

Propiedades físicas y químicas del cuero para calzado de seguridad

Paulina Silva Trejos¹

Palabras clave

Calzado de seguridad, cuero para calzado, propiedades físicas, propiedades químicas.

Resumen

Se escogieron 86 muestras de calzado de seguridad disponibles en el mercado nacional y se les determinó algunas propiedades físicas y químicas, con los siguientes resultados promedios y sus respectivas desviaciones estándar para las propiedades físicas, espesor: 2,03 (0,22) mm, resistencia a la tracción 2,51 (0,95)kgf/mm², resistencia al desgarre 12,1 (4,3) y porcentaje de alargamiento a la rotura 66 (13). Las propiedades químicas que se evaluaron fueron el porcentaje de cenizas sulfatadas y el porcentaje de óxido de cromo, obteniéndose los siguientes resultados promedios con sus respectivas desviaciones estándar: 4,9 (1,2) y 3,33 (0,69).

Introducción

El cuero es un material proteico fibroso (colágeno) que se trata químicamente con material curtiente, generalmente cromo, para obtener las propiedades físicas deseadas para el fin al cual se destinará. Algunas de las propiedades físicas más importantes desde el punto de vista de la confección de calzado son el espesor, la resistencia a la tracción, la resistencia al desgarre y el porcentaje de alargamiento a la rotura.

El colágeno está constituido por aminoácidos unidos en forma de cadena; así, en el proceso de curtimiento para transformar la piel en cuero, estas cadenas se unen, en razón de lo cual se modifican las propiedades físicas de este.

Existen diferentes formas de curtimiento; el más utilizado en nuestro país es el método de curtimiento mineral con cromo, que produce un cuero con una reticulación muy estable al agua en ebullición.

1. Profesora e investigadora de la Escuela de Química de la Universidad de Costa Rica, correo electrónico: *psilva@equi.ucr.ac.cr*, teléfono 207 5628.

En Costa Rica no existe una norma que defina los parámetros deseables para el cuero utilizado en la confección de calzado. El calzado de seguridad es una prenda de vestir que se utiliza como equipo de protección personal, cuya función es prevenir o minimizar

lesiones en los pies de los trabajadores. La Norma Oficial Mexicana para calzado de protección o seguridad, NOM-113-STPS-1994, muy utilizada en nuestro país como referencia, establece los siguientes parámetros para el cuero utilizado para este fin:

Resistencia a la tracción kgf/mm ²	Resistencia al desgarre kgf/mm	% de alargamiento a la rotura	% cenizas	% óxido de cromo	
1,8 mínimo	3,0 mínimo	4,0 mínimo	80 máximo	2,0 máximo	2,5 mínimo

Antiguamente, se le daba mucha importancia al análisis químico del cuero; sin embargo, en la actualidad se les da mayor importancia a las propiedades físicas de este, ya que tienen mayor importancia en control de calidad.

La determinación de las pruebas físicas requiere la toma de las muestras o probetas de acuerdo con la norma para cada ensayo y además estas deben ser acondicionadas durante 48 horas en una atmósfera normalizada a temperatura de 20 ± 2 °C y un porcentaje de humedad de 65 ± 2 , según lo establece la Norma Oficial de Métodos para Obtención de Muestras y Ensayos Físicos para Cuero¹.

El espesor es una propiedad física del cuero que depende además del proceso de fabricación, de la presión y el tiempo que se ejerza sobre este durante la realización del ensayo. La normativa para pruebas físicas exige que se utilice un micrómetro con esfera y aguja indicadora, montado sobre una base firme y cargado con un peso muerto de 393 ± 10 gf. El cilindro de presión tiene una superficie plana, circular y con un diámetro de 10 mm como base inferior. La probeta debe ser colocada con el lado flor hacia arriba y la lectura se debe tomar 5 segundos después de alcanzada la fuerza máxima¹.

La resistencia a la tracción y el porcentaje de alargamiento a la rotura se realizan

sobre probetas de la forma y tamaño especificadas por la normativa dictada por el Ministerio de Economía, Industria y Comercio, previamente acondicionadas y a las cuales se les ha determinado el espesor. El equipo que se utiliza es una balanza dinamométrica, capaz de proporcionar una velocidad uniforme de separación de las mandíbulas que sostienen la probeta. La normativa especifica una velocidad de 100 ± 20 mm/min¹.

La resistencia al desgarre se realiza sobre probetas de la forma y tamaño especificadas por la normativa dictada por el Ministerio de Economía, Industria y Comercio, previamente acondicionadas y a las cuales se les ha determinado el espesor. El equipo utilizado es el mismo y con las mismas especificaciones que el utilizado en la prueba de resistencia a la tracción¹.

Para la determinación de las pruebas químicas de cenizas sulfatadas y óxido de cromo, la toma de muestras y los análisis posteriores se deben realizar de acuerdo con la normativa del Ministerio de Economía, Industria y Comercio, Norma Oficial de Métodos para Obtención de Muestras y ensayos Químicos para Cuero².

Sección experimental

La metodología utilizada para los ensayos físicos y químicos, en toma de muestras y métodos de ensayo fue la normativa oficial

del Ministerio de Economía, Industria y Comercio^{1,2}.

Las muestras corresponden a calzado de seguridad del que se produce o se expende nacionalmente.

Las probetas para la realización de las pruebas físicas se acondicionaron por 48 horas continuas sin interrupción a $20,0 \pm 0,5$ y $65,5 \pm 0,5$ de temperatura y humedad respectivamente, en una incubadora con temperatura y porcentaje de humedad controlados previamente calibrada.

Las mediciones de espesor se realizaron con un medidor de espesor, marca SATRA, THICKNESS GAUGE calibrado previamente y que cumple con las especificaciones de la normativa oficial³.

Las mediciones de fuerza para las pruebas de resistencia a la tracción, resistencia al desgarre y porcentaje de alargamiento a la rotura se realizaron con una balanza dinamométrica, marca SPECHT, modelo FPG 9003, con capacidad máxima de 1000N, previamente calibrada y que cumple con las especificaciones de la normativa oficial.

Resultados y discusión

En los Cuadros N.º 1 y 2, se presentan los resultados que se obtuvieron para las propiedades físicas y químicas, respectivamente de las muestras analizadas.

Cuadro N.º 1
Propiedades físicas del cuero utilizado en la confección de zapatos de seguridad

Muestra	Espesor/ mm	RT/kgf/ mm ²	RD/kgf/ mm	% AR	Muestra	Espesor/ mm	RT/kgf/ mm ²	RD/kgf/ mm	% AR
1	1,90	2,31	13,5	71	45	1,80	2,00	14,2	57
2	2,04	2,55	12,3	68	46	1,87	2,60	10,9	59
3	2,20	2,75	10,0	65	47	2,10	1,67	13,7	70
4	2,02	2,24	13,5	70	48	2,15	2,63	17,1	49
5	1,94	1,98	12,1	65	49	1,98	1,85	11,1	63
6	2,10	3,56	1,2	56	50	2,10	3,44	17,6	77
7	2,10	2,5	12,8	62	51	2,35	2,45	9,8	42
8	2,10	2,5	1,3	67	52	2,03	3,79	11,1	51
9	2,15	1,81	8,4	71	53	1,90	2,90	9,0	52
10	2,07	2,16	12,8	75	54	2,39	2,60	11,1	53
11	2,04	2,3	12,8	84	55	2,23	1,89	11,0	---
12	1,90	2,11	15,6	70	56	1,63	2,52	10,0	69
13	2,09	2,16	15,2	75	57	2,10	3,40	1,9	71
14	1,90	2,19	14,6	82	58	1,80	2,40	1,8	61
15	1,91	1,67	16,0	92	59	2,16	2,60	1,3	72
16	2,06	1,81	14,1	110	60	1,30	1,70	1,0	65
17	2,30	3,09	12,4	80	61	1,70	1,90	10,4	57
18	2,40	1,32	9,2	94	62	1,90	2,43	9,7	53

Muestra	Espesor/ mm	RT/kgf/ mm ²	RD/kgf/ mm	% AR	Muestra	Espesor/ mm	RT/kgf/ mm ²	RD/kgf/ mm	% AR
19	2,09	2,78	10,2	68	63	2,09	1,90	3,1	73
20	2,30	1,83	12,0	72	64	2,40	1,70	4,3	50
21	2,10	3,87	12,7	45	65	2,29	1,40	2,5	65
22	1,97	2,2	16,3	61	66	2,20	2,40	8,0	65
23	1,48	1,87	9,0	55	67	2,20	2,80	10,8	55
24	1,80	1,11	16,0	53	68	2,08	4,20	13,0	69
25	2,38	3,47	12,0	55	69	2,10	3,00	12,0	61
26	1,89	2,87	14,0	52	70	2,15	2,00	15,0	71
27	1,72	2,62	15,6	73	71	1,68	2,89	10,7	64
28	2,63	1,25	8,6	98	72	1,68	2,83	10,2	79
29	2,15	2,01	22,0	48	73	1,88	2,40	11,4	56
30	2,25	2,36	---	83	74	2,22	2,28	11,7	77
31	2,09	3,08	---	62	75	2,00	2,43	11,5	51
32	1,90	1,94	18,8	87	76	1,93	1,90	11,7	67
33	2,14	2,15	19,4	52	77	1,73	8,60	8,2	66
34	2,02	2,71	9,0	58	78	1,95	5,40	9,3	57
35	2,08	2,68	14,5	93	79	1,85	1,85	11,2	67
36	1,66	1,99	10,7	61	80	2,01	2,43	16,4	71
37	2,55	1,86	6,3	57	81	2,05	2,95	13,5	59
38	2,31	2,83	8,6	83	82	1,76	2,86	10,6	61
39	1,85	2,58	11,4	75	83	2,00	3,20	14,0	71
40	2,23	2,43	10,3	88	84	2,13	3,22	14,0	71
41	2,20	2,43	11,9	57	85	1,90	2,20	8,0	36
42	2,13	2,68	13,2	65	86	2,20	1,10	7,0	61
43	2,00	2,43	10,1	60	Promedio	2,03	2,51	11,2	66
44	1,75	2,49	15,6	48	Desv.est.	0,23	0,95	4,3	13

RT, resistencia a la tracción, RD resistencia al desgarre, %AR porcentaje de alargamiento a la rotura.

Cuadro N.º 2
Propiedades químicas del cuero utilizado en la confección
de zapatos de seguridad

Muestra	% Cenizas sulfatadas	% Cr ₂ O ₃	Muestra	% Ceniza sulfatadas	% Cr ₂ O ₃
1	3,63	3,02	45	3,35	3,20
2	5,80	3,33	46	4,58	2,69
3	5,54	3,53	47	5,45	3,03
4	3,94	2,77	48	4,84	3,11
5	3,82	2,89	49	3,76	2,46
6	5,32	3,89	50	3,30	2,68
7	4,30	3,31	51	5,30	3,91
8	4,79	2,72	52	4,96	2,55
9	6,38	4,12	55	4,90	3,53
10	4,24	3,03	56	7,50	3,51
11	4,55	3,09	57	3,89	3,89
12	4,23	3,38	58	2,52	2,52
13	4,15	3,60	59	2,88	2,88
14	3,79	3,03	60	2,44	2,44
15	4,31	3,09	61	7,50	2,84
16	4,36	3,20	62	3,08	2,19
17	5,96	3,85	63	3,82	2,24
18	7,07	3,54	64	3,11	2,27
19	5,04	4,45	65	3,73	3,21
20	5,32	3,12	66	5,03	3,42
21	6,29	3,70	67	5,91	3,84
22	4,26	3,23	68	4,07	2,58
23	6,01	4,67	69	6,13	4,00
24	5,78	3,36	70	4,56	3,36
25	6,11	4,50	71	5,17	2,55
26	4,78	2,70	72	6,07	2,59
27	4,88	3,25	73	4,07	2,89
28	4,90	2,92	74	5,82	3,66
33	6,40	3,53	75	5,60	3,23
34	5,17	3,90	76	5,69	3,74

Continuación Cuadro N.º 2

Muestra	% Cenizas sulfatadas	% Cr ₂ O ₃	Muestra	% Ceniza sulfatadas	% Cr ₂ O ₃
35	4,62	3,73	77	4,95	3,54
36	4,53	3,74	78	6,03	3,18
37	3,10	2,47	79	5,86	5,20
38	5,20	4,19	80	5,70	5,00
39	5,00	3,60	81	5,14	5,54
41	5,90	3,16	82	3,77	2,55
42	4,58	2,82	83	7,80	3,37
43	4,45	3,10	85	3,70	2,10
44	4,26	3,20	86	7,70	3,83
Promedio				4,90	3,31
Desviación estándar				1,17	0,68

En las Figuras N.º 1, 2, 3 y 4 se presentan las cartas de control para los valores de las propiedades físicas evaluadas en el cuero utilizado en la confección del calzado de seguridad de las 86 muestras ensayadas.

Los límites de confianza se calcularon al 95 por ciento; es decir, el doble de la desviación estándar obtenida y al igual que los valores correspondientes en la norma mexicana, se muestran en cada figura.

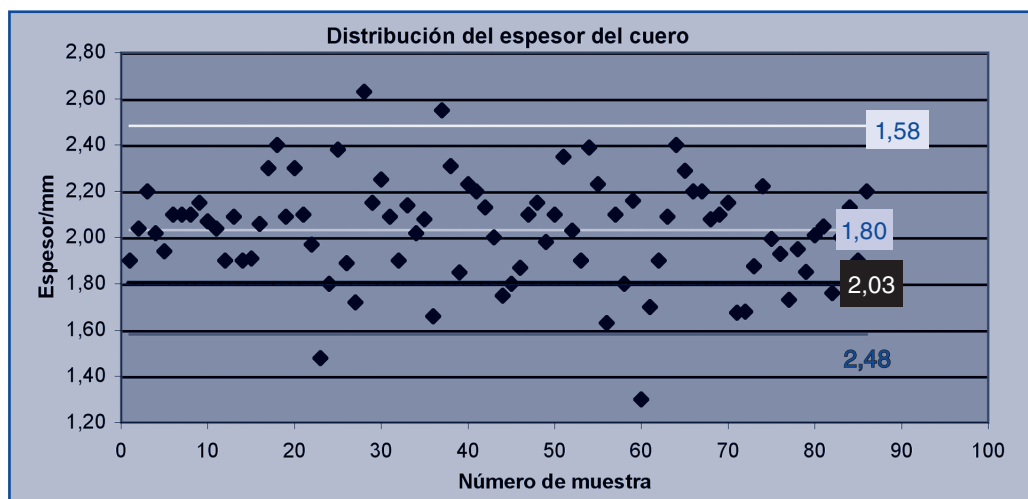


Figura N.º 1. Distribución del espesor del cuero de calzado de seguridad, valor promedio y límites de confianza al 95 por ciento.

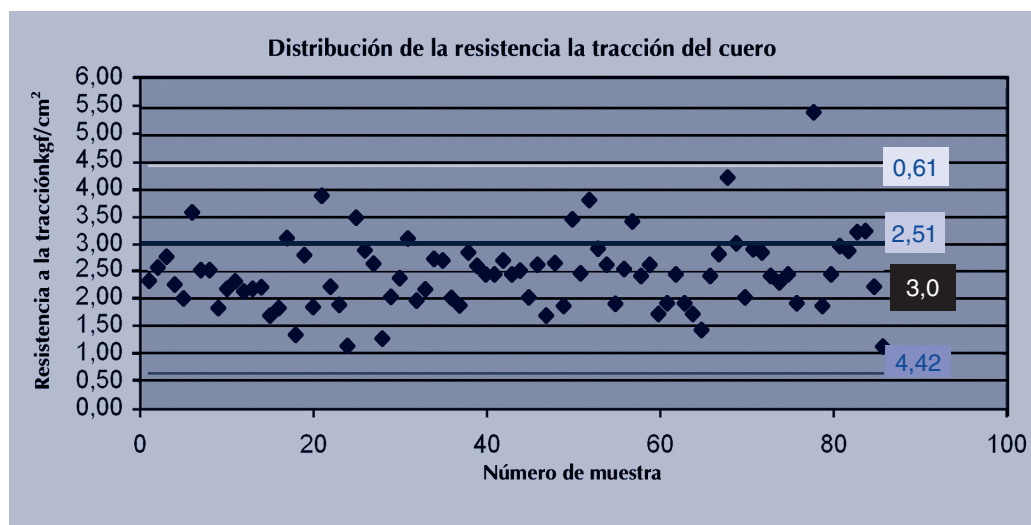


Figura N.º 2. Distribución de la resistencia a la tracción del cuero de calzado de seguridad, valor promedio y límites de confianza al 95 por ciento.

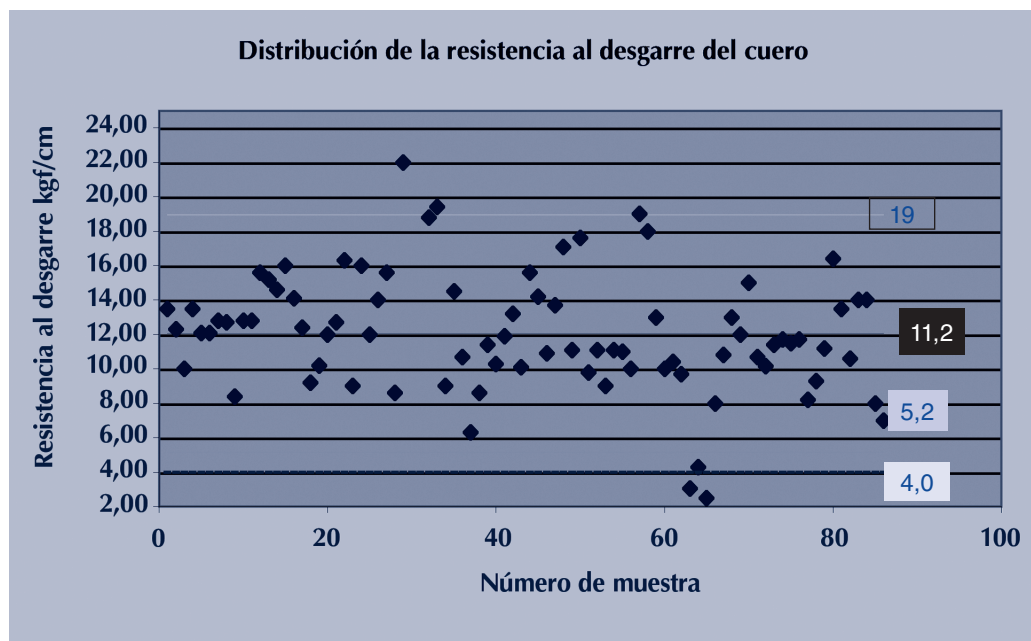


Figura N.º 3. Distribución de la resistencia al desgarre del cuero de calzado de seguridad, valor promedio y límites de confianza al 95 por ciento.

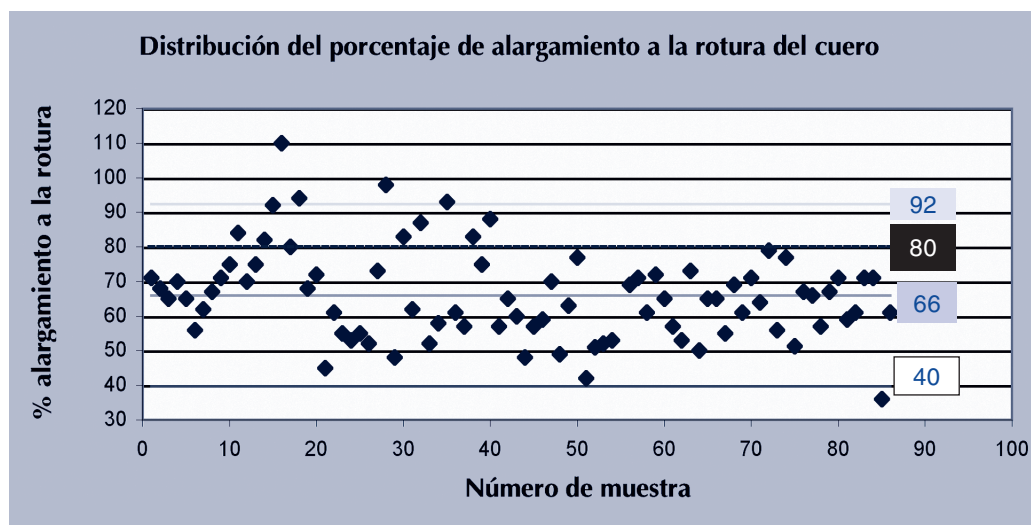


Figura N.º 4. Distribución del porcentaje de alargamiento a la rotura del cuero de calzado de seguridad, valor promedio y límites de confianza al 95 por ciento.

Se deduce de los resultados de las figuras anteriores que 9 por ciento de las muestras analizadas no cumplen la norma mexicana de espesor (1,80 mm mínimo), 89 por ciento no cumplen el parámetro de resistencia a la tracción (3,0 kgf/ cm 2 mínimo), 2 por ciento no cumplen el parámetro de resistencia al desgarre (4,0 kgf/cm mínimo) y un 12 por ciento no cumplen el parámetro de

porcentaje de alargamiento a la rotura (80 por ciento máximo).

En el siguiente cuadro se presenta un resumen de los parámetros estadísticos obtenidos para las propiedades físicas del cuero de las muestras analizadas que corresponden con una muestra representativa del calzado de seguridad disponible en el mercado costarricense:

Propiedad física	Promedio	Desviación estándar	LC superior 95 %	LC inferior 95 %
Espesor/mm	2,03	0,23	2,48	1,58
RT/kgf/mm ²	2,51	0,95	4,42	0,61
RD/kgf/mm	11,2	4,3	19,0	5,2
% AR	66	13	92,0	40,0

En las Figuras N.º 5 y 6 se presentan las cartas de control para los valores de las propiedades químicas evaluadas en el cuero utilizado en la confección del

calzado de seguridad de las 86 muestras ensayadas. Los límites de confianza se calcularon al 95 por ciento; es decir, el doble de la desviación estándar obtenida.

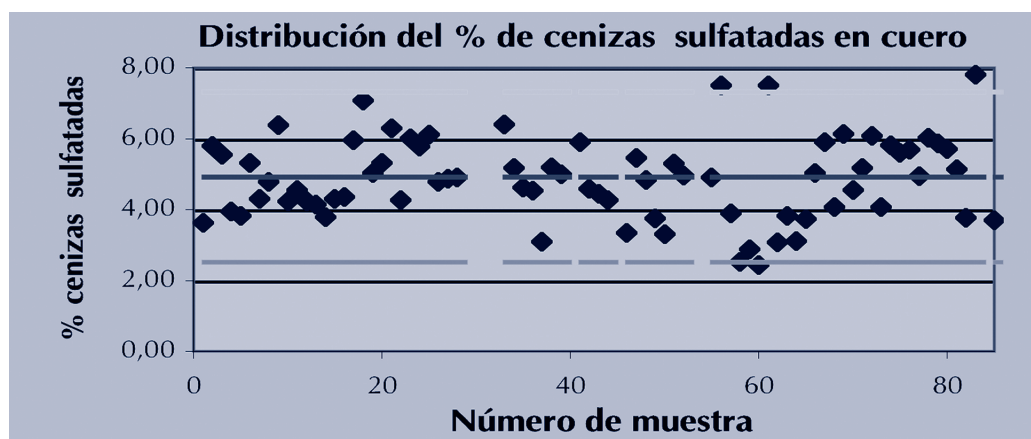


Figura N.º 5. Distribución del porcentaje del porcentaje de cenizas sulfatadas para el cuero de calzado de seguridad, valor promedio y límites de confianza al 95 por ciento.

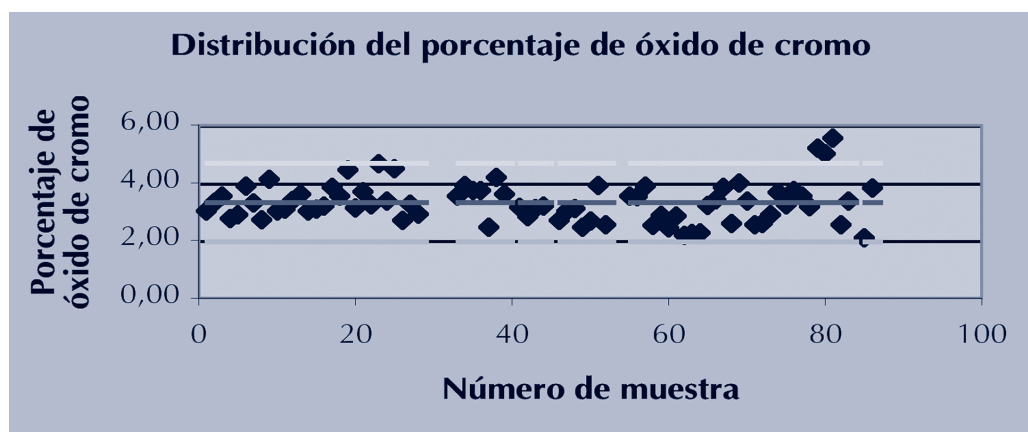


Figura N.º 6. Distribución del porcentaje de óxido de cromo para el cuero de calzado de seguridad, valor promedio y límites de confianza al 95 por ciento.

En el siguiente resumen muestra los parámetros estadísticos obtenidos para las propiedades químicas del cuero de las muestras analizadas

que corresponden con una muestra representativa del calzado de seguridad disponible en el mercado costarricense :

Propiedad química	Promedio	Desviación estándar	LC superior 95 %	LC inferior 95 %
% cenizas sulfatadas	4,90	1,20	7,30	2,50
% Cr ₂ O ₃	3,31	0,68	4,42	2,51

Para estudiar la posible correlación entre el contenido de óxido de cromo del cuero y las propiedades físicas determinadas

se hizo el tratamiento estadístico y los resultados se presentan en las figuras N.º 5, 6 y 7 que se presentan a continuación.

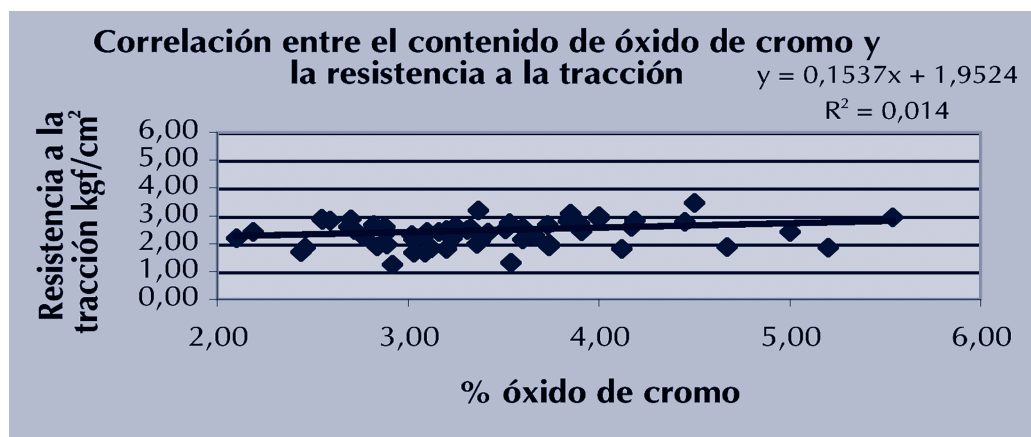


Figura N.º 7. Correlación de la resistencia a la tracción y el contenido de óxido de cromo para el cuero de calzado de seguridad.

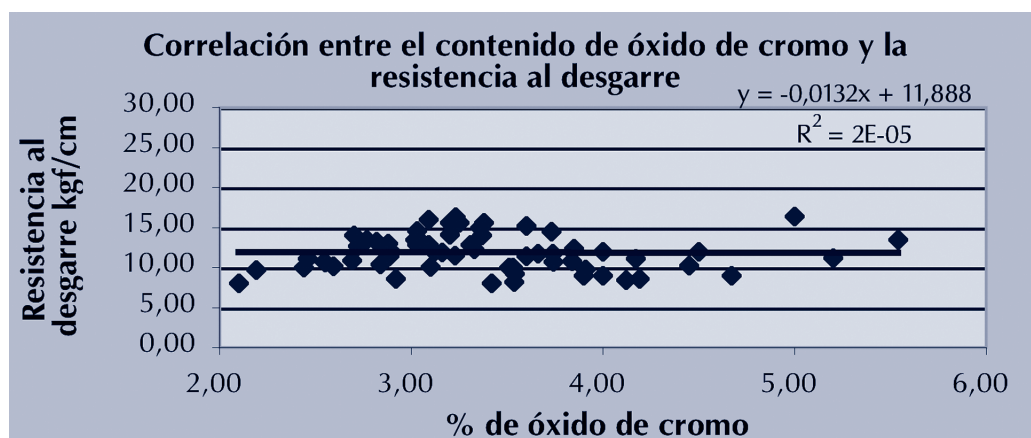


Figura N.º 8. Correlación de la resistencia al desgarre y el contenido de óxido de cromo para el cuero de calzado de seguridad.

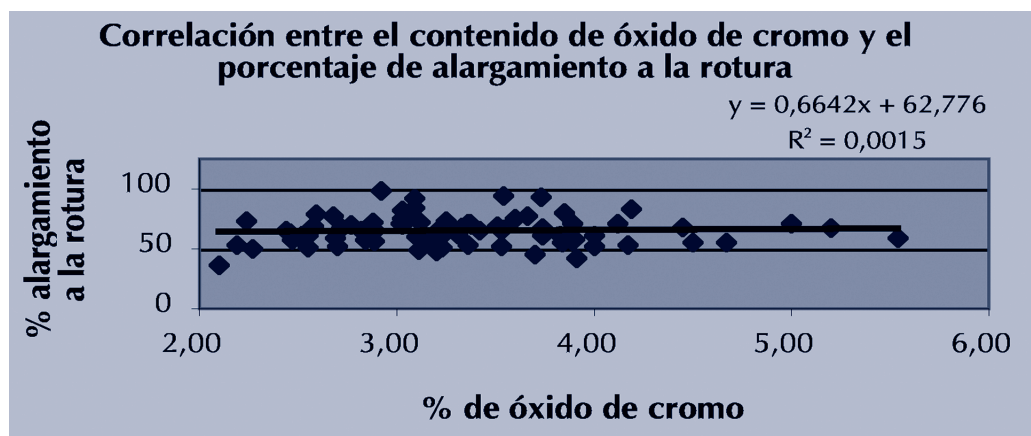


Figura N.º 9. Correlación del porcentaje de alargamiento a la rotura y el contenido de óxido de cromo para el cuero de calzado de seguridad.

De los resultados presentados en las figuras 5, 6 y 7 se concluye que prácticamente no existe correlación entre el contenido de óxido de cromo y las propiedades físicas evaluadas, la resistencia a la tracción, la resistencia al desgarre y el porcentaje de alargamiento a la rotura.

Conclusión

Los valores promedio para los parámetros físicos evaluados demuestran que los cueros utilizados para la confección del calzado de seguridad cumplen la Norma Oficial Mexicana, NOM-113-STPS-1994 para el espesor, para la resistencia al desgarre y para el porcentaje de alargamiento a la rotura; sin embargo, no cumplen la normativa para la resistencia a la tracción⁵.

Asimismo, las propiedades químicas evaluadas demuestran que los cueros utilizados en la confección del calzado de seguridad vendido en nuestro país, también cumplen con dicha normativa, ya que el porcentaje de cenizas, una vez restado el óxido de cromo, es de 1,59. El porcentaje de óxido de cromo también cumple las especificaciones.

Para los valores de porcentaje de óxido de cromo de las muestras estudiadas, se observa que prácticamente no existe

correlación entre los valores obtenidos para las propiedades físicas estudiadas y el porcentaje de óxido de cromo que contienen.

Desde el punto de vista de la calidad del cuero utilizado para la confección del calzado de seguridad, se puede concluir que la calidad de los cueros utilizados es considerablemente diferente ya que los límites de confianza al 95 por ciento son bastante amplios para todas las propiedades físicas estudiadas.

Referencias bibliográficas

1. Ministerio de Economía, Industria y Comercio. *Norma Oficial de Métodos para la obtención de muestras y ensayos físicos de cuero*, Imprenta Nacional, 1981.
2. Ministerio de Economía, Industria y Comercio. *Norma Oficial de Métodos para la obtención de muestras y ensayos químicos de cuero*, Imprenta Nacional, 1981.
3. SATRA HOUSE. *Test equipment*, United Kingdom, 2000.
4. Miller, J.N. & Miller, J.C. *Estadística y Quimiometría para Química Analítica*. 4^{ta} ed., Prentice Hall, may, Madrid, 1984.
5. *Norma Oficial Mexicana*, NOM-113-STPS-1994.