfacen el % Espesor 4 deseado: $31\% \pm 2\%$.
- Combinación que cumple la especificación de salida \pm desviación con menores insumos es: Recurtido Tambor= D2 con Días Pilas= 18-19
- Cuando especificación de entrada, Peso Tripa: P1 \rightarrow Para cualquier situación, la estadía en pilas ≤ 21 días.

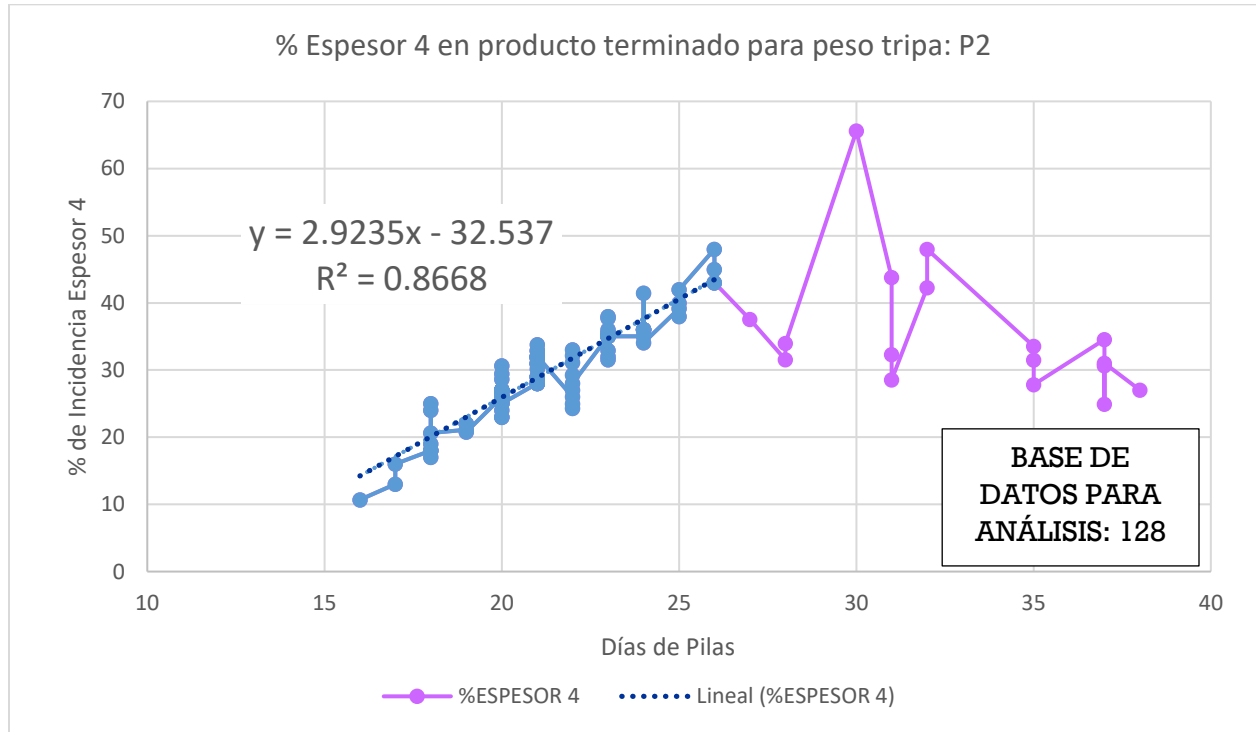


Imagen 11. Variación del % espesor 4 con dependencia a los días en pilas para un peso tripa P2 y la variable constante D1 para los días de recurtido en tambor.

De acuerdo a la linealidad observada para un peso tripa P2 se pueden concluir los rangos de operación para los días en pilas para asegurar la variable de salida deseada:

Peso Tripa (kg)	Días en pilas	Días en tambor	% Espesor 4
P2	14-15	D1	11
		D2	22
	16-17	D1	21
		D2	28
	18-19	D1	29
		D2	30
	20-21	D1	29
		D2	35
	> = 22	D1	37
		D2	37

Tabla 14. Resultado del promedio de incidencia para la variable del % espesor 4 con dependencia a los días en pilas y días de recurtido en tambor para un peso tripa P2.

Observaciones acotadas al peso tripa de estudio:

- Combinación que cumple la especificación de salida \pm desviación con menores insumos:
Recurtido Tambor= D2 con Días Pilas= 16-17
Recurtido Tambor= D1 con Días Pilas= 18-19
- Cuando especificación de entrada= Peso Tripa P2 y Días Recurtido= D2 → Estadía en pilas no debe ser mayor a los 21 días ya que no presenta cambios significativos.

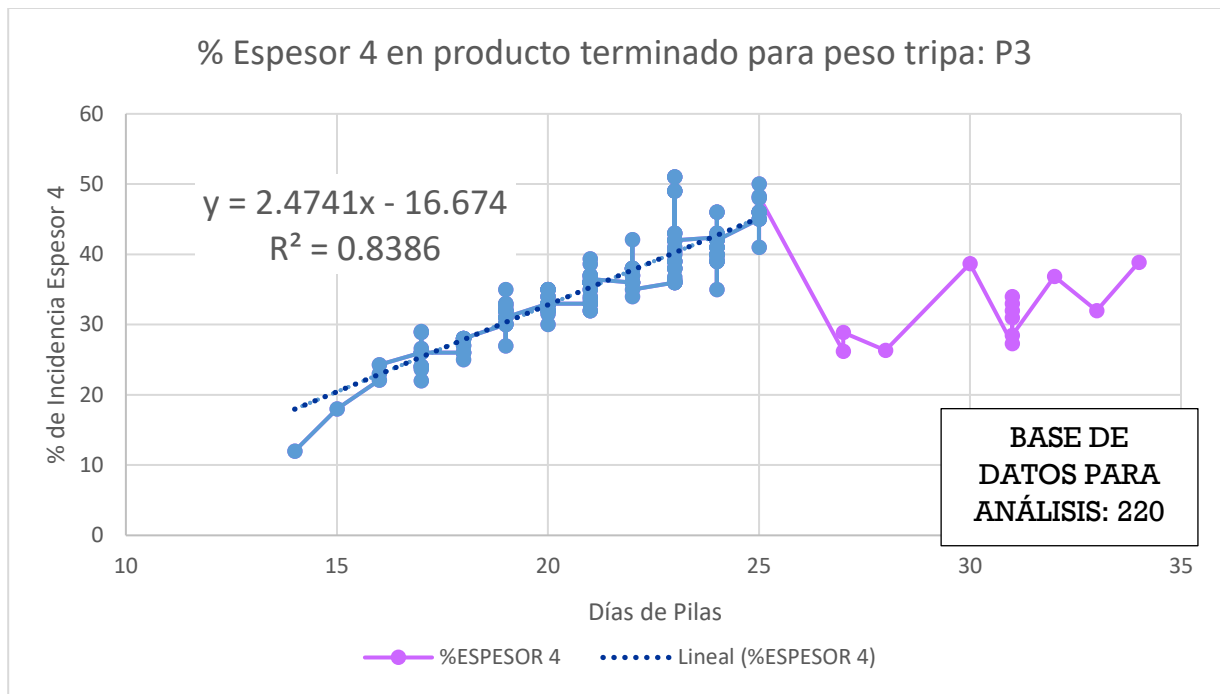


Imagen 12. Variación del % espesor 4 con dependencia a los días en pilas para un peso tripa P3 y la variable constante D1 para los días de recurtido en tambor.

De acuerdo a la linealidad observada para un peso tripa P3 se pueden concluir los rangos de operación para los días en pilas para asegurar la variable de salida deseada:

Peso Tripa (kg)	Días en pilas	Días en tambor	% Espesor 4
P3	14-15	D1	21
		D2	23
	16-17	D1	30
		D2	32
	18-19	D1	32
		D2	36
	20-21	D1	35
		D2	36
> = 22	D1	37	
	D2	36	

Tabla 15. Resultado del promedio de incidencia para la variable del % espesor 4 con dependencia a los días en pilas y días de recurtido en tambor para un peso tripa P3.

Observaciones acotadas al peso tripa de estudio:

- Combinación que cumple la especificación de salida \pm desviación con menores insumos:
Recurtido Tambor= D1 con Días Pilas= 16-17

- Cuando especificación de entrada= Peso Tripa P3 y Días Recurtido= D2 → Estadía en pilas no debe ser mayor a 18-19 días ya que no presenta cambios significativos.

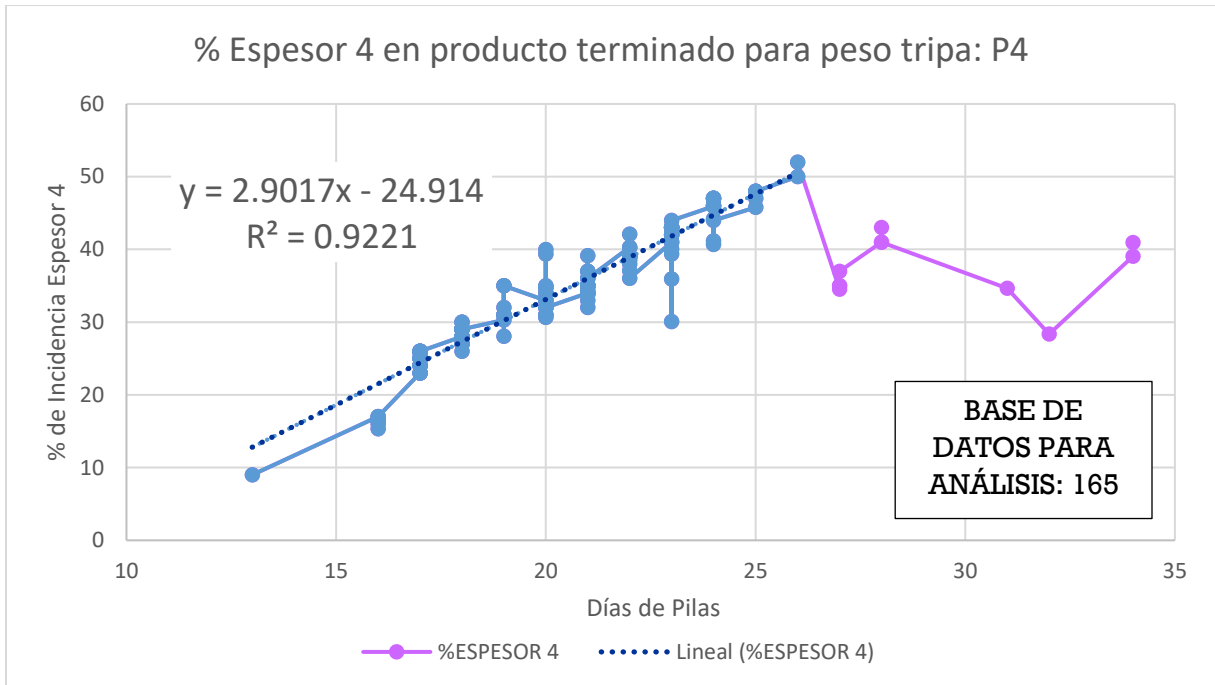


Imagen 13. Variación del % espesor 4 con dependencia a los días en pilas para un peso tripa P4 y la variable constante D1 para los días de recurtido en tambor.

De acuerdo a la linealidad observada para un peso tripa P4 se pueden concluir los rangos de operación para los días en pilas para asegurar la variable de salida deseada:

Peso Tripa (kg)	Días en pilas	Días en tambor	% Espesor 4
P4	14-15	D1	27
		D2	29
	16-17	D1	31
		D2	38
	18-19	D1	35
		D2	37
	20-21	D1	34
		D2	38
	> = 22	D1	35
		D2	44

Tabla 16. Resultado del promedio de incidencia para la variable del % espesor 4 con dependencia a los días en pilas y días de recurtido en tambor para un peso tripa P4.

Observaciones acotadas al peso tripa de estudio:

- Combinación que cumple la especificación de salida \pm desviación con menores insumos:
Recurtido Tambor= D1 con Días Pilas= 16-17
Recurtido Tambor= D2 con Días Pilas= 14-15
- ESPECIFICACIONES DE ENTRADA:
Peso Tripa P4 y Días Recurtido= D1 \rightarrow Estadía en pilas no mayor a 18-19 días
Peso Tripa P4 y Días Recurtido=D2 \rightarrow Estadía en pilas no mayor a 16-17 días

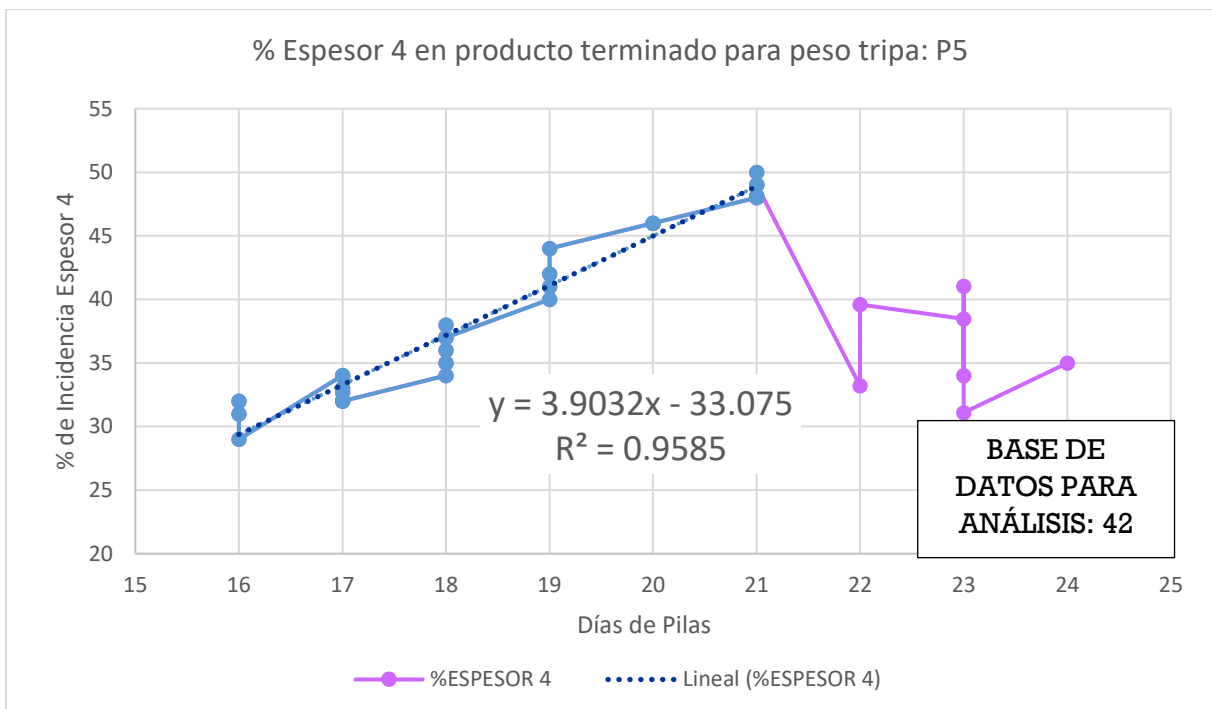


Imagen 14. Variación del % espesor 4 con dependencia a los días en pilas para un peso tripa P5 y la variable constante D1 para los días de recurtido en tambor.

De acuerdo a la linealidad observada para un peso tripa P5 se pueden concluir los rangos de operación para los días en pilas para asegurar la variable de salida deseada:

Peso Tripa (kg)	Días recurtido tambor	Días de pilas	% ESPESOR 4
P5	D1	14-15	35
		16-17	36
		18-19	35
		20-21	36
		> = 22	-
	D2	14-15	29
		16-17	33
		18-19	37
		20-21	-
		> = 22	-

Tabla 17. Resultado del promedio de incidencia para la variable del % espesor 4 con dependencia a los días en pilas y días de recurtido en tambor para un peso tripa P5.

Observaciones acotadas al peso tripa de estudio:

- Combinación que cumple la especificación de salida \pm desviación con menores insumos:
Recurtido Tambor= D1 con Días Pilas= 14-15
Recurtido Tambor= D2 con Días Pilas= 14-15
- Cuando especificación de entrada= Peso Tripa P5 y Días Recurtido= D1 \rightarrow Estadía en pilas no mayor a 14-15 días dado que en rangos superiores no se presentan cambios significativos

CONCLUSIONES

1. Determinación Reglas generales a cumplir para definir el flujo de producción y asegurar la estandarización de la variable de salida.

Peso Tripa	Días de pilas
P1	No exceder los 19 días
P2	No exceder los 21 días
P3	No exceder los 21 días
P4	No exceder los 19 días
P5	No exceder los 17 días

Tabla 18. Condiciones imperativas sobre límites de días a cumplir segregados por el peso tripa entrante.

Días en tambor	Peso Tripa (kg)	Días en pilas	% Espesor 4
D1	P1	Ningún rango cumple especificación	-
	P2	18-19	29
	P3	16- 17	30
	P4	16-17	31
	P5	14-15	35
PROMEDIO (%)			31.3
DESVIACIÓN (%)			2.6
D2	P1	18-19	31
	P2	18-19	30
	P3	16-17	32
	P4	14-15	29
	P5	14-15	29
PROMEDIO (%)			30.2
DESVIACIÓN (%)			1.3

Tabla 19. Combinación de variables que optimizan el sistema para cada especificación de entrada.

A consecuencia del cumplimiento de las reglas establecidas para cada condición entrante, se refleja la estandarización en la variable de salida como se muestra a continuación:

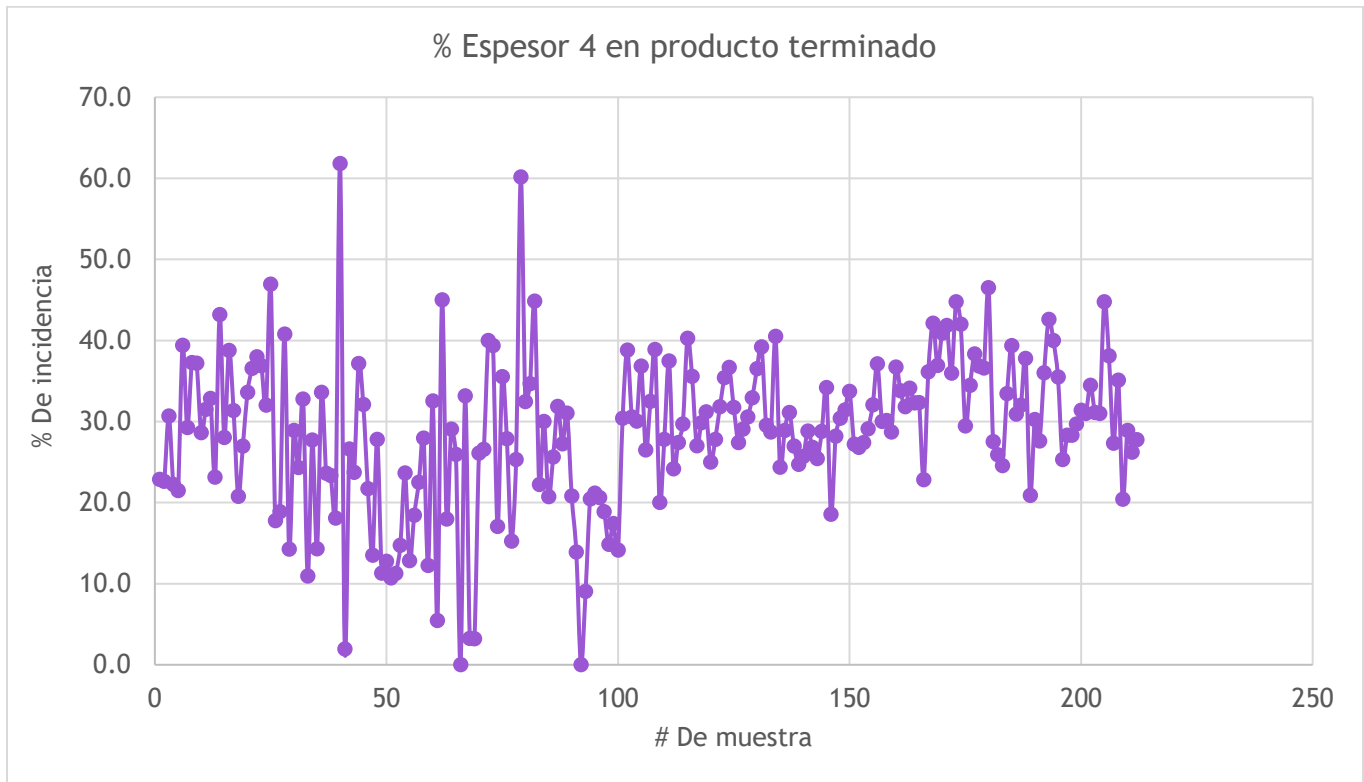


Imagen 15. Referencia visual del comportamiento de la variable de salida referente al Espesor 4 y su estandarización a partir del desarrollo experimental.

Especificación	Promedio	Desviación estándar
Condición anterior	25.3%	11.6%
Condición actual	31.8%	5.7%

Tabla 20. Referencia del % promedio y su desviación estándar en la variable de salida referente al Espesor 4.

Como es posible de observar a partir de la información anterior, se puede observar como la variable de salida acota su comportamiento dentro del rango acotado en el planteamiento para la solución del problema descrito, así como es posible de observar que la variabilidad en respuesta del sistema presenta mayor estandarización con respecto a la condición anterior a la definición del experimento del presente proyecto.

2. Determinación Disminución en la oferta de curtiente en tambor

Considerando un rango de días: $22 \geq \text{Días} \leq 25$ para los diferentes pesos tripa y ofertando un 5% menos de curtiente en la fórmula base bajo la consideración de que la dependencia de la presencia del % del Espesor 4 es linealmente correspondiente al aumento de días en pilas, se genera la hipótesis de que un exceso referente al rango superior de días estipulados para cada peso tripa, puede permitir la disminución de la oferta de curtiente, donde los resultados de la experimentación resultante se presenta a continuación.

Hipótesis: Un exceso de días en pilas ≥ 20 , puede permitir la disminución de la oferta de curtiente.

Peso Tripa (kg)	Días de pilas	% Curtiente en tambor	# de experimentos	% Espesor 4	Desviación estándar (%)
P2	20-25	x-5%	12	26	± 5
P3	20-25	x-5%	16	27	± 4
P4	20-25	x-5%	18	29	± 5
P5	20-25	x-5%	14	31	± 5

Tabla 21. Referencia del % de curtiente empleado para cada peso tripa entrante para la reducción en la oferta de demanda.

Como se puede observar de la tabla es posible obtener una variable de salida acotada a los parámetros deseados ofertando un 5% menos de curtiente en tambor el cual es equivalente a un ahorro de 25,000 a 30,000 pesos mensuales.

Lo anterior fue posible debido al agotamiento del curtiente en licor de pila, es decir, debido a la disminución en la generación de lodos como consecuencia de la adaptación de cada una de las variables del sistema descrito encontrando la combinación en la que todas eran optimizadas. Como referencia en el año 2021 se disponían alrededor de 16 a 18 m^3 de lodo depositado por pila (33,000 litros), comparado con el año 2022 donde se disponen entre 8 a 12 m^3 de residual.

BIBLIOGRAFÍA

1. Morera, J. M. (2000). (Curtición con extractos vegetales). Química Técnica de Curtición. Igualada: Generalitat de Catalunya
2. López, L. & Hernández, J. (1986). (Análisis de extractos curtientes vegetales). Manual de métodos de análisis para el químico curtidor. México: CIATEC.
3. Mosiewicz, J. (1975). (General Considerations). (Some considerations concerning the Productive Capacity of a Tannery and the Related Investment of Capital). The modern rational pit-drum tannage of vegetable sole leather. England: Forestal International.
4. VegLeatherHub. (s.f.). The Vegetable Tanning Process. 20/04/22, de VegLeatherHub. Sitio web: <https://vegleatherhub.com/the-vegetable-tanning-process/>
5. Unitán. (s.f.). Recomendaciones para el uso de extractos de quebracho. 22/04/22, de Unitán. Sitio web: <https://www.unitan.net/es-products-leather-recommendations.html>
6. VegLeatherHub. (s.f.). The evolution of vegetable tanning over the last two centuries. 20/04/22, de VegLeatherHub. Sitio web: <https://vegleatherhub.com/evolution-vegetable-tanning-last-two-centuries/>
7. Leather International. (24 October 2005). The profile of vegetable tannins: properties and performance. 21/04/22, de Leather International. Sitio web: <https://www.leathermag.com/features/featurethe-profile-of-vegetable-tannins-properties-and-performance/>
8. Valenti, O. (s.a.). Principios modernos de curtición vegetal. Buenos Aires: Indunor.
9. Chapra, S. & Canale, R. (2007). (Regresión por mínimos cuadrados & Optimización unidimensional no restringida). Métodos numéricos para ingenieros. México. Quinta edición: Mc Graw Hill Interamericana.
10. Jiménez, A. (2003). (Análisis económico de procesos). Diseño de Procesos en Ingeniería Química. Celaya, Guanajuato: Reverté S.A.

APÉNDICE

A continuación, se anexa la técnica empleada para determinación de la variable relación tanino/ no tanino de los licores de estudio del presente trabajo, así como las demás propiedades analizadas, donde la información se citó de manera textual reportada en la referencia (López, L. & Hernández, J., 1986, p.233-276).

Preparación de la muestra para su análisis

La muestra de cortiente vegetal que va a ser analizada puede presentarse en el laboratorio de varias maneras:

- A) Material Sólido Crudo
- B) Extractos Sólidos
- C) Extractos Líquidos

C) EXTRACTOS LIQUIDOS

Mezclar perfectamente la muestra de manera que cualquier sedimento presenta sea incluido en la muestra.

NOTA No. 1C

En caso de tener extractos viscosos, la muestra debe ser calentada a 45°C en un baño de agua, mezclar, enfriar a 18°C y pesar la muestra, si este procedimiento fue seguido deberá ser indicado en el reporte.

Preparación de la solución analítica del extracto cortiente vegetal

A) CANTIDAD DE MATERIAL EMPLEADO PARA PREPARAR LA SOLUCION ANALITICA

Para la preparación de la solución analítica deberá pesarse una cantidad que proporcione una solución de 4.0 g/l de tanino o sea de material absorbible por el polvo de cuero.

La concentración límite permisible de esta solución analítica es de no menos de 3.75 y no más de 4.25 g de tanino por litro.

NOTA No. 1A

En caso de que los resultados del análisis muestren que la concentración de taninos esta fuera de límite antes mencionado, el análisis deberá ser repetido empleando la cantidad adecuada de material.

B) PREPARACION DE LA SOLUCION ANALITICA DE UN EXTRACTO

Se pueden presentar dos tipos de extractos que son los siguientes:

- a) Extractos sólidos o pastosos
- b) Extractos líquidos

b) Extractos Líquidos. Pesar una cantidad de material adecuada que proporcione 1 l de solución analítica a la concentración requerida en la parte A. (4.0 g/l de tanino).

Adicionar 400 ml de agua hirviendo y transferir la solución a un matraz aforado de 1 litro, adicionar un poco más de agua para llevar el volumen a 900 ml aproximadamente.

MÉTODO PARA ENFRIAR LA SOLUCIÓN ANALÍTICA DE TANINOS

Sumergir el matraz de la solución analítica en un recipiente grande que conteniendo agua a 18°C y mantener la temperatura a 18°C durante todo el proceso de enfriamiento, agitando el matraz de vez en cuando.

Continuar el enfriamiento hasta que la temperatura del contenido del matraz sea de 18°C. Aforar la solución analítica con agua a la misma temperatura (18°C). En caso de hacerse a otra temperatura esta deberá ser indicada en el reporte.

i. DETERMINACION DE LA HUMEDAD EN UN EXTRACTO CURTIENTE VEGETAL

OBJETIVO.

Determinar el contenido de humedad en un extracto curtiente vegetal comercial para el cuero.

DEFINICIÓN.

El contenido de humedad en peso, se entiende la cantidad de humedad, que hay en 100 gramos de extracto curtiente vegetal sólido.

MÉTODO DE ANÁLISIS: Gravimetría

MATERIAL UTILIZADO.

Estufa de vacío

Balanza analítica

Recipientes adecuados de porcelana o vidrio

Desecador con sílica gel (con indicador)

TECNICA SEGUIDA.

Este método es propuesto para ser usado en la determinación de la humedad contenida en los materiales naturales molidos o extractos curtientes.

Sacar de 2 a 5 g del material finamente dividido hasta peso constante a 98.5-100°C en una estufa de vacío. Considerar el peso constante cuando dos pesadas con un intervalo de una hora no difieran por más de 2 mg.

OBSERVACIONES SOBRE LA TECNICA.

1.- Ya que en cualquier extracto o material la suma de la humedad y los sólidos totales es de 100%, una determinación de cualquiera de los dos es suficiente.

2.- Si se encuentra que el peso del material aumenta con un período largo de calentamiento, entonces tomar el peso más bajo.

CÁLCULOS.

$$(H) \text{ Humedad en peso (\%)} = \frac{(A - B) \times 100}{C}$$

A= Peso del recipiente + muestra húmeda (g)

B= Peso del recipiente + muestra seca (g)

C= Peso de la muestra (g)

ii. DETERMINACION DE SOLIDOS TOTALES EN UN EXTRACTO CURTIENTE VEGETAL

OBJETIVO.

Determinar el contenido de solidos totales en un extracto de curtiente vegetal comercial para cuero.

DEFINICIÓN.

El contenido de solidos totales en peso, se entiende la cantidad de solidos totales, que hay en 100 gramos de extracto curtiente vegetal solido o los g/l de solidos totales, que hay en un extracto curtiente vegetal líquido.

MÉTODO DE ANÁLISIS: Gravimetría

MATERIAL UTILIZADO.

*Recipientes de evaporación

Estufa de vacío

Balanza analítica

Pipeta aforada de 50 ml

Baño maría

Desecador con silica gel (con indicador)

*Los recipientes evaporadores deben ser poco profundos, de fondo plano y de no menos de 7 cm y no más de 8.5 cm de diámetro.

Con recipientes de vidrio debe evitarse que estén en contacto directo con vapor. Los recipientes de porcelana deberán ser vidriados por dentro y fuera, cuando se utilice recipientes de plata deberán usarse anillos de porcelana. (1)

TÉCNICA SEGUIDA.

Evaporar hasta sequedad en un baño de agua 50 ml de la solución analítica perfectamente mezclada, secar los residuos de 98.5-100°C en una estufa de vacío hasta peso constante. Considerar el peso constante cuando dos pesadas a un intervalo de una hora no difieran por más de 2 mg.

OBSERVACIONES DE LA TÉCNICA.

- 1.- La evaporación deberá ser llevada a cabo en un baño maría o combinado baño maría y baño de vapor.
- 2.- Después de la evaporación, los residuos deben de ser secados a estufa de vacío a una temperatura constante de 98.5-100 °C.
- 3.- Enfriar los recipientes con los residuos en un desecador con silica gel con indicador (cloruro de cobalto), no colocar más de un recipiente en un desecador.

4.- Una vez saturada la sílica gel (cambio de color azul a rosa) es conveniente secarla en un recipiente metálico perforado en una estufa a 100°C hasta que nuevamente adquiera la coloración azul.

CÁLCULOS.

$$1) (ST1) \text{ Sólidos Totales en peso (\%)} = \frac{(A-B) \times C \times 100}{D}$$

A= Peso del recipiente + residuo (g)

B= Peso del recipiente vacío (g)

C= Factor alícuota (1000/50)=20

D= Peso de la muestra (g)

$$2) (ST2) \text{ Sólidos Totales en peso (g/L)} = \frac{(A-B) \times C \times 100}{D}$$

A= Peso del recipiente + residuo (g)

B= Peso del recipiente vacío (g)

C= Factor alícuota (1000/50)=20

D= Volumen de la muestra (ml)

iii. DETERMINACION DE SOLIDOS SOLUBLES TOTALES EN UN EXTRACTO CURTIENTE VEGETAL

OBJETIVO.

Determinar el contenido de sólidos solubles totales en un extracto curtiente vegetal comercial para cuero.

DEFINICIÓN.

El contenido de sólidos totales en peso, se entiende la cantidad de sólidos totales, que hay en 100 gramos de extracto curtiente vegetal sólido o los g/l de sólidos totales, que hay en un extracto curtiente vegetal líquido.

MÉTODO DE ANÁLISIS: Gravimetría (previa filtración de la solución analítica)

MATERIAL UTILIZADO.

*Recipientes de evaporación

Estufa de vacío

Balanza analítica

Desecador con sílica gel (con indicador)

Pipeta aforada de 50 ml

Baño maría

Aparato de filtración, Sartorius modelo SM 16150/11 de policarbonato, de 250 ml

Filtro de membrana, Sartorius 100 N, tipo SM 11106 (Acetato de Celulosa), tamaño de poro 0.45 y de 47mm de diámetro.

TÉCNICA SEGUIDA.

Filtrar la solución analítica a través del filtro de membrana utilizando el aparato de filtración adecuado, el cual estará perfectamente limpio y seco. Tomar con pipeta aforada 50 ml del filtrado y secar con las mismas precauciones que para sólidos totales.

OBSERVACIONES SOBRE LA TÉCNICA.

1.- Si las soluciones son ópticamente claras no deberán ser filtradas.

2.- Una solución será considerada ópticamente clara si un objeto brillante es visible claramente a través de una capa de 5 cm de espesor y si una capa de 1 cm se observa sobre un vidrio o papel negro y el color es negro y no opalescente en presencia de una buena iluminación.

CÁLCULOS.

$$1) \text{ (SS1) Sólidos Totales en peso (\%)} = \frac{(A-B) \times C \times 100}{D}$$

A= Peso del recipiente + residuo (g)

B= Peso del recipiente vacío (g)

C= Factor alícuota (1000/50)=20

D= Peso de la muestra (g)

$$2) \text{ (SS2) Sólidos Totales en peso (g/L)} = \frac{(A-B) \times C \times 100}{D}$$

A= Peso del recipiente + residuo (g)

B= Peso del recipiente vacío (g)

C= Factor alícuota (1000/50)=20

D= Volumen de la muestra (ml)

iv. DETERMINACION DE SOLIDOS INSOLUBLES EN UN EXTRACTO CURTIENTE VEGETAL

OBJETIVO.

Determinar el contenido de sólidos solubles totales en un extracto curtiente vegetal comercial para cuero.

DEFINICIÓN.

El contenido de sólidos insolubles en peso, se entiende la cantidad de sólidos insolubles en agua, que hay en 100 gramos de extracto curtiente vegetal sólido o los g/l de sólidos insolubles, que hay en un extracto curtiente vegetal líquido.

MÉTODO DE ANÁLISIS: Por cálculo.

CÁLCULOS.

1) $(SI\ 1)$ *Sólidos insolubles en peso (%) = $ST1 - SS1$*

ST1 = % Sólidos totales

SS1 = % Sólidos solubles totales

Cuando la humedad de determinada directamente en los extractos, el cálculo del contenido de sólidos insolubles es el siguiente:

1.1) $(SI\ 1)$ *Sólidos insolubles en peso (%) = $100 - (SS1 + H)$*

SS1 = % Sólidos solubles

H = % Humedad

2) $(SI\ 2)$ *Sólidos insolubles en peso g/L = $ST2 - SS2$*

ST2= g/L Sólidos Totales

SS2= g/L Sólidos solubles totales

v. DETERMINACION DEL CONTENIDO DE NO-TANINOS DE UN EXTRACTO CURTIENTE VEGETAL

OBJETIVO.

Determinar el contenido de no-taninos en un extracto curtiente vegetal comercial para cuero.

DEFINICIÓN.

El contenido de no-taninos (material no-absorbible por el polvo de cuero) en peso, se entiende la cantidad que hay en 100 gramos de extracto curtiente vegetal sólido o los g/l de no-taninos, que hay en un extracto curtiente vegetal líquido.

MÉTODO DE ANÁLISIS: Consiste en determinar el material no- absorbible por el polvo de cuero estándar (cromado).

MATERIAL UTILIZADO.

Estufa de vacío

Botella con tapón de capacidad adecuada

Agitador mecánico

Tela de tejido cerrado

Embudo de vidrio

Cacerola de porcelana de 250 ml

Pipeta aforada de 50 ml

Tubo de ensaye

Pipeta aforada de 100 ml

REACTIVOS UTILIZADOS.

*Cuero estándar cromado

Solución de sal-gelatina

El cuero estándar cromado deberá cumplir con las especificaciones según "Society of Leather Trades' Chemists".

PREPARACIÓN DE REACTIVOS.

Solución de sal-gelatina. -Disolver 1g de gelatina fotográfica y 10g de NaCl (Q.P.) en 100 ml de agua destilada a una temperatura que no exceda los 60°C, el pH deberá ser ajustado a 4.7 con ácido o álcali. Esta solución puede ser preservada por la adición de 2 ml de tolueno de preferencia con unos cristales de p-diclorobenceno.

TÉCNICA SEGUIDA.

PREPARACIÓN DEL POLVO DE CUERO

Pesar una cantidad de cuero cromado estándar que sea equivalente a 6.25 g de polvo de cuero cromado en base seca (por cada análisis que sea realizado). Colocar un filtro de tela sobre una cacerola de porcelana, abrir la tela a manera de bolsa y transferir el polvo de cuero previamente pesado sobre la tela, vaciar sobre el polvo una cantidad de agua igual a 15 veces el peso del polvo de cuero originalmente tomado. Mezclar el polvo y agua, humectar durante 15 minutos, cierre la tela tomando cada uno de los extremos, escurra y exprima hasta un 75% de humedad aproximadamente. Humectar el polvo tres veces más de la misma manera con agua destilada. Al final de la última operación el polvo exprimido deberá contener tan cercanamente como sea posible un contenido del 75% de humedad. Romper el pastel de polvo de cuero, mezclar uniformemente y pesar todo.

DETERMINACION DE NO-TANINOS.

Adicionar una cantidad de polvo de cuero cromado húmedo "Q" conteniendo 3.25 g de polvo de cuero seco preparado como fue indicado en la parte anterior.

Transferir la cantidad de polvo de cuero húmedo a una botella agitadora que contenga 100 ml de solución analítica sin filtrar más (26.25 – Q) ml de agua destilada.

Agitar vigorosamente con la mano durante 15 segundos y colocar a continuación la botella en un agitador mecánico a 50-60 rpm durante 10 minutos exactamente.

Vaciar el polvo de cuero y la solución sobre un filtro de tela colocado sobre un embudo, escurrir y exprimir con la mano el polvo de cuero y filtrar a través de un papel filtro de 15cm, regresar el filtrado sobre el papel y repetir la filtración hasta que el líquido este claro.

Evaporar 50 ml de filtrado y secar en una estufa de vacío a 98.5-100°C hasta peso constante.

OBSERVACIONES SOBRE LA TÉCNICA.

- 1.- El embudo o recipiente colector deberá cubrirse durante la filtración
- 2.- El filtrado deberá ser analizado con el reactivo sal-gelatina y cualquier turbidez deberá ser reportada.

3.- Para la corrección de los 20ml de agua de dilución introducidos por el polvo de cuero húmedo en los 100ml de solución de taninos, el peso del residuo es multiplicado por 1.2.

Este peso corregido es el residuo de 50ml de solución analítica original.

CÁLCULOS.

$$1) (NT1) \text{ No - taninos en peso (\%)} = \frac{(A-B) \times C \times D \times 100}{E}$$

A = Recipiente + Residuo (g)

B = Recipiente vacío (g)

C = Factor de corrección = 1.2

D = Factor alícuota (1000/50) = 20

E = Peso de la muestra (g)

$$2) (NT2) \text{ No - taninos en peso (g/L)} = \frac{(A-B) \times C \times D \times 100}{E}$$

A = Recipiente + Residuo (g)

B = Recipiente vacío (g)

C = Factor de corrección = 1.2

D = Factor alícuota (1000/50) = 20

E = Volumen de la muestra (ml)

vi. DETERMINACION DEL CONTENIDO DE TANINOS (MATERIAL ABSORBIBLE POR EL POLVO DE CUERO) DE UN EXTRACTO CURTIENTE VEGETAL

OBJETIVO.

Determinar el contenido de taninos en un extracto curtiente vegetal comercial para cuero.

DEFINICIÓN.

El contenido de taninos (material absorbible por el polvo de cuero), se entiende la cantidad de taninos, que hay en un extracto curtiente vegetal solido o los g/l de taninos, que hay en un extracto líquido.

MÉTODO DE ANÁLISIS: Por cálculo.

CÁLCULOS.

$$1) (T1) \text{ Taninos en peso (\%)} = SS1 - NT1$$

SS1 = % Sólidos solubles totales

NT1 = % No-taninos

$$2) (T2) \text{ Taninos en g/L} = SS2 - NT2$$

SS2 = g/l Sólidos solubles totales

NT2 = g/l No-taninos

vii. DETERMINACION DE pH DE UNA SOLUCION DE EXTRACTO CURTIENTE VEGETAL O DE UN LICOR DE TENERIA

OBJETIVO.

Determinar la actividad de iones hidrógeno presente en una muestra de extracto curtiente vegetal o de un licor de tenería.

DEFINICIÓN.

El potencial de hidrogeno (pH) de una solución se define como la actividad de iones hidrogeno y es expresado como el logaritmo (base 10) del recíproco de la actividad del ion hidrogeno en moles por litro a una temperatura dada. (1)

APARATOS UTILIZADOS.

Potenciómetro capaz de registrar el pH de la solución del extracto curtiente dentro del rango de lectura de 0-14.

PREPARACIÓN DE LA SOLUCIÓN DE LA MUESTRA.

Una solución de extracto sólido se prepara disolviendo una cantidad de extracto en agua caliente (ebullición) y ajustando la gravedad específica a 1.05 (7°Be) a una temperatura de 10-20°C usando agua fría.

Una muestra de extracto líquido se diluye con agua fría a una gravedad específica de 1.05 (7°Be).

Cuando se trata de un licor de tenería se determina el pH sin ninguna dilución y la gravedad específica del mismo también es indicada en el reporte.

TÉCNICA SEGUIDA.

Por las diferencias entre las marcas y modelos comerciales de potenciómetros es difícil proporcionar instrucciones detalladas para la operación correcta de cada instrumento por lo que debe seguirse, en cada caso, las instrucciones del manual de operación del instrumento utilizado.

viii. DETERMINACION DE CENIZAS A 600°C DE UN EXTRACTO CURTIENTE VEGETAL

OBJETIVO.

Determinar el contenido de cenizas calcinadas a 600°C en un extracto vegetal comercial para cuero.

DEFINICIÓN.

El contenido de cenizas en peso se entiende la cantidad de cenizas totales, que hay en 100 gramos de extracto curtiente vegetal sólido o líquido.

MÉTODO DE ANÁLISIS: Gravimetría

MATERIAL UTILIZADO.

Cápsulas de porcelana

Mufla a 600°C

Mechero Bunsen

Triángulo de porcelana

Tripié metálico

Balanza analítica

Desecador

Pinzas para crisol

TÉCNICA SEGUIDA.

Se lleva a peso constante una capsula de porcelana en una mufla a 600°C, se enfría y se pesa.

A continuación, pesar 2g de extracto vegetal y calentar con mechero bunsen utilizando una flama pequeña, aumentándola poco a poco, tener cuidado que la muestra no se encienda, cuando esté completamente carbonizada, colocar la capsula en una mufla a 600 °C hasta peso constante 8 horas aproximadamente (o durante toda la noche), enfriar y pesar.

CÁLCULOS.

$$\text{Cenizas en peso (\%)} = \frac{(A - B) \times 100}{C}$$

A= Peso de la cápsula + residuo (g)

B= Peso de la cápsula vacía (g)

C= Peso de la muestra (g)

ix. OBSERVACIONES SOBRE LA PRECISION DE LOS METODOS Y REPORTE DE RESULTADOS

OBSERVACIONES SOBRE LA PRECISIÓN DE LOS MÉTODOS.

- 1.- Todos los resultados de los análisis deben ser el valor promedio de determinaciones por duplicado.
- 2.- El peso de los residuos deberá de concordar dentro de 2 miligramos, de tal manera que el error absoluto en el contenido de taninos no sea mayor del 2%. Por ejemplo, para un extracto líquido que contenta 30% taninos, los resultados de los duplicados para el porcentaje de taninos deben concordar dentro de 0.6%, y para extractos solidos con un contenido de taninos del 60% los resultados deben concordar entre 1.2%.
- 3.- Los análisis deberán ser repetidos si es necesario hasta alcanzar esta concordancia.
- 4.- Donde los análisis sean llevados a cabo por diferentes analistas en la misma muestra de extracto, los resultados no deberán de diferir por más de 3% del contenido de tanino total.

FORMA DE REPORTAR LOS RESULTADOS.

- 1.- Los resultados deberán de ser reportados a una cifra decimal solamente.

2.- Todos los analistas deberán ser realizados de acuerdo a las instrucciones indicadas y en el reporte deberá asentarse lo siguiente:

(1) Que el análisis ha sido hecho de acuerdo al método CIA-214, "Análisis de Extractos Curtientes Vegetales", el cual corresponde a Official Methods of Tannin Analysis of the Society of Leather Trades' Chemists, con algunas modificaciones.

(2) Indicar el número de lote de cuero empleado

(3) Método de extracción empleado.

(4) Si la infusión de tanino fue filtrada o no.

(5) Si la humedad fue determinada por secado directo.

(6) Si la temperatura del agua usada para la preparación de la solución analítica fue menor que la temperatura de ebullición, ésta debe ser indicada en el reporte.