

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

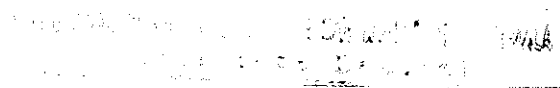
**DETERMINACION DEL TIPO DE CUERO QUE LOGRA UN
AGOTAMIENTO OPTIMO EN EL ENGRASE DEL MISMO**

**TESIS
PRESENTADA A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERIA
POR**

SERGIO ESTUARDO GARCIA SMITH

**AL CONFERIRSELE EL TITULO DE
INGENIERO QUIMICO**

GUATEMALA, JULIO DE 1996



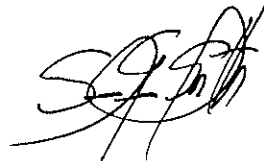
08
T(3744)
C.4

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración, mi trabajo de tesis titulado:

DETERMINACION DEL TIPO DE CUERO QUE LOGRA UN AGOTAMIENTO OPTIMO EN EL ENGRASE DEL MISMO.

tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Química con fecha de 4 de marzo de 1996.



Sergio Estuardo García Smith



MIEMBROS DE LA JUNTA DIRECTIVA

DECANO Ing. Julio Ismael González Podszueck
VOCAL 1o. Ing. Miguel Angel Sánchez Guerra
VOCAL 2o. Ing. Jack Douglas Ibarra Solórzano
VOCAL 3o. Ing. Juan Adolfo Echeverría Méndez
VOCAL 4o. Br. Fernando Waldemar de León Contreras
VOCAL 5o. Br. Pedro Ignacio Escalante Pastor
SECRETARIO Ing. Francisco Javier González López

TRIBUNAL QUE PRACTICO EL EXAMEN

GENERAL PRIVADO

DECANO Ing. Roberto Mayorga Rouge
EXAMINADOR Ing. Williams Alvarez Mejía
EXAMINADOR Ing. Héctor Ruíz
EXAMINADOR Ing. Williams Flores
SECRETARIO Ing. Pedro Aguilar Polanco

Guatemala, 19 de marzo de 1996.

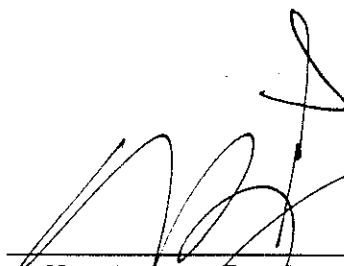
Ingeniero
Adolfo Gramajo
Director Escuela de Ingeniería Química
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos de Guatemala

Ingeniero Gramajo:

Por medio de la presente me dirijo a usted para informarle que he revisado el Informe Final de Tesis: DETERMINACION DEL TIPO DE CUERO QUE LOGRA UN AGOTAMIENTO OPTIMO EN EL ENGRASE DEL MISMO, elaborado por Sergio Estuardo García Smith, el cual con mucho agrado he asesorado, expresándole mi aceptación en los puntos allí desarrollados.

Agradeciendo la atención que se sirva dar a la presente.

Atentamente.



Verónica B. Juárez J.
Ingeniera Química
Colegiada No. 599

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
Biblioteca Central



ACULTAD DE INGENIERIA

Escuelas de Ingeniería Civil, Ingeniería
Mecánica Industrial, Ingeniería Química,
Ingeniería Mecánica Eléctrica, Técnica
Regional de Post-grado de Ingeniería
Sanitaria.

Ciudad Universitaria, zona 12
Guatemala, Centroamérica

Guatemala, 16 de abril de 1,996

Doctor
Adolfo Gramajo
Director Escuela Ingeniería Química
Facultad de Ingeniería
Presente.

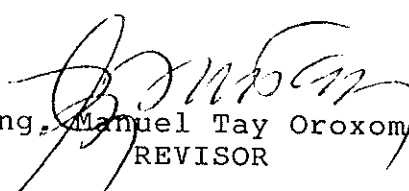
Doctor Gramajo.

Hago de su conocimiento, que he revisado el Informe Final de Tesis del estudiante Sergio Estuardo García Smith titulado: **DETERMINACION DEL TIPO DE CUERO QUE LOGRA UN AGOTAMIENTO OPTIMO EN EL ENGRASE DEL MISMO**, de la cual dejo constancia de mi aprobación, para proceder a la autorización del respectivo trabajo.

Sin otro particular me suscribo de usted.

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS


Ing. Manuel Tay Oroxom
REVISOR



FACULTAD DE INGENIERIA

Escuelas de Ingeniería Civil, Ingeniería
Mecánica Industrial, Ingeniería Química,
Ingeniería Mecánica Eléctrica, Técnica
Regional de Post-grado de Ingeniería
Sanitaria.

Ciudad Universitaria, zona 12
Guatemala, Centroamérica

El Director de la Escuela de Ingeniería Química, Dr. Adolfo Gramajo, después de conocer el dictamen del Asesor con el Visto Bueno del Jefe de Departamento, al trabajo de tesis del estudiante Sergio Estuardo García Smith; titulado: **DETERMINACION DEL TIPO DE CUERO QUE LOGRA UN AGOTAMIENTO OPTIMO EN EL ENGRASE DEL MISMO**, procede a la autorización del mismo.


Dr. Adolfo Gramajo
DIRECTOR

ESCUELA INGENIERIA QUIMICA



Guatemala, 27 de mayo de 1,996.



FACULTAD DE INGENIERIA

Escuelas de Ingeniería Civil, Ingeniería
Mecánica Industrial, Ingeniería Química,
Ingeniería Mecánica Eléctrica, Técnica
y Regional de Post-grado de Ingeniería
Sanitaria.

Ciudad Universitaria, zona 12
Guatemala, Centroamérica

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Sa Carlos de Guatemala, luego de conocer la autorización por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Química, al trabajo de Tesis titulado: **DETERMINACION DEL TIPO DE CUERO QUE LOGRA UN AGOTAMIENTO OPTIMO EN EL ENGRASE DEL MISMO**, del estudiante **Sergio Eduardo García Smith**, procede a la autorización para la impresión de la misma.

IMPRIMASE:

Ing. Julio Ismael González Podszueck
DECANO



Guatemala, 27 de mayo de 1,996.

ACTO DE DEDICO

A DIOS NUESTRO SENOR: Por haberme dado
la vida y sabiduría.

A MIS PADRES: Mario Alfonso y
María del Carmen.

A MI ESPOSA E HIJOS: Sandra Maritza,
Samanta y Sergio.

A MIS HERMANOS: Edgar Alfonso,
Mario Eduardo,
Julia y Rosalina.

INDICE GENERAL

GLOSARIO	I
RESUMEN	II
INTRODUCCION	IV
1. ANTECEDENTES	1
2. RESULTADOS	9
3. DISCUSION DE RESULTADOS	10
4. CONCLUSION	12
5. RECOMENDACIONES	13
6. REFERENCIAS	14
7. APENDICE	15
APENDICE A: TABLAS Y GRAFICAS	16
APENDICE B: CARACTERISTICAS DEL BOMBO DE ENGRASE	21
APENDICE C: METODO PARA LA DETERMINACION DE GRASA PRESENTE EN EL AGUA RESIDUAL DEL ENGRASE	22
APENDICE D: BIBLIOGRAFIA	24

GLOSARIO

- Agotamiento de grasa: agua residual del proceso de engrase libre de grasa.
- Bombo: cuerpo de madera de forma cilíndrica, que gira sobre su eje, que es utilizado para los procesos en húmedo del cuero.
- Cuero: piel preservada por medio de la curtición.
- Digestión: precipitado en contacto con su agua madre durante algún tiempo antes de la filtración.
- Emulsión: líquido formado por dos sustancias no mezclables, una de las cuales está dispersa en la otra.
- Flor: epidermis de la piel; es la parte visible después de haber quitado el pelo a la piel.
- Grasoso: se denomina al cuero con tacto grasoso, que tiene la propiedad de ser impermeable, con flor entera, y usado para calzado.
- Lípido: son sustancias que, siendo insolubles en agua, pueden ser extraídas de las células con solventes orgánicos de polaridad baja, por ejem. éter, cloroformo.
- Softy: se denomina al cuero blando y flexible con acabado y flor entera usado en calzado.
- Sulfatado: aceites tratados químicamente con ácido sulfúrico.
- Sulfitado: aceites tratados químicamente con bisulfito de sodio.
- Sulfonado: aceites tratados químicamente con anhídrido sulfúrico.

II

RESUMEN

El presente trabajo se realizó para determinar el tipo de cuero que obtiene la menor concentración de grasa en el baño residual del engrase.

Se evaluaron dos clases de cuero (Softy y Grasoso), y dos colores de cuero (amarillo y negro), en donde las características del bombo de engrase, en que se realizó la evaluación, permanecieron constantes.

Para la determinación del número de evaluaciones, se utilizó la técnica estadística Criterios Ortogonales L4 de Taguchi, que dio como resultado cuatro niveles y tres pruebas por nivel, que garantizan la confiabilidad de los mismos a partir de la aplicación del análisis de varianza a dos criterios ANOVA.

Con los resultados, se pudo obtener la concentración mínima en el baño residual, la cual es

III

90.56 mg/l que corresponde al cuero grasoso de color amarillo. Para determinar la concentración de grasa, se utilizó el Método de Partición Gravimétrica.

IV

INTRODUCCION

La curtición consiste en una secuencia de procesos químicos y operaciones mecánicas, las cuales varían de acuerdo con el tipo de pieles que se va a tratar y a las cualidades que se quieren proporcionar al cuero ya terminado.

La última de las etapas del proceso en húmedo del cuero es el ENGRASE, cuyo objetivo es disminuir la fragilidad de las fibras del cuero, para mejorar su resistencia al desgarre, incrementar su capacidad de alargamiento a la rotura, y su impermeabilidad, lo cual da un cuero suave y elástico.

La manera más común de engrasar los cueros es usando emulsiones de aceites o grasas.

Se determinó la concentración de grasa presente en el baño residual, extrayéndola con un solvente por el método de partición gravimétrica; a partir de un Diseño Ortogonal a dos niveles L4,

V

se estableció el tipo de cuero que logra el mejor agotamiento.

El poder optimizar el uso de los recursos usados en proceso, trae consigo la disminución de costos, garantiza la calidad del producto, alivia la carga de contaminantes vertidos al medio ambiente, el establecimiento de un control de procesos, y da un marco de referencia para mejorar procesos similares.

ANTECEDENTES

La curtición es la transformación de pieles de animales en cuero, y es tan antigua como el hombre mismo.

La curtición evolucionó con la mecanización, y con la ayuda de la ciencia y la tecnología ha alcanzado una gran importancia.

El objetivo de este trabajo comprende la última parte de los procesos en húmedo del cuero, los cuales se llevan a cabo conjuntamente.

1.1 PROCESOS DE LA ULTIMA ETAPA EN HUMEDO DEL CUERO

1.1.1 Neutralizado

El ácido sulfúrico liberado durante el reposo en banco es neutralizado, pues de lo contrario puede actuar desfavorablemente en los procesos subsiguientes, y puede fijar los productos en la superficie provocando manchas en el recurtido y

teñido desuniforme.

1.1.2 Recurtido

En este proceso, es donde se les da las características y propiedades específicas que exige cada tipo de piel: llenura, quiebre, poro fino, intensidad de color, firmeza.

1.1.3 Teñido

El teñido del cuero es la operación cuyo objetivo es dar al mismo, un color determinado, ya sea en la superficie solamente, en todo el espesor, o en una parte del mismo. Es uno de los procesos que aumenta las propiedades de uso del cuero, por su atractivo, y su valor comercial.

1.1.4 Engrase

Se efectúa en fase acuosa previa al secado. Los cuerpos grasos de distintas propiedades rodean las fibras del cuero y dan lugar a una especie de materia de deslizamiento que, con composición y cantidad adecuada, proporcionan al cuero la blandura y tacto deseados. El engrase también protege la flor durante el secado y las fibras du-

rante las operaciones mecánicas posteriores.

1.1.4.1 Emulsiones: la manera más común de engrasar los cueros es usando emulsiones de aceites o grasas. Los engrasantes más usados son aniónicos y se dividen en:

1. Emulsiones de aceites con jabón
2. Aceites sulfatados
3. Aceites sulfonados

La materia grasa total de un engrasante, a menos que éste sea aceite crudo (mineral, vegetal, animal o sintético) está formado por dos partes: la grasa emulgada y emulgante.

1.1.4.2 Grasa emulgada: consiste principalmente de grasa cruda que no ha sido modificada por el proceso de sulfitación o sulfonación y aceite mineral o sintético, que han sido adicionados para lograr un material engrasante con características deseadas por el fabricante. Este tipo de grasa no es afín al agua debido a su naturaleza no polar y por lo tanto requiere de un agente emulgante para ser miscible en agua.

1.1.4.3 Grasa emulgante: consiste en la grasa o aceite modificada por el proceso de sulfitación, sulfonación, además de agentes capaces de emulsionar como son los tensoactivos de tipo sintético que pueden ser de carácter iónico, no-iónico o catiónico. Esta grasa emulgante, debido a su carácter iónico, es completamente soluble en agua.

1.1.4.4 Grasas modificadas químicamente: cuando una grasa o aceite se tratan químicamente con ácido sulfúrico, anhídrido sulfúrico, bisulfito de sodio o cualquier otro reactivo similar, el producto final obtenido no está modificado en un 100%. Solamente una fracción del mismo estará sulfatada o sulfonada; la otra fracción permanecerá intacta o parcialmente alterada, pero tendrá las características de un engrasante crudo.

La fracción sulfatada y/o sulfonada es soluble en agua y no tiene poder engrasante; su objetivo es emulsionar la fracción cruda; en otras palabras, es la responsable de la penetración del lubricante en el cuero. Otra propiedad que tiene esta fracción es que tiene la habilidad de combinarse con el cuero y se vuelve insoluble o inex-

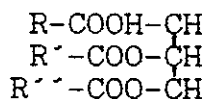
tractable con solvente.

1.1.4.5 Grasas de curtiembre: cuando un tejido animal o vegetal es sometido a una extracción con un solvente no polar la fracción extraída es llamada lípido.

Los lípidos usados en la industria curtidora como engrasantes contienen un porcentaje de grasas neutras. El contenido de ácidos grasos presentes en los aceites engrasantes se debe principalmente a las condiciones de extracción, a las características del tejido que se va a extraer o a las condiciones de proceso de tratamiento.

Las propiedades de las grasas neutras se deben en gran medida a los ácidos grasos que la forman.

La fórmula general de una grasa neutra (triglicérido) es:



Los aceites y grasas naturales de origen animal o vegetal, así como sus productos de transformación, son por ejemplo, los obtenidos por sulfatación, sulfonación, oxidación, hidrogenación o

saponificación y aceites minerales ceras y productos de síntesis, que son utilizados en el engrase del cuero.

1.1.4.6 Efectos del engrase: si el cuero se somete a un secado después de la curtición, adquiere un tacto duro, carece de flexibilidad y presenta frecuentemente una fragilidad en la flor.

Estas características son debidas a una deficiente capacidad de desplazamiento entre los elementos fibrosos que constituyen el cuero. La suavidad, flexibilidad y tacto característicos requeridos para cada tipo de aplicación se le confiere al cuero en la operación de engrase.

Por otra parte gracias a que los espacios interfibras, quedan parcialmente rellenos del producto de engrase, disminuye la humectabilidad del cuero, y mejora su impermeabilidad al agua.

La extensión en que las propiedades del cuero se modifican por el efecto del engrase dependen del método y del producto de engrase empleados, cuya elección viene determinada, a su vez, por la clase de curtición efectuada y por la finalidad a que se destina el cuero.

En la práctica, el engrase se efectúa en un tratamiento con emulsiones de aceite en agua.

1.2 CRITERIOS QUE SE DEBEN CONSIDERAR EN LA DETERMINACION DE GRASA

El término aceite representa una gran variedad de sustancias que pueden ser hidrocarburos de bajo hasta alto peso molecular, de origen mineral, además de glicéridos de origen animal y vegetal, que son líquidos a temperatura ordinaria.

Los ácidos grasos generalmente se encuentran en forma de precipitados formando jabones de calcio y magnesio. Estos son insolubles en los solventes orgánicos de baja polaridad.

Las muestras son acidificadas con ácido sulfúrico o ácido clorhídrico a un ph cercano a 1 para obtener ácidos grasos libres.

El aceite o grasa disuelta o emulsificada es extraída del agua por contacto íntimo con hexano. Se destila el solvente.

1.3 EFECTOS DE LA GRASA EN EL AGUA RESIDUAL

En virtud de la importancia y necesidad que ha cobrado el cuidado al ambiente, se hace referencia a las condiciones en general que se pueden presentar en plantas donde exista un tratamiento de aguas.

Las grasas y aceites son particularmente resistentes a la digestión anaeróbica, y cuando se presentan en los lodos causan acumulación excesiva de espuma en los digestores, tapan los poros de los filtros y además impiden usar los lodos como fertilizante.

Cuando estas sustancias son descargadas en el agua residual o efluentes tratados con frecuencia, producen películas en la superficie y orillas de los depósitos.

El conocimiento de la cantidad de grasa y aceite presente en un desecho es de ayuda para evitar dificultades en la operación de la planta de tratamiento, lo que determina la eficiencia de la planta y control de la subsecuente descarga de estos materiales a los ríos.

RESULTADOS

TABLA NUMERO 1

CONCENTRACION DE GRASA EN EL BAÑO RESIDUAL
DE ENGRASE

	A1	A2
B1	188.17 mg/l	132.98 mg/l
	177.66	164.83
	209.58	146.34
B2	149.53 mg/l	85.97 mg/l
	173.55	108.38
	184.21	77.32

A1 = CUERO SOFTY

A2 = CUERO GRASOSO

B1 = CUERO NEGRO

B2 = CUERO AMARILLO

La mínima cantidad de grasa presente en el agua residual del engrase es de 90.56 mg/l para el cuero grasoso de color amarillo.

DISCUSION DE RESULTADOS

En los ensayos realizados para la determinación de grasa en el baño residual del proceso de engrase, se utilizó la técnica estadística de Análisis de Varianza a dos Criterios ANOVA, la cual garantiza que los resultados obtenidos son estadísticamente confiables; a partir de la estadística de Fischer, se puede observar que el análisis corresponde a una única población, ya que la varianza no difiere entre los resultados (ver tabla número 2), debido a que las medias de los factores están variando en igual forma que la variación individual.

En la tabla número 1, puede observarse que existieron dos clases de cuero y dos colores diferentes; estos son los factores más comunes, dadas las condiciones en que se realizó el estudio (Apéndice B).

Para la interpretación de los resultados, se utilizó la Técnica de Criterios Ortogonales L4 de Taguchi, de la cual se obtuvieron las gráficas

(Apéndice A). Examinando las gráficas números 1, 2 y 3, se comprueba que el factor A tiene mayor influencia sobre la concentración de grasa en el baño residual de engrase, seguido del factor B; la interacción de factores A y B tiene muy poca influencia en la concentración de grasa.

Pero en el gráfico número 4, se puede apreciar una marcada diferencia que da el nivel buscado para cada factor; en el factor A es el nivel A2, que corresponde al cuero grasoso y, en el factor B, es el nivel B2, y el color de éste es amarillo. Esto da una concentración de 90.56 mg/l de grasa.

12

4

CONCLUSION

El cuero grasoso de color amarillo es el que obtiene la menor presencia de grasa en el baño residual de su engrase.

RECOMENDACIONES

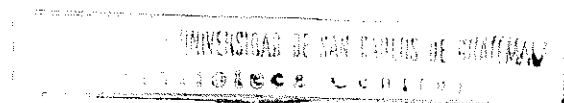
5.1 Se debe prererir el uso del cuero grasoso de color amarillo cuando tenga que ponerse su producción en la balanza, ya sea por políticas de mercadeo, ventas, o como una estrategia.

5.2 A la industria de curtiembre, se deben establecer por norma los análisis de laboratorio, para determinar la eficiencia en cada una de las etapas del proceso del curtido, para garantizar la calidad del producto, así como la descarga de los baños residuales, que disminuye el efecto ocasionado al ambiente.

5.3 Hay que analizar las condiciones de proceso, para determinar las causas por las que la piel grasosa de color amarillo obtiene la menor concentración de grasa en el baño residual.

REFERENCIAS

1. Abc de la curtición. Basf. República Federal de Alemania: s.p.i., 1978.
2. Curtir, teñir, acabar. Bayer. Alemania: s.p.i., 1974.
3. Diaporama: proceso de curtido al cromo. CIATEG. México: Centro de investigación y asistencia tecnológica del estado de guanajuato, 1988.
4. López, L. y Hernández, J. Manual de engrasantes usados en la industria de la curtitoría. México: Centro de investigación y asistencia tecnológica del estado de guanajuato, 1986.
5. Standard methods for the examination of water and wastewater. APHA-AWWA-WPCF. 16th edition. U.S.A.: s.p.i., 1985.



15

7

APENDICE

APENDICE A

TABLA NUMERO 2
ANALISIS DE VARIANZA
ANOVA A DOS CRITERIOS

FUENTE	SC	v	V	F	
A	11213.08	2	5606.50	7.61	F.1,2,3 = 5.46
B	4821.62	2	2410.81	3.27	F.1,2,3 = 5.46
AxB	908.63	4	227.16	0.31	F.1,4,3 = 5.34
e	2208.87	3	736.29		
TOTAL	19152.20	11			

SC: Suma de cuadrados
v: Grados de libertad
V: Varianza
F: Estadística de Fisher
A: Clase de cuero
B: Color de cuero
e: Error

TABLA NUMERO 3

DISEÑO ORTOGONAL L4 CON DOS NIVELES

No. de Ensayo	A	B	AxB	Datos			Promedio mg/l
				Conc.de grasa mg/l			
1	1	1	1	188.17	177.66	209.58	191.78
2	1	2	2	149.53	173.55	184.21	169.10
3	2	1	2	132.98	164.83	146.34	148.09
4	2	2	1	85.97	108.38	77.32	90.56

A: Clase de cuero

B: Color de cuero

AxB: Interacción de los factores A y B

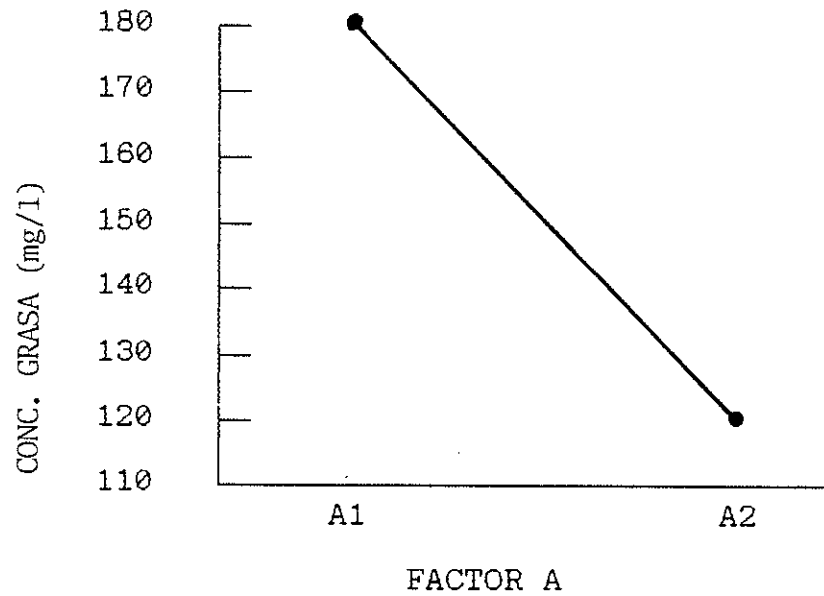
TABLA NUMERO 4
SUMAS ASOCIADAS A LOS FACTORES A Y B EN
LOS DOS NIVELES

Factor	Suma asociada
A1	180.44
A2	119.31
B1	169.92
B2	129.83
AxB1	141.17
AxB2	158.58

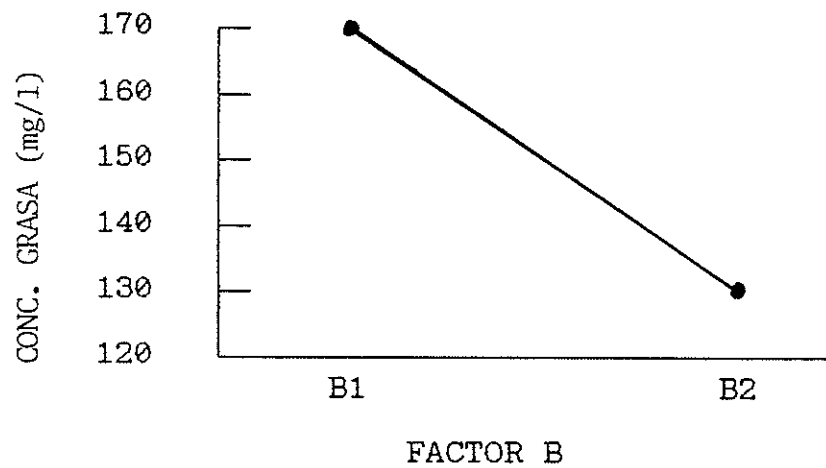
TABLA NUMERO 5
EFECTO DE LOS FACTORES A Y B

Factor	Efecto
A	64.63
B	40.09
AxB	17.41

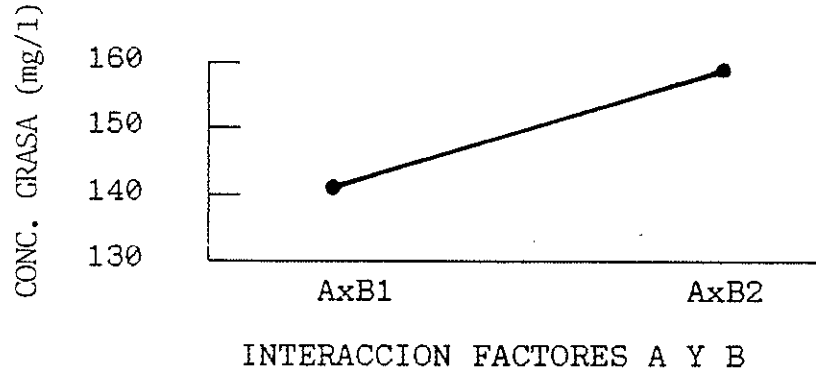
GRAFICA NUMERO 1
EFECTO DEL FACTOR A Vrs. CONCENTRACION DE GRASA



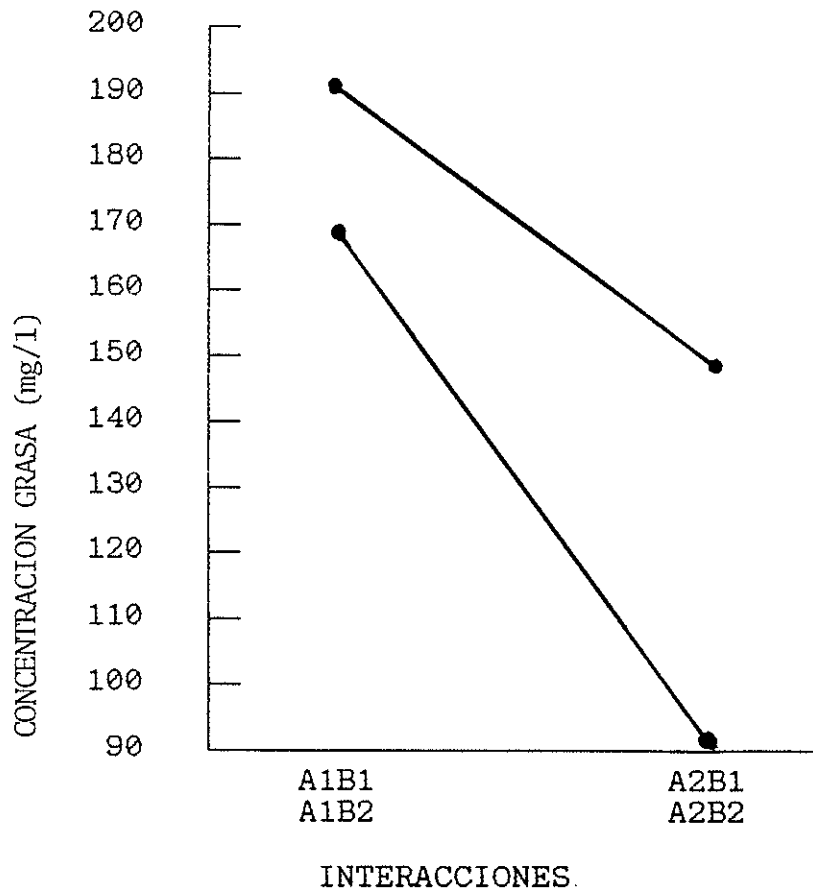
GRAFICA NUMERO 2
EFECTO DEL FACTOR B Vrs. CONCENTRACION DE GRASA



GRAFICA NUMERO 3
INTERACCION DE FACTORES Vrs. CONC. DE GRASA



GRAFICA NUMERO 4
EFECTO DE INTERACCIONES Vrs. CONC. DE GRASA



APENDICE B

CARACTERISTICAS DEL BOMBO DE ENGRASE

Diámetro: 2.50 metros

Longitud: 1.80 metros

Velocidad de rotación: 13 rpm

Estacas: 27

Bandas: 4

CONDICIONES DE OPERACION

pH: 3.6 - 3.8

Temperatura: 36-40 grados centígrados

APENDICE C

METODO PARA LA DETERMINACION DE GRASA EN UN BAÑO
RESIDUAL DE ENGRASE

La grasa presente en un baño residual de engrase del cuero se determina por el método de partición gravimétrica.

La muestra se toma en un envase de vidrio de boca ancha y tapadera de metal, la cual es de 400 ml.

Para determinar la grasa presente en el agua residual, primero se acidifica la muestra con ácido sulfúrico a una ph cercano a 1.0, y luego se pasa la muestra al embudo de separación.

Lavar con cuidado la botella de la muestra con 15 ml. de hexano y adicionar los lavados de solvente al embudo de separación. Agitar vigorosamente durante dos minutos y permitir la separación de las capas. Se vacía la capa de hexano a un matraz de destilación limpio y previamente tarado, y se utiliza un embudo con un papel filtro Whatman No.40 humedecido con solvente.

Si no se obtiene una capa clara de solven-

te, se adiciona 1 gr. de sulfato de sodio al cono del papel filtro, y se vacía lentamente el solvente emulsificado sobre los cristales.

Se extraen dos veces más con porciones de 15 ml. de hexano cada vez, se lava el frasco de la muestra primero con cada porción de solvente y enseguida se vacía al embudo de separación.

Se juntan los extractos en el matraz de destilación tarado, y se lava el papel filtro con 5 a 10 ml. adicionales de hexano. Se destila el solvente del matraz utilizando un baño de maría a 75 grados centígrados. Se coloca el matraz en un baño de vapor durante 15 minutos y se aplica vacío al matraz en el último minuto. Se enfría en un desecador durante 30 minutos exactamente, y se pesa.

Se realiza una determinación en blanco, evaporando 50 ml. de hexano en un matraz de destilación.

APENDICE D

BIBLIOGRAFIA

1. Ayres, Gilbert H. Análisis químico cuantitativo. Segunda edición. México: Editorial Harla, 1970.
2. Curso taller técnicas de Taguchi y diseño de experimentos. O.E.A./G.T.Z. Guatemala: s.p.i., 1993.
3. Formo, M./Jungermann, E./Norris, F./Sontag, N. Bayley's industrial oil and fat products. 4th edition, vol I. U.S.A.: Ed. Daniel Swern, John Wiley and sons, 1979.
4. López, L. y Hernández, J. Manual de Métodos de análisis para el químico curtidor. México: Centro de investigación y asistencia tecnológica del estado de guanajuato, 1986.
5. Perry & Chilton. Manual del ingeniero químico. Segunda edición. México: Editorial McGraw-Hill, 1986.