



EFECTO DE LA TEMPERATURA EN SECADO AL VACIO EN CUERO CURTIDO SUSTENTABLE

Trabajo terminal para optar por el **Diploma de Especialización en Curtido de Pieles**

Presenta

Jorge Arturo González Soto

Asesor

Armando Saldaña

León, Guanajuato

Diciembre 2017





Dedicatoria

Dedico esta obra de investigación y proyecto final a mis hijos: Jorge Gonzalez Collazo y Daniela Gonzalez Collazo

Where Energy flows, Attention goes.
Where Attention goes Life grows.

Brian Bacon





Agradecimiento

A Dios, por su amor incondicional

A mis hijos, Jorge y Daniela por su acompañamiento

A mi Madre, Maria del Refugio por ser ejemplo de motivación y disciplina

A Cuinba-GST, mi escuela de vida profesional por casi 25 años por la oportunidad y el tiempo permitido a atender este posgrado.

A Cesar Escobedo, mi jefe, coach y amigo por motivarme "una vez más" a seguir creciendo en conocimiento





Resumen

El reto de nuestra generación en el siglo XXI es desarrollar formas alternativas de producción en productos tradicionales atractivos al mercado de forma sustentable, donde se define sustentabilidad como *el desarrollo que satisface las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades.*

Existen iniciativas a nivel global lidereadas por empresas automotrices como Volvo, GM y Audi que actualmente buscan alternativas de cuero automotriz sustentable.

Atendiendo esta necesidad presente y futura, nos unimos en nuestra empresa GST Autoleather al diseño de un proceso de curtición, recurtición y secado de cueros donde se considera un menor uso de sales minerales, menor uso de agua, menor uso de energía y químicos de fuentes renovables, así como un uso moderado de equipos y técnicas de secado que contribuyan a proveer las características requeridas de apariencia y desempeño del cuero automotriz o cercanas a éstas.

El problema específico que nos enfrentamos a resolver como parte del diseño de un cuero sustentable es demostrar que un secado al vacío con una reducción importante de tiempo y temperatura respecto a los estándares de producción de cuero automotriz al cromo complementado con un secado de baja transferencia de calor (LTD) o en combinación con un secado aéreo pueden completar el ciclo de secado necesario y principalmente contribuir a obtener las características cumplidas por productos de cuero automotriz al cromo regulares.

El diseño de experimentos factorial arrojo resultados positivos respecto a los factores de control de tal manera que una reducción del 40% del tiempo en la





placa de vacío y un colgado aéreo mostró un desempeño óptimo equivalente al producto automotriz en cromo.

Basados en nuestra experiencia como empresa de producción de cuero automotriz tenemos claro que determinados productos automotrices en cromo requieren un tiempo mayor de secado por lo tanto un mayor costo y un mayor uso de energía y recursos.





Índice General

Contenido

1. Introducción	8
2. Planteamiento del problema:	11
3. Marco teórico:	13
4.Alcance	13
5. Objetivo general:	15
6. Objetivos específicos:	15
7.Metas	15
8. Desarrollo del estudio, metodologías y recursos	16
9. Resultados del estudio y análisis de la información obtenida	34
10.Conclusión	57
11.Bibliografía	58





Listado de figuras

Figura #1	14
Figura #2	20
Figura #3	21
Figura #4	21
Figura #5	22
Figura #6	23
Figura #7	25
Figura #8	26
Figura #9	28
Figura #10	30
Figura #11	31
Figura #12	33
Figura #13	34
Figura #14	45
Listado de fotos	
Foto #1,2,3,4	22
Foto #5	24
Foto #6,7	26
Foto #8,9	27

Foto #10,11, 12......29

Foto #13......31

Foto #14,15......32

Foto #16......33





1. Introducción

Actualmente existen diferentes iniciativas en la industria de cuero automotriz a nivel global donde empresas fabricantes de vehículos cada vez más requieren propuestas de interiores de cuero automotriz sustentable y procesos de producción amigables al entorno ecológico.

Es claro, aun como tendencia y no como parte de un sistema y requerimiento formal de nuestros clientes, no existen especificaciones definidas sin embargo grupos de diseño e ingeniería continuamente buscan evaluar alternativas que cumplan esta tendencia global y gradualmente emigren a través de tecnologías probadas por diseño y desempeño a ser parte de sus componentes de interiores.

El cuero automotriz producido principalmente al cromo bajo normas de control, apariencia y desempeño globalmente estandarizado se vuelve un elemento importante en el interior del vehículo para gradualmente integrar componentes sustentables fabricados bajo procesos más ecológicos.

Actualmente los cueros curtidos al cromo utilizan una cantidad alta de sales minerales en un proceso donde los baños de agua liberan residuos contaminantes al drenaje público. El proceso de curtido principalmente genera un tipo de contaminación residual la cual debe ser monitoreada y altamente regulada por los gobiernos locales de ahí parte que un proceso ecológico debe buscar la reducción o eliminación de sales minerales a la par de una optimización en el uso de agua.

Por definición, un proceso genérico de curtición de cuero sustentable preferentemente requiere la inclusión de algunas de las siguientes consideraciones:





- a. Proveeduría de Cueros frescos.
- b. Proceso de picle reducido en sal, ácido sulfúrico y acido fórmico.
- c. Proceso de raspado antes de curtir con el objetivo de reducir el peso total del substrato
- d. Proceso de curtición en pieles previamente raspadas reducido en sales, ácido fórmico y eliminación de ácido sulfúrico, curtientes y tiempo de proceso
- e. Proceso de secado al vacío (a menor temperatura y/o menor tiempo de proceso) y secado al aire o secado de baja transferencia de temperatura

Re diseñar un proceso de curtido y recurtido sustentable es una tarea significativa y los efectos que un producto y proceso diferenciado pueden traer para cumplir un mínimo de requerimientos automotrices son importantes. Es aquí donde entender el efecto de la temperatura del secado al vacío en un cuero sustentable podría contribuir a optimizar las cualidades que el producto acabado en seco necesita a la par de reducir la energía necesaria para lograrlo.

El proceso de secado al vacío de un cuero sustentable involucra una serie de variables que combinadas de forma adecuada pueden optimizar la apariencia y el desempeño final del producto.

La máquina de vacío constituye el primero de los equipos necesarios para el secado, adicional a esto se requiere un segundo método de secado que logre reducir la humedad del cuero del punto óptimo por lo que consideramos dos métodos complementarios:

- 1. Máquina de LTD (low temperature dryer) -Secado de baja temperatura
- 2. Secado al aire

Ambos métodos complementaran de forma natural el proceso definido de Secado por vacío.





El objetivo general se define como identificar el efecto de la temperatura y sus parámetros óptimos para el secado al vacío de una propuesta de cuero sustentable que permita cumplir con las especificaciones técnicas automotrices de tensión, desgarre, stretch & set y elongación.

La hipótesis a demostrar es que secado al vacío con temperatura y tiempo reducidos complementado con un secado de baja temperatura o secado aéreo puede ser compatible con un proceso de cuero sustentable y cumplir con un mínimo de especificaciones automotrices en crust.

La Propuesta de nuestro estudio es el desarrollo de un diseño de experimentos factorial 2X que demuestre que el secado al vacío con los factores controlados propuestos en suma con dos tipos de secado de bajo consumo energético como propuestas de proceso sustentable tales como el secado aéreo y el secado de baja temperatura pueden resultar en condiciones óptimas de desempeño en pruebas físicas bajo especificación del cliente automotriz.

En base a los resultados obtenidos, se podrá comprobar que una combinación óptima de temperatura y tiempo ha logrado cubrir las expectativas del diseño de experimentos y ofrecer resultados satisfactorios en términos de desempeño de pruebas físicas.





2. Planteamiento del problema:

Actualmente existen diferentes iniciativas en la industria de cuero automotriz a nivel global donde empresas fabricantes de vehículos cada vez más requieren propuestas de interiores de cuero automotriz sustentable y procesos de producción amigables al entorno ecológico.

Es claro, aun como tendencia y no como parte de un sistema y requerimiento formal de nuestros clientes, no existen especificaciones definidas sin embargo grupos de diseño e ingeniería continuamente buscan evaluar alternativas que cumplan esta tendencia global y gradualmente emigren a través de tecnologías probadas por diseño y desempeño a ser parte de sus componentes de interiores.

El cuero automotriz producido principalmente al cromo bajo normas de control, apariencia y desempeño globalmente estandarizado se vuelve un elemento importante en el interior del vehículo para gradualmente integrar componentes sustentables fabricados bajo procesos más ecológicos.

Actualmente los cueros curtidos al cromo utilizan una cantidad alta de sales minerales en un proceso donde los baños de agua liberan residuos contaminantes al drenaje público. El proceso de curtido principalmente genera un tipo de contaminación residual la cual debe ser monitoreada y altamente regulada por los gobiernos locales de ahí parte que un proceso ecológico debe buscar la reducción o eliminación de sales minerales a la par de una optimización en el uso de agua.

Por definición, un proceso genérico de curtición de cuero sustentable preferentemente requiere la inclusión de algunas de las siguientes consideraciones:

- a. Proveeduría de cueros frescos.
- b. Proceso de picle reducido en sal, ácido sulfúrico y acido fórmico.





- c. Proceso de raspado antes de curtir con el objetivo de reducir el peso total del substrato
- d. Proceso de curtición en pieles previamente raspadas reducido en sales, ácido fórmico y eliminación de ácido sulfúrico, curtientes y tiempo de proceso
- e. Proceso de secado al vacío (a menor temperatura) y secado aéreo o de baja temperatura

Re diseñar un proceso de curtido y recurtido sustentable es una tarea significativa y los efectos que un producto y proceso diferenciado pueden traer para cumplir un mínimo de requerimientos automotrices son importantes. Es aquí donde entender el efecto de la temperatura del secado al vacío en un cuero sustentable podría contribuir a optimizar las cualidades que el producto acabado en seco necesita a la par de reducir la energía necesaria para lograrlo.

El proceso de secado al vacío de un cuero sustentable involucra una serie de variables que combinadas de forma adecuada pueden optimizar la apariencia y el desempeño final del producto.

La máquina de vacío constituye el primero de los equipos necesarios para el secado, adicional a esto se requiere un segundo método de secado que logre reducir la humedad del cuero del punto óptimo por lo que consideramos dos métodos complementarios:

- 1. Máquina de secado a baja temperatura (LTD Low temperature dryer)
- 2. Secado aéreo

Ambos métodos complementaran de forma natural el proceso definido de Secado por vacío.





3. Marco teórico:

La sustentabilidad es un término cada vez más relevante en nuestra era y se comprende como una relación causa – efecto sobre las acciones positivas del hombre en relación a su entorno.

En 1987, se realizó el informe Brundtland, dentro de la acción de las Naciones Unidas y que la definió como la capacidad de satisfacer necesidad de la generación humana actual sin que esto suponga la anulación de que las generaciones futuras también puedan satisfacer las necesidades propias.

En este entorno "sustentable" se requiere que los procesos y productos de un futuro inmediato sean re diseñados a través de un paradigma diferente. El procesamiento de pieles no es la excepción que un mínimo contenido de sal, libres de formaldehído y fenoles, procesados con productos químicos orgánicos toxicológicamente sanos y con una generación mínima de aguas residuales se vuelve la meta. Por lo que en este estudio buscaremos desarrollar una propuesta de secado viable que maximice los atributos de un cuero procesado y formulado de forma sustentable.

4. Alcance

El proceso de secado en el cual se enfoca nuestro proyecto es la última fase del proceso de acabado en húmedo y consiste en identificar los parámetros óptimos de operación específicamente del proceso de secado al vacío como subsistema del proceso de secado.

En términos de dejar claro el universo total de los procesos comprendidos en la producción de un cuero genérico e identificar precisamente el proceso de secado por favor referirse a la Figura # en donde claramente se ejemplifica la ubicación del proceso completo de secado y específicamente el proceso de





secado al vacío donde se desarrollara a través de un diseño de experimentos factorial el ejercicio de diseño.

A continuación describiremos los 3 subprocesos de secado dentro del sistema y su intervención como proceso fijo o variable dentro de nuestro estudio Figura #1:

- a) Etapa de escurrido y ablandado en húmedo con condiciones fijas de operación
- b) Etapa de secado al vacío con 2 factores a iterar en 8 cueros totales y 2 por set up (total 4 set ups) variables del diseño de experimentos
- c) Etapa de secado en cámara de baja temperatura (LTD por sus siglas en ingles) y Secado aéreo con variables fijas de operación

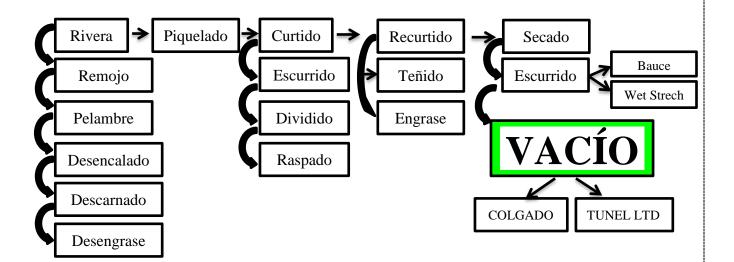


Figura #1





5. Objetivo general:

Identificar el efecto de la temperatura y sus parámetros óptimos para el secado al vacío de una propuesta de cuero sustentable que permita cumplir con las especificaciones técnicas automotrices de tensión, desgarre, stretch, set y suavidad.

6. Objetivos específicos:

- a. Establecer las condiciones de recepción para un cuero curtido sustentable en términos de recepción de material, acomodo, empaque y % humedad.
- Definir las variables de control en el proceso de secado al vacío y las variables de salida necesarias
- c. Definir diferentes condiciones de operación y parámetros de control para el equipo de vacío
- d. Desarrollar pruebas de secado de cuero sustentable variando los parámetros de control
- e. Determinar los parámetros óptimos de control

7. Metas

Un secado al vacío con temperatura y tiempo reducidos complementado con un secado de baja temperatura o secado aéreo puede ser compatible con un proceso de cuero sustentable y cumplir con un mínimo de especificaciones automotrices en crust.

La meta específica a cumplir que demuestra la efectividad del estudio bajo los factores elegidos será cumplir con 4 especificaciones objetivas de desempeño en laboratorio de materia prima en crust:

- a. Tensión
- b. Elongación





- c. Desgarre
- d. Stretch & set

8. Desarrollo del Estudio, metodología y recursos

a). Técnica utilizada

Desarrollo de un diseño de experimentos factorial 2^K que demuestre que el secado al vacío con los factores controlados propuestos en suma con dos tipos de secado de bajo consumo energético como propuestas de proceso sustentable tales como el secado aéreo y el secado de baja temperatura pueden resultar en condiciones óptimas de desempeño en pruebas físicas bajo especificación del cliente automotriz.

El método de diseño de experimento elegido fue el Factorial: Un experimento factorial, es un experimento cuyo diseño consta de dos o más factores. Este tipo de experimentos permiten el estudio del efecto de cada factor sobre la variable de respuesta, así como el efecto de las interacciones entre factores sobre dicha variable. Utilizamos el diseño factorial a la 2, debido a que son 2 variables las que intervienen en los resultados que buscamos.

Para incrementar la solidez y precisión de nuestro estudio decidimos incrementar la muestra por factor a 2 cueros para tomar 2 lecturas sobre las 4 posibles combinaciones, de tal forma que el total de cueros utilizados será de 8 cueros totales en las combinaciones determinadas.

b. Materiales

Para incrementar la solidez y precisión de nuestro estudio decidimos incrementar la muestra por factor a 2 cueros producidos de forma sustentable para tomar 2 lecturas sobre las 4 posibles combinaciones, de tal forma que el total de cueros utilizados será de 8 cueros totales producidos de forma sustentable en las combinaciones determinadas.





c. Equipo utilizado

1). Descripción de la máquina de escurrir/repasar

La máquina del proceso de escurrido/ repasar (Bauce) ayuda a eliminar el exceso de agua y multiplicar el rendimiento de la superficie, así como permite reducir el tiempo y la temperatura en la fase de secado posterior.

2). Descripción de la máquina de ablandar en húmedo

La máquina de ablandar en húmedo proporciona al cuero flexibilidad y cierta esponjosidad en etapa aun húmeda ya que las fibras se encuentran compactadas y hay que separarlas por acción mecánica. Este proceso previo a entrada al proceso de vacío se considera recomendable para mejorar la homogeneidad del secado sobre la plancha de acero inoxidable.

3). Descripción del equipo de secado al vacío

Este sistema de secado al vacío se fundamenta en el calentamiento de la piel por conducción. El secado se realiza sobre una placa calefactada de acero inoxidable, muy lisa y con orificios y una cubierta que puede tapar en forma de bisagra o subiendo y bajando, se utiliza la presión más baja posible mediante una bomba de vacío para que el agua que contiene la piel se evapore más fácilmente y a la menos temperatura posible.

La mesa de trabajo o placa calefactada, normalmente es de acero inoxidable, es extremadamente pulida para conferir a la flor de la piel la máxima lisura. Esta placa está calentada a través de intercambiadores térmicos por agua/vapor o agua/aceite con bomba de recirculación. La temperatura normal de trabajo es entre 55 C y 90 C, dependiendo del tiempo de permanencia o bien de si lleva incorporada una bomba de calor. En la parte lateral se encuentran los serpentines condensadores por donde circula agua fría, pasando a través de las perforaciones laterales de la placa los vapores de la





piel hacia la cámara de vacío, donde se condensa el vapor por contacto con el serpentín frío (Bacardit, 2004).

La temperatura normal de trabajo es entre 55C y 90C, dependiendo del tiempo de permanencia o bien de si lleva incorporada una bomba de calor. En la parte lateral se encuentran los serpentines condensadores por donde circula agua fría, pasando a través de las perforaciones laterales de la placa los vapores de la piel hacia la cámara de vacío, donde se condensa el vapor por contacto con el serpentín frío (Bacardit, 2004).

4). Descripción del equipo de Secado al aire Natural

En el secado natural, la piel después de ser escurrida y desvenada se coloca en tablones de madera a través de ganchos de acero inoxidable o simplemente colgados sobre unos tubos también de inoxidable. El secado se realiza en una habitación con ventanas al exterior, con el fin de que haya circulación de aire y que el proceso de secado se lleva a cabo. Es un sistema que genera una variación significativa sobre la calidad del producto, ya que se depende al 100% de las condiciones climáticas ambientales y de las número de horas que tenga el aire en ese momento, de esta forma, un cuero puede secarse entre 1 y 3 días, generando niveles de elongación irregulares.

5). Descripción del equipo de cámara de secado

El secado al aire también puede realizarse en una sala cerrada. En este tipo de secado se puede controlar la temperatura y la humedad relativa del aire, así como el tiempo de estadía en la cámara para conseguir un secado más uniforme sin tener que depender de las condiciones climáticas estacionales. Este proceso puede realizarse en una habitación, o en una máquina (LTD), como se muestra en la figura 12, en la que se inyecte aire caliente mediante una turbina con radiador calefactor, además de tener una recirculación de aire. El aire caliente pasa a través de una tubería con una salida para cada célula del secadero. Los cueros son colgados por el espinazo, sobre unos tubos de





acero inoxidable o perfectamente recubiertos, en el caso del LTD, se considera un proceso por lote, es decir no es un proceso continuo.

Para obtener un secado uniforme puede regularse la temperatura y la humedad relativa. La primera se controla mediante un termostato y existe una válvula de vapor que regula la cantidad de vapor que llega al calefactor, la segunda se controla con un hidrómetro y se regula según la recirculación de aire.

Este proceso permite un sistema de secado lento, entre 10 y 24 horas, dependiendo de las condiciones del aire inyectado, sin embargo reduce de forma significativa la variabilidad del secado al aire natural. Se considera un tipo de secado muy suave que ayuda a tener cueros con muy buen quiebre, bajos niveles de soltura de flor y muy buen cuerpo y suavidad, sin embargo se pierde tamaño de cuero al permitir que las fibras vayan secando de forma gradual y natural. Puede aplicarse este proceso después del secado al vacío.





Resultados específicos por proceso y registros de nuestro estudio

A continuación iniciamos la descripción detallada de nuestro estudio paso a paso:

a. Etapa de escurrido y ablandado con condiciones fijas de operación.

La etapa de preparación para el secado en nuestro proceso está definido por el paso de los cueros curtidos en etapa húmeda a través de un equipo denominado máquina de escurrir / repasar de cueros (Bauce) y un equipo denominado ablandador de cueros húmedos (wet stretch), a través de ambos equipos el efecto que se obtiene es precisamente el abrir y extender las fibras del substrato con el objetivo de ganar área y escurrir el exceso de agua de forma drástica a través de la acción mecánica de ambos equipos finalmente y preparar el cuero húmedo para entrar al proceso de secado al vacío, el cual requiere que el material se extienda de forma homogénea sobre las placas de acero inoxidable.

En nuestro ejercicio inicial los cueros fueron sacados del tambor en su último proceso de teñido y engrase final con una humedad total identificada como 95% +/-5% figura #2. El diferencial respecto al 100% netamente es la posibilidad de pérdida de humedad relacionada con el escaso transporte y acomodo de los cueros en fila al siguiente proceso.

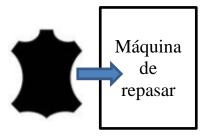
Cuero 1	Cuero 2	Cuero 3	Cuero 4	Cuero 5	Cuero 6	Cuero 7	Cuero 8	
	95 – 100% Humedad							

Figura #2

Un esquema sencillo respecto a la secuencia de nuestro proceso de escurrido/repasado y ablandado húmedo seria el siguiente figura # 3







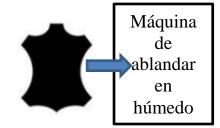


Figura #3

1). Descripción del proceso de escurrido/repasado:

- a. Cuero llega después del proceso de RTE con un 95 100% de humedad.
- b. Se toman los cueros por los extremos (Culata Cuello) y se ingresa
 a la maquina con dirección Pansa Pansa. Foto #1 y Foto#2
- c. Esta operación elimina aproximadamente el 50% de humedad existente en el cuero y lo deja listo para la siguiente operación.
- d. Los parámetros en que se trabaja son los siguientes:

Presión de Rodillo # 1	30 BAR
Presión de Rodillo # 1	35 BAR
Distancia Navaja #1	0.8 mm
Distancia Navaja #2	0.9 mm
Velocidad de Rodillo	8.5 m/min
Velocidad del tapete	7.0 m/min
Velocidad de Cilindro	1400 RPM

Figura#4









Foto # 1 Foto # 2

2). Descripción del proceso de ablandado húmedo:

- a. El cuero se toma como se recibe de la operación anterior
- b. El cuero se introduce con la misma dirección a la máquina de ablandado en Húmedo. Foto #3 y foto #4
- c. Por último se toma un registro de la humedad obtenida una vez terminados ambos procesos.
- d. Los parámetros que se utilizaron en esta máquina fueron los siguientes figura#5:

Presión de Cabezal #1 – 2	5 – 5
Presión de Cabezal # 3 – 4	5 – 5
Presión de Cabezal # 5 – 6	5 – 5
Velocidad de Tapete	$9.0 \pm .05$

Figura#5 Foto#3



Foto#4







Al término del proceso de escurrir/repasar y ablandado en húmedo, se realizó una lectura en 5 muestras donde las humedades individuales registradas en los 8 cueros al salir del proceso de preparación para el secado al vacío fueron las siguientes:

Dirección garra – garra

Lecturas de salida proceso de escurrir/repasar y ablandado en húmedo									
Cuero 1	Cuero 1 Cuero 2 Cuero 3 Cuero 4 Cuero 5 Cuero 6 Cuero 7 Cuero 8 Total Promedio								
51.7	51.7 50.3 49.9 51.5 50.3 50.6 51.2 50.4 405.9 50.74								

Figura#6

b. Etapa de secado al vacío con 2 factores a iterar en 8 cueros totales y 2 por set up (total 4 set ups) variables del diseño de experimentos

La etapa de secado al vacío es el motivo de nuestro estudio donde buscaremos optimizar el uso del equipo de secado al vacío respecto a los 2 factores de a iterar que deben dar las condiciones necesarias de salida en el desempeño del cuero automotriz sustentable.

El equipo de secado al vacío, por sus características específicas de control y costo de operación alto tiene ciertas limitaciones de uso y se utiliza principalmente para reducir la humedad del cuero en un proceso gradual y cuidadoso de evaporación donde en un tiempo relativamente corto puede reducirse la humedad relativa al nivel deseado.

La metodología sugerida será a través de un diseño de experimentos factorial 2x ante el cual un cuero re curtido en estado húmedo de aproximadamente 50% pueda llevarse a través de un equipo de secado de vacío a un nivel aproximado de 40% de humedad con una variación de temperatura (36 C, 40C) y tiempo (120 s, 180 s) Foto#5 en busca de obtener las condiciones óptimas





del uso del equipo y finalmente buscar un resultado satisfactorio en términos del desempeño esperado en el comportamiento del cuero en prueba.



Foto #5

1). Descripción del proceso de secado al vacío

- a. se coloca la piel en la placa calefactada de acero inoxidable con el lado flor hacia abajo, es decir que toque el lado flor contra la superficie lisa de la placa).
- b. Para lo anterior se utiliza una herramienta para aplanar la piel a la superficie de la mesa de manera que no queden bolsas de aire entre la placa y la piel.
- c. Una vez plantada la piel se cierra herméticamente la placa contra el cabezal y se hace el vacío, la piel se calienta a la temperatura de la placa y el agua transformada en vapor atraviesa la tela del cabezal hacia la zona de los condensadores donde se condensa el vapor de agua. Este condensado antes de pasar al anillo de vacío atraviesa un ciclón que separa el agua de los productos





- arrastrados durante el secado, de esta forma, el consumo de agua se reduce de forma importante al poder recircularla (Bacardit, 2004).
- d. Por último se realiza una toma de la humedad una vez concluido el proceso. Tabla #

	Proceso Secado Vacío	
Ítem		
	VARIABLE:	VARIABLE:
	Humedad	Humedad
	Salida Lect 1	Salida Lect 2
Cuero #1	36.17	38.89
Cuero #2	40.73	40.94
Cuero #3	41.06	43.92
Cuero #4	42.88	44.68
Cuero #5	35.35	34.89
Cuero #6	36.98	38.67
Cuero #7	42.58	42.37
Cuero #8	43.51	45.24

Figura #7

A continuación presentamos la tabla maestra consolidada del diseño de experimentos y los registros iniciales y finales del estudio Figura #8. Los registros de las temperaturas aparecen igualmente en las foto #6, foto #7, foto #8





TABLA MAESTRA DEL DISEÑO DE EXPERIMENTOS FACTORIAL 2X

	Proceso Secado Vacío				
item	Humedad inicial	FACTOR 1: Temperatur a Celsius	FACTOR 2: Tiempo (seg)	VARIABLE: Humedad Salida Lect 1	VARIABLE: Humedad Salida Lect 2
Cuero #1	52%	40	180	36.17	38.89
Cuero #2	50.3%	36	180	40.73	40.94
Cuero #3	50%	40	120	41.06	43.92
Cuero #4	51.5%	36	120	42.88	44.68
Cuero #5	50.3%	40	180	35.35	34.89
Cuero #6	50.6%	36	180	36.98	38.67
Cuero #7	51.2%	40	120	42.58	42.37
Cuero #8	50.4%	36	120	43.51	45.24

Figura #8

Evidencia sobre registros visuales:

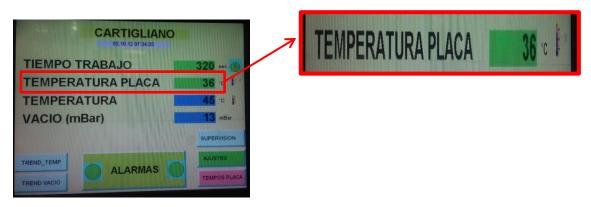


Foto #6

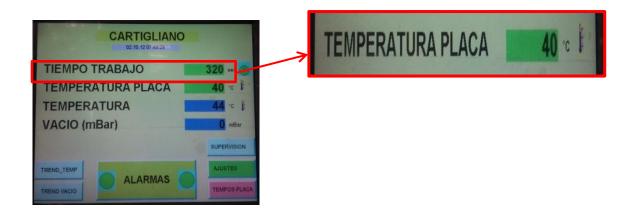






Foto #7

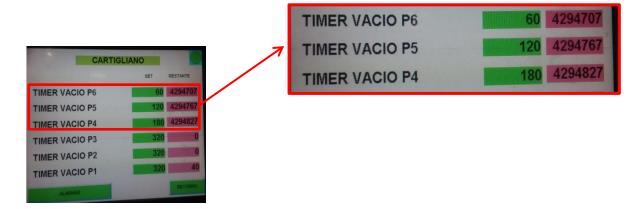


Foto #8

Una vez obtenido este resultado, se convierte en humedad inicial para el siguiente proceso y procedemos a dividir el cuero en dos partes foto #9. Una para secado aéreo y otra para secado en túnel LTD



Foto#9





c). Etapa de secado final de secado aéreo y secado en cámara de baja temperatura (LTD por sus siglas en ingles) con variables fijas de operación

1. Proceso de secado final aéreo.

- a. El proceso de secado final aéreo se realiza cuando se requiere un secado gradual del substrato de tal forma que la humedad se libera de forma muy gradual del cuero.
- b. A continuación presentamos la tabla de registro con la humedad inicial de cada lado para proceder con el secado aéreo figura #9.

ĺtem	Proceso Secado Vacío
item	Humedad inicial
Lado A #1	52%
Lado A #2	50.3%
Lado A #3	50%
Lado A #4	51.5%
Lado A #5	50.3%
Lado A #6	50.6%
Lado A #7	51.2%
Lado A #8	50.4%

figura #9

- c. El proceso de secado aéreo se inicia con el colgado del cuero en una banda área sin fin como aparece en las foto#10, foto#11 y foto #12.
- d. El mecanismo y la dinámica del proceso es sumamente sencilla, la banda aérea continua mueve gradualmente el cuero colgado a través de toda la instalación aérea sometiendo al substrato al efecto de secado a la temperatura y humedad ambiente
- e. El registro del tiempo de colgado y descolgado son los siguiente:
 - i. Dia 26 de Septiembre 2017, 11.08 am





ii. Dia 27 de Septiembre 2017, 4.40 pm

Registros del proceso de colgado aéreo



Foto #10



Foto#11



Foto #12





Quedando nuestra información en registro actualizada de la siguiente manera y representada por la siguiente matriz de humedad inicial y humedad final real dentro de parámetros meta figura#9.

	ÁEREO							
Item	Humedad inicial	# Vueltas	Tiempo Hrs	Humedad Final Requerida	Humedad Final Real			
Lado #1	38%	6	17.8	10 - 14 %	12.8			
Lado #2	41%	6	17.8	10 - 14 %	13.1			
Lado #3	43%	6	17.8	10 - 14 %	12.8			
Lado #4	44%	6	17.8	10 - 14 %	12.6			
Lado #5	35%	6	17.8	10 - 14 %	13.5			
Lado #6	38%	6	17.8	10 - 14 %	12.8			
Lado #7	42%	6	17.8	10 - 14 %	12.3			
Lado #8	44%	6	17.8	10 - 14 %	11.3			

Figura#10

- 2. Proceso de Secado a túnel de baja temperatura o LTD por sus siglas en inglés (Low transfer temperature)
 - a. El proceso se inicia al colgar los cueros en el sistema de banda continua dentro de la cabina de aire. El registro de humedad inicial se muestra a continuación. Figura #10

Ítem	Proceso Secado Vacío
item	Humedad inicial
Lado LTD #1	52%
Lado LTD #2	50.3%
Lado LTD #3	50%
Lado LTD #4	51.5%
Lado LTD #5	50.3%
Lado LTD #6	50.6%
Lado LTD #7	51.2%
Lado LTD #8	50.4%





Figura#11

- b. Los cueros se acomodan en cada uno de los racks de forma que tengan acceso a un flujo de aire continuo bajo los parámetros establecidos por el equipo LTD foto #13 y foto #14
- c. El tiempo de exposición al aire y humedad templado es controlado y el ciclo completo dura 12 horas
- d. La humedad relativa es de 4% y la temperatura dentro de la cabina es de 50 grados C



Foto #13

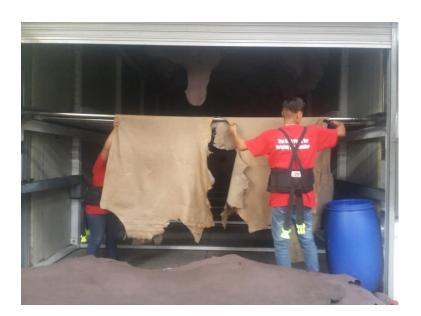






Foto #14

e. Por último los cueros son descolgados de los racks internos y la temperatura de salida se registra resultando en una tabla como a continuación se muestra. Foto#15 y foto#16.



Foto#15







Foto #16

Resultados del proceso de secado LTD con humedad final real dentro de meta Figura#12.

	LTD - Low Transfer Driying Constante								
Item	Humedad inicial	Temperatura ° Celsius	Tiempo Hrs	Humedad Final Requerida	Humedad Final Real				
Lado #1	38%	6	12	10 - 14 %	12.8				
Lado #2	41%	6	12	10 - 14 %	13.1				
Lado #3	43%	6	12	10 - 14 %	12.8				
Lado #4	44%	6	12	10 - 14 %	12.6				
Lado #5	35%	6	12	10 - 14 %	13.5				
Lado #6	38%	6	12	10 - 14 %	12.8				
Lado #7	42%	6	12	10 - 14 %	11.6				
Lado #8	44%	6	12	10 - 14 %	12.6				

Figura #12





8. Resultados del estudio y análisis objetivo de la información obtenida.

a. Matriz de Secado aéreo.

A continuación se presente la matriz general de resultados con todas las variantes obtenidas durante el desarrollo del proyecto. Identificándose en color rojo los resultados desfavorables o fuera de especificación Figura #11

	Secado Aereo CONSTANTE					26-sep		27-sep	Tear strength ngation at bre Breaking Load			d	
item	Humedad inicial	# Vueltas	Tiempo (hrs)	Humedad final	Humedad final (Real)	Soltura	Tacto/ Cuerpo	Comentarios	BLC 3.8 mm min	Tension 20 N Min	Elongación 70% Max	Desgarre 355 N Min	Strech & Set 18% & 8% max
	38%									46.4	62.5	678.6	12
								Centro muy bien mejor		51.3	64.8	640.3	11
Lado #1SA		6	17.8	10-14 %	12.88	2.00	2.00	que 6SA, garras mejor	3.90	43.7	74.1	600.3	2
								que control		46.2	104.5	649.7	4
										Pie/Trama	70.2	630.9	Pie/Trama
										42.7	95.6	728.3	10
								Menos armado que		49.5	84.2	776.1	8
Lado #2SA	41%	6	17.8	10-14 %	13.13	2.00	1.50	control, moteado, garras	3.80	36.7	71.1	741.5	3
								mejor que control		33.8	64.9	739.0	1
										Pie/Trama	69.0	750.9	Pie/Trama
										50.6	101.3	668.5	12
								Garras mejor que		56.2	92.0	573.2	10
Lado #3SA	43%	6	17.8	10-14 %	13.98	2.00	2.00	control, cuerpo no esta tan mal	3.40	42.4 43.9	92.8	625.6	4
											61.2	619.4	2
										Pie/Trama	59.1	752.2	Pie/Trama
				10-14 %	10-14 % 13.55	2	1.5	Garras igual que control		37.3	63.9	563.5	10
	44%									42.1 45.3	63.5	529.1	8
Lado #4SA		6	17.8						4.10		71.4	595.5	3
										45.4	50.8	449.3	2
										Pie/Trama	49.4	491.0	Pie/Trama
									3.40	49.1	76.5	605.9	11
		6	17.8	10-14 %	14.08	1.00	00 2.00	Garras mejor que control, cuerpo bien, mejor de todos, un poco armado.		43.9	65.9	593.5	10
Lado #5SA	35%									37.1	63.0	645.2	3
										38.3	60.5	660.6	2
								arriado.		Pie/Trama	62.9	675.6	Pie/Trama
										48.3	98.6	773.8	10
										44.1	100.6	807.5	11
Lado #6SA	38%	6	17.8	10-14 %	13.68	2.50	2.00	Garras malas como control	3.70	38.8	78.4	694.8	1
								control		39.9	64.6	702.9	3
									Pie/Trama	57.0	688.8	Pie/Trama	
										48.3	98.6	773.8	10
		42% 6 17.8				2.50	2.00			44.1	100.6	807.5	11
Lado #7SA	42%		17.8	10-14 %	13.68			Garras malas como	3.70	38.8	78.4	694.8	1
				10 1470				control		39.9	64.6	702.9	3
										Pie/Trama	57.0	688.8	Pie/Trama
										48.3	98.6	773.8	10
			6 17.8	10-14 %	13.68	2.50	2.00	Garras malas como control		44.1	100.6	807.5	11
Lado #8SA	44%	44% 6							3.70	38.8	78.4	694.8	1
										39.9	64.6	702.9	3
										Pie/Trama	57.0	688.8	Pie/Trama

Figura#13

La matriz de información alimenta nuestro estudio factorial de diseño de experimentos 2x con lo que se genera una cascada de resultados como sigue en las próximas páginas:

Optimización de respuesta: Desgarre, Elongación, Tensión, Humedad (Secado Áereo)

Parámetros

Respuesta	Meta	Inferior	Objetivo	Superior	Ponderación	Importancia
Desgarre	Objetivo	319.5	355.00	807.50	1	1
Elongación	Objetivo	50.8	70.00	101.30	1	1





Tension	Objetivo	18.0	20.00	56.20	1	1
Humedad	Mínimo		35.35	42.88	1	1

Solución

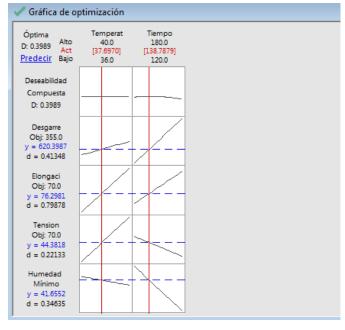
			Desgarre	Elongación	Tension	Humedad
Deseabili Solución compuesta	Temperatura	Tiempo	Ajuste	Ajuste	Ajuste	Ajuste
1	40	180	705	82.025	43.55	35.35
0.469877						

Predicción de respuesta múltiple

Valor de Variable configuración Temperatura 40 Tiempo 180

EE de Respuesta Ajuste ajuste IC de 95% IP de 95% Desgarre 705.0

34.4 (630.1, 779.9) (537.6, 872.4) 8.26 (64.02, 100.03) (41.77, 122.28) 2.48 (38.15, 48.95) (31.48, 55.62) 0.00 (35.35, 35.35) (35.35, 35.35) Elongación 82.02 43.55 Tension Humedad 35.35



Regresión factorial: Humedad vs. Temperatura, Tiempo (Secado Áereo)

Análisis de Varianza

GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
3	146.731	48.910	*	*
2	146.695	73.347	*	*
1	11.903	11.903	*	*
1	134.792	134.792	*	*
s 1	0.036	0.036	*	*
	3 2 1 1	3 146.731 2 146.695 1 11.903 1 134.792	3 146.731 48.910 2 146.695 73.347 1 11.903 11.903 1 134.792 134.792	2 146.695 73.347 * 1 11.903 11.903 * 1 134.792 134.792 *





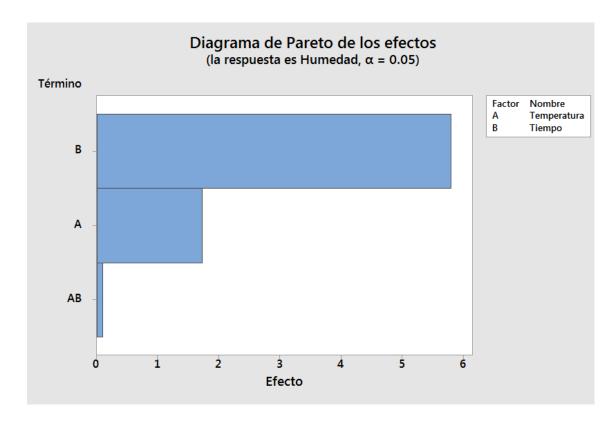
Temperatura*Tiempo 1 0.036 0.036 *
Error 12 0.000 0.000
Total 15 146.731

Resumen del modelo

R-cuad. R-cuad. S R-cuad. (ajustado) (pred) 0 100.00% 100.00% 100.00%

Coeficientes codificados

			EE del			
Término	Efecto	Coef	coef.	Valor T	Valor p	FIV
Constante		39.07	0.00	*	*	
Temperatura	-1.7250	-0.8625	0.0000	*	*	1.00
Tiempo	-5.805	-2.903	0.000	*	*	1.00
Temperatura*Tiempo	0.09500	0.04750	0.00000	*	*	1.00



Regresión factorial: Tension vs. Temperatura, Tiempo (Secado Áereo)

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Modelo	3	87.35	29.12	1.19	0.356
Lineal	2	62.60	31.30	1.28	0.315
Temperatura	1	42.58	42.58	1.73	0.212
Tiempo	1	20.03	20.03	0.82	0.384
Interacciones de 2 términos	1	24.75	24.75	1.01	0.335



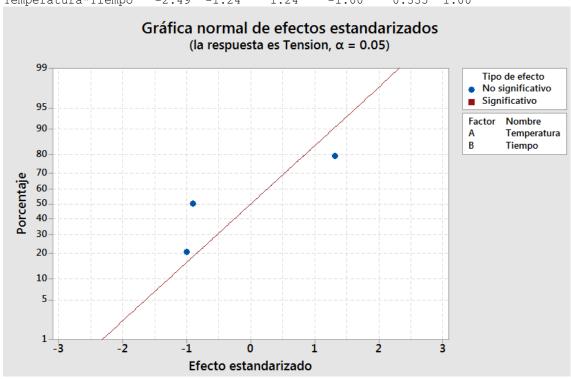


Temperatura*Tiempo	1	24.75	24.75	1.01	0.335
Error	12	294.49	24.54		
Total	15	381.84			

Resumen del modelo

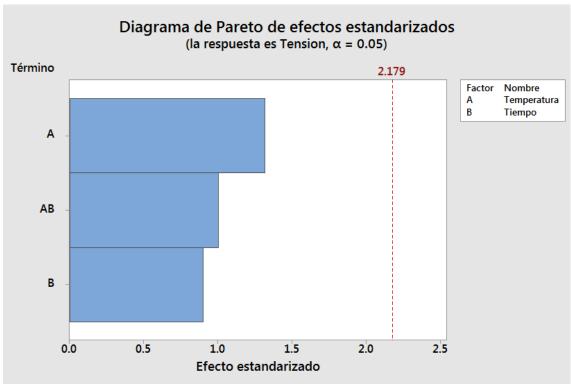
R-cuad. R-cuad. S R-cuad. (ajustado) (pred) 4.95389 22.88% 3.60% 0.00%

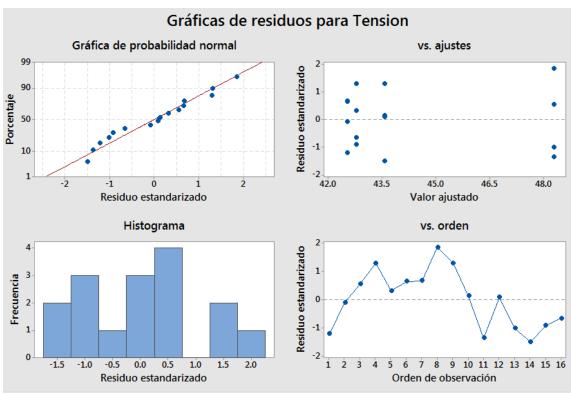
			EE del			
Término	Efecto	Coef	coef.	Valor T	Valor p	FIV
Constante		44.28	1.24	35.75	0.000	
Temperatura	3.26	1.63	1.24	1.32	0.212	1.00
Tiempo	-2.24	-1.12	1.24	-0.90	0.384	1.00
Temperatura*Tiempo	-2.49	-1.24	1.24	-1.00	0.335	1.00















Regresión factorial: Elongación vs. Temperatura, Tiempo (Secado Áereo)

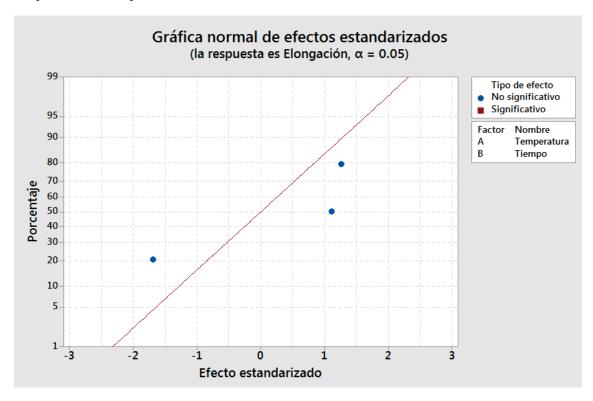
Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
	OH	_	_		-
Modelo	3	1554.7	518.2	1.90	0.184
Lineal	2	773.5	386.8	1.42	0.280
Temperatura	1	436.8	436.8	1.60	0.230
Tiempo	1	336.7	336.7	1.23	0.289
Interacciones de 2 términos	1	781.2	781.2	2.86	0.117
Temperatura*Tiempo	1	781.2	781.2	2.86	0.117
Error	12	3276.2	273.0		
Total	15	4831.0			

Resumen del modelo

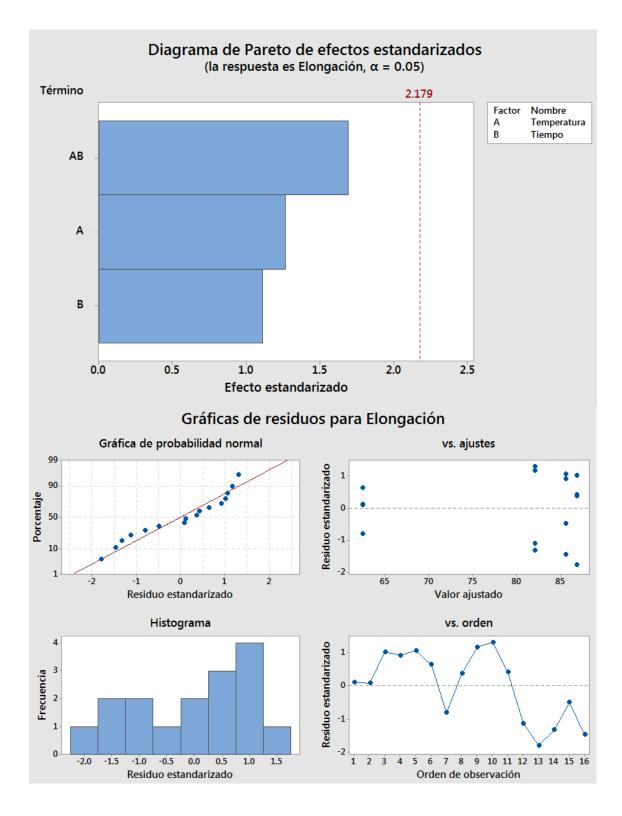
		R-cuad.	R-cuad.
S	R-cuad.	(ajustado)	(pred)
16.5233	32.18%	15.23%	0.00%

			EE del			
Término	Efecto	Coef	coef.	Valor T	Valor p	FIV
Constante		79.20	4.13	19.17	0.000	
Temperatura	10.45	5.22	4.13	1.26	0.230	1.00
Tiempo	9.17	4.59	4.13	1.11	0.289	1.00
Temperatura*Tiempo	-13.98	-6.99	4.13	-1.69	0.117	1.00













Regresión factorial: Desgarre vs. Temperatura, Tiempo (Secado Áereo)

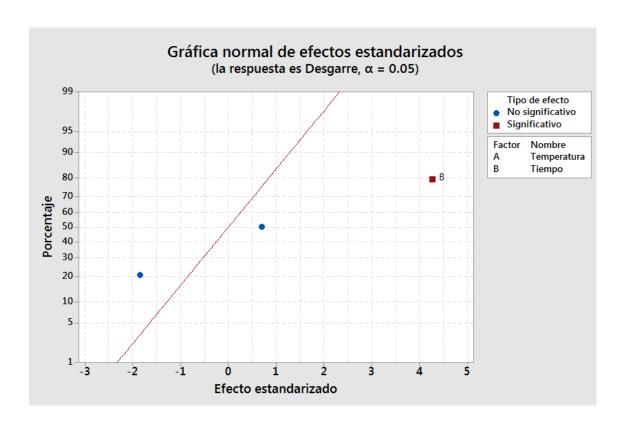
Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Modelo	3	104686	34895	7.39	0.005
Lineal	2	88538	44269	9.37	0.004
Temperatura	1	2263	2263	0.48	0.502
Tiempo	1	86274	86274	18.26	0.001
Interacciones de 2 términos	1	16148	16148	3.42	0.089
Temperatura*Tiempo	1	16148	16148	3.42	0.089
Error	12	56689	4724		
Total	15	161375			

Resumen del modelo

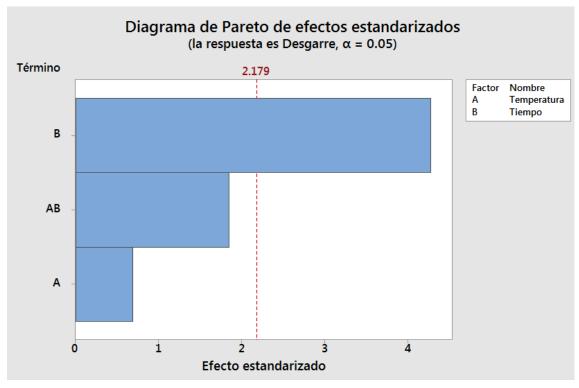
		R-cuad.	R-cuad.
S	R-cuad.	(ajustado)	(pred)
68.7319	64.87%	56.09%	37.55%

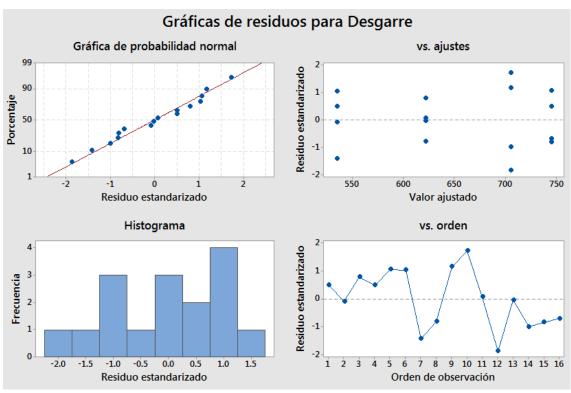
			EE del			
Término	Efecto	Coef	coef.	Valor T	Valor p	FIV
Constante		651.4	17.2	37.91	0.000	
Temperatura	23.8	11.9	17.2	0.69	0.502	1.00
Tiempo	146.9	73.4	17.2	4.27	0.001	1.00
Temperatura*Tiempo	-63.5	-31.8	17.2	-1.85	0.089	1.00





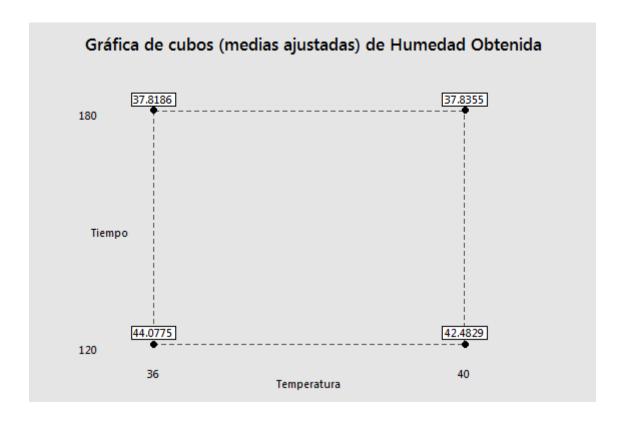


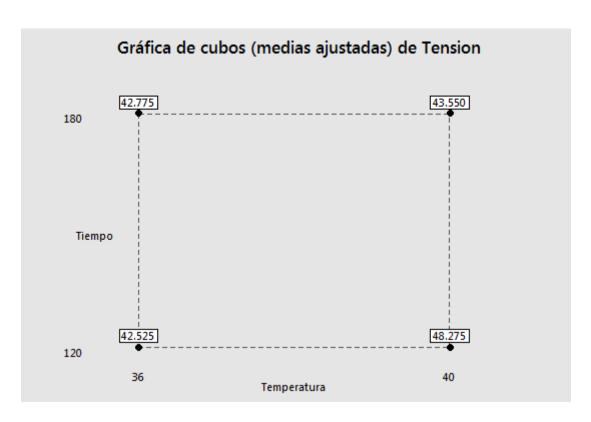






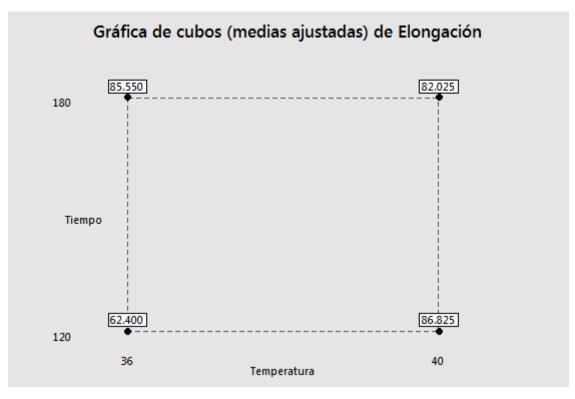


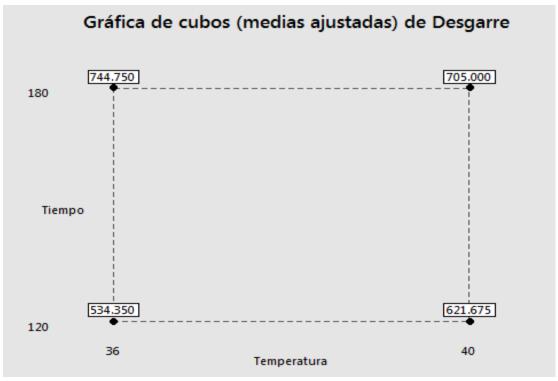
















b. Matriz de secado LTD.

Los resultados del proceso de secado en LTD se incluyen de la misma forma concentrada en la siguiente matriz de resultados. Identificándose en color rojo las variables fuera de especificación. Figura#12

	LTD - Low transfer D	rying CONSTA	NTE											
item	Humedad inicial	temperatura Celsius	Tiempo (hrs)	Humedad final (Esperada)	Humedad final (Real)	Soltura	Tacto/ Cuerpo	Comentarios	BLC 3.8 mm min	Tension 20 N Min	Elongación 70% Max	Desgarre 355 N Min	Strech & Set 18% & 8% max	
Lado #1LTD	38%	40°	12	10-14 %	12.78	1.50	2.50	Garras mejor que control, Muy moteado,	3.50	47.8	91.7	725.2	12	
Lado #ILID	38%	40	12	10-14 %	12.78	1.50	2.50	cuerpo mas armado.	3.50	42.6	77.1	539.4	11	
Lado #2LTD	41%	40°	12	10-14 %	13.13	3.00	3.00	Cuerpo muy armado,	3.20	38.9	107.8	772.0	10	
Lado #2LID	41%	40	12	10-14 %	13.13	3.00	3.00	muy moteado, Garras muy Jodidas.	3.20	35.2	98.5	779.8	10	
Lado #3LTD	43%	40°	12	10-14 %	42.75	Garras muy marcaas de 12.75 2.50 3.00 soltura, mas armado que control.				3.20	49.9	93.5	675.7	13
Lado #3LID	43%	40	12	10-14 %	12.75			,	3.20	49.5	107.9	622.5	10	
Lado #4LTD	44%	40°	12	10-14 %	6 12.6	.6 2.5 2 Malla de gallinero	25	Garras como control,	3.7	39.7	93.5	588.3	11	
Lado #4LTD	44%	40	12	10-14 %	12.6		faldas, armado de flor.	3.7	30.5	55.9	524.6	452		
								Garras menos marcadas que control, menos		39.0	84.5	555.4	10	
Lado #5LTD	35%	40°	12	10-14 %	13.48 1.50 2.00 moteado, que los demas 3.60 LTD, moteo como Control.	LTD, moteo como	LTD, moteo co	LTD, moteo como	3.60	38.8	55.4	517.1	10	
Lado #6LTD	38%	40°	12	10-14 %	12.83	2.50	2.00	Garras como control,	3.50	47.8	91.7	725.2	11	
Lado #6LID	38%	40	12	10-14 %	12.83	2.50	2.00	Poco armado.	3.50	39.6	71.4	656.7	10	
Lado #7LTD	42%	40°	12	10-14 %	12.83	2.50	2.00	Garras como control,	3,50	49.5	107.9	725.2	11	
Lado #/LID	42%	40"	12	10-14 %	12.83	2.50	2.00	Poco armado.	3.50	48.8	72.3	675.6	10	
Lado #8LTD	44%	40°	12	10-14 %	12.83	2.50	2.00	Garras como control,	3,50	36.1	55.4	452.3	11	
Lauo #8LTD	44%	40	12	10-14 %	12.83	2.50	2.00	Poco armado.	5.50	41.9	111.3	771.6	10	

Al alimentar con la información anterior nuestro modelo de diseño de experimentos 2X el resultado genera la siguiente información. Figura#13

Optimización de respuesta: Desgarre, Elongación, Tension, Humedad Obtenida (Secado Túnel LTD)

Parámetro	S
-----------	---

Respuesta Importancia	Meta	Inferior	Objetivo	Superior	Ponderación
Desgarre	Objetivo	319.5	355.00	771.60	1
Elongación	Objetivo	55.4	70.00	675.70	1
Tension	Objetivo	18.0	20.00	51.50	1
Humedad Obtenida	Mínimo		34.89	45.24	1

Solución

Humedad Desgarre Elongación Tension Obtenida

Deseabilidad





 Solución compuesta
 Temperatura
 Tiempo
 Ajuste
 Ajuste

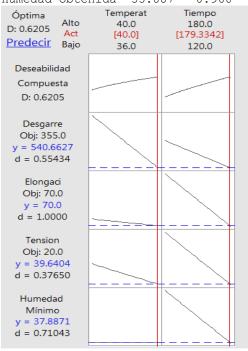
Predicción de respuesta múltiple

Valor de

Variable configuración

Temperatura 40 Tiempo 179.334

		EE de		
Respuesta	Ajuste	ajuste	IC de 95%	IP de 95%
Desgarre	540.7	24.4	(487.5, 593.8)	(420.7, 660.6)
Elongación	70.0	72.7	(-88.5, 228.5)	(-287.5, 427.5)
Tension	39.64	1.89	(35.52, 43.76)	(30.35, 48.93)
Humedad Obtenida	35.887	0.966	(35.783, 39.992)	(33.139, 42.635)



Regresión factorial: Humedad Obtenida vs. Temperatura, Tiempo (Secado Túnel LTD)

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Modelo	3	124.034	41.345	10.84	0.001
Lineal	2	121.437	60.718	15.91	0.000
Temperatura	1	2.489	2.489	0.65	0.435
Tiempo	1	118.948	118.948	31.17	0.000
Interacciones de 2 términos	1	2.597	2.597	0.68	0.425
Temperatura*Tiempo	1	2.597	2.597	0.68	0.425
Error	12	45.788	3.816		
Total	15	169.821			

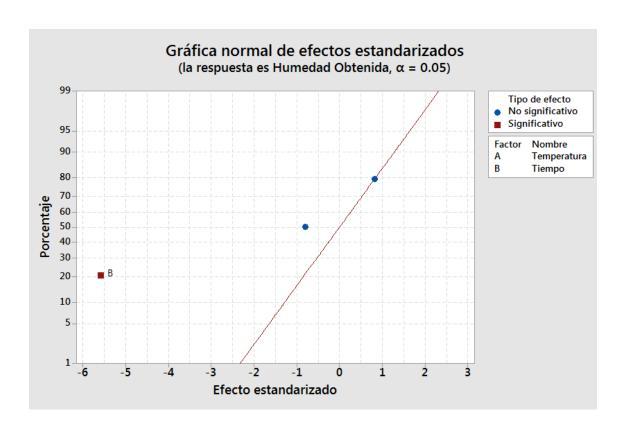




Resumen del modelo

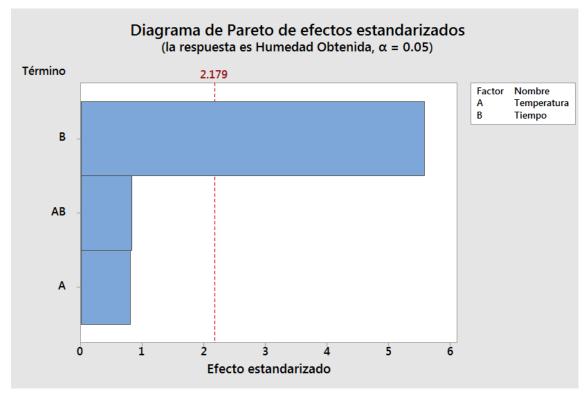
		R-cuad.	R-cuad.
S	R-cuad.	(ajustado)	(pred)
1.95336	73.04%	66.30%	52.07%

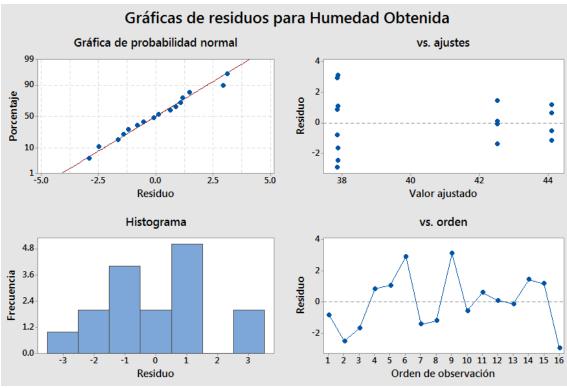
			EE del			
Término	Efecto	Coef	coef.	Valor T	Valor p	FIV
Constante		40.554	0.488	83.04	0.000	
Temperatura	-0.789	-0.394	0.488	-0.81	0.435	1.00
Tiempo	-5.453	-2.727	0.488	-5.58	0.000	1.00
Temperatura*Tiempo	0.806	0.403	0.488	0.82	0.425	1.00











Regresión factorial: Tensión vs. Temperatura, Tiempo (Secado Túnel LTD)





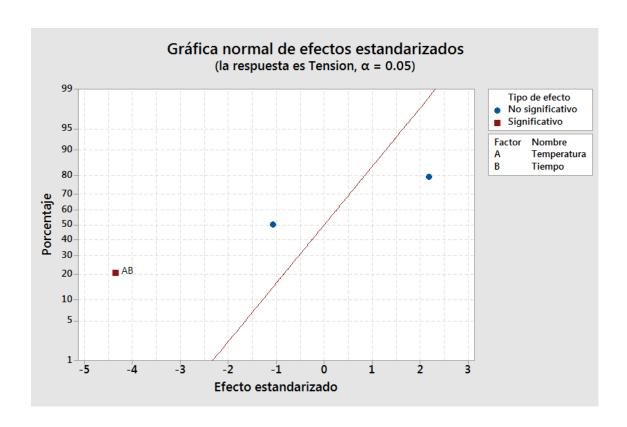
Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Modelo	3	364.38	121.46	8.31	0.003
Lineal	2	86.32	43.16	2.95	0.091
Temperatura	1	69.31	69.31	4.74	0.050
Tiempo	1	17.02	17.02	1.16	0.302
Interacciones de 2 términos	1	278.06	278.06	19.03	0.001
Temperatura*Tiempo	1	278.06	278.06	19.03	0.001
Error	12	175.34	14.61		
Total	15	539.72			

Resumen del modelo

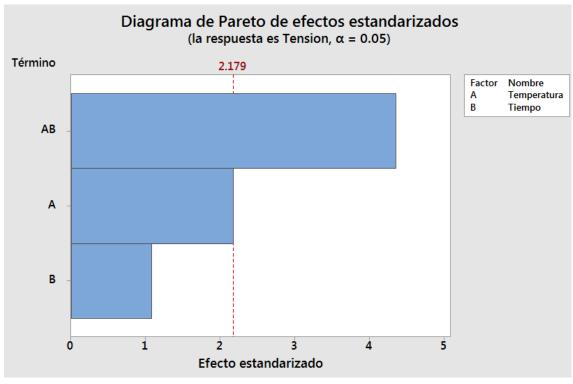
		R-cuad.	R-cuad.
S	R-cuad.	(ajustado)	(pred)
3.82255	67.51%	59.39%	42.24%

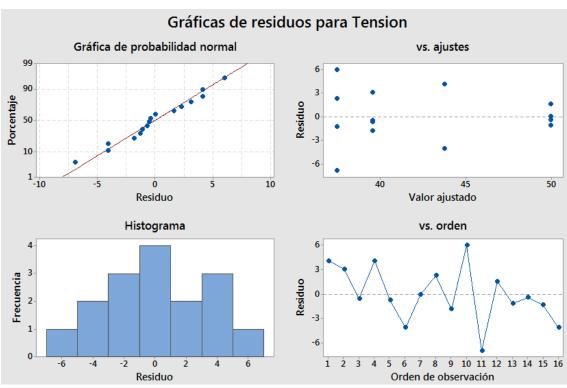
			EE del			
Término	Efecto	Coef	coef.	Valor T	Valor p	FIV
Constante		42.644	0.956	44.62	0.000	
Temperatura	4.162	2.081	0.956	2.18	0.050	1.00
Tiempo	-2.063	-1.031	0.956	-1.08	0.302	1.00
Temperatura*Tiempo	-8.338	-4.169	0.956	-4.36	0.001	1.00















Regresión factorial: Elongación vs. Temperatura, Tiempo (Secado Túnel LTD)

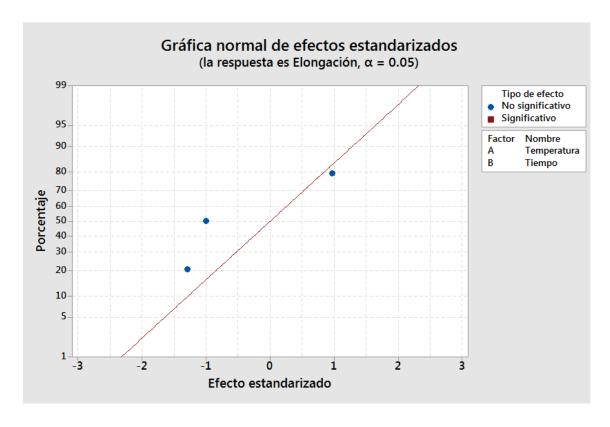
Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Modelo	3	78421	26140	1.21	0.349
Lineal	2	42397	21199	0.98	0.403
Temperatura	1	20449	20449	0.95	0.350
Tiempo	1	21948	21948	1.01	0.334
Interacciones de 2 términos	1	36024	36024	1.67	0.221
Temperatura*Tiempo	1	36024	36024	1.67	0.221
Error	12	259623	21635		
Total	1.5	338045			

Resumen del modelo

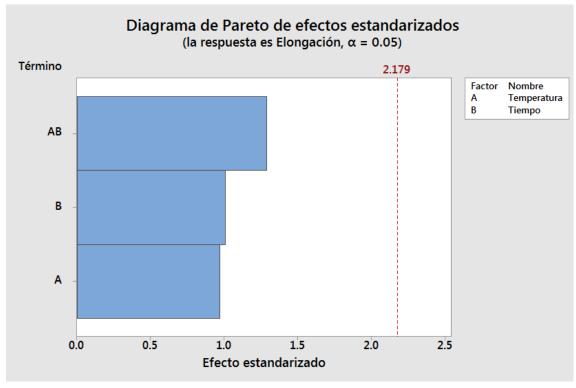
		R-cuad.	R-cuad.
S	R-cuad.	(ajustado)	(pred)
147.089	23.20%	4.00%	0.00%

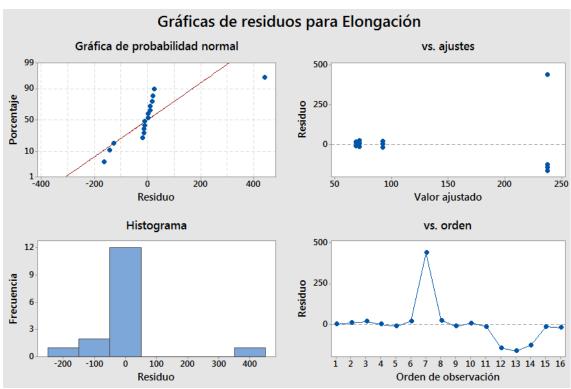
			EE del			
Término	Efecto	Coef	coef.	Valor T	Valor p	FIV
Constante		116.9	36.8	3.18	0.008	
Temperatura	71.5	35.8	36.8	0.97	0.350	1.00
Tiempo	-74.1	-37.0	36.8	-1.01	0.334	1.00
Temperatura*Tiempo	-94.9	-47.4	36.8	-1.29	0.221	1.00















Regresión factorial: Desgarre vs. Temperatura, Tiempo (Secado Túnel LTD)

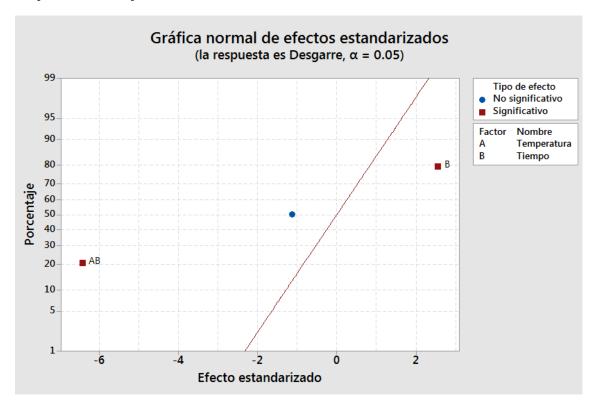
Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Modelo	3	120075	40025	16.43	0.000
Lineal	2	19062	9531	3.91	0.049
Temperatura	1	3116	3116	1.28	0.280
Tiempo	1	15945	15945	6.54	0.025
Interacciones de 2 término	s 1	101013	101013	41.46	0.000
Temperatura*Tiempo	1	101013	101013	41.46	0.000
Error	12	29238	2436		
Total	15	149312			

Resumen del modelo

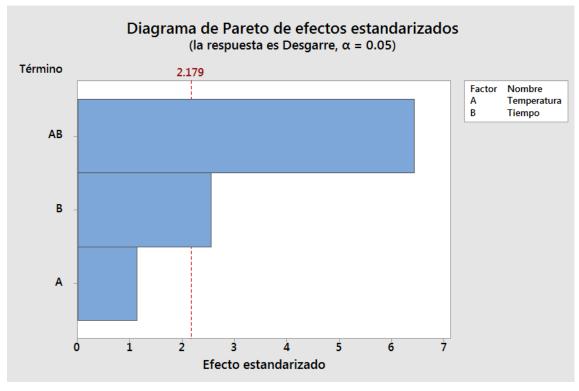
		R-cuad.	R-cuad.
S	R-cuad.	(ajustado)	(pred)
49.3606	80.42%	75.52%	65.19%

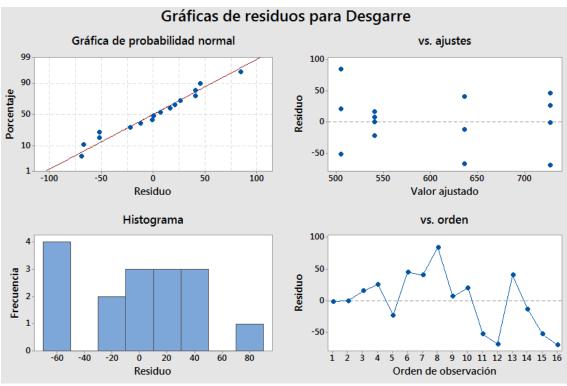
			EE del			
Término	Efecto	Coef	coef.	Valor T	Valor p	FIV
Constante		601.4	12.3	48.74	0.000	
Temperatura	-27.9	-14.0	12.3	-1.13	0.280	1.00
Tiempo	63.1	31.6	12.3	2.56	0.025	1.00
Temperatura*Tiempo	-158.9	-79.5	12.3	-6.44	0.000	1.00





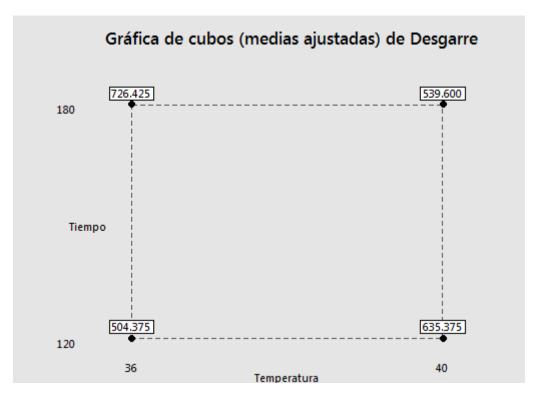


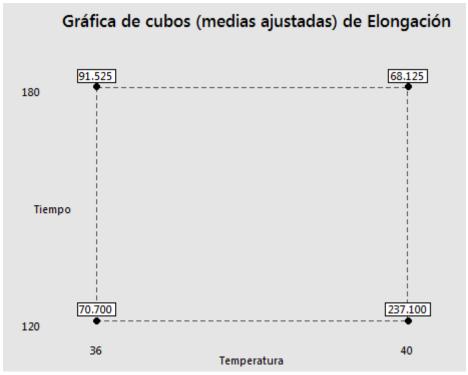






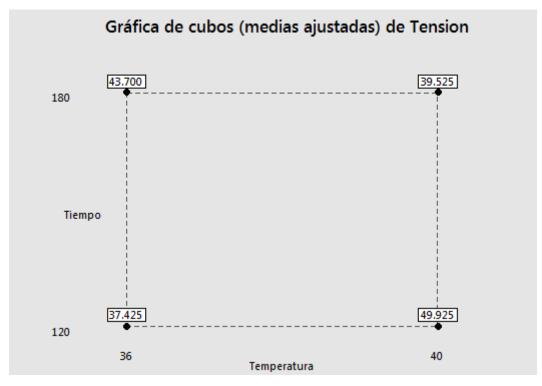


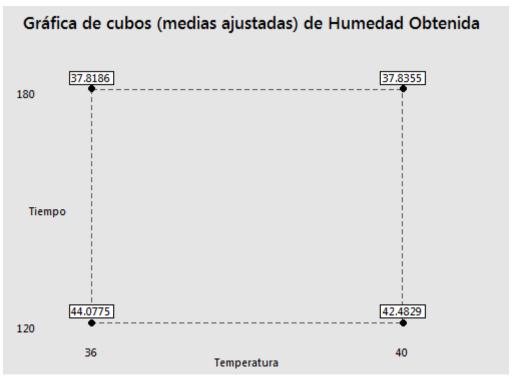
















10. Conclusiones

- a. Con el presente estudio, se demuestra que el secado al vacío es una opción viable y adecuada para el proceso sustentable desarrollado por la empresa
- La solución óptima resultante del diseño de experimentos factorial coincide cabalmente con la evaluación física del producto y los valores numéricos obtenidos de origen en las pruebas físico mecánicas
- c. Ambos secados secundarios (aéreo y túnel) son efectivos bajo la misma resultante. Desde la Perspectiva "sustentabilidad" el secado aéreo es conceptualmente el óptimo a elegir y desde la Perspectiva "productividad" el secado en túnel ofrece la mejor solución
- d. La elongación se percibe como la variable de respuesta más ambigua; nuestra recomendación en un futuro próximo será expandir un estudio referente a los efectos de la elongación de cueros Sustentables en secado al vacío.





11. Bibliografía

- "OUR COMMON FUTURE" Informe Brundtland, Ed. Oxford University Press, 1987.
- "DEVELOPMENT OF SUSTAINABLE TANNIN WITH LOW CARBON FOOTPRINT TO OBTAIN HIGH QUALITY LEATHER" Jorge Diaz, Dra.
 Anna Bacardit Dalmases. Dr. Lluis Ollé Otero Universitat Politècnica de Catalunya (UPC). Barcelona. Pags; 162. Febrero, 2014.
- Diseño de procesos de curtiduria. Igualada, España.: Consorci Escola Tècnica d'Igualada. Solé, J. S. (2005).
- La sustentabilidad en la industria de la curtiduría y su relación con el entorno urbano. El caso de León, Guanajuato, México; José Francisco Vidaurri Ramírez, Josefina Morgan Beltrán. Abril 2011.
- Maquinaria de curtidos. A Bacardit y LI. Ollé. Consorci Escola Tècnica d'Igualada. (2005)
- Diseño de experimentos en ingenieria del cuero. A Bacardit y LI. Ollé.
 Consorci Escola Tècnica d'Igualada. (2005)
- Los cuadernos de Ingeniería del curtido Ediciones Assomac