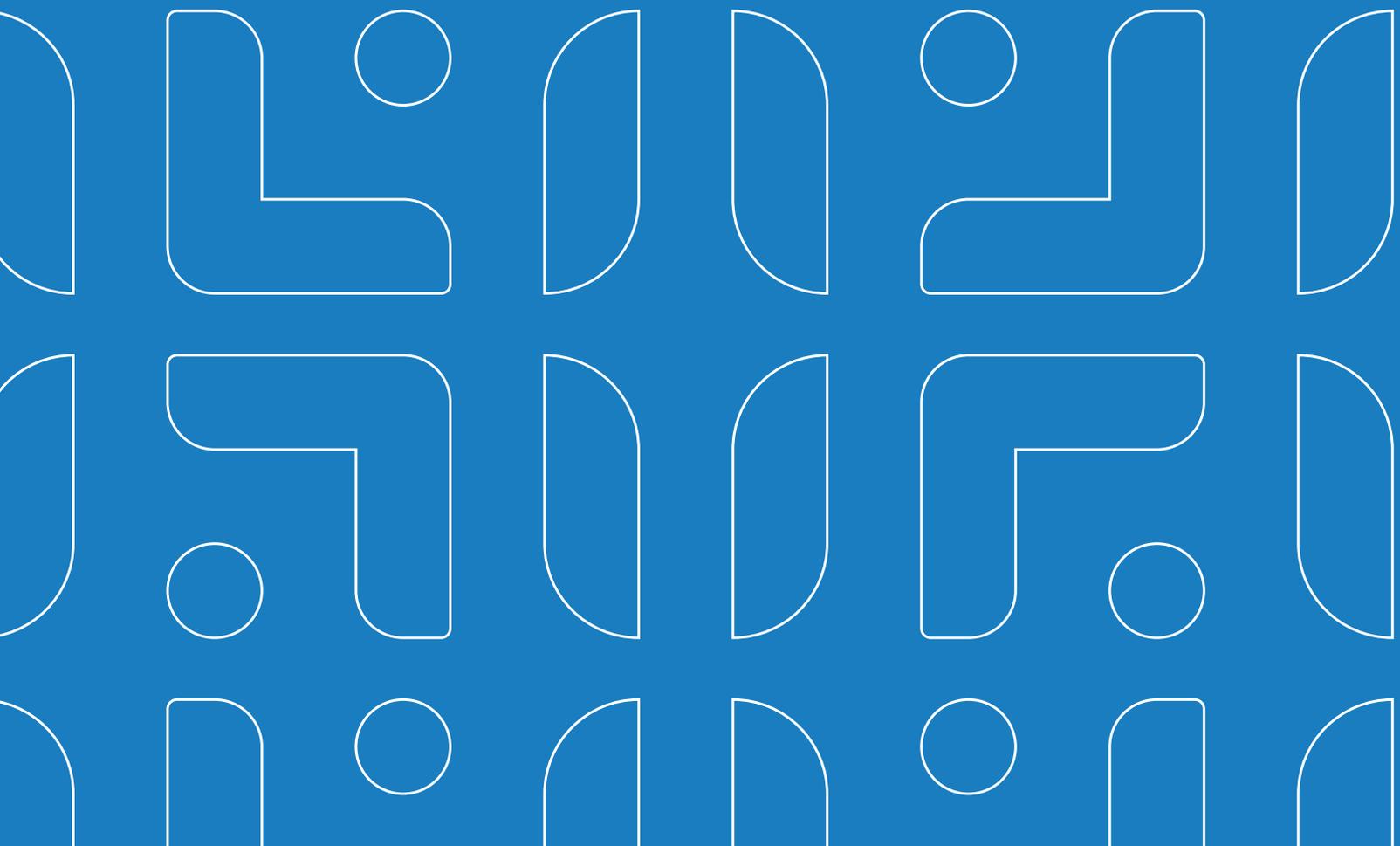


# GESTIÓN DE OPERACIONES



## Uso del diseño experimental para el análisis de los factores que afectan el encogimiento en las prendas

<https://doi.org/10.51378/ilia.vi1.8518>

R. Cárcamo <sup>1</sup>, D. Contreras <sup>1</sup>, W. Echeverría <sup>1</sup>, L. Orellana <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Departamento de Operaciones y Sistemas, Universidad Centroamericana José Simeón Cañas, UCA, El Salvador

E-mail: [rycarcamo@uca.edu.sv](mailto:rycarcamo@uca.edu.sv)

E-mail: [ec@ec.com.sv](mailto:ec@ec.com.sv)

**Resumen** — El presente estudio tiene como objetivo principal proporcionar recomendaciones de mejora al proceso de confección de una prenda por medio de un análisis cuantitativo, encontrando por qué la prenda no respeta los límites de encogimiento por medio del análisis de factores que ocasionan problemas con los estándares de calidad del cliente; así como, una subida en los costos por reproceso e incluso desecho de lotes de producto terminado que no respetan los lineamientos dimensionales dictaminados por el cliente, por lo que utilizando un diseño factorial  $2^3$  y tomando los factores de estudio de composición de la tela, talla de la prenda, y estilo de la prenda se obtuvieron los resultados del análisis de varianza y gráficos, concluyendo que a partir del análisis del valor p, para el longitud de cuerpo máximo, la combinación de los factores talla y el estilo de la prenda es la más significativa y bajo el mismo criterio, el longitud de cuerpo promedio, el factor más significativo fue la composición de tela.

**Palabras Clave** – análisis de la varianza, diseño factorial general, factores de estudio, porcentaje de encogimiento

**Abstract** — The main objective of this study is, by means of a quantitative analysis, to provide recommendations for improvement to the problems that occur in the process of making a garment, finding how to affect the factors that make the garment does not respect the shrinkage limits, causing problems with the quality standards of the customer; This, using  $2^3$  factorial design and taking the study factors of fabric composition, size of the garment, and style of the garment, we obtained the following results and style of the garment, the results of the analysis of variance and graphs were obtained, concluding that from the analysis of the p-value, for the maximum body length, the combination of the factors size and style of the garment is the most significant and under the same criteria, the average body length, the most significant factor was the fabric composition.

**Keywords** — analysis of variance, general factorial design, shrinkage percentage, study factors

### I. INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de investigación tiene como objetivo dar solución a una de las problemáticas que surge en el proceso de confección de una prenda, la cuál es el encogimiento que se da en las prensas, encontrando cómo afectan los factores a la prenda haciendo que no respete los límites de encogimiento desviándose de los estándares de

calidad del cliente, así como una subida en los costos por reproceso, e incluso por desecho de lotes de producto terminado que no respetan dichos lineamientos dimensionales dictaminados por el cliente.

Como resultado durante la visita, los encargados de recibir las telas mencionaron que en muchos casos debido al retraso de producción la tela pasa de inmediato, sin respetar las horas que están dictaminadas por regla, y si no se respeta el tiempo de relajamiento la tela no actúa de la manera esperada para la manipulación en los siguientes procesos.

Dependiendo del histórico de la empresa proveedora y como parte de los datos recopilados, se toma para revisión entre un 10 % y un 20 % del lote recién llegado, las pruebas que se le realizan a la tela son de tono, si vienen con imperfecciones y tamaño, luego el encargado corta unas tiras que pasan al laboratorio de telas para evaluar el encogimiento, el peso y evaluar *crocking*, estas pruebas también se hacen en algunos productos después de haber sido estampados, ya que este sufre un encogimiento por parte de la impresión en la tela.

Posteriormente, la tela es llevada a corte en donde al largo estándar se le suma el porcentaje de encogimiento, porcentaje resultado de las pruebas hechas en el laboratorio de tela, en este apartado se debe respetar que por cada medida de encogimiento se hace un corte por lote, la máquina hace los cortes con la debida señalización, la cual es una letra del abecedario, para no perder las piezas de cada prenda, en esta etapa uno de las situaciones que se tendrá que analizar es si en el área de corte el porcentaje de encogimiento se respeta al realizar los patrones de las piezas de cada prenda, porque de eso depende de que si al momento de lavar la tela, la prenda tenga las medidas que el cliente desea, otra de las problemáticas que tiene esta área es que algunas piezas no salen cortadas de acuerdo a las medidas establecidas ocasionando en ciertos casos que los cortes sean hechos a mano.

Luego, cada pieza es numerada e identificada debidamente para ordenarlas por letra y llevarlas a confección, y que estas sean tomadas en el orden de folio. En confección las piezas son unidas, pero existen casos que dependiendo del cliente primero se stampa la prenda y luego se manda a confeccionar.

Una de las áreas concernientes a analizar es la serigrafía, por lo que habría observar el procedimiento de este proceso, además de que hay que tomar en cuenta que las telas que no

son 100 % algodón sufren más este tipo de problemas de encogimiento.

El siguiente artículo detalla la respectiva metodología que se utilizó por medio de dos métodos:

- Método de recolección de datos
- Método de análisis

Luego se muestran los resultados que se obtuvieron del análisis de la información proporcionada por la empresa y el análisis de esta con el apoyo de Minitab © 19, obteniendo gráficas y tablas.

## II. METODOLOGÍA

En el presente trabajo la metodología de investigación fue de tipo estratégico, el cuál es una combinación del método cualitativo y cuantitativo [5] por lo que se utilizó el método de recolección de datos y el método de análisis.

### A. Métodos de recolección de datos

Observación: las observaciones son registros tomados que no requieren participación. Estos registros se hacen mientras los participantes están involucrados en conductas rutinarias y se utilizan como un indicador de lo que los participantes hacen, en lugar de apoyarse completamente en los relatos de participantes sobre su propia conducta. [1]

Por medio de visitas a la empresa, se realizó la observación pertinente sobre el proceso productivo de las prendas, con el objetivo de conocer el área o la etapa del proceso en la cual se está dando el mayor problema sobre el encogimiento. Fueron 3 visitas las que se realizaron para conocer el proceso general, las personas encargadas de cada área explicaban cada paso. Una de las áreas importantes, tal como se indicó anteriormente es la serigrafía, porque el tipo de estampado suele dejar un encogimiento en la tela. Así mismo, conoceremos la tela que sobrepasa los límites de especificación de encogimiento.

Base de datos: una base de datos hace referencia al conjunto de datos o informaciones determinadas que se pueden consultar de manera ágil, y segmentando las características que se quieran destacar para concretar más la información que se pretende revisar. [2]

Con respecto a la recolección de datos, la empresa en estudio proveyó bases de datos con información relevante sobre la marca en estudio, composición de tela, estilo, técnica y talla de la prenda; así mismo, las bases de datos contienen información sobre los valores de encogimiento de diferentes combinaciones realizadas y si presentó problemas después de realizar el proceso pertinente.

### B. Método de análisis

Después de analizar a profundidad los objetivos del presente estudio se determinó que un diseño 2k, en el cual

cada uno de los factores solo puede contar con 2 niveles [3], no es factible debido a los distintos niveles que posee cada factor porque lo que se decidió tomar un diseño factorial general de manera que el factor  $A$  tiene  $a$  niveles, el factor  $B$  tiene  $b$  niveles, etc.

Cuando todos los factores del experimento son fijos, es sencillo formular y probar hipótesis acerca de los efectos principales y las interacciones. Para un modelo con efectos fijos, los estadísticos de prueba para cada efecto principal e interacción pueden construirse dividiendo el cuadrado medio correspondiente del efecto o interacción por el cuadrado medio del error. Todas estas pruebas  $F$  será de una cola superior. El número de grados de libertad de cualquier efecto principal es el número de niveles del factor menos 1, y el número de grados de libertad de una interacción es el producto del número de grados de libertad asociados con los componentes individuales de la interacción. [4]

La tabla de análisis de varianza, suponiendo que los efectos composición de tela, talla de la prenda y estilo de la prenda son fijos, debido a que son los efectos principales a considerar, se toman las pruebas  $F$  para los efectos principales y las interacciones se siguen directamente de los cuadrados medios esperados.

Para poder realizar el análisis de los datos, se utilizó Excel y MINITAB © 2019; ya una vez analizados los datos se procedió a concluir sobre las hipótesis planteadas y los resultados obtenidos del valor  $p$  del análisis de varianza contrastándola con el valor de la significancia del 95 %, este dato fue decidido por los investigadores, por lo que no fue necesario dejar planteado a mano cada paso de cómo se formó la tabla anterior con los resultados obtenidos.

### C. Definición de los factores de investigación

#### 1. Definición conceptual

Composición de la tela: se refiere al tipo de tela que se está utilizando, puede ser natural, ya sea algodón, seda, lino, lana; o de tipo sintético como el polyester.

Talla de la prenda: hace referencia al tamaño con las medidas que cada cliente desea, como por ejemplo talla S, M, L, XL, 2XL, entre otros.

Tipo de prenda: se refiere a los diferentes estilos que tiene la marca que se está analizando, por ejemplo: manga larga, manga corta, sin mangas, cuello redondo o cuello en forma V.

#### D. Matriz de diseño: Definición de niveles por factor

Los factores que se consideran importantes y que cuentan con la mayoría de datos necesarios para analizar son los descritos en la tabla 1:

Tabla 1. Niveles por factor.  
Fuente: elaboración propia, 2022

Factores	Niveles
Composición de la tela	85 % POLYESTER-15 % ALGODÓN
Talla de la prenda	100 % POLYESTER L M
Tipo de prenda	Manga larga cuello redondo Manga larga con gorro

### III. RESULTADOS

#### A. Resultados

Los resultados obtenidos del análisis de los datos recolectados se muestran a continuación:

#### 3. Resultados de la longitud del cuerpo con base en el valor máximo

Se realizó el análisis estadístico descriptivo con respecto al valor máximo de la longitud del cuerpo, tomando en cuenta la tolerancia permitida.

Se destaca en los estadísticos de tendencia central que el encogimiento de la muestra analizada es aceptable como estimadores puntuales, ya que son cercanos a cero lo cual indica que es un encogimiento aceptable. La desviación estándar tiene un valor de 0.7051, esto según los datos es muy alto e indica que se puede desviar 0.7051 a la derecha e izquierda de la media para distribuciones que tienen asimetría. Con respecto al intervalo de la media al 95 % de confianza esta entre [-0.4904, 0.1050], por lo que, se puede decir que el encogimiento máximo de longitud de cuerpo promedio de las prendas se encontrara entre [-0.4904, 0.1050] el 95 % de las veces. Para el intervalo de confianza, se destaca que el límite inferior supera a la especificación de encogimiento tolerable entre  $\pm [0.25]$ , pero no la de  $\pm [0.50]$  que maneja la empresa en estudio para este tipo de prendas.

Realizando un análisis inferencial por medio de un modelo factorial general, los factores a considerar se encuentran en la tabla 2:

Tabla 2. Información del factor. Fuente: elaboración propia, 2022

Factor	Tipo	Niveles	Valores
Composición de la tela	Fijo	2	85; 100
Talla de la prenda	Fijo	2	L; M
Estilo de la prenda	Fijo	2	Manga larga con gorro; Manga larga cuello redondo

Haciendo uso de un modelo factorial  $2^3$  definidos en la tabla anterior, se procedió al desarrollo del análisis de varianza con una significancia del 5 %, dando los resultados mostrados en la tabla 3.

Tabla 3. Análisis de varianza con respecto a la longitud del cuerpo.  
Fuente: elaboración propia, 2022

Fuente	G L	SC	MC	F	P
Composición de la tela	1	0.9902	0.9902 3	3.1 3	0.09 6
Talla de la prenda	1	1.2038	1.2037 8	3.8 0	0.06 9
Estilo de la prenda	1	1.6934	1.6933 6	5.3 5	0.03 4
Composición *Talla	1	0.0788	0.0787 8	0.2 5	0.62 5
Composición *Estilo	1	0.2350	0.2350 3	0.7 4	0.40 1
Talla*Estilo	1	1.8288	1.8287 8	5.7 8	0.02 9
Composición *Talla *Estilo	1	0.3444	0.3444 0	1.0 9	0.31 2
Error	16	5.0625	0.3164 1		
Total	23	11.436	8		

De los resultados obtenidos, se observa el factor Estilo de la prenda y la interacción Talla-Estilo las cuales son significativas con valores P de 0.034 y 0.029 respectivamente. De dicho análisis se infiere que el factor Estilo de la prenda y la combinación Talla de la prenda y Estilo de la prenda son las fuentes de variación que afectan en el encogimiento de las prendas, como la interacción Talla-Estilo es significativo por jerarquía se debe de agregar el factor Talla de la prenda para la creación de un modelo de regresión que ayude a predecir el comportamiento del encogimiento para dichas prendas.

Para la validación de los supuestos del modelo se hace uso de gráficos de normalidad, varianza constante e independencia como se muestra en las figs. 1 y 2.

El gráfico de normalidad de los residuales se muestra en la fig. 1. Para la variable de respuesta longitud de cuerpo máximo.

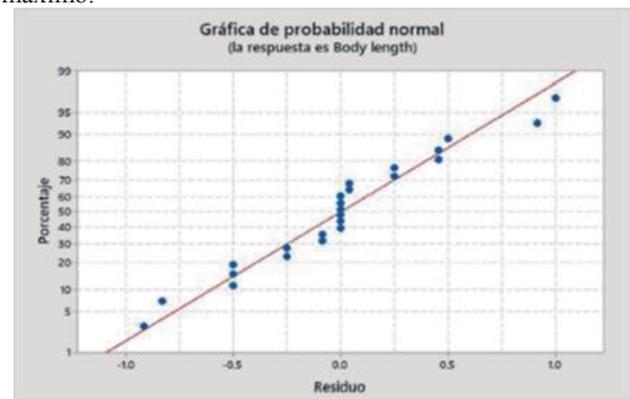


Fig. 1. Gráfico de probabilidad normal de longitud de cuerpo máximo.  
Fuente: elaboración propia por MINITAB, 2022

Se observa que los patrones están distribuidos aproximadamente normal, es decir, que cumplen con los supuestos de normalidad de los residuales.

Para el supuesto de independencia, se hace uso de la fig.



Fig. 2. Gráfico de independencia de longitud de cuerpo máximo. Fuente: elaboración propia por MINITAB, 2022

Se observa que no se tienen patrones ni tendencias en la línea horizontal, lo cual nos lleva a inferir que los residuos son independientes entre sí.

Del análisis proporcionado en la tabla de ANOVA, es necesario establecer los niveles a los cuales debe de fijarse los factores significativos en el modelo. Para ello se presentan las gráficas de los efectos principales y de la interacción establecidas como significativas en el ANOVA de la tabla 3.

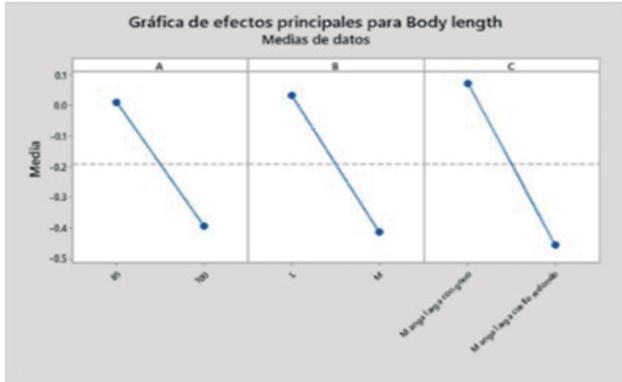


Fig. 3. Gráfico de efectos principales con respecto a la longitud de cuerpo máximo. Fuente: elaboración propia por MINITAB, 2022

En la fig. 3, se puede observar el comportamiento de los efectos principales para la variable en estudio. Esta gráfica indica que la composición al 85 % polyester genera un mayor efecto que realizar prendas con 100 % polyester; es decir, que es mejor que lleve cierto porcentaje de algodón para que el encogimiento sea en el valor medio. Así mismo, la talla L genera camisas que tienen menos encogimiento que realizar camisas talla M. Por último, el estilo manga larga con gorro genera mayor efecto en relación con el encogimiento de las prendas.

Según el valor p, la combinación que es significativa es la talla junto con el estilo de la prenda; por lo que, en la fig. 4 se indica que la talla M es más grande que la talla L, esto al utilizar el estilo manga larga con gorro.



Fig. 4. Gráfico de la interacción entre composición y estilo. Fuente: elaboración propia por MINITAB, 2022

- Resultados del pecho con base en el valor máximo  
Se realizó el análisis estadístico descriptivo con respecto al valor máximo de Pecho, siempre tomando en cuenta la tolerancia permitida.

Se destaca de los estadísticos de tendencia central que el encogimiento en la muestra analizada es aceptable como estimadores puntuales, ya que son cercanos a cero lo cual indica que es un encogimiento aceptable. La desviación estándar tiene un valor de 0.3709, esto según los datos es muy alto e indica que se puede desviar 0.3709 a la derecha e izquierda de la media para distribuciones que tienen asimetría. Con respecto al intervalo de la media al 95 % de confianza esta entre [-0.0628, 0.2503], por lo que, se puede decir que el encogimiento máximo de pecho promedio de las prendas se encontrara entre [-0.0628, 0.2503] el 95 % de las veces. Para el intervalo de confianza, se destaca que los límites no superan la especificación de encogimiento tolerable de  $\pm [0.38]$ , ni la de  $\pm [0.75]$  y en algunos casos de que maneja la empresa en estudio para este tipo de prendas. El encogimiento tolerable dependerá de la interacción que se está realizando.

Haciendo uso de un modelo factorial  $2^3$ , se procedió al desarrollo del análisis de varianza con una significancia del 5 %, dando los resultados mostrados en la tabla 4:

Tabla 4. Análisis de varianza con respecto al pecho. Fuente: elaboración propia, 2022

Fuente	G L	SC	MC	F	P
Composición de la tela	1	0.0104	0.01042	0.10	0.75
	2				
Talla de la prenda	1	0.5859	0.58594	5.84	0.02
	4				
Estilo de la prenda	1	0.1666	0.16667	1.66	0.21
	7				
Composición*Talla	1	0.0937	0.09375	0.94	0.34
Composición*Estilo	1	0.5859	0.58594	5.84	0.02
	4				
Talla*Estilo	1	0.0937	0.09375	0.94	0.34
	5				
Composición de la tela*Talla de la prenda*Estilo de la prenda	1	0.0234	0.02344	0.23	0.63
Error	16	1.6041	0.10026		
Total	23	3.1640			
		6			

De los resultados obtenidos, se observa el factor Talla de la prenda y la interacción Composición-Estilo las cuales son significativos con valores P de 0.028 para ambos casos. De dicho análisis se infiere que el factor Talla de la prenda y la combinación Composición de la tela y Estilo de la prenda son las fuentes de variación que afectan en el encogimiento de las prendas, como la interacción Composición-Estilo es significativo por jerarquía se debe de agregar el factor Talla de la prenda para la creación de un modelo de regresión que ayude a predecir el comportamiento del encogimiento de dichas prendas.

Para la validación de los supuestos del modelo se hace uso de los siguientes gráficos:

El gráfico de normalidad de los residuales se muestra en la fig. 5. Para la variable de respuesta pecho máximo.

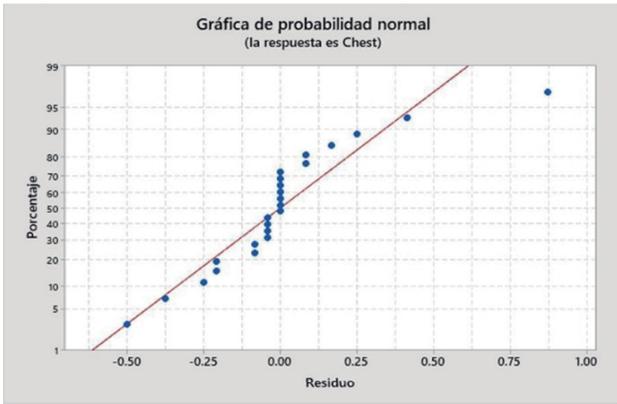


Fig. 5. Probabilidad normal con respecto a pecho máximo. Fuente: elaboración propia por MINITAB, 2022

En la fig. 5 se observa un valor extremo que se analiza por medio de la estandarización de los errores a una variable Z, tomando en cuenta la Z

$$Z = \frac{e_{ijkl}}{\sqrt{MSE}} \text{ Ec. 1}$$

$$Z = \frac{0.8750}{\sqrt{0.01026}} = 2.76$$

Al sustituir en la ecuación, se tiene como resultado un valor de 2.76, al comparar dicho valor con los límites de  $\pm 3$  desviaciones se infieren que dicho residual es normal y la gráfica de la fig. 5 de normalidad se cumple dicho supuesto.

Para el supuesto de independencia, se hace uso de la fig. 6:

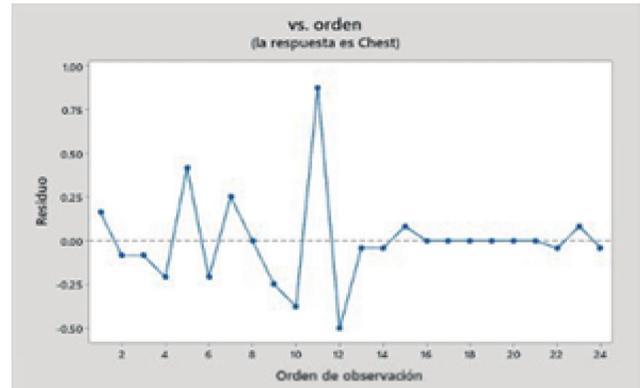


Fig. 6. Gráfico de independencia de pecho máximo. Fuente: elaboración propia por MINITAB, 2022

Se observa que si se tienen patrones y tendencias en la línea horizontal, lo cual nos lleva a inferir que los residuos no son independientes entre sí, esto se puede explicar por varias situaciones, una de ellas es que las observaciones estén muy juntas con respecto al tiempo, o que algunas de las observaciones aparezcan varias veces en el mismo conjunto de datos y que las observaciones estén muy juntas en el espacio para dar solución a esta problemática se debe realizar un muestreo aleatorio simple que para nuestro estudio no pudo ser posible por la limitante de información que se pudo extraer de la empresa.

Del análisis proporcionado en la tabla de ANOVA, es necesario establecer los niveles a los cuales debe de fijarse los factores significativos en el modelo. Para ello se presentan las gráficas de los efectos principales y de la interacción establecidas como significativas en el ANOVA de la tabla 4.

En la fig. 7, se observa el comportamiento de los efectos principales de la variable en estudio. Esta gráfica indica que la composición al 100 % polyester genera mayor efecto sobre las camisas que llevan 85 % polyester, esto para el caso de la parte del pecho de la camisa. Así mismo, la talla L genera menos camisas con encogimiento que realizar camisas talla M. Por último, el estilo manga larga con gorro genera mayor efecto en relación con el encogimiento de las prendas.

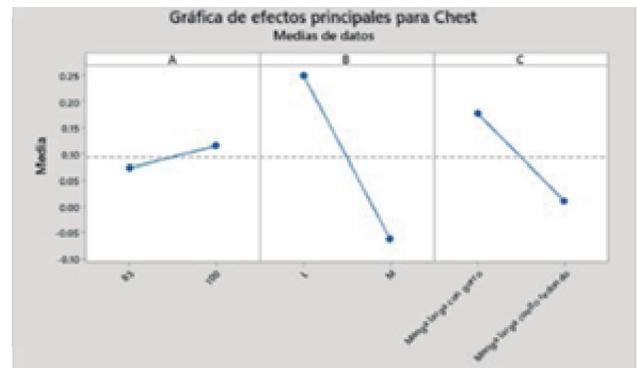


Fig. 7. Efectos principales de pecho máximo. Fuente: elaboración propia por MINITAB, 2022

Según el valor p, la combinación significativa es la composición junto con el estilo de la prenda, se observa que

en la fig. 8, la composición de la tela al 85 % polyester es mayor que la composición al 100 % polyester, esto utilizando el estilo manga larga con gorro.

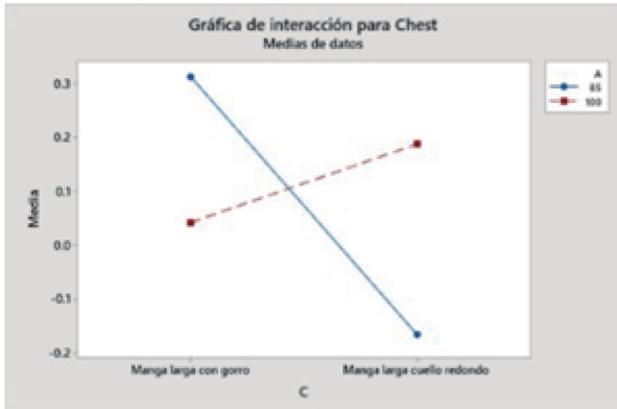


Fig. 8. Interacción entre factor composición y estilo.  
Fuente: elaboración propia por MINITAB, 2022

#### 4. Resultados de la longitud del cuerpo con base en el valor promedio

Para este caso, se realizó el análisis estadístico con respecto al promedio de las 4 medidas que se tomaron de 4 muestras con respecto a la longitud del cuerpo de la prenda, siempre tomando en cuenta la tolerancia permitida.

Se destaca de los estadísticos de tendencia central que el encogimiento en la muestra analizada no es aceptable como estimadores puntuales, ya que no son cercanos a cero lo cual indica que no es un encogimiento aceptable. La desviación estándar tiene un valor de 0.4748, esto según los datos es muy alto e indica que se puede desviar 0.4748 a la derecha e izquierda de la media para distribuciones que tienen asimetría. Con respecto al intervalo de la media al 95 % de confianza esta entre [-0.5756, -0.1745], por lo que, se puede decir que el encogimiento promedio de longitud de cuerpo promedio de las prendas se encontrara entre [-0.5756, -0.1745] el 95 % de las veces. Para el intervalo de confianza, se destaca que el límite inferior supera a la especificación de encogimiento tolerable de  $\pm [0.50]$ , pero no la de  $\pm [0.25]$  que maneja la empresa en estudio para este tipo de prendas. El encogimiento tolerable dependerá de la interacción que se está realizando.

Haciendo uso de un modelo factorial  $2^3$ , se procedió al desarrollo del análisis de varianza con una significancia del 5 %, dando los resultados mostrados en la tabla 5.

Tabla 5. Análisis de varianza de longitud de cuerpo promedio.  
Fuente: elaboración propia, 2022

Fuente	G L	SC	MC	F	P
Composición de la tela	1	0.99328	0.99328	5.039	0.039
Talla de la prenda	1	0.07906	0.07906	0.4036	0.536
Estilo de la prenda	1	0.34261	0.34261	1.706	0.206
Composición*Talla	1	0.00563	0.00563	0.027	0.868
Composición*Estilo	1	0.00266	0.00266	0.013	0.909
Talla*Estilo	1	0.43808	0.43808	2.205	0.156
Composición*Talla*Estilo	1	0.16625	0.16625	0.804	0.372
Error	1	3.15841	0.19740		
	6		41.00		
Total	2	5.185			
	3	97			

De los resultados obtenidos, se observa el factor Composición de la tela el cual es significativo con valor p de 0.039. De dicho análisis se infiere que el factor Composición de la tela es la fuente de variación que afecta al encogimiento de la prenda.

Para la validación de los supuestos del modelo se hace uso de los siguientes gráficos:

El gráfico de normalidad de los residuales se muestra en la fig. 9. Para la variable de respuesta Longitud de cuerpo promedio.

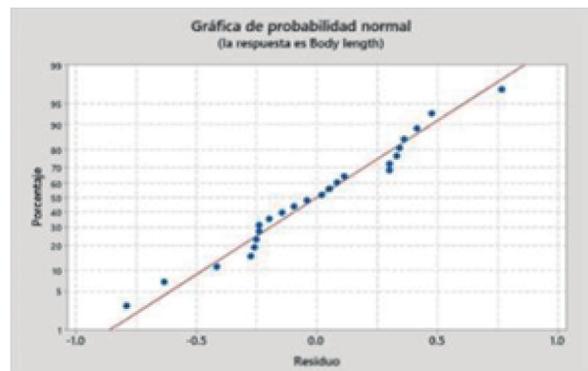


Fig. 9. Probabilidad normal BodyLength promedio.  
Fuente: elaboración propia por MINITAB, 2022

La fig. 9, muestra que los patrones están distribuidos aproximadamente normal, es decir, que cumplen con los supuestos de normalidad de los residuales

Para el supuesto de independencia, se hace uso de la fig. 10.

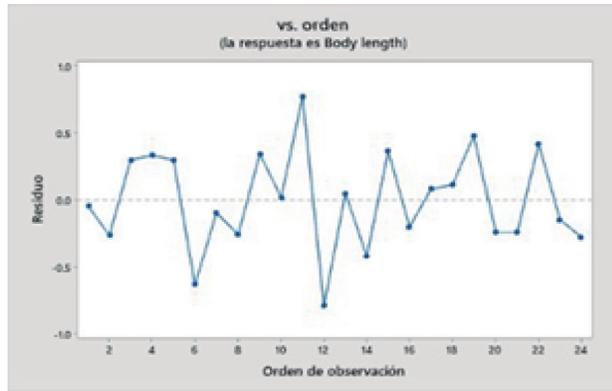


Fig. 10. Gráfico de independencia Longitud de cuerpo promedio. Fuente: elaboración propia por MINITAB, 2022)

Se observa que no se tienen patrones ni tendencias en la línea horizontal, lo cual nos lleva a inferir que los residuos son independientes entre sí.

Del análisis proporcionado en la tabla de ANOVA, es necesario establecer los niveles a los cuales debe de fijarse los factores significativos en el modelo. Para ello se presentan las gráficas de los efectos principales y de la interacción establecidas como significativas en el ANOVA de la tabla 5.

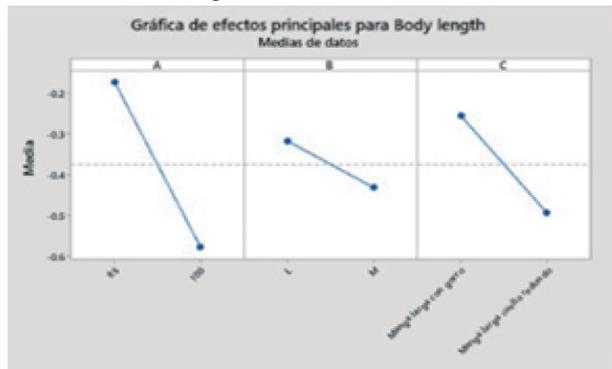


Fig. 11. Efectos principales BodyLength promedio. Fuente: elaboración propia por MINITAB, 2022

En la fig. 11, se puede observar el comportamiento de los efectos principales para la variable en estudio. Esta gráfica indica que el efecto que ejerce mayor fuerza con respecto al encogimiento es la composición de polyester que tiene la tela, sobre todo al 85 % polyester; es mejor que lleve cierto porcentaje de algodón para que el encogimiento sea en el valor medio. Así mismo, la talla L genera camisas que tienen menos encogimiento que realizar camisas talla M. Por último, el estilo manga larga con gorro genera mayor efecto en relación con el encogimiento de las prendas

En la fig. 12 de interacciones, se puede observar que las líneas son paralelas entre sí, por lo que, no existe interacción entre ellas

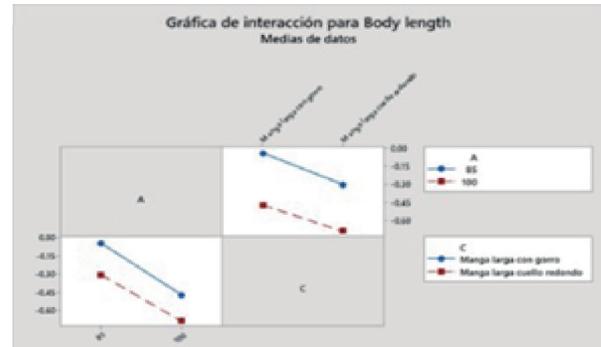


Fig. 12. Interacción entre composición y estilo. Fuente: elaboración propia por MINITAB, 2022

### 3. Resultados de pecho con base en el valor promedio

Para este caso, se realizó el análisis estadístico con respecto al promedio de las 4 medidas que se tomaron de 4 muestras con respecto al pecho de la prenda, siempre tomando en cuenta la tolerancia permitida.

Se destaca de los estadísticos de tendencia central que el encogimiento en la muestra analizada es aceptable como estimadores puntuales, ya que son cercanos a cero lo cual indica que es un encogimiento aceptable. La desviación estándar tiene un valor de 0.2987, esto según los datos es muy alto e indica que se puede desviar 0.2987 a la derecha e izquierda de la media para distribuciones que tienen asimetría. Con respecto al intervalo de la media al 95 de confianza esta entre  $[-0.3407, -0.0884]$ , por lo que, se puede decir que el encogimiento promedio de pecho promedio de las prendas se encontrara entre  $[-0.3407, -0.0884]$  el 95 % de las veces. Para el intervalo de confianza, se destaca que el límite inferior no supera a la especificación de encogimiento tolerable de  $\pm [0.38]$ , pero si la de  $\pm [0.75]$  que maneja la empresa en estudio para este tipo de prendas. El encogimiento tolerable dependerá de la interacción que se está realizando.

Haciendo uso de un modelo factorial 23, se procedió al desarrollo del análisis de varianza con una significancia del 5 %, dando los resultados mostrados en la tabla 6:

Tabla 6. Análisis de varianza de pecho promedio. Fuente: elaboración propia, 2022

Fuente	G L	SC	MC	F	P
Composición de la tela	1	0.01831	0.01831	0.2	0.60
Talla de la prenda	1	0.39773	0.39773	5.9	0.02
Estilo de la prenda	1	0.06690	0.06690	1.0	0.33
Composición *Talla	1	0.02178	0.02178	0.3	0.57
Composición *Estilo	1	0.41881	0.41881	6.3	0.02
Talla*Estilo	1	0.01388	0.01388	0.2	0.65
Composición*Talla*Estilo	1	0.05411	0.05411	0.8	0.38
Error	16	1.06159	0.06635		
Total	23	2.05310			

De los resultados obtenidos, se observa el factor talla de la prenda y la interacción composición-estilo las cuales son significativas con valores P de 0.026 y 0.023 respectivamente. De dicho análisis se infiere que el factor talla de la prenda y la combinación composición de la tela y estilo de la prenda son las fuentes de variación que afectan en el encogimiento de las prendas, como la interacción Composición-Estilo es significativo por jerarquía se debe de agregar el factor Talla de la prenda para la creación de un modelo de regresión que ayude a predecir el comportamiento del encogimiento de dichas prendas.

Para la validación de los supuestos del modelo se hace uso de los siguientes gráficos:

El gráfico de normalidad de los residuales se muestra en la fig. 13. Para la variable de respuesta pecho promedio.

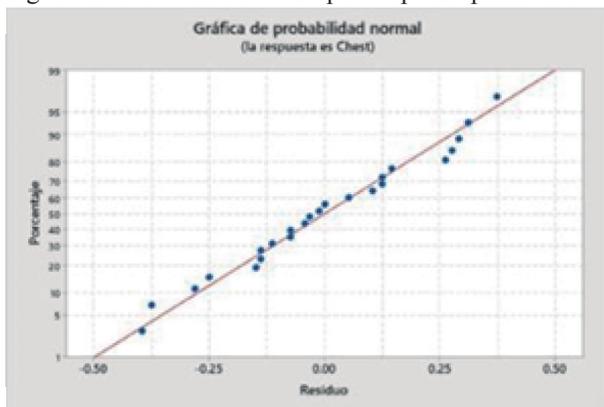


Fig. 13. Probabilidad normal pecho promedio.  
Fuente: elaboración propia, 2022

La fig. 13, muestra que los patrones están distribuidos aproximadamente normal, es decir, que cumplen con los supuestos de normalidad de los residuales.

Para el supuesto de independencia, se hace uso de la fig. 14.

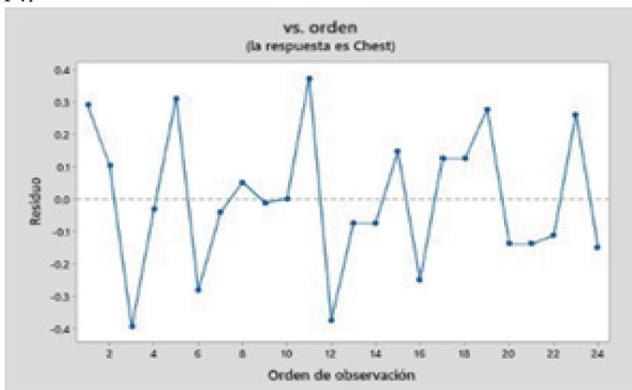


Fig. 14. Gráfica de independencia de pecho promedio.  
Fuente: elaboración propia, 2022

Se observa que no se tienen patrones ni tendencias en la línea horizontal, lo cual nos lleva a inferir que los residuos son independientes entre sí.

Del análisis proporcionado en la tabla de ANOVA, es

necesario establecer los niveles a los cuales debe de fijarse los factores significativos en el modelo. Para ello se presentan las gráficas de los efectos principales y de la interacción establecidas como significativas en el ANOVA de la tabla 6.



Fig. 15. efectos principales pecho promedio.  
Fuente: elaboración propia, 2022

En la fig. 15, se puede observar el comportamiento de los efectos principales para la variable en estudio. Esta gráfica indica que la composición al 85 % polyester genera un mayor efecto que realizar prendas con 100 % polyester; es decir, que es mejor que lleve cierto porcentaje de algodón para que el encogimiento sea en el valor medio. Así mismo, la talla L genera camisas que tienen menos encogimiento que realizar camisas talla M. Por último, el estilo manga larga con gorro genera mayor efecto en relación con el encogimiento de las prendas.

Según el valor p, la combinación entre la composición de polyester que tiene la tela y el estilo de la camisa, en la fig. 16 se indica que la composición de la tela al 85 % polyester es mayor que la composición al 100 % polyester, esto utilizando el estilo manga larga con gorro

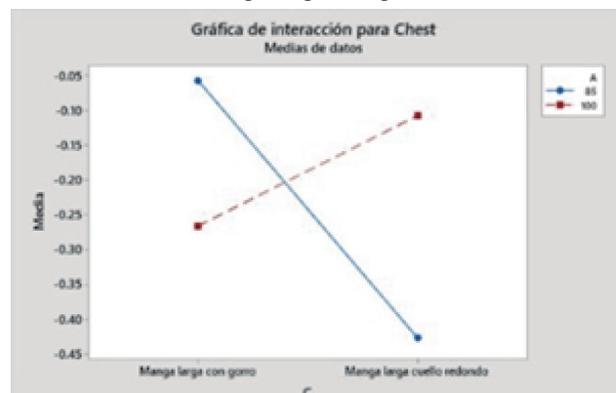


Fig. 16. Interacción composición y estilo.  
Fuente: elaboración propia, 2022

#### IV. CONCLUSIONES

Haciendo uso del diseño experimental para identificar los factores que influyen en el encogimiento de telas, se determinaron los valores p para cada factor y las distintas combinaciones que existen, estos fueron comparados con un

nivel de significancia establecido de 0.05. Para el caso de longitud de cuerpo, el valor máximo y promedio es de 0.029 y 0.039 respectivamente. Se puede concluir que a partir del análisis del valor p, para la longitud de cuerpo máximo, la combinación de los factores talla y el estilo de la prenda es la más significativa y bajo el mismo criterio, la longitud de cuerpo promedio, el factor más significativo fue la composición de tela.

A partir del uso del diseño experimental, y teniendo en cuenta que el valor p es una probabilidad que mide la evidencia en contra de la hipótesis nula se observó que para el caso de pecho máximo y promedio el valor p el factor talla y la combinación entre la composición de la tela y el estilo para ambos escenarios, por lo que se concluye que dichos factores son los más significativos en la prueba.

Luego de realizar los estudios pertinentes y con la información recolectada en las visitas, se pudo identificar que los factores que afectan al encogimiento de la tela son la composición de polyester que contiene la tela, la talla de la prenda y el estilo de la prenda; así mismo, al inicio de la investigación se tenían en cuenta otros factores, tales como el tipo de estampado ya sea serigrafía o sublimado y si a la prenda se le aplicaba lavado o no. Se concluye que debido a que las marcas que se estaban evaluando no cumplían con la aplicación de tales factores, fueron descartados del análisis.

## REFERENCIAS

- [1] The ORI. (Consultado: 2022). The office of reasearch integrity. Obtenido de <https://ori.hhs.gov/m%C3%B3dulo-4-m%C3%A9todos-de-recaudaci%C3%B3n-de-informaci%C3%B3n-secci%C3%B3n-1>.
- [2] Peiró, R. (02 de julio de 2020). Economipedia. Obtenido de Base de datos: <https://economipedia.com/definiciones/base-de-datos.html>.
- [3] Fernández, S. (2020) *Diseño de Experimentos: Diseño Factorial*. Universidad Politécnica de Cataluña Barcelona. Obtenido de: [https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/339723/TFM\\_Fernandez\\_Bao\\_Sheila.pdf?sequence=1](https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/339723/TFM_Fernandez_Bao_Sheila.pdf?sequence=1).
- [4] Montgomery, D. (2004). *Diseño y Análisis de Experimentos*. Universidad Estatal de Arizona. Cap.5-Pág.194.
- [5] Wilson, J. (2014). *Essentials of Business Research*. Cap. 5-Pág. 117.
- [6] Montgomery, D. (2004). *Diseño y Análisis de Experimentos*. Universidad Estatal de Arizona. Cap.5-Pág.177.