

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA.  
FACULTAD DE INGENIERIA.  
ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA.**



**“ESTUDIO COMPARATIVO DE TRES TRAYECTORIAS DE  
SECADO DE CUERO, USANDO LOS SECADORES MAS COMUNES  
QUE POSEE LA INDUSTRIA CURTIDORA EN GUATEMALA”**

**TESIS**

**PRESENTADA A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR**

**CARLOS ALBERTO LÓPEZ COTI**

**AL CONFERIRLE EL TÍTULO DE  
INGENIERO QUÍMICO**

**GUATEMALA, AGOSTO DE 1,997**

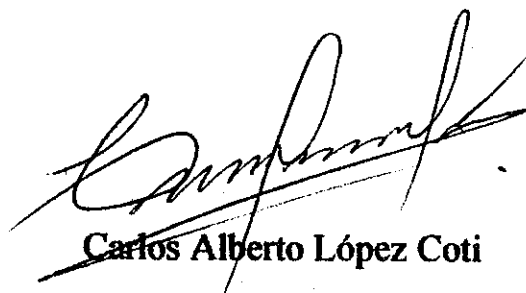
02  
16-04-96  
0.8

**HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

Cumpliendo con lo establecido por la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de tesis titulado:

**“ESTUDIO COMPARATIVO DE TRES TRAYECTORIAS DE SECADO DE CUERO, USANDO LOS SECADORES MÁS COMUNES QUE POSEE LA INDUSTRIA CURTIDORA EN GUATEMALA”**

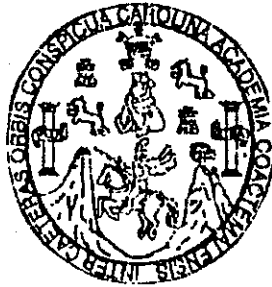
Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Química con fecha 15 de julio de 1996.



**Carlos Alberto López Coti**

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**



**MIEMBROS DE LA JUNTA DIRECTIVA**

**Decano:** Ing. Herbert René Miranda Barrios  
**Vocal 1°:** Ing. Miguel Ángel Sánchez Guerra  
**Vocal 2°:** Ing. Jack Douglas Ibarra Solórzano  
**Vocal 3°:** Ing. Juan Adolfo Echeverría Méndez  
**Vocal 4o.:** Br. Víctor Rafael Lobos Aldana  
**Vocal 5°:** Br. Wagner Gustavo López Cáceres  
**Secretario:** Ing. Gilda Marina Castellanos de Illescas

**TRIBUNAL QUE PRÁCTICO EL EXAMEN  
GENERAL PRIVADO**

**Decano:** Ing. Julio Ismael González Podszueck  
**Examinador:** Ing. Julio Chávez Montúfar  
**Examinador:** Ing. Williams Guillermo Álvarez Mejía  
**Examinador:** Ing. Edgar Aurelio Bravatti Castro  
**Secretario:** Ing. Francisco Javier González López



**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

Guatemala, 11 de junio de 1,997.

Ingeniero  
Julio Chávez Montúfar  
Director Escuela Ingeniería Química  
Facultad de Ingeniería  
Presente.

Estimado Ingeniero Chávez.

Por este medio me permito hacer de su conocimiento que he asesorado el Informe Final de Tesis del estudiante Carlos A. López Cotí, carnet No. 88-11857, titulado: **ESTUDIO COMPARATIVO DE TRES TRAYECTORIAS DE SECADO DE CUERO, USANDO LOS SECADORES MAS COMUNES QUE POSEE LA INDUSTRIA CURTIDORA EN GUATEMALA**, habiendo realizado la revisión, considero que dicha investigación es satisfactoria, por lo que otorgo la aprobación respectiva.

Sin otro particular me suscribo de usted.

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS



Ing. Rodolfo Espinosa Smith  
ASESOR

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
DE GUATEMALA



**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

Guatemala,  
junio 20 de 1997

Ingeniero  
Julio Chávez Montufar  
Director  
**Escuela de Ingeniería Química**  
Ciudad

Estimado Ingeniero Chávez:

Por este medio me dirijo a usted para comunicarle que he revisado el informe final de tesis del estudiante universitario **CARLOS A. LOPEZ COTI**, quien realizó el trabajo titulado **“ESTUDIO COMPARATIVO DE TRES TRAYECTORIAS DE SECADO DE CUERO, USANDO LOS SECADORES MAS COMUNES QUE POSEE LA INDUSTRIA CURTIDORA EN GUATEMALA”**, el cual fue asesorado por el Ingeniero Rodolfo Espinosa.

Al respecto, me permito informarle que después de haber terminado la revisión del mencionado informe y de haberle hecho las correcciones pertinentes, considero que llena los requisitos para ser aprobada por parte de la Escuela como trabajo de tesis, por lo cual se lo remito y lo pongo a su consideración.

Agradeciendo la atención a la presente, le saluda respetuosamente,

**“ID Y ENSEÑAD A TODOS”**

Dr. Adolfo Gramajo  
**Profesor Titular IV**  
**Revisor**



**FACULTAD DE INGENIERIA**

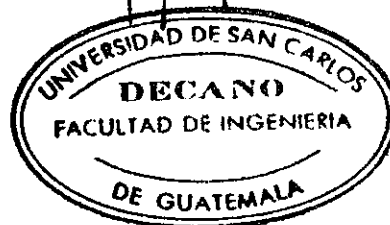
Escuelas de Ingeniería Civil, Ingeniería  
Mecánica Industrial, Ingeniería Química,  
Ingeniería Mecánica Eléctrica, Técnica  
y Regional de Post-grado de Ingeniería  
Sanitaria.

Ciudad Universitaria, zona 12  
Guatemala, Centroamérica

El Decano de la Facultad de Ingeniería, luego de conocer la autorización por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Química, al trabajo de Tesis titulado: **ESTUDIO COMPARATIVO DE TRES TRAYECTORIAS DE SECADO DE CUERO, USANDO LOS SECADORES MAS COMUNES QUE POSEE LA INDUSTRIA CURTIDORA EN GUATEMALA** del estudiante Carlos Alberto López Coti, procede a la autorización para la impresión de la misma.

**IMPRIMASE:**

  
Ing. Herbert Miranda Barrios  
DECANO



Guatemala, 17 de julio de 1,997.

13. APÉNDICE.....	46
13.1 FORMULACIÓN DE RECURTIDO PARA CUERO DESTINADO AL EMPEINE DE CALZADO.....	47
13.2 ÁREA DE ESTUDIO.....	49
13.3 METODOLOGÍA.....	49
13.4 MAQUINARIA Y EQUIPOS UTILIZADOS.....	51
13.5 CÁLCULO DEL COSTE DE SECADO DE LA TRAYECTORIA No.1 COLGADO AL AMBIENTE-TOGGLIN.....	54
13.6 CÁLCULO DEL COSTE DE SECADO DE LA TRAYECTORIA No.2 SECADO AL VACIO-COLGADO AL AMBIENTE- TOGGLIN.....	57
13.7 CÁLCULO DEL COSTE DE SECADO DE LA TRAYECTORIA No.3 SECADO AL VACIO-COLGADO AL AMBIENTE.....	61

## 1. RESUMEN

En los últimos años, el sector industrial Guatemalteco enfrenta el reto de la globalización y apertura comercial, y la industria del cuero no es la excepción. Para enfrentar esto, la industria curtidora guatemalteca atraviesa por una transformación; ésta busca encontrar directrices que le permitan hacer más productivos, eficientes, prácticos, económicos y respetuosos del medio ambiente, sus procesos de fabricación.

El proceso de fabricación de cuero se compone de varias etapas, físicas, químicas, fisicoquímicas y mecánicas, que en conjunto permiten obtener cuero a partir de las pieles que son un subproducto de la industria cárnica.

Haciendo un estudio en la etapa de secado en el proceso de fabricación de cuero, específicamente un "Estudio comparativo de tres trayectorias de secado de cuero utilizando los secadores más comunes que posee la industria curtidora en Guatemala", es posible reorientar la operación de secado y obtener parámetros que permitan hacerla más eficiente.

Estas tres formas de secar o trayectorias de secado utilizan combinadamente los siguientes equipos: el secador de cueros al vacío, el secador de cueros tipo togglin, y el secado por colgado al ambiente. Estas son:

Trayectoria 1. Colgado al ambiente-togglin.

Trayectoria 2. Secado por vacío-colgado al ambiente-togglin.

Trayectoria 3. Secado por vacío-colgado al ambiente.

Para las tres trayectorias, se encontró la curva de secado humedad vs. tiempo, el coste de secado para cada trayectoria, y son: Trayectoria 1.  $Q 0.16/m^2$ , trayectoria 2.  $Q 0.48/m^2$ , trayectoria 3  $Q 0.34/m^2$ ; también se encontró el rendimiento en área del cuero seco en relación al cuero húmedo para cada trayectoria: trayectoria 1. 91% , trayectoria 2. 94% , trayectoria 3. 89%; además se comparo quiebre y suavidad que son cualidades muy apreciadas en la calidad del cuero.



## 2. GLOSARIO

**Ablandamiento:** operación mecánica por medio de la cual se suaviza en una máquina de brazos, o una máquina hidráulica vibratoria.

**Aceites sulfatados:** aceites tratados con  $SO_3$  en un rango entre 1-5%. Las emulsiones que se obtienen con ellos no son muy estables ni a los electrolitos ni al pH; se rompe la emulsión a valores inferiores de  $pH=4$ .

**Aceites sulfitados:** generalmente son aceites de especies marinas a los que se les incorpora grupos sulfónicos, y se producen emulsiones muy estables a los electrolitos y a valores de  $pH$  bajos.

**Acabado:** aumento general de las propiedades de uso del material curtido. Mejora de la protección frente a la humedad y a la suciedad. Igualación de las manchas o de los daños de la flor.

**Bombo:** también llamado tambor; es el equipo propio de una tenería en el cual se realizan los procesos húmedos.

**Cuero Flor Entera:** cuero acabado sin remoción del corium en la máquina de esmerilar.

**Cuero flor corregida:** cuero en el que se remueve el corium por medio de la maquina de esmerilar con el propósito de crear una capa artificial, para disminuir los defectos en el mismo.

**Curtido al cromo:** cuero curtido con cromo trivalente.

**Curtido al vegetal:** cuero curtido con extractos tánicos de algunas plantas.

**Colágeno:** molécula que compone el corium o dermis; se compone de moléculas polipeptídicas torcidas entrelazadas en forma helicoidal.

**Empeine de calzado:** se le llama así a la paleta o parte superior del calzado que sufre más flexión.

Procesos húmedos: así se llama a todos los procesos realizados en medio acuoso.

Quiebre: propiedad del cuero que se refleja principalmente en el corium o dermis de éste al ser doblado. Se dice "buen Quiebre" cuando al doblarlo no se producen arrugas indeseables en el empeine de calzado.

Resina acrílica: recurtiente a base de poliacrilatos.

Sintán naftalenico: tanino sintético elaborado a base de la condensación de ácidos naftalin-sulfónicos neutralizados.

Sintan fenólico: tanino sintético elaborado a base de la condensación de urea-fenól.

Tanino: molécula de carácter fenólico de gran complejidad, extraída principalmente de las cortezas de algunos árboles y vegetales y que según su procedencia pueden tener composiciones y estructuras diversas. Al unirse químicamente con la molécula de colágeno, transforma la piel de los animales en cuero.

### 3. INTRODUCCION

Desde que el hombre necesito de abrigo, encontró en la piel de otros animales el material idóneo para enfrentar el rigor del frío. De modo que el cuero, aunque no goza de la espléndida solera mitológica del fuego, compartió con éste las primeras edades de la humanidad. Pero mientras el fuego se refugió en el mito, el cuero recorrió una trayectoria ascendente que se inició en el preciso momento en que el hombre se dio cuenta de que el cuero se hacía más resistente a las condiciones ambientales cuando se ponía en contacto con algunas cortezas de árboles, y luego se secaba.

En este preciso momento, nació la industria curtidora. El cuero, hasta hoy día, es objeto de un saber institucionalizado: la ciencia y el arte. La ciencia procura de los procesos y efluentes más eficaces prácticos y económicos que garantizan ala calidad óptima del producto. El arte sobre la base de lo anterior, se esmera en conseguir con una dosis necesaria de imaginación, la deslumbrante belleza que hace del cuero un material de gran plusvalía por la variedad de artículos e indumentos de alta moda que con él se fabrican.

En la actualidad, todas las industrias dedicadas a la fabricación de cuero lo hacen bajo procesos estandarizados de curtición, con parámetros de calidad, respetando nuevas legislaciones sobre medio ambiente.

Guatemala no es la excepción y nuestro país que tiene una industria cárnica con una producción anual aproximada de 1400000 reses; cuenta con 30 fábricas que se dedican a la curtición y acabado de cueros(ref 22.). Estas fábricas guatemaltecas producen, en su mayoría, cuero destinado a la fabricación de calzado, por el proceso de curtido al cromo y suelas para calzado por el proceso de curtido vegetal.

Dichos procesos se componen de varias etapas físicas, químicas y mecánicas que hacen que al final la piel del ganado nacional, en su mayoría de raza brahman, Holstein, e Indu-brazil, y que a nivel mundial, aunque no es de primera calidad como materia prima, está en un nivel aceptable, y se transforma en cuero para fabricar en su mayoría calzado, suelas para calzado y artículos de vestuario.

Entre las etapas que componen el proceso de fabricación de cueros, está el secado; después de que el cuero ha sido curtido, se procede a la recurtición, teñido y engrase; etapas en las cuales se incorpora al cuero por medio de reacciones químicas, los materiales necesarios para que adquiera las características del artículo que con él se quiera fabricar; todo esto en medio acuoso, luego se procede a secar el cuero.

El presente estudio está centrado en la etapa de secado de cuero; en este orden, acotaré que en la antigüedad, el secado dependía de las condiciones climatológicas, ya que se hacía solamente tendiendo los cueros al sol o colgándolos al ambiente; en la actualidad, con todos los adelantos tecnológicos disponibles, existen diferentes tipos de máquinas o secadores especiales para cueros y que las industrias guatemaltecas ya poseen.

La industria curtidora guatemalteca no le ha dado la importancia necesaria a la etapa de secado, ya que ésta se ha considerado como la simple evaporación del agua atrapada y ligada a la piel. No obstante, la realidad es muy otra, ya que durante la etapa de secado, y según el equipo que se utilice, se producen migraciones de diversos productos, se forman enlaces, y se modifica la estructura del cuero.

Con el objetivo principal de reorientar las operaciones de secado, y obtener parámetros que permitan hacer más eficiente la etapa de secado a las tenerías guatemaltecas, según sus instalaciones y conveniencia, se realizó el presente estudio comparativo de tres trayectorias de secado, utilizando combinadamente, los secadores más comunes que posee la industria curtidora en Guatemala; son éstos el secador de cueros al vacío, el secado de cueros tipo togglin, y el secado de cueros al ambiente.

Para tal propósito, se secaron lotes de 50 pieles con un espesor de 1.6mm-1.8mm destinadas a la fabricación de calzado, en una tenería guatemalteca que posee los equipos antes mencionados, por tres diferentes trayectorias de secado, éstas son:

Trayectoria 1. Colgado al ambiente-togglin.

Trayectoria 2. Secado al vacío-colgado al ambiente-togglin.

trayectoria 3. Secado al vacío-togglin.

Después de realizado el estudio, se puede concluir que la trayectoria que presenta mas ventajas es Secado al vacío-colgado al ambiente-togglin, ya que aunque tiene más operaciones y un coste de secado más alto, se puede secar en menos tiempo, mejorar considerablemente el quiebre y la suavidad, y obtener un mejor rendimiento en área que a la vez compensa el coste de seçado, ya que el cuero se comercializa en unidades de área.

#### 4. ANTECEDENTES

Ya se mencionó anteriormente que el proceso de fabricación de cueros se remonta a las primeras edades de la humanidad, y dicho proceso ha llegado a nuestros días; recorriendo una enorme trayectoria en la cual cada día se aplican y se investigan nuevas tecnologías, que lo hacen, más eficiente, productivo y menos contaminante. Países industrializados como Inglaterra, Alemania, Italia, España, Estados Unidos, Brasil, Argentina y México, cuentan con centros especializados de investigación de procesos de fabricación de cueros, así también Costa Rica, que posee una ganadería similar a la guatemalteca, cuenta un centro de investigación especializado en cuero.

En la facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, se han realizado cinco estudios relacionados con el proceso de fabricación de cueros, los cuales son:

1. Extracción de taninos a partir del Divi-divi. 1989.(ref.7).
2. Extracción de taninos a partir de corteza de encino. 1993. (ref.24).
3. Determinación de una carga óptima en un bombo de curtido de pieles para minimizar la concentración de cromo en el baño residual. 1994.(ref.8.).
4. Determinación del sulfuro de sodio total presente en un licor residual de pelambre a partir de una carga óptima a proceso. 1994.(ref.25).
5. Caracterización de los efluentes líquidos de los departamentos de pelambre y curtido de una industria curtidora en Guatemala en un proceso tradicional y en un proceso modificado. 1995.(ref.9).

En lo que respecta a la etapa de secado, se conocen los siguientes estudios:

1. Dr. Pedro Herrera. (ref.3). Ha realizado estudios sobre fabricación de cueros en sus diferentes etapas.

2. Baggio Technologie Srl, Italia (ref. 4). Han efectuado estudios de nuevas tecnologías de secado de cuero, en los secadores que fabrican.
3. Ing. Pablo Humberto Ramírez. (ref. 5). Presenta 7 información acerca del tratamiento de cueros después de la etapa de secado.
4. Q.F.B. Alejandra Rivera Trasgallo y Dr. Juan Francisco Hernandez Medina. (ref. 17), presentan información acerca de los defectos ocasionados al cuero durante la etapa de secado.
5. Cartigliano Srl. Italia (ref. 6), presenta información acerca del equipo de secado al vacío.
6. Fratelli Carlessi Srl. Italia (ref. 7), presenta información acerca del equipo de secado tipo togglin.

## **4.1 La piel.**

### **4.1.a Histología de la piel**

La piel es la estructura externa del cuerpo de los animales. Es una sustancia cubierta con pelo o lana y está formada por varias capas superpuestas. Esta envoltura externa ejerce una acción protectora, pero al mismo tiempo también cumple las funciones de:

- Regular la temperatura del cuerpo del animal.
- Eliminar sustancias de deshecho.
- Albergar órganos sensoriales que faciliten las sensaciones térmicas y táctiles.
- Almacenar sustancias grasas.
- Proteger al cuerpo de las bacterias y microorganismos.

La piel responde a cambios fisiológicos del animal; sobre ella se reflejan características importantes y específicas tales como, edad, sexo, dieta, medio ambiente y estado de salud.

### **4.1.b Partes de la piel en bruto.**

La piel recuperada por desuello de los animales sacrificados, se llama "piel fresca".

En la piel, se distinguen tres zonas: el crupón, el cuello y las faldas. El crupón corresponde a la parte central de la piel fresca, el cuello y las faldas a las orillas.

En una piel, además, se distingue el lado externo de la piel que contiene el pelaje del animal, y una vez eliminado el pelo, éste se llama "lado flor". El lado interno de la piel, que se encontraba junto a la carne del animal, se llama "lado carne".



#### 4.1.c Constitución de la piel.

La estructura histológica de la piel es distinta de unas especies a otras, y aun dentro de un mismo animal, según la parte de la piel que se haya tomado como muestra. Sin embargo, la estructura fundamental de la piel es similar para los mamíferos tales como los bovinos, ovinos y equinos. De acuerdo con esto, para su estudio se tomará como estructura tipo la correspondiente a una piel vacuna fresca.

Imaginando un corte transversal de una piel vacuna, se distinguen desde el exterior hacia adentro las siguientes capas: epidermis, dermis o corium y tejido subcutáneo.

#### 4.1.d La epidermis.

Es una capa delgada y representa aproximadamente el 1% del espesor total de la piel en bruto. Durante la fabricación del cuero, la epidermis se elimina en las operaciones de pelambre. Desde afuera hacia adentro, la epidermis contiene las siguientes capas: capa córnea, capa granular y la capa mucosa de malpighi o capa basal.

La capa de malpighi forma la capa más profunda de la epidermis y es la que se encuentra más próxima a la dermis. Esta constituida por células vivas de aspecto mucoso o gelatinoso que tienen poca resistencia y son fácilmente atacadas por la acción de las bacterias de la putrefacción y de las enzimas, y por los álcali tales como NaOH,  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , y especialmente por  $\text{Na}_2\text{S}$  y NaHS.

A partir de la capa granular, comienza a producirse la degeneración de los núcleos. Su grueso es menor que el de la capa de Malpighi.

Empezando desde la capa granular y a medida que ascienden las células, éstas se van secando gradualmente, pierden sus estructuras nucleares y se van volviéndose aplastadas, en forma de escamas. Las células en esta capa ya están muertas. Al mismo tiempo que se aplastan, se funden gradualmente para formar la densa capa queratinizada del extracto córneo o capa córnea. Este proceso se conoce con el nombre de proceso de queratinización.

#### **4.1.e Producciones epidérmicas.**

Tienen su origen en la epidermis y son de tipo córneo; entre ellas, se encuentran el pelo, la lana, pezuñas, cuernos, y otros. El pelo es la producción epidérmica más importante, la raíz del pelo se encuentra alojada a la altura de la dermis pero aislada de ella por la capa de Malpighi y se le denomina vaina epiteal externa. Esta se elimina junto con el pelo y otras glándulas que se encuentran en la parte superior de la dermis a nivel del bulbo piloso.

Estas otras glándulas se denominan glándulas sebáceas y se presentan en forma de bolsas llenas de células que elaboran productos grasos que después son segregados. Estos productos grasos sirven para lubricar el pelo y la capa córnea de la epidermis.

#### **4.1.f La dermis o corium.**

Es la capa que se encuentra situada inmediatamente por debajo de la epidermis y que se extiende hasta la capa subcutánea. Esta separada de la epidermis por la membrana hialina.

La membrana hialina es una membrana ondulada y transparente, que forma una superficie pulida, la cual está punteada por orificios dejados a consecuencia de la eliminación del pelo, y es la que constituye la flor del cuero acabado. Esta membrana presenta el típico poro o grano, el cual es característico de cada especie de animal.

La dermis constituye la parte principal de la piel y su espesor representa aproximadamente el 84% del espesor total de la piel en bruto. En la dermis, se distinguen dos capas: la capa flor o papilar y la capa reticular.

La capa flor o papilar va desde la membrana hialina hasta aproximadamente la base del pelo. Está formada por un entretejido de fibras entrelazadas en todas direcciones formando un empaquetamiento muy compacto. Químicamente está formada por fibras de colágeno y por bastantes fibras elásticas que sirven para reforzar su estructura. Además de este tejido



fibroso, la capa flor contiene capilares sanguíneos, glándulas sudoríparas y sebáceas, el músculo erector del pelo y nervios sensoriales.

La capa reticular se extiende desde la base del pelo, y se llama así por su aspecto de red. Está formada por fibras gruesas y fuertes que se entrelazan formando un ángulo aproximado de 45 grados con relación a la superficie de la piel. Su espesor representa entre 50 - 80 % del total de la dermis, y depende de la edad del animal. Químicamente su principal componente es la proteína colágeno. La capa reticular está prácticamente desprovista de otras estructuras, aparte de los vasos sanguíneos y nervios, por lo que es predominantemente fibrosa. Algunas de la proteínas son solubles en medio acuoso, las cuales pueden desnaturalizarse mediante el calor y las sustancias químicas.

#### **4.1.g El tejido subcutáneo.**

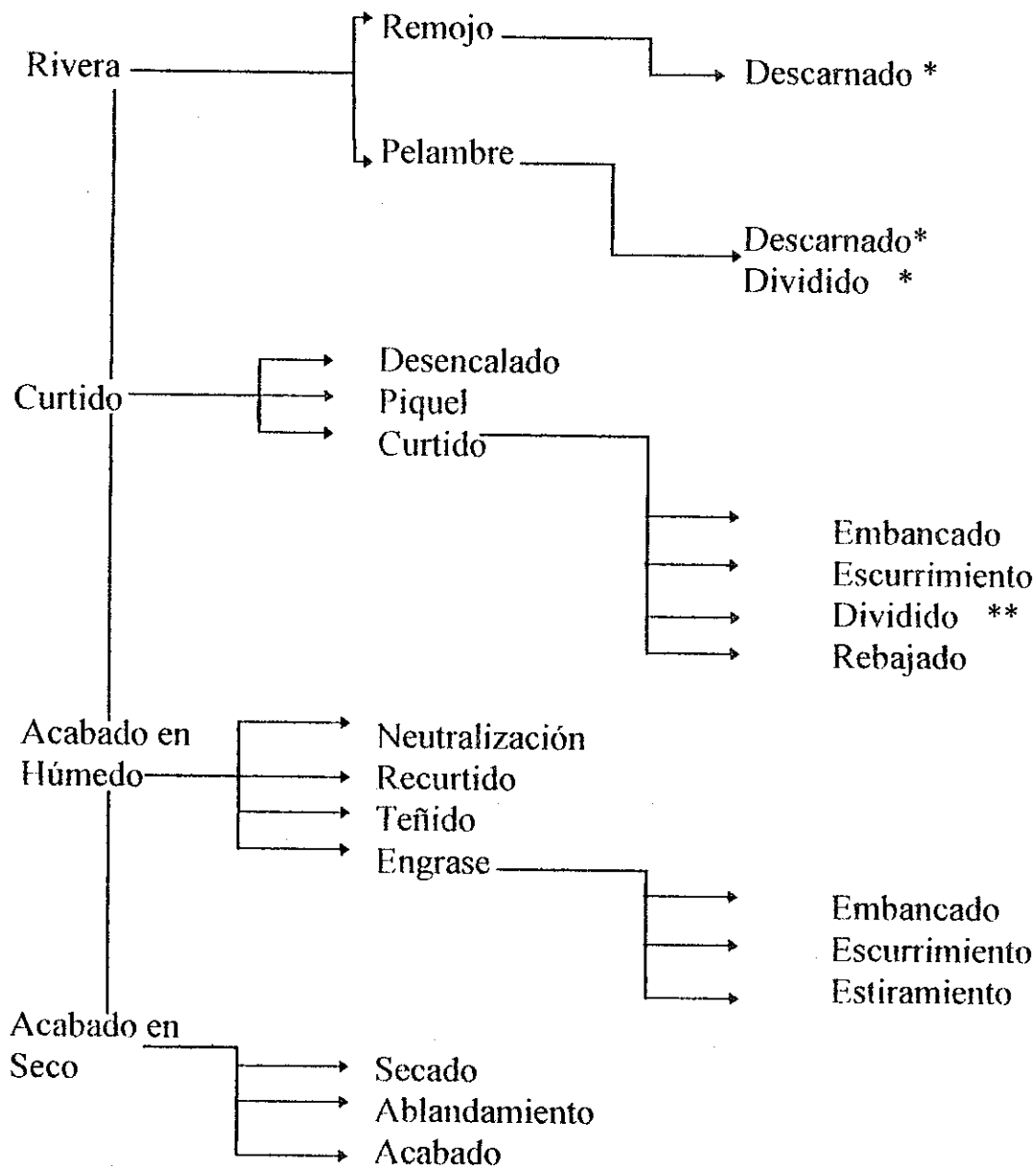
Constituye aproximadamente el 15% del espesor de la piel en bruto y se elimina mecánicamente en la etapa inicial del proceso, mediante la operación que se denomina descarnado. Es la parte que asegura la unión con el cuero del animal.

## 4.2 Proceso de fabricación de cuero

El proceso de fabricación de cueros se puede dividir fundamentalmente en cuatro etapas (ref.1):

1. Etapa de rivera.
2. Etapa de curtido
3. Etapa de acabado húmedo.
4. Etapa de acabado en seco.

### Flujograma del proceso de fabricación de cueros



- Si el descarnado se realiza después del remojo, ya no es necesario después del pelambre, aunque en algunas ocasiones sí se hace.
- Si el dividido se realiza después del pelambre, ya no es necesario hacerlo después del escurrido.

#### 4.2.a Definiciones

**Remojo:** es la primera etapa del proceso de fabricación de cuero; tiene como finalidad rehumectar la piel y eliminar agentes indeseables que acompañan a la piel en bruto tales como: sangre, orina, estiércol, linfa, etc.

**Pelambre:** esta etapa es la combinación de los procesos químico y mecánico. Las reacciones químicas son las responsables de debilitar la unión del pelo a través de sustancias que en solución acuosa generan iones  $\text{OH}^-$ ,  $\text{SH}^-$ , y  $\text{S}^=$ . Otra función química de los iones  $\text{OH}^-$  es provocar el hinchamiento de la piel.

La acción mecánica elimina el pelo por medio de diferentes rozamientos, esta operación puede ser realizada en un bombo, en una molineta o en un mixer.

**Descarnado:** es una operación mecánica que consiste en eliminar de la piel la endodermis, que es la que se encuentra adherida a ella. Esta operación se realiza ya sea a mano o en una máquina de descarnar. El descarnado puede realizarse después del remojo o después del pelambre.

**Dividido:** es una operación mecánica que consiste en separar mediante una máquina el corium, la zona papilar o flor de la zona reticular o carnaza. El espesor al que se debe dividir depende del tipo de cuero que se desee fabricar.

**Desencalado:** es la eliminación de la cal incorporada en el pelambre por medio de ácidos débiles o sales de ácidos débiles, con el propósito de llevar el cuero a un pH neutro.

**Rendido:** es la adición de enzimas proteolíticas en el desencalado, con el objeto de degradar algunas proteínas solubles e indeseables en el cuero, y así obtener un cuero más limpio, suave y con textura más fina.

**Piquel:** consiste en acidular el cuero lo suficiente para realizar una buena penetración del curtiente; se hace con ácidos fuertes o débiles o con una combinación de ambos.

**Curtido:** después de piquelados los cueros son curtidos con sales básicas de cromo con el objeto de estabilizar la principal proteína del cuero como lo es el colágeno; se realiza en el mismo bombo de piquelado, y se inicia a pH 2.5- 3; luego de que las sales de cromo se hayan difundido homogéneamente a través de la sección transversal, del cuero se le agregan agentes basificantes para obtener un pH final de 3.8-4.

**Embancado:** esta operación se refiere al reposo de los cueros extendidos sobre una tarima durante 24 hrs, con el proposito de que se formen más enlaces entre el colágeno y el cromo.

**Ecurrido:** operación mecánica por medio de la cual la piel se hace pasar entre dos rodillos con la presión suficiente para eliminar el agua que se encuentra atrapada entre los espacios interfibrilares del cuero, y que éste tenga la humedad apropiada para poder rebajarse.

**Rebajado:** operación mecánica realizada para uniformizar el espesor del cuero según el artículo que se quiera fabricar.

**Neutralización:** adición de sales alcalinas para elevar el pH y neutralizar el ácido sulfúrico liberado durante el embancado.

**Recurtido:** después del neutralizado el cuero, se le agregan nutrientes que le conferirán propiedades según el artículo que se desee fabricar.

**Teñido:** en el mismo baño del recurtido, se realiza el teñido con el objeto de darle un color al cuero, y se realiza normalmente con anilinas ácidas.

**Engrase:** luego del teñido, se realiza el engrase que consiste en adicionar aceites tratados químicamente (sulfitados, sulfonados, clorinados, etc.) con el propósito de hacerlos más blandos.

**Estirado:** debido a la acción mecánica dentro del bombo, los cueros sufren un encogimiento y se hace necesario estirarlos, esto se hace en otra operación mecánica realizada en una máquina de estirar.

**Secado:** operación física mecánica realizada en máquinas especializadas con el objeto de llevar al cuero de un 66% de humedad; con ésta sale de la máquina de estirar a un 16% para su posterior acabado.

**Acondicionado:** rehumectación del cuero con el objeto de homogenizar la humedad en un 18%-20%.

**Ablandado:** operación mecánica realizada en una máquina especializada con el objeto de suavizar o ablandar el cuero.

**Acabado:** consiste en cambiar la apariencia del cuero mediante diferentes procedimientos, según el artículo que se quiera obtener.

### 4.3 Descripción de los secadores

Los secadores para cuero más comunes y más usados mundialmente son:

1. Secador de cueros al vacío.
2. Secador de cueros tipo togglin.

#### Secador de cueros al vacío

En el año 1955, en Estados Unidos y en Italia, actuando de forma independiente, se iniciaron ensayos de secado al vacío de pieles que se mantenían sujetas mediante presión sobre una placa plana, la cual se calentaba para proporcionar al cuero el calor necesario para la evaporación de agua.

Estos ensayos dieron como resultado que en 1960 los italianos fabricaran un secadero al vacío de tipo industrial.

Las partes más importantes de un secador al vacío son: placa, cabezal, bomba de vacío con refrigeración y condensador.

**Placas.** según el tipo de máquina, consta de una o dos mesas de trabajo. La parte superior que está en contacto con la piel está construida con acero inoxidable tipo 316 para que no se produzcan manchas sobre la superficie de la piel; la parte interior también es de acero. Estas placas pueden calentarse directamente con vapor o por circulación de agua caliente.

**Cabezal.** es la parte móvil del secadero y sirve para encerrar el cuero en una zona hermética para poder efectuar el vacío. En su interior, contiene una malla metálica que sirve para sujetar el cuero durante el secado.

**Bomba de vacío.** generalmente para la producción del vacío, se emplean bombas de anillo hidráulico que reducen la presión a valores de 50-80 mm de Hg.

**Condensador.** sirve para eliminar en forma líquida el vapor de agua que se elimina de la piel.

#### Secador de cueros tipo togglin.

El secadero tipo togglin consta de una cámara que normalmente contiene 20 marcos, los cuales pueden sacarse de la cámara a través de unas guías fijas. Los marcos sujetan unas placas de hierro galvanizado perforadas, sobre las cuales se colocan los cueros mediante unas prensas que los fijan y a la vez contiene una clavija que se incrusta en las perforaciones de la placa.



Una vez colgados los cueros, la placa se coloca en posición vertical y se introduce dentro de la cámara de secado. En ésta existe un termostato conectado a una válvula de vapor que sirve para regular la temperatura del aire de secado a través de una batería calefactora formada por tubos de aleta y un ventilador para hacer recircular el aire. En la zona de recirculación, se encuentra un hidrómetro que mide la humedad relativa en el interior de la cámara.

#### 4.4 Fundamentos teóricos del secado.

Después de la recurtición teñido y engrase, los cueros se dejan generalmente en reposo, extendidos sobre un caballete, con el propósito de que la grasa agregada en dicha operación se fije mejor a la fibras del cuero.

Al día siguiente, se procede a la operación mecánica de escurrido y estirado. El estirado es una operación anterior al secado del cuero, pero muy importante, porque a causa del trabajo en un contenedor específico que en la industria curtidora se denomina bombo, más la incorporación de diversos productos en la operación de curtición teñido y engrase, se produce encogimiento. En la fase llamada comúnmente estirado, se produce también una disminución de agua; sin embargo, esto no es suficiente para llevar al cuero directamente al secado. Entonces se realiza el escurrido, ya que la eliminación de líquido por vía mecánica exige mucho menos energía que evaporando el agua del cuero en el curso de secado; esta operación supone un alto consumo de energía.

El agua, que contiene el cuero, puede considerarse unida a él, de cuatro formas distintas (ref.2):

- A) Absorbida molecularmente
- B) Enlazada molecularmente
- C) Atrapada en los espacios capilares
- D) Agua libre( incluyendo la que está en los capilares)

##### **A). Agua absorbida molecularmente**

Esta agua se encuentra realmente unida al colágeno, a través de puentes de hidrógeno en diferentes puntos y proporciones.

##### **B) Agua enlazada molecularmente**

Esta agua también se encuentra unida a la proteína del colágeno, en los grupos funcionales de las cadenas laterales y en los enlaces peptídicos, a través de un puente de hidrógeno.

### **C) Agua atrapada en los espacios capilares**

A un contenido de humedad entre 30%, un (40-55%) de los espacios interfibrilares están llenos de agua débilmente unida.

### **D) Agua libre**

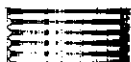
Como agua libre en realidad puede considerarse tanto el agua atrapada en los espacios capilares señalada anteriormente, como la que, sin estar en los capilares, sigue estando en el cuero. El agua libre puede decirse que se encuentra en el cuero enlazada muy débilmente en una cantidad de 30-66% (.05-2.0 g Agua / g de colágeno), de la cual la que no se encuentra entre los capilares queda comprendida entre 55-66%, y puede eliminarse fácilmente por medios mecánicos.

La mayoría de las propiedades mecánicas del cuero son debidas a su estructura fibrosa, la cual es de suma importancia en la etapa de secado.

Cuando durante el secado, una capa de moléculas de agua abandona la superficie del cuero; inmediatamente otra, pasa a la superficie. La rapidez de partida de las moléculas de agua de la superficie del cuero es la misma que de las moléculas de agua que pasan desde el interior del cuero hacia su superficie.

Los espacios entre las fibras del cuero son lo suficientemente pequeños para actuar como capilares; la lubricación de la superficie es un controlador de la velocidad de secado.

Los sólidos que contienen agua pueden comportarse como húmedos o higroscópicos. Se le llama sólido húmedo a aquel cuya presión de vapor de agua es igual a la del agua a la misma temperatura; esto ocurre de esta manera porque el agua no se encuentra ligada de modo alguno al sólido en referencia. El sólido higroscópico, por el contrario, presenta una presión de vapor menor a la del agua misma a una cierta temperatura. La razón de esta disminución se debe a enlaces y puentes de hidrógeno que se desarrollan entre los grupos cargados de la proteína y el agua. La masa de cuero durante el proceso de secado se mantiene constante y la cantidad de agua variable. Siempre se expresa el agua en relación con la masa del cuero seco.



La presión de vapor de agua de un cuerpo higroscópico depende de los siguientes factores: la temperatura del cuerpo, estado de su superficie y de la masa de agua que contiene. A temperatura constante, la presión de vapor de agua aumenta conforme aumenta la humedad, hasta alcanzar el valor que corresponde a agua pura a la misma temperatura. En este punto, el cuerpo se comportará como un sólido húmedo.

El cuero puesto en contacto con el aire adquiere en un momento dado un equilibrio que determina su humedad y depende del porcentaje de humedad relativa del aire y de la temperatura; a este punto de equilibrio se le conoce como punto higroscópico del cuero.

Es de resaltar, que en la etapa de secado, el cuero sufre los fenómenos siguientes: a) se encoge b) su grado de endurecimiento aumenta cuanto más fuerte es la tensión bajo la que se ha secado el cuero.

Por eso nunca deberá ablandarse un cuero totalmente seco, ya que entonces se producirán roturas y fisuras en su estructura. Dichas roturas se conocen como: flor quebradiza, soltura de flor y otros defectos desagradables que inciden en la manufactura del calzado o en el uso del mismo, así como en otros artículos.

Para evitar esto, es conveniente que el cuero tenga un moderado contenido de humedad, que esté entre 20-22% repartido de modo relativamente homogéneo. El exacto contenido de humedad puede variar según sea el procedimiento empleado, pero deberá cumplirse lo mejor posible, con el porcentaje citado, porque es una magnitud bastante crítica. Por ello en muchas clases de secado, después de un primer paso que lleva el humedad del cuero a un 14-16%, se procede a rehumectar al 20-22% de humedad.

Según los fundamentos ya descritos del secado del cuero, se puede establecer que el rendimiento de sus superficie depende de:

1. El espesor: el cuero, mientras más delgado es, se puede estirar mejor y más fácilmente antes del secado.

2. La curtiembre: cuanto mejor curtida esté la estructura fibrosa y menos productos rellenos se le hayan incorporado, tanto más intensa y fácilmente se deja estirar el cuero antes del secado.
3. El engrase: cuanto más engrasadas estén las fibras individuales de la estructura fibrosa del cuero, tanto más fácilmente desplazables entre sí son las fibras, y más estirable es el cuero. Y por lo tanto, se obtiene una mayor superficie.

Naturalmente, es evidente que el rendimiento en superficie depende en esencia de qué método de secado se haya aplicado, y de la intensidad con que fue tensado. Sin embargo, éstos son parámetros en cuanto a la metodología de secado.

La suavidad es otro factor importante en la calidad del cuero, y también depende de factores tales como:

1. El espesor: es más fácil ablandar un cuero delgado que un grueso.
2. El engrase: un cuero es más suave cuando más intensamente ha sido engrasado.
3. La curtiembre: mientras más homogénea ha sido la curtiembre, se obtiene una mejor distribución de los productos que se adicionan al cuero.
4. Secado: la suavidad depende esencialmente del secado, ya que mientras más lento ha sido el secado, y menor la temperatura, y cuanto menos se ha tensado el cuero antes de secarlo, más suave será éste.

## 5. JUSTIFICACIONES

La realización de este estudio se justifica porque:

1. Es muy importante conocer en qué forma el secado de un cuero afecta su calidad, su rendimiento de área y en qué forma afecta su coste de producción.
2. El curtidor guatemalteco necesita de parámetros que le permitan utilizar adecuadamente su equipo para secar cueros, en beneficio de la calidad y la economía.
3. La industria curtidora guatemalteca necesita elevar su nivel tecnológico, para hacer frente a las aperturas comerciales y competir internacionalmente.
4. Las investigaciones científicas elevan el nivel tecnológico de las industrias; la economía guatemalteca necesita de divisas y la industria curtidora tiene un gran potencial exportador que aún no explota.
5. La Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, ha contribuido con el desarrollo de la Industria Curtidora guatemalteca en anteriores investigaciones, y debe seguir haciéndolo.
6. La investigación, sobre la etapa de secado de cuero, amplía los anteriores estudios relacionados con el proceso de fabricación de cueros.

## 6. OBJETIVOS

### Objetivos generales.

- Contribuir al mejoramiento de la calidad en el proceso de fabricación de cuero, específicamente en la etapa de secado.
- Obtener valores experimentales, que reorienten la operaciones de secado de cuero y utilización de los respectivos equipos, mejore la calidad y reduzca el coste.

### Objetivos específicos.

1. Encontrar las curvas de secado de tres trayectorias de secado diferentes, en las que participan el secador para cueros al vacío, el secador tipo togglin y el secado al aire.
2. Encontrar los costos de operación de cada secado expresado en  $Q/m^2$ , y los costos totales de cada trayectoria de secado, expresados en  $Q/m^2$ .
3. Determinar cómo afecta el rendimiento en área cada trayectoria de secado.
4. Hacer una comparación subjetiva de quiebre y suavidad del cuero seco obtenido en cada una de las trayectorias de secado.

## 7. HIPOTESIS

Si conociendo los costes, las ventajas y desventajas de diferentes formas de secar el cuero, es posible encontrar parámetros que permitan orientar al curtidor para la utilización adecuada de sus equipos de secado con el fin de obtener mejor rendimiento en área, mejorar la calidad del producto terminado y tener otras opciones de secado.



## 8. RESULTADOS.

### Tabla No.1

### COLGADO AL AMBIENTE - TOGGLIN.

t(h)	t(seg)	H(kg agua/Kg cuero seco)*100	H(kg agua/Kg cuero seco)*100
0	000.0E+03	63.00	
1	003.6E+33	62.00	
2	007.2E+03	58.00	
3	010.8E+03	54.00	
4	014.4E+03	50.00	
5	018.0E+03	46.00	
6	021.6E+03	42.00	
7	025.2E+03	38.00	
8	028.8E+03	37.00	
9	032.4E+03	36.00	
10	036.0E+03	35.00	
11	039.6E+03	34.50	
12	043.2E+03	34.00	
13	046.8E+03	33.50	
14	050.4E+03	33.00	
15	054.0E+03	32.00	
16	057.6E+03	31.00	
17	061.2E+03	30.50	
18	064.8E+03	30.00	
19	068.4E+03	29.50	
20	072.0E+03	29.00	
21	075.6E+03	28.00	
22	079.2E+03	27.50	
23	082.8E+03	27.00	
24	086.4E+03	26.00	
25	090.0E+03	25.00	
26	093.6E+03	24.00	
27	097.2E+03	23.00	
28	100.8E+03	21.00	
29	104.4E+03	19.00	
30	108.0E+03	16.00	23.00
30.5	109.8E+03		16.00

Tabla No.2

**VACIO - COLGADO AL AMBIENTE - TOGGLIN.**

t(h)	t(seg)	H(Kg agua/Kg cuero seco)*100	H(Kg agua/Kg cuero seco)*100
0	00.000E+03	63	
0.058	0000000210	33	
1	03.600E+03	26.6	
32	07.200E+03	23	
3	10.800E+03	21	
4	14.400E+03	19	
5	18.000E+03	17	23
5.5	19.800E+03		16

Tabla No.3

**VACIO COLGADO AL AMBIENTE.**

t(h)	t(seg)	H(Kg agua/Kg cuero seco)*100
0	00.000E+03	63.00
0.058	210	33.00
1	03.600E+03	26.60
2	07.200E+03	23.00
3	40.800E+03	21.00
4	14.400E+03	19.00
5	18.000E+03	17.00

Tabla No.4

**EFICIENCIA DE AREA OBTENIDA DESPUES DEL SECADO.**

■ COLGADO AL AMBIENTE - TOGGLIN	= 91%.
■ VACIO - COLGADO AL AMBIENTE - TOGGLIN	= 94%.
■ VACIO COLGADO AL AMBIETE	= 89%.

Tabla No.5

**COSTE DE LOS DIFERENTES TIPOS DE SECADO.**

- COLGADO AL AMBIENTE - TOGGLIN = Q. 0.16/m<sup>3</sup>
- VACIO - COLGADO AL AMBIENTE - TOGGLIN = Q. 0.48/m<sup>3</sup>
- VACIO COLGADO AL AMBIENTE = Q. 0.34/m<sup>3</sup>

Tabla No.6

**QUIEBRE DESPUÉS DEL SECADO.**

- COLGADO AL AMBIENTE - TOGGLIN = BUENA.
- VACIO-COLGADO AL AMBIENTE-TOGGLIN = EXCELENTE.
- VACIO COLGADO AL AMBIETE = EXCELENTE.

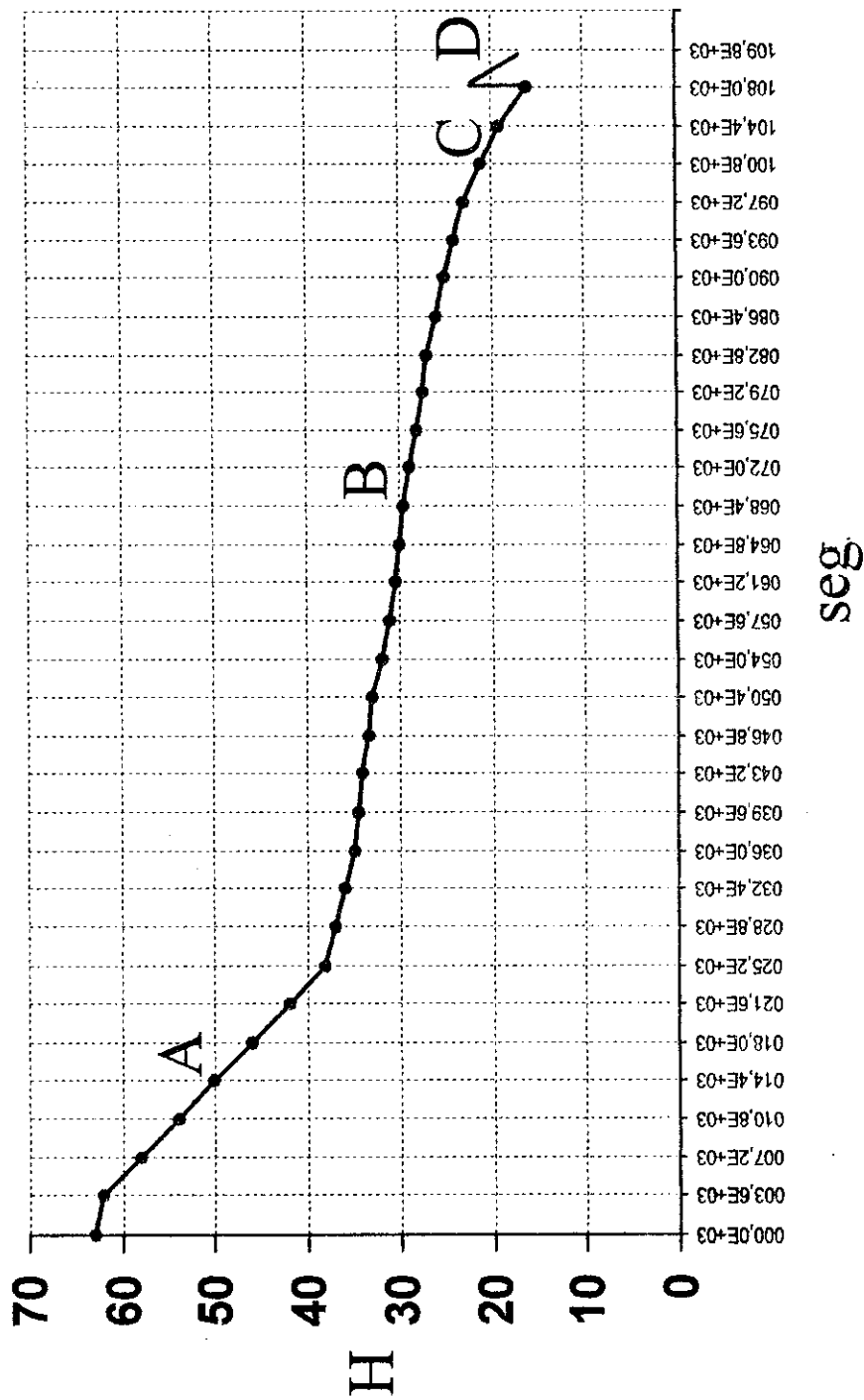
**Tabla No.7****SUAVIDAD DESPUÉS DEL SECADO.**

- COLGADO AL AMBIENTE - TOGGLIN = EXCELENTE.
- VACIO-COLGADO AL AMBIENTE-TOGGLIN = EXCELENTE.
- VACIO COLGADO AL AMBIETE = BUENA.

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
Biblioteca Central

Gráfica No. 1

COLGADO AL AMBIENTE TOGGLIN

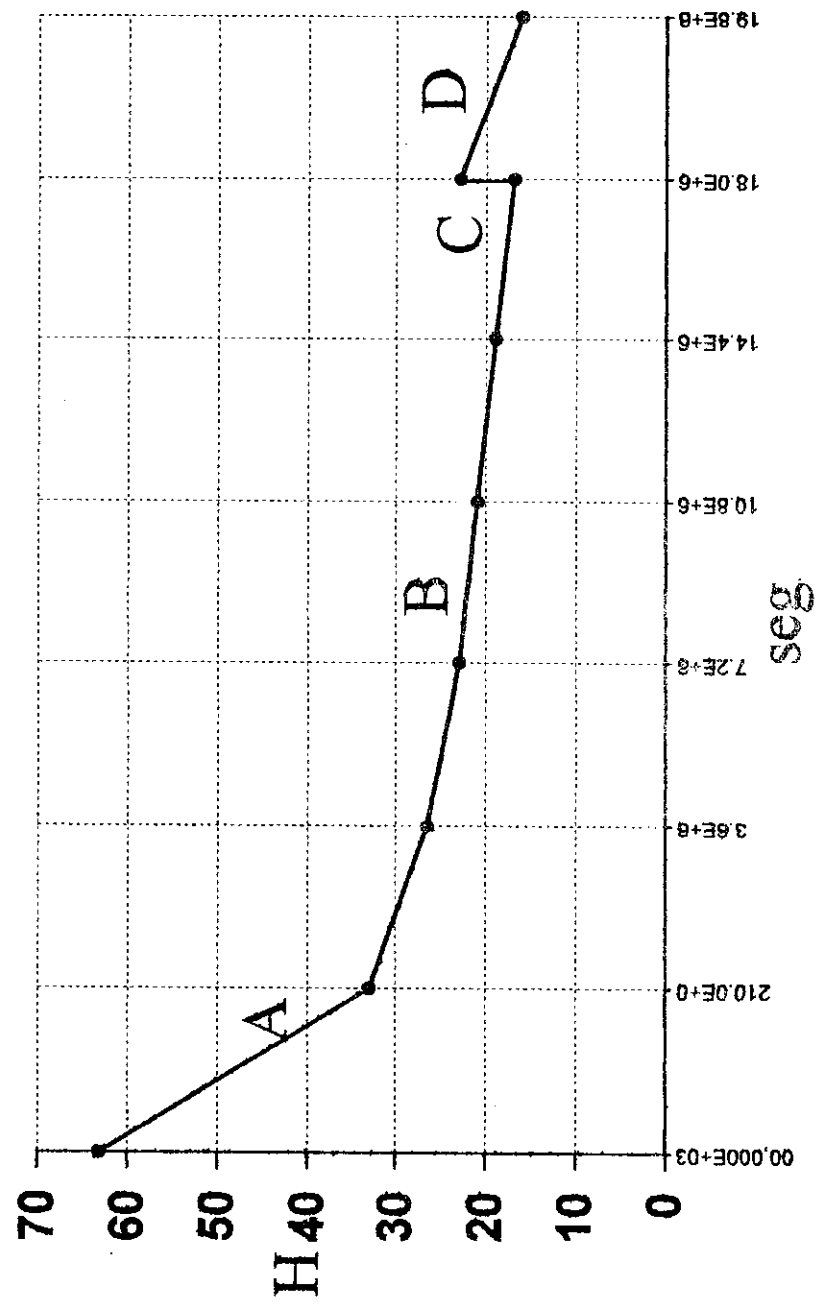


$H = H(\text{Kg. Agua/Kg. cuero seco}) * 100$   
seg = Segundos.



Gráfica No. 2

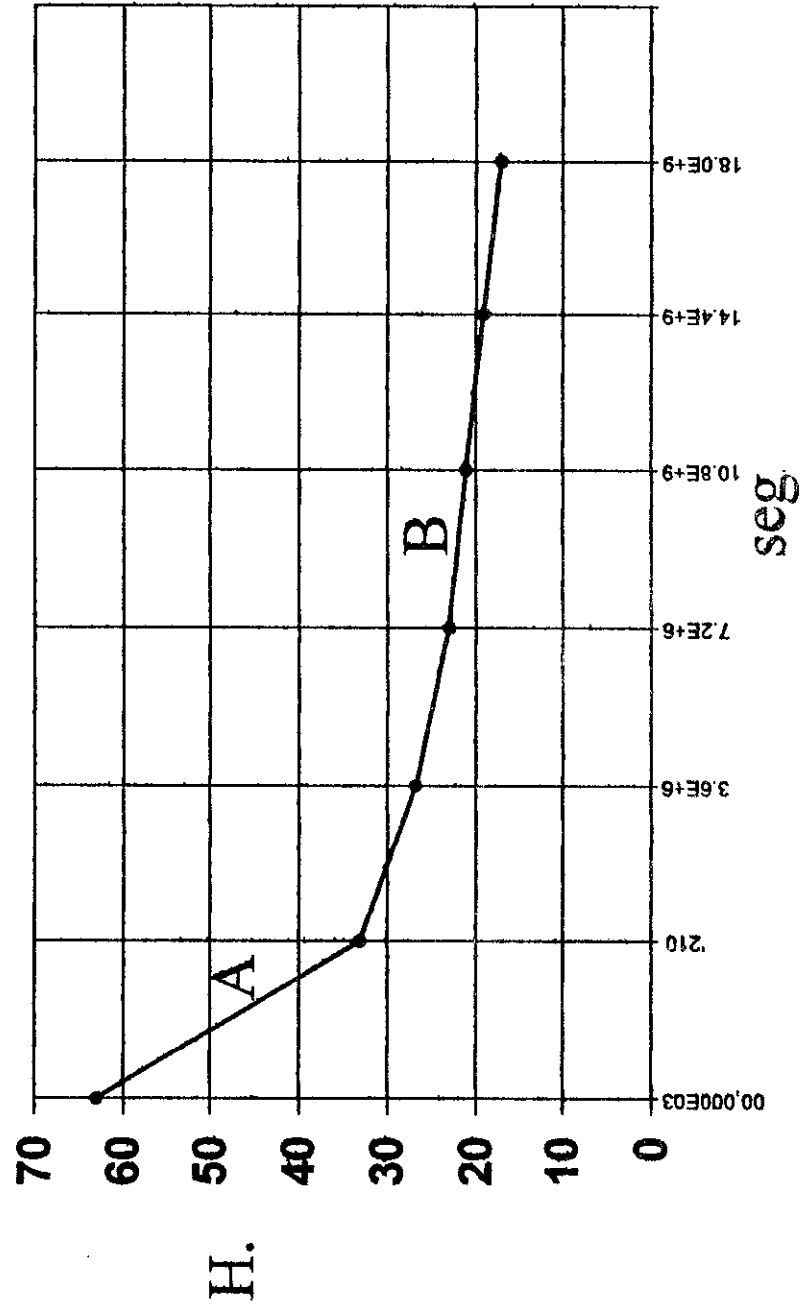
VACIO - COLGADO AL AMBIENTE - TOGGLIN.



$H = (\text{Kg. Agua/Kg. cuero seco}) * 100$   
 seg = Segundos.

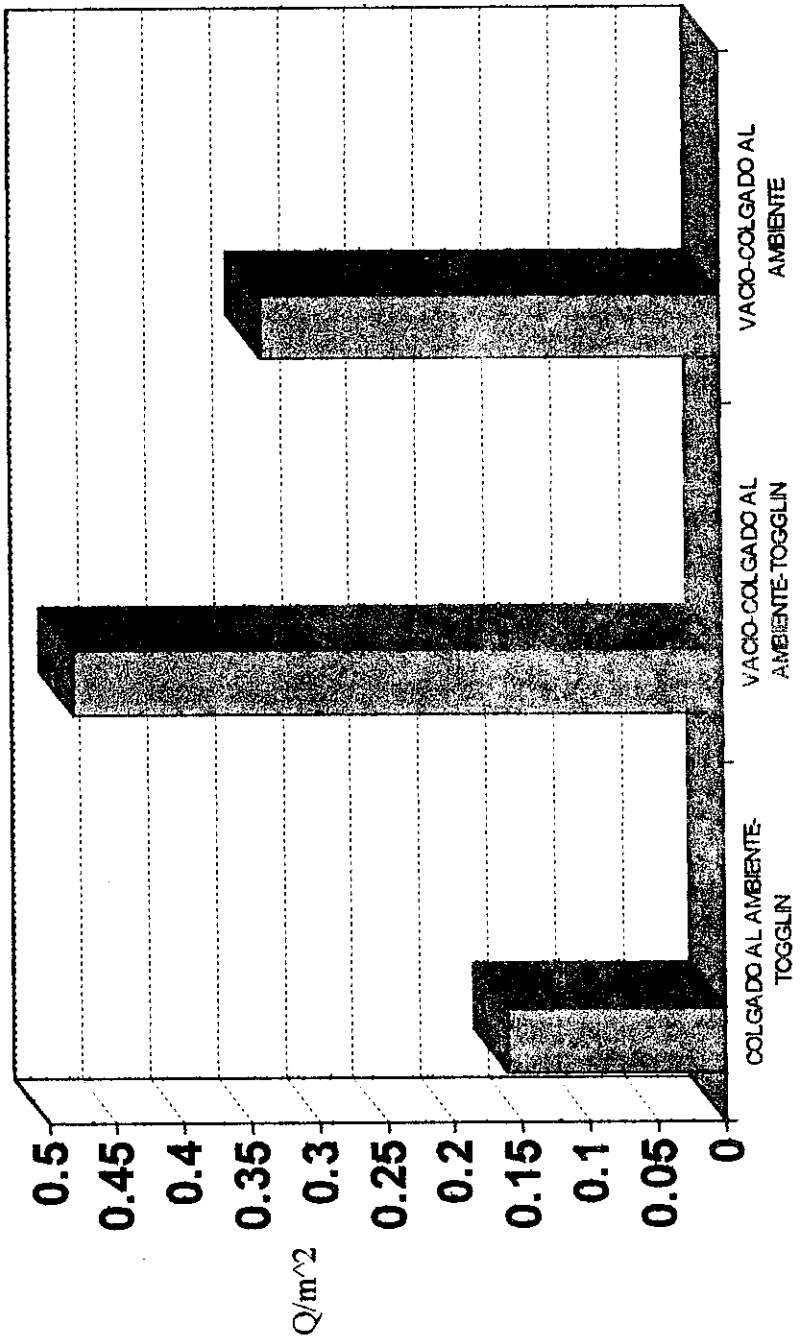
Gráfica No.3

VACIO - COLGADO AL AMBIENTE - TOGGLIN.

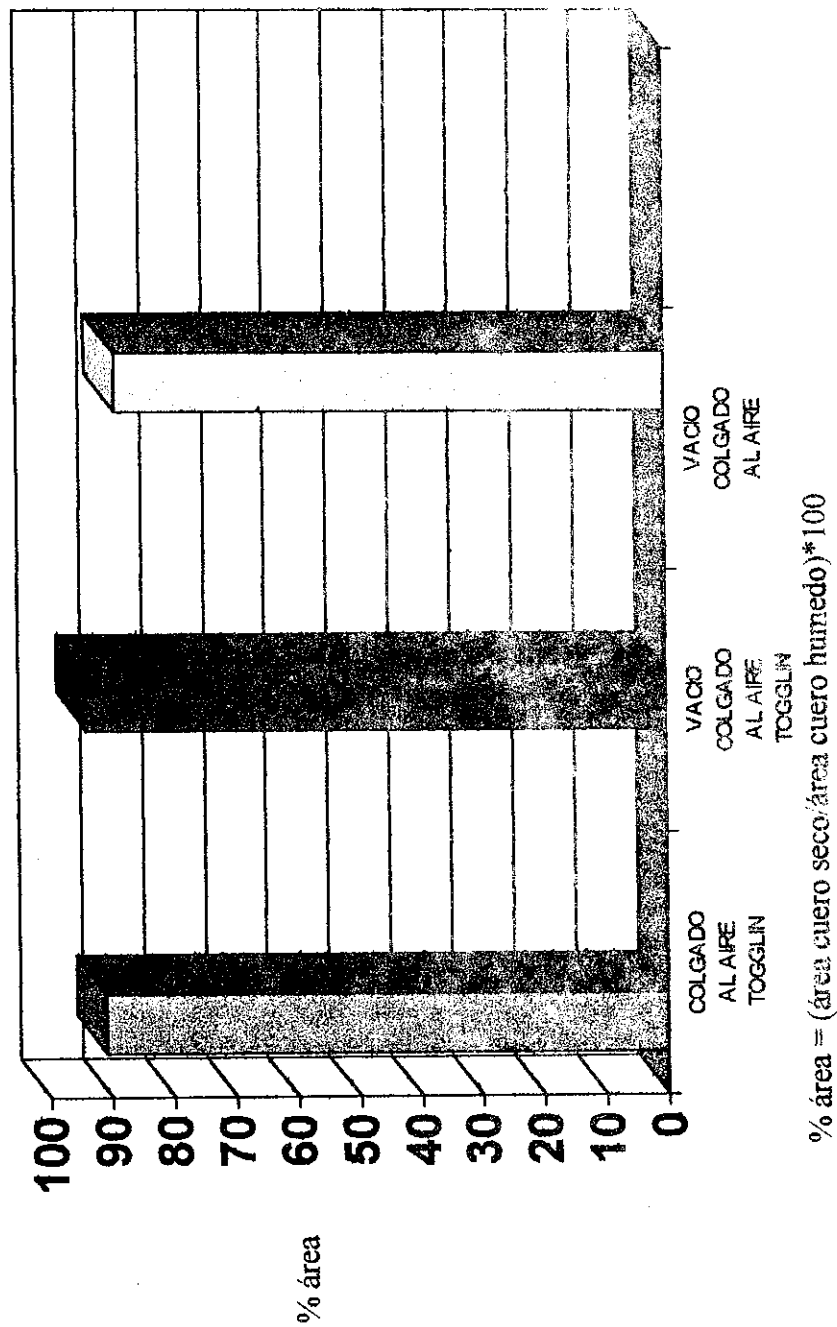


H = H(Kg Agua/Kg cuero seco.) \* 100  
seg = Segundos.

Gráfica No.4  
COSTE DE LOS DIFERENTES TIPOS DE SECADO



Gráfica No. 5  
EFICIENCIA DE AREA OBTENIDA DESPUÉS DEL SECADO



## 9. DISCUSION DE RESULTADOS

En las gráficas No.1, No.2 y No.3, se presentan las variaciones de humedad  $H$ , respecto al tiempo, para las tres trayectorias de secado de cuero estudiadas.

Para la gráfica No.1 en la región A y B, el tiempo necesario para reducir la humedad en el cuero de  $H=66$  a  $H=16$  fue de 30 horas ( $109 \cdot 10^3$  seg). Para la trayectoria colgado al ambiente-togglin un tiempo grande, esto es debido a que esta región corresponde al procedimiento de colgar al ambiente; durante este no hay control de la humedad relativa ni temperatura del aire, ya que éstas varían con las condiciones climatológicas; a continuación, se tiene la región C que corresponde a la rehumectación del cuero de  $H=16$  a  $H=23$  con el objeto de obtener más blandura y poder tensar y reorientar las fibras durante el secado en el secador tipo togglin, en el que se reduce la humedad de nuevo a  $H=16$ , con condiciones constantes de  $HR(\text{aire})=52\%$  y  $T=40$  °C; esta disminución de humedad se logra aproximadamente en 30 minutos ( $1.8 \cdot 10^3$  seg).

La gráfica No.2 representa la variación de humedad  $H$  de  $H=66$  a  $H=16$  para la trayectoria secado al vacío-colgado al ambiente-togglin; la región A de esta gráfica representa la utilización del secador al vacío en la cual se reduce la humedad en el cuero  $H$  de  $H=66$  a  $H=33$ , en un tiempo considerablemente corto de 3.5 minutos (210 seg); esto se logra porque este secador reduce la presión externa del cuero por medio de una bomba de vacío de anillo hidráulico, de su valor atmosférico a aproximadamente 2000 Pa. a una temperatura de 60°C. A continuación, se tiene la región B que corresponde al colgado al ambiente; en el dicha región, no se tiene control de humedad relativa ni de temperatura del aire y éstas dependen de las condiciones climatológicas; para esta región con el fin de llegar a humedad  $H=17$ , se necesito de 5 horas ( $18 \cdot 10^3$  seg). La región C corresponde a la rehumectación a  $H=23$  y la D a la utilización del secador tipo togglin.

La gráfica No.3 es la que representa la trayectoria secado al vacío-colgado al ambiente y tiene los mismos valores de la gráfica No.2, excepto que en esta trayectoria no se utilizó el secador tipo togglin.

Después de analizar las gráficas No.1, No.2, y No.3, se interpreta que la región A en las tres gráficas, corresponde a la remoción del agua libre, o sea del agua atrapada en los espacios interfibras del cuero(ref2). La región B corresponde a la evaporación del agua absorbida molecularmente que se encuentra unida a la molécula de colágeno a través de puentes de hidrogeno en diferentes puntos y proporciones y del agua enlazada molecularmente a la proteína del colágeno en los grupos funcionales de las cadenas laterales y en los enlaces peptídicos a través de un puente de hidrógeno.(ref2.)

La gráfica No.4 nos muestra el coste de Secado expresado en  $Q/m^2$ , en esta gráfica se puede observar que la trayectoria que tiene el coste más alto es la No.2 secado al vacío-colgado al ambiente-togglin con un coste de  $Q0.48/m^2$  debido a que este procedimiento utiliza dos secadores que para operar necesitan abastecerse de energía eléctrica, vapor, y agua. Además, esta trayectoria tiene más operaciones, por lo que su coste de mano de obra también es mayor.

La trayectoria No.3 secado al vacío-colgado al ambiente, tiene un coste de secado de  $Q0.34/m^2$ , un poco inferior al de la trayectoria No.2, debido a que no utilizo el secador tipo togglin. La trayectoria con el menor coste de secado fue la No.1 colgado al ambiente-togglin, ya que sólo utilizó el secador tipo togglin por un corto tiempo, y la mayor parte de la evaporación de agua se hizo al medio ambiente donde sólo el coste de mano de obra para colgar los cueros influye.

La gráfica No.5 y la tabla No.4 nos muestra el rendimiento en área después del secado en relación al área del cuero húmedo o antes de secar, para la trayectoria No.1 colgado al ambiente-togglin se tuvo un rendimiento de 91%, la trayectoria No.2 secado al vacío-colgado al ambiente-togglin tuvo un rendimiento de 94% y la trayectoria No.3 secado al vacío-colgado al ambiente un rendimiento de 89%; estos resultados permiten interpretar que el secador tipo toglin es el que proporciona mejor rendimiento en área, ya que por su mecanismo permite tensar las fibras del cuero y reorientar las contracciones que sufren las mismas durante el secado, además, la trayectoria No.2 presenta el rendimiento más alto de las tres trayectorias; esto se debe a que esta trayectoria además de utilizar el secado tipo togglin, también empleo el secador al vacío, en el cual el cuero es puesto sobre la superficie plana de la mesa

calefactora, y recibe la presión del peso del cabezal que aísla herméticamente el sistema para que se produzca el vacío; esto hace que las arrugas naturales sean menos pronunciadas y como consecuencia se obtenga un mejor rendimiento en área; la trayectoria No.1 obtuvo el segundo mejor rendimiento en área; esto es porque utilizó el secado tipo togglin, pero no utilizó el secador al vacío y la trayectoria No.3 con el menor rendimiento en área fue debido a que no utilizó el secador tipo togglin.

Las tablas No.6 y No.7 muestran una comparación subjetiva de quiebre y suavidad, que son cualidades tan importantes para poder evaluar la calidad del cuero; en estas tablas se puede apreciar que la trayectoria secado No.2, secado al vacío-colgado al ambiente-togglin y la trayectoria No.3 secado al vacío-togglin, presentan mejor quiebre y suavidad debido a que el secador al vacío mejora considerablemente estas cualidades, esto es debido a la temperatura y la forma como se seca el cuero en este equipo, hace que el secado sea mas homogéneo en su sección transversal y se completen algunas reacciones químicas dentro de la estructura molecular del cuero, se redistribuyan mejor algunas cargas rellenantes y hace que la flor tenga un aspecto de planchado, lo que facilita y mejora la etapa posterior al secado o sea el acabado en seco.(ref.17)

## 10. CONCLUSIONES

1. Después de comparar las 3 trayectorias del secado No.1 colgado al ambiente togglin, No.2 secado al vacío - colgado al ambiente-togglin y No.3 Secado al vacío-colgado al ambiente. se concluye que la trayectoria con más ventajas es la No.2, que es secado al vacío-colgado al ambiente-togglin, porque se seca en menor tiempo, tiene mejor rendimiento en área, mejores cualidades de quiebre y suavidad, y aunque tiene mayor costo, esto se ve compensado por la calidad y rendimiento en área.
2. La trayectoria No.2 secado al vacío-colgado al ambiente-togglin ofrece mejor control del proceso.
3. La trayectoria No.2 secado al vacío-colgado al ambiente-togglin da como resultado un cuero más manejable para las operaciones posteriores, por el aspecto de planchado que proporciona el secador al vacío.
4. De los secadores utilizados, el secador tipo togglin es el que proporciona mejor rendimiento en área.
5. El secador al vacío mejora notablemente la calidad cuando mejora el quiebre y la suavidad.



## 11. RECOMENDACIONES.

1. Se debe utilizar, si se dispone de los equipos, la trayectoria de Secado No.2 secado al vacío-colgado al ambiente-togglin.
2. Es necesario hacer un estudio posterior para sustituir la parte de secado al ambiente, por una cámara de secado o túnel con humedad relativa controlada.
3. Si no se dispone de secador al vacío o por alguna razón se encuentre fuera de servicio, la trayectoria que conviene es la No.1, que es colgado al ambiente-togglin.

## 12. BIBLIOGRAFIA

1. GRATACOS E. Tecnología Química del Cuero.  
España: s.p.i. 1962.
2. O'FLAHERTY F. The Chemistry and Technology of Leather.  
New York: Edit. Reinhold Publishing Corporation, s.f.
3. PEDRO HERRERA. Química Técnica para Tenerife.  
Costa Rica: Edit. CIDECA, 1988
4. BAGGIO TECNOLOGIE. srl, Advanced Solutions.  
Italy: Edit. s.p.i. 1991
5. PABLO HUMBERTO RAMIREZ. Seminario sobre problemas actuales en la fabricación de curtidos. Alemania: Edit. Darmstad, 1982.
6. CARTIGLIANO srl. The Installation Use and Maintenance of Cartigliano Vacuum Drying Machine. Italia : Edit. s.p.i. 1994.
7. FRATELLI CARLESSI srl. Instructions and Use of Togglin Drying Machine. Italia: Edit. s.p.i. 1993.
8. AUGUSTO SPECH. Extracción de Taninos a partir de Divi-Divi. (tesis facultad de ingeniería universidad de San Carlos.) Guatemala, 1989, 45 pp.
9. VALLE PERALTA HORACIO.  
Determinación de un carga óptima en un bombo de curtido de pieles para minimizar la concentración de cromo en el baño residual. (tesis facultad de ingeniería universidad de San Carlos). Guatemala, 1994, 30 pp.

10. JUAN PAC. Caracterización de los efluentes líquidos de los departamentos de pelambre y curtido de una industria Curtidora en Guatemala en un proceso tradicional y en un proceso modificado. (tesis facultad de ingeniería universidad de San Carlos) Guatemala, 1995, 60 pp.
11. GUATAVSOV E. The Chemistry of the tanning Process.  
New York: Edit. Academic Press. 1956.
12. FINVAC. Instructions for the Installation Use and Maintenance of Finvac Vaccum Drying Machine. Finlandia: Edit. s.p.i. 1994
13. SHARPHOUZE J.H. Leather Technican's Handbook.  
London: Edit. Leather Producer's Association, 1971.
14. BOLEDA J. Tecnología Química del Cuero.  
España: Edit. Romanya/Valls, 1988.
15. ADZET ADZET J.M. Química Técnica de Tenerife.  
España. Edit. Romanya/Valls, 1990.
16. BASF. Vademécum para el técnico en curtición.  
Alemania: Edit. BASF Aktiengesellschaft, 1995
17. ALEJANDRA TRASGALLO, FRANCISCO MEDINA.  
Defectos ocasionados al cuero durante el acabado en seco  
México: Edit. CIATEG, 1990.
18. FOUST, WENZEL, CLUMP, MAUS, ANDRESEN.  
Principios de Operaciones Unitarias.  
2ª. Edición. México: Edit. CECSA, 1989.
19. CHRISTIE J. GEANKOPLIS  
Procesos de Transporte y operaciones Unitarias.  
2ª. Edición. México: Edit. CECSA, 1993.

20. ROBERT E. TREYBAL.  
Operaciones de Transferencia de Masa.  
4ª. Edición. México: Edit. McGraw-Hill, 1990.
21. PERRY & CHILTON  
Manual del Ingeniero Químico.  
3ª. Edición México: Edit. McGraw-Hill, 1988.
22. et. al. Produccion de cuero en guatemala.  
Guatemala: Edit. Camara de industria de Guatemala, 1987.
23. et. al. Tarifas eléctricas.  
Guatemala: Edit. INDE, 1996.

***APENDICE.***

### 13.1 FORMULACIÓN DE RECURTIDO CUERO PARA EMPEINE DE CALZADO

Tipo de cuero: Brahman  
 Peso promedio: 30 Kg.  
 Procedencia: Sur-occidente guatemalteco.

Estado: curtido al cromo  
 ph final del Curtido: 3.8  
 Grosor: 1.6-1.8mm.

#### Porcentajes sobre el peso de cuero rebajado.

##### Lavado

Agua	200%	T=20°C
Ácido acetico	0.5%	(diluido 1:10)
Tensoactivo	0.4%	

Rodar 30 minutos

Lavar y drenar.

##### Neutralización

Agua	100%	T=35°C
Sintan naftalenico	1.5%	
Formiato de sodio	1.0%	
Bicarbonato de sodio	0.5%	Rodar 60 minutos

pH=4.8

Lavar y drenar

##### Recurtición

Agua	100%	T=40°C
Resina acrílica	3%	

Rodar 30 minutos

+

Tanino de mimosa	3%
Tanino de quebracho	3%
Sintan fenólico	2%

Rodar 60 minutos

**Lavar y drenar****Teñido y engrase**

Agua	100%	T=60°C
Aceite sulfitado	2%	
Aceite sulfatado	4%	
Aceite sintético	1%	
Aceite crudo	0.5%	

**Rodar 60 minutos**

+

Anilina ácida	1%
Rodar 15 minutos	

+

Acido fórmico	0.5%
Rodar 30 minutos    pH final= 3.8	

### 13.2 AREA DE ESTUDIO

La investigación fue realizada en los departamentos de recurtido y acabado en seco de una tenería guatemalteca ubicada en la ciudad de Quetzaltenango, que cuenta con secador al vacío, secador de cueros tipo togglin y tendedero de cueros al ambiente.

### 13.3 METODOLOGIA

Teniendo la existencia de operaciones, equipos y máquinas separadas, se buscó dentro de la posibilidad técnica mecánica de la tenería, y se utilizó un proceso estándar de flor entera común curtida al cromo, con un espesor 1.6-1.8 mm.

1. Después de recurtidos, teñidos y engrasados, los cueros permanecieron embancados durante 13 horas; después fueron escurridos y estirados en una máquina combinada para cuero entero, de forma longitudinal y transversal, así como doble pasada en la zona del cuello que es donde presento más arrugas.
2. A continuación, los cueros fueron medidos húmedos en una máquina de medir pieles de cremalleras y tornillos sin fin.
3. Se separaron las pieles en tres lotes de 50 pieles cada uno, para poder secarlas en tres diferentes trayectorias de secado.
  - 3.1 Para la trayectoria de secado No.1, colgado al ambiente-togglin, se procedió a tomar el valor de la humedad del cuero en una zona determinada, con un hidrómetro especial para cueros de la casa Otto Spech de Alemania, al inicio y a cada hora, hasta llegar a una humedad de 16% sobre cuero seco; en este punto se precedió a rehumectar el cuero con una pistola pulverizadora para llevarlo a una humedad de 23% sobre peso seco; con esta humedad se ablanda en una máquina de dos cabezas hidráulicas, para luego poder tensarlo al toglin en el cual las condiciones del aire fueron de  $T=40^{\circ}\text{C}$  y la humedad relativa de 52% en estas condiciones el cuero redujo su humedad a 16% sobre peso seco en 30 minutos, para después medirlo nuevamente y evaluar su quiebre y suavidad.



- 3.2 Para la trayectoria de secado No.2, secado al vacío-colgado al ambiente-togglin, se procedió a tomar la humedad inicial y luego secar los cueros en la máquina de secado al vacío a temperatura de 60°C y vacío de 2000Pa durante 3.5 minutos; seguidamente se colgaron las pieles en el tendedero de pieles al ambiente; se tomó la humedad antes de colgarlas y durante el tiempo que estuvieron colgadas a cada hora, hasta que la humedad fue de 16% sobre cuero seco; después se rehumectaron las pieles a humedad de 23% sobre peso seco, con una pistola pulverizadora, para ablandarlas en una maquina de dos cabezas hidráulicas, para luego tensarlas al togglin en el cual las condiciones del aire fueron de  $T=40^{\circ}\text{C}$  y humedad relativa de 52% medidos con los controles del mismo; al final de 30 minutos, se procedió a medir nuevamente la humedad, medir las pieles nuevamente y evaluar su quiebre y suavidad.
- 3.3 Para la trayectoria No.3, secado al vacío-colgado al ambiente, se procedió igual que la trayectoria No.2, excepto que en ésta no se tensó al togglin.
4. Para conocer el coste de secado de cada trayectoria, se realizaron los cálculos necesarios, tomando en cuenta el coste de mano de obra, el coste de energía eléctrica, y el coste de generación de vapor.
5. Para conocer el rendimiento en área, se comparó el área obtenida antes de secar y el área después del secado para cada trayectoria.

## 13.4 MAQUINARIA Y EQUIPOS UTILIZADOS

### SECADOR AL VACIO

Marca: FINVAC, Virrat Finland.  
Modelo: F-3-T (3 mesas)  
Consumo de vapor: 150 Kg/hr (90 psi)  
Potencia instalada: 18.66 KW  
No. Operarios: 2

### SECADOR TIPO TOGLIN

Marca: Fratelli Carlesi, Ugrnano (BG) Italia.  
Modelo: Eg-30 (30 marcos)  
Consumo de vapor: 25 Kg/hr (90 psi)  
Potencia Instalada: 5.96 KW  
No. Operarios: 4

### TENDEDERO DE PIELES AL AMBIENTE

Marca: ----  
Consumo de Vapor:----  
Potencia Instalada:----  
No. Operarios: 2

### CALDERA

Marca: Lukaut, Monterrey N.L. México  
Modelo: 3p-40  
Producción de vapor a 90psi: 650Kg/h  
Consumo de combustible: 46 l/h  
Potencia Instalada: 1.46 KW

## HIDROMETRO.

MARCA : OTTO SPECH.  
MODELO : SKgM-31  
FABRICACION : ALEMANIA.  
MAQUINA DE MEDIR.

MARCA : TOMBONI  
ANCHO UTIL : 1800 mm.  
FABRICACION : ITALIA.

## MAQUINA DE ABLANDAR.

MARCA : CARTIGLIANO.  
MODELO : 2C-1800  
ANCHO UTIL : 1800 mm.  
FABRICACION : ITALIA.



PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
Calle La Reforma, Guatemala

OTROS DATOS	
Salario diario de un operario en la industria curtidora (ref.22):	Q35.00
Valor KW-h (promedio) 220V. INDE (ref.23):	Q0.42
Jornada laboral	8 horas

### 13.5 COSTE DE SECADO TRAYECTORIA No.1 COLGADO AL AMBIENTE-TOGGLIN

El coste de secar por esta trayectoria se compone de:

- a. Coste de mano de obra para colgar y descolgar las pieles en el tendedero al ambiente.
- b. Coste de mano de obra para operar el secador tipo togglin.
- c. Coste de la energía eléctrica consumida por el secador tipo togglin.
- d. Coste del vapor producido por la caldera y energía eléctrica consumida por la misma, para alimentar el secador tipo togglin.

$$\text{a. Coste de mano de obra} = \left( \begin{array}{l} \text{Tiempo para} \\ \text{colgar y des-} \\ \text{colgar las 50} \\ \text{pieles} \end{array} \right) * \left( \begin{array}{l} \text{valor de} \\ \text{h-hombre} \end{array} \right) * \left( \begin{array}{l} \text{No.opera-} \\ \text{rios} \end{array} \right)$$

$$\text{Coste de mano de obra} = (0.16 \text{ h}/50 \text{ pieles}) * (4.38/\text{h-hombre}) * (2 \text{ hombres})$$

$$\text{Coste de mano de obra} = 0.02/\text{piel}$$

$$\text{b. Coste mano de obra para ope-} = \left( \begin{array}{l} \text{Tiempo uti-} \\ \text{lizado para} \\ \text{operar} \end{array} \right) * \left( \begin{array}{l} \text{valor de} \\ \text{h-hombre} \end{array} \right) * \left( \begin{array}{l} \text{No. de} \\ \text{operarios} \end{array} \right)$$

Coste mano de obra para operar el togglin =  $(0.5 \text{ h}/50 \text{ pieles}) * (4.38/\text{h-hombre}) * (4 \text{ hombres})$

Coste mano de obra para operar el togglin =  $Q0.18/\text{piel}$

c. Coste de energía eléctrica consumida por el togglin =  $\frac{\text{Potencia instalada} * \text{tiempo para secar} * \text{tarifa electr. INDE}}{50 \text{ pieles}}$

$$= (5.96\text{KW}) * (0.5\text{h}/50\text{pieles}) * (Q0.42/\text{KW-h})$$

$$= Q0.03/\text{piel}$$

d.1

Coste energía eléctrica en la caldera =  $\frac{\text{Potencia instalada} * \text{tiempo para secar} * \text{tarifa electr. INDE}}{50 \text{ pieles}}$

$$= (1.49\text{KW}) * (0.5\text{h}/50\text{pieles}) * (Q0.42/\text{KW-h})$$

$$= Q0.01/\text{piel}$$

d.2

Coste del vapor utilizado en el togglin.

Fracción de vapor utilizado =  $\frac{\text{consumo vapor togglin}}{\text{vapor producido por la caldera}}$

$$= \frac{(25 \text{ Kg/h})}{(625 \text{ Kg/h})}$$

$$= 0.04$$

Consumo de diésel para el secado = Consumo de diésel de Caldera \* Fracción de vapor utilizado

$$= (46 \text{ l diésel/h}) * (0.04) \\ = 1.84 \text{ l/h}$$

Coste del vapor = Tiempo para secar 50 pieles \* Consumo de diésel para el secado

$$= (0.5 \text{ h}/50\text{pieles}) * (1.84 \text{ l diésel/h}) * \\ (1 \text{ gal diésel}/3.78 \text{ l diésel}) * (Q8.50/ \\ 1 \text{ gal diésel})$$

$$= Q 0.04/\text{piel}$$

Coste de secado  
trayectoria No. 1

colgado al ambiente- = a + b + c + d1 + d2  
te-togglin

$$= Q0.03+Q0.18+Q0.03+Q0.01+Q0.04$$

$$= Q 0.29/\text{piel}$$

Coste de secado de trayectoria No.1 = (Q0.29/piel) \* (1  
Colgado al ambiente-togglin Q/m<sup>3</sup> piel/1.85 m<sup>3</sup>)

$$= Q0.16/\text{pie}^3$$

### 13.6 COSTE DE SECADO TRAYECTORIA No.2 SECADO AL VACIO-COLGADO AL AMBIENTE-TOGGLIN

El coste de secado de esta trayectoria se compone de:

- a. Coste de mano de obra para operar el secador al vacío.
- b. Coste de vapor y electricidad en la caldera para operar el secador al vacío.
- c. Coste de energía eléctrica para operar el secador al vacío.
- d. Coste de mano de obra para colgar y descolgar las pieles en el tendedero de pieles al ambiente.
- e. Coste mano de obra para operar el secador tipo togglin.
- f. Coste de vapor y electricidad en la caldera para operar el secador tipo togglin.
- g. Coste de energía eléctrica para operar el secador tipo togglin.

a. Coste de mano de obra para operar el secador al vacío = tiempo para secar las 50 pieles al vacío \* valor h-hombre \* No. de operarios.

$$= (0.7 \text{ h}/50 \text{ pieles}) * (4.37/\text{h-hombre}) * (2 \text{ hombres})$$

$$= Q0.12/\text{piel}$$

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
Biblioteca Central



b.1 coste del vapor consumido por secador al vacío:

$$\begin{aligned} \text{Fracción de vapor utilizada por el secador al vacío} &= \frac{\text{(consumo de vapor en el secador al vacío)}}{\text{(producción de vapor en la caldera)}} \\ &= (150 \text{ Kg/h}) / (625 \text{ Kg/h}) \\ &= 0.24 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Consumo de diésel para operar el secador al vacío} &= \text{Consumo de diésel en la caldera} * \text{Fracción de vapor utilizada} \\ &= (46 \text{ l/h}) * 0.24 \\ &= 11.04 \text{ l/h} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Coste del vapor utilizado para operar el secador al vacío.} &= \text{tiempo para secar las 50 pieles} * \text{consumo de diésel} * \text{valor de diésel} \\ &= (0.7 \text{ h}/50 \text{ pieles}) * (11.04 \text{ l diésel/h}) * (1 \text{ gal diésel}/3.78 \text{ l diésel}) * (\$8.50/\text{gal diésel}) \\ &= \$0.35/\text{piel} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{b.2 Coste de energía eléctrica en la caldera} &= \text{potencia instalada} * \text{tiempo para secar las 50 pieles} * \text{tarifa electr. INDE} \\ &= (1.49 \text{ KW}) * (0.7 \text{ h}/50 \text{ pieles}) * (\$0.42/\text{KW-h}) \\ &= \$0.01/\text{piel} \end{aligned}$$

Coste de secado para la  
trayectoria No.2

secado al vacío-colgado =  $(Q0.88/\text{piel}) \cdot (1 \text{ piel}/1.85\text{m}^3)$

al ambiente-togglin

$(Q/\text{m}^3)$

$$= Q 0.48/\text{m}^3$$