

**Determinación de contenido de surfactantes en tela no tejida con equipos de Resonancia
Magnética Nuclear MQ20 VS MQ-1**

Alexis Torres Ordoñez

Asesor

Mara Isabel Orozco Doctora en Ciencias Químicas

Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD

Escuela de Ciencias Básicas, Tecnología e Ingeniería,(ECBT)

Programa de Química

2023

Nombre Director de Trabajo de Grado

Jurado

Jurado

Dedicatoria

Dedicado a toda mi familia desde mis padres, hermanos y hermanas que con su apoyo emocional me impulsaron a realizar esta carrera, también una dedicatoria especialmente a mi esposa e hija que siempre estuvieron con su apoyo incondicional sacrificando el tiempo de familia para que se diera el logro de terminar mi carrera.

Agradecimientos

Los más sinceros agradecimientos por su enorme colaboración a todo el personal involucrado para realizar esta tesis, así como la ayuda del equipo de personas del laboratorio de Berry Global, especialmente al sr Carlos julio becerra Agredo, con quien se desarrollaron la mayoría de los procedimientos y pruebas, se le agradece su gran conocimiento en el aporte de esta gran tarea, que de hecho abre el camino para futuras colaboraciones en este campo. Tambiéndo debo mencionar la importancia de la Profesora Mara Isabel Orozco quien con su experiencia profesional y conocimientos hizo aportes importantes para el desarrollo de esta tesis.

Resumen

La fábrica PGI COLOMBIA, parte de Berry Global, impulsa el avance técnico y social en la producción de telas no tejidas mediante el hilado de polipropileno, empleando investigaciones y tecnologías innovadoras para promover la competitividad manufacturera de manera sostenible y global. Esta investigación se centra en desarrollar un método analítico para medir el contenido de surfactante en las telas no tejidas en la planta de Cali. Se utilizó la Resonancia Magnética Nuclear (RMN) con equipos de la marca Bruker, comparando los resultados del nuevo equipo MQ-One con el modelo MQ-20 existente y mediciones históricas. Se aplicó el método analítico basado en la norma ASTM D7171-01, previamente utilizado en la planta de Argentina, para implementar y validar protocolos de ensayos analíticos. La adición de surfactantes es crucial para mejorar las propiedades de las telas no tejidas, especialmente su capacidad filica para permitir el paso de líquidos, y se emplea el recubrimiento con surfactantes para lograrlo. El análisis estadístico con el programa Minitab confirmó la precisión y la falta de diferencias significativas entre los equipos MQ-20 y MQ-One, garantizando la fiabilidad de la técnica y la obtención de valores experimentales cercanos al verdadero con un nivel de confianza del 95%.

Palabras clave: Surfactante, no tejidos, termobondeado, precisión, minitab

Abstract

The PGI COLOMBIA factory, part of Berry Global, drives technical and social advancement in the production of nonwoven fabrics through polypropylene spinning, employing innovative research and technologies to promote sustainable and global manufacturing competitiveness. This research focuses on developing an analytical method to measure surfactant content in nonwoven fabrics at the Cali plant. Nuclear Magnetic Resonance (NMR) was used with Bruker equipment, comparing results from the new MQ-One unit with the existing MQ-20 model and historical measurements. The analytical method based on ASTM D7171-01, previously used in the Argentina plant, was applied to implement and validate analytical test protocols. Surfactant addition is crucial for enhancing nonwoven fabric properties, particularly its wettability to allow liquid passage, and surfactant coating is employed for this purpose. Statistical analysis using the Minitab program confirmed precision and lack of significant differences between MQ-20 and MQ-One units, ensuring technique reliability and obtaining experimental values close to true with a 95% confidence level.

Keywords: Surfactant, nonwovens, thermobonding, precision, minitab.

Tabla de Contenido

Introducción	16
Descripcion del Problema	18
Planteamiento del Problema	18
Sistematización del Problema	19
Justificación	20
Objetivos	22
Objetivo General	22
Objetivos Específicos.....	22
Marco de Referencia	23
Marco Teorico.....	23
Resonancia Magnética Nuclear.....	23
Propiedades Magnéticas del Núcleo	26
Tela no tejida.....	28
Software minitab	29
Identificación de valores atípicos.....	32
Metodología	34
Materiales y equipos	34
Método	38
Programa Estadístico Minitab.....	40
Procedimiento para Realizar Curva de Calibración.....	41
Selección y Aplicación	42
Patrones de Calibración Preparadas en el Laboratorio	43

Mediciones Realizadas para Iniciar con la Determinación de Surfactantes en los Equipos de RNM MQ-20 Y MQ ONE.....	44
Condiciones Generales tenidos en cuenta en la validación.	45
Verificación del equipo MINISPEC MQ 20 Y MQ-ONE.....	46
Resultados.....	48
Descripción del procedimiento.....	48
Criterios de Éxito.....	54
Análisis de resultados.....	96
Conclusiones.....	101
Recomendaciones.....	103
Referencias Bibliográficas.....	104
Apéndices.....	106

Lista de Tablas

Tabla 1 <i>Las curvas desarrolladas en los equipos de RMN Minispec MQ 20 y MQ One para los surfactantes Silastol 163, Cirrasol PP 862.....</i>	48
Tabla 2 <i>Mediciones con las curvas de Cirrasol en los equipos de RMN Minispec MQ 20 y MQ One</i>	49
Tabla 3 <i>Resultados preliminares de acuerdo con las mediciones realizadas</i>	55
Tabla 4 <i>Mediciones tomadas en los equipos de RNM MQ-20 y MQ-ONE en tela no tejida sin adición de surfactantes</i>	56
Tabla 5 <i>Estadísticas descriptivas de la tabla 4.....</i>	57
Tabla 6 <i>Estimación de la diferencia pareada, comparativo cero muestras de tela fóbica.....</i>	57
Tabla 7 <i>Comparativo cero muestras de tela fóbica</i>	58
Tabla 8 <i>Mediciones tomadas en los equipos de RNM MQ-20 y MQ-ONE en tela no tejida con peso base de 10 g /m² con adición de surfactante Silastol</i>	61
Tabla 9 <i>Estimación de la diferencia pareada</i>	62
Tabla 10 <i>Tela 10 g tecnología ac st con surfactante con Silastol</i>	63
Tabla 11 <i>La hipótesis nula</i>	63
Tabla 12 <i>Mediciones tomadas en los equipos de RNM MQ-20 y MQ-ONE en tela no tejida con peso base de 12 g /m² con adición de surfactante Silastol.....</i>	66
Tabla 13 <i>IC y prueba t pareada: % OPU MQ20, % OPU MQ-1, según tabla 12</i>	67
Tabla 14 <i>Estimación de la diferencia de los datos de la tabla 12</i>	67
Tabla 15 <i>Tela no tejida con peso base de 12 g /m² con adición de surfactante Silastol.....</i>	68
Tabla 16 <i>Mediciones tomadas en los equipos de RNM MQ-20 y MQ-ONE en tela no tejida con peso base de 13 g /m² con adición de surfactante Silastol.....</i>	71

Tabla 17 <i>IC y prueba t pareada: % OPU MQ20, % OPU MQ-1</i>	72
Tabla 18 <i>Diferencia pareada</i>	72
Tabla 19 <i>Hipótesis nula de las mediciones</i>	73
Tabla 20 <i>Mediciones tomadas en los equipos de RNM MQ-20 y MQ-ONE en tela no tejida con peso base de 13 g /m2 con adición de surfactante Silastol</i>	75
Tabla 21 <i>IC y prueba t pareada: % OPU MQ20, % OPU MQ-1</i>	76
Tabla 22 <i>Estimación de la diferencia pareada</i>	76
Tabla 23 <i>Valores de la prueba t</i>	77
Tabla 24 <i>Mediciones tomadas en los equipos de RNM MQ-20 y MQ-ONE en tela no tejida con peso base de 14 g /m2 con adición de surfactante Silastol</i>	80
Tabla 25 <i>IC y prueba t pareada: % OPU MQ20, % OPU MQ-ONE</i>	81
Tabla 26 <i>Estimación de la diferencia pareada</i>	81
Tabla 27 <i>Prueba t. tela no tejida con peso base de 14 g /m2 con adición de surfactante Silastol</i>	82
Tabla 28 <i>Mediciones tomadas en los equipos de RNM MQ-20 y MQ-ONE</i>	84
Tabla 29 <i>IC y prueba t pareada tabla 27: % OPU MQ20, % OPU MQ-1</i>	85
Tabla 30 <i>La prueba t para la tabla 27</i>	86
Tabla 31 <i>Las mediciones tomadas en los equipos de RNM MQ-20 y MQ-ONE en tela no tejida con peso base de 10 g /m2 con adición de surfactantes Cirrasol</i>	88
Tabla 32 <i>IC y prueba t pareada: % OPU MQ20, % OPU MQ-1 tabla 29</i>	89
Tabla 33 <i>Estimación de la diferencia pareada de la tabla 31</i>	89
Tabla 34 <i>Prueba t de la tabla 29</i>	90

Tabla 35 <i>Mediciones tomadas en los equipos de RNM MQ-20 y MQ-ONE en tela no tejida con peso base de 11.6 g /m2 con adición de surfactantes Cirrasol.....</i>	92
Tabla 36 <i>IC y prueba t pareada, % OPU MQ20, % OPU MQ-1 según tabla 33</i>	93
Tabla 37 <i>Estimación de la diferencia pareada tabla 35.....</i>	93
Tabla 38 <i>Hipótesis nula</i>	94
Tabla 39 <i>Consenso general de datos como resumen general.....</i>	96

.

Lista de Figuras

Figura 1 <i>Esquema básico de equipo de resonancia magnética nuclear</i>	25
Figura 2 <i>Momento cuadrupolar eléctrico nuclear</i>	28
Figura 3 <i>Diferencia que existe en el hilado de no tejidos fibras</i>	29
Figura 4 <i>Asimétrico hacia la derecha</i>	31
Figura 5 <i>Asimétrico hacia la izquierda</i>	32
Figura 6 <i>Dato atípico</i>	33
Figura 7 <i>Distribución de datos uniformes</i>	33
Figura 8 <i>Analizador MINISPEC NMR MQ20 marca Bruker</i>	34
Figura 9 <i>Analizador MINISPEC NMR MQ 1 marca Bruker</i>	34
Figura 10 <i>Tubos de vidrio de fondo plano de 180 mm x 18 mm</i>	35
Figura 11 <i>Varilla de Teflón</i>	35
Figura 12 <i>Gancho metálico en acero inoxidable</i>	36
Figura 13 <i>Balanza analítica MS304TS/M00</i>	36
Figura 14 <i>Pinza para introducir la muestra</i>	37
Figura 15 <i>Patrones de verificación MQ-20 y MQ ONE</i>	37
Figura 16 <i>Diagrama para curva de calibración para los equipos de RMN MQ-20 y MQ-1</i>	47
Figura 17 <i>Grafica Curva con referencia de lectura MQ 20 vs MQ ONE</i>	50
Figura 18 <i>Comparación de los datos de Cirrasol PP862</i>	51
Figura 19 <i>Grafica curva de referencia con valores de los estándares preparados</i>	53
Figura 20 <i>Histograma de diferencias entre los dos equipos MQ 20 y MQ ONE</i>	59
Figura 21 <i>Diferencia de valores individuales</i>	60
Figura 22 <i>Mediciones tomadas en los equipos de RNM MQ-20 y MQ-ONE</i>	60

Figura 23 <i>Histograma de diferencias</i>	64
Figura 24 <i>Gráfica de valores individuales de diferencias</i>	64
Figura 25 <i>Gráfica de cajas de Diferencias</i>	65
Figura 26 <i>Histograma de diferencias con una leve asimetría a la izquierda</i>	69
Figura 27 <i>Valores individuales de diferencias</i>	69
Figura 28 <i>Gráfica de caja de diferencias</i>	70
Figura 29 <i>Histograma de diferencias</i>	73
Figura 30 <i>Valores individuales de diferencias entre -0.01% y -0.06%</i>	74
Figura 31 <i>Caja de diferencias muestra valores entre -0.03 y -0.05 datos en el 50% de la caja total</i>	74
Figura 32 <i>Histograma de diferencias</i>	78
Figura 33 <i>Valores individuales de diferencias</i>	78
Figura 34 <i>Gráfica de caja de diferencias</i>	79
Figura 35 <i>Histograma de diferencias de la tabla 24</i>	82
Figura 36 <i>Histograma de diferencias de la tabla 21</i>	83
Figura 37 <i>Gráfica de caja de diferencia de la tabla 24</i>	83
Figura 38 <i>Histograma de diferencias de la tabla 27</i>	86
Figura 39 <i>Valores individuales de diferencias de la tabla 27</i>	87
Figura 40 <i>La gráfica de caja de diferencias de tabla 27</i>	87
Figura 41 <i>Histograma de diferencias de la tabla 29</i>	90
Figura 42 <i>Gráfica de Valores individuales de diferencias de la tabla 31</i>	91
Figura 43 <i>Gráfica de caja de diferencias de la tabla 31</i>	91
Figura 44 <i>Histograma de diferencias de la tabla 35</i>	94

Figura 45 <i>Valores individuales de diferencias de la tabla 35</i>	95
Figura 46 <i>Gráfica de caja de diferencias de la tabla 33</i>	95

Lista de Apéndices

Apéndice A <i>Lecturas de los equipos de RMN para contenido de surfactante en curva de Silastol-163</i>	106
Apéndice B <i>Selección de la curva a escoger (Silastol o Cirrasol).....</i>	107
Apéndice C <i>Paso a paso de la preparación de las muestras para ser llevadas al RMN</i>	108

Introducción

En la industria de telas no tejidas fabricadas por termodondeado, como es el caso de Berry Global en Cali, Colombia, donde se utiliza polipropileno como materia prima y se transforma en tela no tejida a través de procesos de extrusión e hilado, emplea una amplia variedad de surfactantes para tratar la tela. Al dosificar adecuadamente los surfactantes, se logra cambiar la naturaleza hidrofóbica de la tela (que no permite el paso de líquidos) y convertirla en hidrofílica (que permite el paso de líquidos). La aplicación de surfactante modifica la tensión superficial de la tela, lo que facilita que parte de los líquidos pueda penetrar en una o varias capas de la tela.

La tensión superficial es una propiedad de las superficies líquidas que les permite resistir fuerzas externas. Puede observarse, por ejemplo, cuando ciertos insectos flotan en la superficie del agua o cuando objetos más densos que el agua flotan debido a la tensión superficial. Este fenómeno cohesionante es fundamental en el comportamiento de los líquidos. Agnes Luise Wilhelmine Pockels (1862 - 1935), una química alemana, realizó contribuciones significativas para comprender la tensión superficial. Mientras lavaba platos, Agnes descubrió el impacto de las impurezas en la tensión superficial de los líquidos, un avance pionero en la ciencia de las superficies. (Tamir & Ruiz, 2000).

Es así como los equipos de resonancia magnética nuclear (RMN) de la marca Bruker del modelo MQ 20, utilizado actualmente, sirve como referencia para las mediciones. El equipo de referencia MQ 1 se someterá a un procedimiento de validación para asegurar que los resultados del nuevo equipo sean reproducibles con un alto grado de confianza (Tamir & Ruiz, 2000).

Los analizadores MINISPEC MQ ONE y MINISPEC MQ 20 son dispositivos de RMN utilizados para análisis rutinarios rápidos, reproducibles y no destructivos. Detectan hidrógeno (^1H) y flúor (^{19}F), lo que facilita la medición de la Captación de Aceite (OPU), una representación del contenido de surfactante en telas no tejidas y fibras. Esta medición emplea la resonancia magnética nuclear a una longitud de onda de 20 MHz. Al alinear y excitar los giros de los protones, se emite una señal de radiofrecuencia proporcional al conteo de protones excitados al volver al estado relajado después de un pulso de 90° y 180° . Esta señal es detectada por una bobina que rodea la celda y se transforma en un porcentaje de OPU mediante una transformación de Fourier.

A medida que persiste la demanda de técnicas analíticas altamente confiables, los métodos tradicionales, como las extracciones a base de solventes orgánicos para determinar aceites, grasas y surfactantes, han evolucionado hacia alternativas más rápidas. Los equipos de resonancia magnética nuclear ahora ofrecen resultados de alta calidad en cuestión de minutos. Estos dispositivos fáciles de usar se actualizan continuamente para mejorar la simplicidad y facilidad del análisis en laboratorios. Así que los equipos evolucionan y se vuelven obsoletos, recalibrar y validar las mediciones para la tecnología recién adoptada se vuelve crucial. Por lo tanto, desarrollar de un modelo para homologar o validar los equipos de RMN de la marca Bruker, comparando los modelos MQ-20 y MQ-One. Nuestro objetivo es establecer la confiabilidad del MQ-One, alineando sus resultados con el extensamente utilizado MQ-20 para un entorno de laboratorio

Descripcion del Problema

Planteamiento del Problema

En el contexto de la industria de las telas no tejidas, representada por la fábrica PGI COLOMBIA afiliada a Berry Global, se busca promover el avance técnico y social de las compañías dedicadas a la producción de estos materiales a través del proceso de hilado de polipropileno. Sin embargo, surge una problemática en relación con la medición del contenido de surfactante en las telas no tejidas, un elemento crucial para modificar sus propiedades de humectación y absorción. Esta característica es esencial para lograr la calidad deseada en las propiedades filicas de la tela.

La fábrica PGI COLOMBIA tiene como objetivo impulsar la competitividad en la manufactura y promover un enfoque económico sostenible y global. En este contexto, plantea la necesidad de desarrollar un método analítico cuantitativo preciso que permita medir con exactitud el contenido de surfactante en las telas no tejidas. Actualmente, utiliza equipos de resonancia magnética nuclear (RMN) de la marca Bruker para llevar a cabo estas mediciones.

Sin embargo, se observa que estos equipos, específicamente el MQ-20 como equipo de referencia y el MQ-1 que se propone validar, proporcionan lecturas ligeramente diferentes para el porcentaje de surfactante en la tela.

Esta discrepancia en las mediciones entre los equipos MQ-20 y MQ-1 plantea un problema en términos de confiabilidad y coherencia en los resultados. Es crucial garantizar la consistencia y precisión en la medición del contenido de surfactante, ya que esto tiene un impacto directo en las propiedades de humectación y absorción de las telas no tejidas. Por lo tanto, el planteamiento del problema radica en la necesidad de resolver esta disparidad en las mediciones entre los equipos de RMN MQ-20 y MQ-1, asegurando que los resultados obtenidos

sean coherentes, confiables y comparables entre sí. La solución a esta discrepancia es esencial para garantizar la calidad y competitividad de las telas no tejidas producidas en la fábrica PGI COLOMBIA, así como para respaldar los estándares de la industria y la búsqueda de un enfoque económico sostenible y global en la fabricación de estos materiales

Sistematización del Problema

Ante la problemática planteada, se plantean las siguientes interrogantes:

¿Cómo se pueden aplicar los conocimientos de química analítica para desarrollar métodos y técnicas analíticas que validen equipos de laboratorio como la resonancia magnética nuclear (RMN)?

¿Cuál es el proceso para desarrollar las curvas de calibración que permitan la lectura de surfactantes en telas no tejidas utilizando la técnica de RMN con los equipos MQ-20 y MQ-One?

¿Cuál es el procedimiento para determinar el contenido de surfactante en tela no tejida utilizando la técnica de resonancia magnética nuclear (RMN)?

¿Cómo se compara el margen de error entre los equipos de RMN MQ-20 y MQ-One de la marca Bruker después de su evaluación?

Justificación

La presente investigación propone un método exhaustivo de evaluación y comparación del contenido de surfactantes en telas no tejidas, empleando la técnica analítica de Resonancia Magnética Nuclear (RMN) a través de los equipos MQ-20 y MQ-One. El propósito fundamental es verificar que ambos instrumentos generen resultados confiables en las mediciones realizadas en cada uno de ellos. Además, este método pretende ser replicado en otras ubicaciones que hagan uso de esta tecnología con aplicaciones industriales similares.

La importancia sustancial de este trabajo radica en determinar con precisión la cantidad de surfactante aplicada en las telas no tejidas, asegurando que su concentración en porcentaje (%) no afecte la funcionalidad para la cual la tela ha sido concebida. Así mismo, se busca garantizar que estas concentraciones aplicadas no representen riesgos para la salud de los usuarios al momento de utilizar el producto final. Dado que las telas no tejidas se emplean en la fabricación de productos como pañales desechables, toallas higiénicas, paños húmedos, vestuario médico y tapabocas, resulta esencial garantizar la seguridad y calidad de estos productos.

Este procedimiento analítico tiene la versatilidad de ser aplicado en industrias similares o relacionadas que requieran cuantificar la cantidad de surfactante en sus respectivas muestras. La finalidad última de este trabajo es aplicar conocimientos en el ámbito de la química analítica y establecer un proceso de validación utilizando equipos de RMN, cuyas lecturas sean confiables y reproducibles en diversos campos industriales asociados a la fabricación de telas no tejidas.

El método propuesto tiene sus fundamentos en el analizador MINISPEC MQ-20, un dispositivo de RMN que posibilita un análisis rápido, reproducible y no destructivo. Este equipo detecta hidrógeno (^1H) y flúor (^{19}F), permitiendo medir el contenido de unidades de porcentaje de grasa (OPU) como porcentaje de surfactante en telas no tejidas (TNT).

La validación de la técnica se centrará en comparar los equipos MQ-20 y MQ-One, permitiendo así la sustitución del MQ-20 en caso de posibles fallos debido a su uso continuo. Este proyecto se llevará a cabo en la ciudad de Palmira, en las instalaciones de la compañía PGI Colombia. El método propuesto no solo enriquecerá las capacidades analíticas internas de la empresa, sino que también contribuirá a la formación en investigación aplicada de un estudiante del programa de Química. En última instancia, esta investigación busca fortalecer la calidad y seguridad en la fabricación de telas no tejidas, así como promover la aplicabilidad de la técnica de RMN en contextos industriales relevantes.

Objetivos

Objetivo General

Desarrollar un método de evaluación y comparación del contenido de Surfactantes en telas no tejidas utilizadas en el mercado de productos higiénicos (pañales, paños húmedos, vestimenta médica, entre otros) empleando como técnica analítica Resonancia Magnética nuclear con los equipos de resonancia magnética nuclear de la marca Bruker minispec MQ-20 Vs MQ-One.

Objetivos Específicos

Aplicar los conocimientos obtenidos en el área de la química analítica, para desarrollar métodos y técnicas analíticas para la validación de equipos de laboratorio como son los equipos de resonancia magnética nuclear RMN.

Desarrollar las curvas de calibración para las lecturas de los surfactantes a ser determinados en telas no tejidas mediante la técnica de RMN con los equipos MQ-20 y MQ One.

Determinar contenido de surfactante en tela no tejida, mediante la técnica de resonancia magnética nuclear RMN.

Comparar el margen de error de los equipos de RNM MQ-20 y MQ-One de la marca Bruker evaluados.

Marco de Referencia

Marco Teorico

En el marco teórico se explican las teorías de referencia para el desarrollo del proyecto, las cuales se describirán en los siguientes párrafos

Resonancia Magnética Nuclear

Los textos que hablan de la utilidad de la RMN en forma cuantitativa no es extensa; sin embargo, en los años 1980 y 1990 hubo un considerable aumento de este tipo de información; esto se presentó a raíz de la aparición de instrumentos desarrollados con nueva tecnología que ha permitido que sean de mejor resolución y también de fácil operación, trayendo consigo un incremento en el uso de esta herramienta con fines cuantitativos. La aplicación de medición cuantitativa se ha visto favorecida por el aumento de sensibilidad debido a que los instrumentos cuentan con campos magnéticos más potentes, lo cual hace que sea mayor la diferencia de energía entre núcleos a analizar y por lo tanto que la señal obtenida sea más intensa con menor cantidad de muestra; esto nos lleva a mencionar que las limitaciones tecnológicas propias de la época, mermaron el uso de la resonancia como herramienta cuantitativa aunado al alto costo de los instrumentos. (Burton, 2007).

La resonancia magnética nuclear es un método espectral basado en las propiedades magnéticas de los núcleos y, en su aplicación más común, en las propiedades del núcleo de hidrógeno. Si sólo implicase los núcleos no tendría interés para los químicos. Afortunadamente, los electrones van a producir modificaciones, débiles pero observables, a través de procesos que se puede examinar más adelante, siendo esos efectos electrónicos los que darán lugar a los desplazamientos químicos y a las constantes de acoplamiento, permitiendo así el estudio

detallado de la estructura electrónica de las moléculas, razón del éxito de la RMN en química orgánica. La RMN es un método relativamente moderno (en comparación a otras

espectroscopias) pues data de 1946, año en el que Purcell de la Universidad de Harvard y Bloch y Packard de la Universidad de Stanford obtuvieron los primeros resultados y elaboraron la teoría, el primer espectro con señales separadas para una molécula orgánica data de 1951. En 1952 estos ganan el nobel en física por su desarrollo en nuevos métodos sobre precisión nuclear magnética y por sus descubrimientos relacionados con esta. Un espectrómetro de RMN consiste esencialmente en un imán, un emisor de radiofrecuencia y un detector de radiofrecuencia. (Pebet, 2004).

Wallace en 1984 hace a que mezclas de compuestos orgánicos logran medirse por RMN, cuando las señales de cada uno de los componentes se puedan integrar. También, pone de manifiesto que las integraciones dejan de ser relativas y se convierten en absolutas cuando se utiliza un estándar interno. (Wallace, 2017).

Para 1988, Peterson reporta la utilización de esta técnica como herramienta cuantitativa e ilustra los principios generales de un método. Se determina la cantidad de un analito por comparación de la razón de intensidades de las señales analito/estándar. (Hueso & Cascant, 2012).

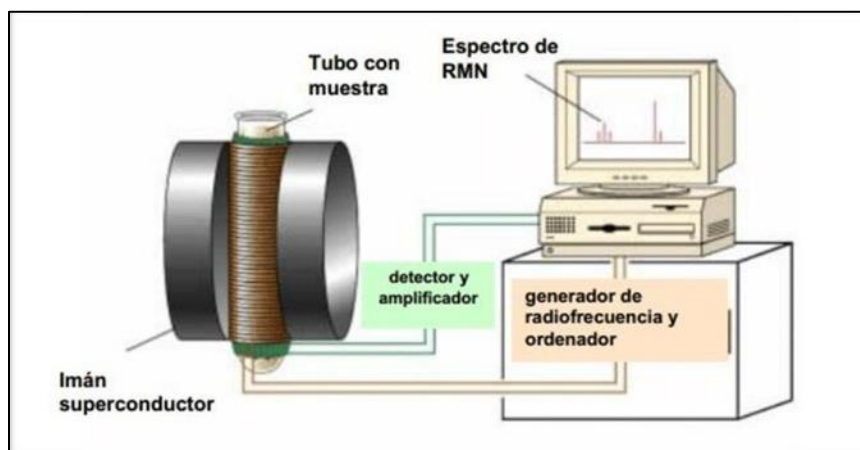
El equipo opera a una longitud de onda de 20 MHz, inicialmente alineando el giro de los protones y luego excitándolos a 90° y 180° . Tras el cambio de pulso, los protones regresan a su estado relajado, emitiendo una señal de radiofrecuencia proporcional a la cantidad de protones excitados. Esta señal es captada por una bobina alrededor de la celda y posteriormente convertida en unidades de porcentaje de grasa mediante un transformador de Fourier.

Por otro lado, Lambda en 1997 determina la cantidad de acetona y acetato de etilo contenidos en algunos removedores de esmaltes para uñas, obteniéndose en dicho estudio una recuperación del 96 al 98 %. (Lambda, 1997).

En la figura 1, se representa la composición de un equipo de RMN resonancia magnética nuclear, mostrando el conducto donde se lee la muestra y los dispositivos que hacen posible la medición del % de H visualizado en el equipo de cómputo.

Figura 1

Esquema básico de equipo de resonancia magnética nuclear



Nota. Principales componentes de un equipo para medidas de resonancia magnética nuclear.

[Imagen], por Miguel Landrove, 2015, ResearchGate

En el descrito proceso, una muestra que contiene núcleos con propiedades magnéticas, como protones, es posicionada entre los polos de un imán y se somete al campo de radiofrecuencia (rf) generado por un emisor. Esta acción provoca que los núcleos absorban energía de rf, lo cual se denomina resonancia. Cuando se establecen relaciones específicas entre la intensidad del campo magnético B_0 y la frecuencia del emisor ν , se detecta una señal a través del receptor. (Elguero, 2006).

Si un producto produce un espectro con 18 señales, esto implica que ha habido 18 combinaciones donde la relación entre la frecuencia del emisor y la intensidad del campo magnético ha generado una resonancia y, por lo tanto, una absorción de energía. Importante hay que mencionar que la variación de estos dos campos no ocurre simultáneamente; en su lugar, uno se mantiene constante mientras el otro se modifica gradualmente. Este proceso de modificación se denomina barrido, que puede ser de campo o de frecuencia. En cada instancia en la que la relación entre la frecuencia y el campo es apropiada, el receptor registra una señal.

A continuación, se analizará cómo un núcleo puede absorber energía de radiofrecuencia y generar una señal en el detector, considerando las condiciones pertinentes. (Elguero, 2006)

Propiedades Magnéticas del Núcleo

Ciertas concepciones se abordarán en términos de mecánica clásica en consonancia con el enfoque adoptado por Bloch. Sin embargo, un tratamiento meticuloso requiere una perspectiva mecano-cuántica. Algunos núcleos exhiben movimientos mecánicos de rotación alrededor de un eje, cuya caracterización se logra mediante el concepto de momento angular. Este parámetro adquiere un valor definido para cada núcleo, siendo múltiplo entero o semi-entero de la constante de Planck modificada, h ($h = h/2\pi$): $p = I\hbar = Ih/2\pi$ (Pérez, 2014)

El momento angular total se expresa como "p", mientras que "I" denota el número cuántico de espín, reflejando el grado de rotación. Los valores posibles para "I" son 0, 1/2, 1, 3/2, 2, y así sucesivamente. Cada isótopo posee un valor característico de "I". Cuando "I" es 0, el núcleo no experimenta rotación y, por lo tanto, es "invisible" en el contexto de la Resonancia Magnética Nuclear (RMN), siendo el ejemplo más común el núcleo de ^{12}C . (Pérez, 2014)

Dado que todos los núcleos llevan una carga eléctrica, aquellos que rotan mecánicamente ($I \neq 0$) generan un campo magnético. Para una descripción conveniente, se introduce la noción de

un diminuto imán o dipolo magnético que produce un campo idéntico al causado por la rotación del núcleo. Bajo estas circunstancias, el núcleo en rotación puede ser equiparado a un dipolo con un momento magnético " μ ", característico de cada isótopo. El valor de " μ " está influenciado por la distribución de cargas y el momento angular mecánico del núcleo, siendo nulo cuando " I " es 0.

Se describe con frecuencia las propiedades magnéticas del núcleo mediante la relación entre el momento magnético " μ " y el momento angular " p ":

$$\mu = \gamma p \quad \gamma = \mu / I \hbar \quad \gamma = 2\pi \mu$$

$$\gamma = \mu / p$$

" γ " recibe el nombre de relación giro magnética o, de manera más precisa, magnetogírica (debido a la presencia de " μ " en el numerador de la fórmula $\gamma = \mu p$). (Pérez, 2014).

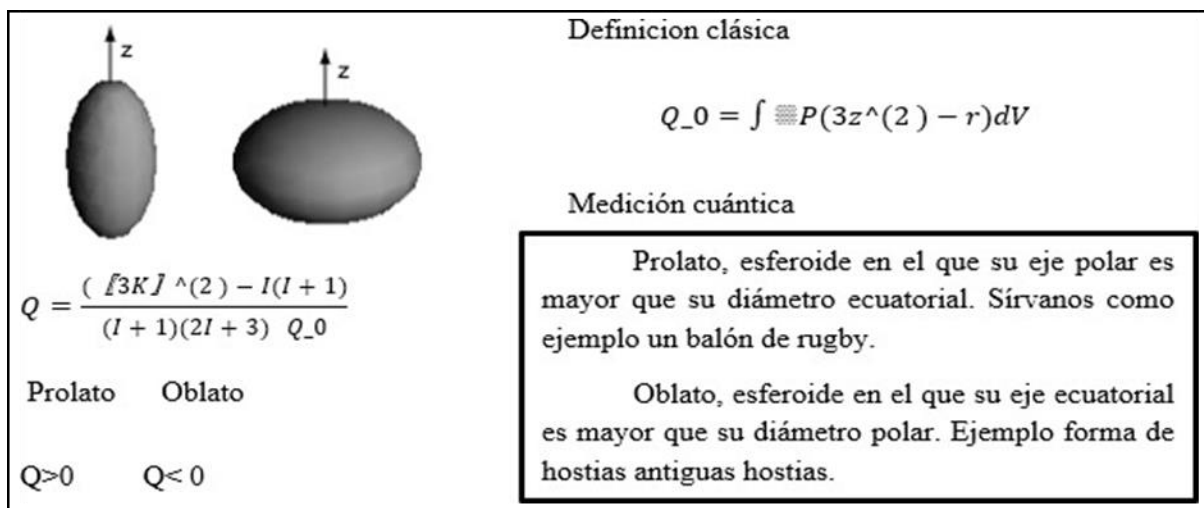
Otra propiedad magnética crucial relacionada con el espín " I " es el momento eléctrico cuadrupolar, que refleja la asimetría de la distribución de cargas eléctricas alrededor del núcleo. Cuando la distribución es esférica e isotrópica, el momento eléctrico cuadrupolar es nulo. Es relevante notar que solo los núcleos con un espín " $I \geq 1$ " exhiben un momento eléctrico cuadrupolar. El momento eléctrico cuadrupolar nuclear, representado por el parámetro " Q ", efectivamente caracteriza el elipsoide de distribución de carga nuclear. Un valor no nulo de " Q " indica una distribución de carga asimétrica, que no es esférica en simetría. (Sorescu, 2003).

En la figura 2, se hace referencia al momento en el cual se mueven los electrones entonces un cuadrupolo eléctrico se compone de dos dipolos eléctricos de igual magnitud, pero en direcciones opuestas, ubicados muy cerca uno del otro. Un dipolo eléctrico, a su vez, consiste en dos cargas eléctricas de igual magnitud, pero de signo opuesto, separadas por una pequeña

distancia. Por lo tanto, un cuadrupolo eléctrico se compone de cuatro cargas: dos cargas positivas y dos cargas negativas, dispuestas de una manera particular.

Figura 2

Momento cuadrupolar eléctrico nuclear



Nota. Momento cuadrupolar eléctrico nuclear [Imagen], Shirley, 1978, hyperphysics

Tela no tejida

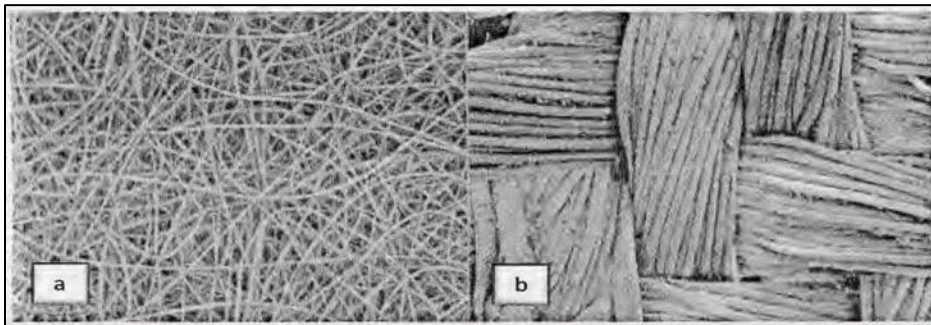
El tejido es una estructura producida por el entrelazamiento de un conjunto de hilos (urdimbre) con otro conjunto de hilos (trama) formando ángulos próximos a 90°. Una película de tela no tejida (nonwoven) es una estructura textil plana, flexible y porosa producida por el enlazado o fijación de fibras, lograda por métodos mecánicos, químicos, térmicos, por medio de solventes o por la combinación de los anteriores. El término no incluye papel o telas que son tejidas y fue creado por primera vez en Estados Unidos en 1942. La mayoría de los procesos de fabricación de películas de tela no tejida producen hojas con propiedades isotrópicas debido a la colocación aleatoria de las fibras. En la Figura 3 se muestra una comparación entre la orientación aleatoria de una película de tela no tejida (a) y el entrelazamiento presente en una tela tejida (b).

La combinación de espesores, fineza de las fibras y el número de fibras por unidad de área determina la base de peso de la tela la cual se encuentra entre 8 - 800 g/1112. (Mumbrú, 1971).

En la figura 3, muestra la diferencia que hay en el hilado de no tejidos fibras colocadas al azar (a), y el hilado de tejidos de fibras tejidas fibras traslapadas tejido convencional (b).

Figura 3

Diferencia que existe en el hilado de no tejidos fibras



Nota. Diferencia que existe en el hilado de no tejidos fibras [Imagen], Rodrigo Flores, 2020,

Hilados de alta calidad

Software minitab

Es importante tener en cuenta el análisis de resultados con el uso del programa estadístico minitab, con el cual se trabajan los datos usando la prueba t pareada en el cual se debe tener claro conceptos para la interpretación de los datos.

Paso 1: Determinar un intervalo de confianza para la diferencia media de la población.

Paso 2: Determinar si los resultados de la prueba son estadísticamente significativos

Paso 3: Verificar si hay problemas en sus datos.

Paso 4: Determinar un intervalo de confianza para la diferencia media de la población.

Primero, considere la diferencia en las medias y luego examine el intervalo de confianza.

La diferencia en las medias es el promedio de las diferencias entre las observaciones pareadas en la muestra. (Mathew, 2004)

La diferencia en las medias es una estimación de la diferencia en las medias de las poblaciones. Puesto que la diferencia en las medias se basa en los datos de una muestra y no en toda la población, es improbable que la diferencia en las medias de las muestras sea igual a la diferencia en las medias de las poblaciones. Para estimar mejor la diferencia en las medias de las poblaciones, utilice el intervalo de confianza de la diferencia. (Mathew, 2004)

El intervalo de confianza proporciona un rango de valores probables para la diferencia en las medias de las observaciones pareadas de la población. Por ejemplo, un nivel de confianza de 95% indica que, si usted toma 100 muestras aleatorias de la población, podría esperar que aproximadamente 95 de las muestras produzcan intervalos que contengan la diferencia en las medias de las poblaciones. El intervalo de confianza ayuda a evaluar la significancia práctica de los resultados. Se debe emplear un conocimiento especializado para determinar si el intervalo de confianza incluye valores que tienen significancia práctica para su situación. Si el intervalo es demasiado amplio para ser útil, considere aumentar el tamaño de la muestra. (Mathew, 2004)

En el Paso 2 para determinar si la diferencia entre las medias de las poblaciones es estadísticamente significativa, se compara el valor p con el nivel de significancia. Por lo general, un nivel de significancia (denotado como α o alfa) de 0.05 funciona adecuadamente.

Un nivel de significancia de 0.05 indica un riesgo de 5% de concluir que existe una diferencia cuando no hay una diferencia real. (Mathew, 2004).

Valor $p \leq \alpha$: La diferencia entre las medias es estadísticamente significativa (Rechazar H_0).

Si el valor p es menor que o igual al nivel de significancia, la decisión es rechazar la hipótesis nula. Usted puede concluir que la diferencia entre las medias de las poblaciones no es igual a la diferencia hipotética. Si no especifica una diferencia hipotética, Minitab prueba si no hay diferencia entre las medias (Diferencia hipotetizada = 0).

En el paso 3 para verificar si hay problemas en sus datos, como asimetría y valores atípicos, pueden afectar negativamente sus resultados. Utilice gráficas para buscar asimetría e identificar posibles valores atípicos. (Mathew, 2004).

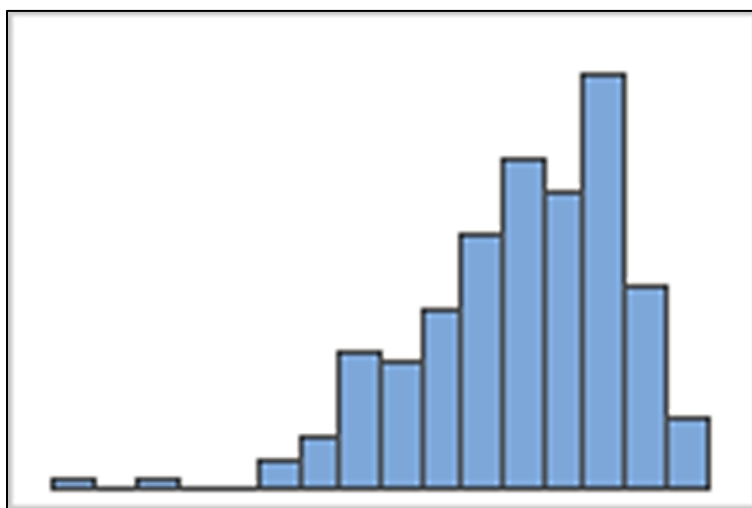
Examine la dispersión de los datos para determinar si los datos parecen ser asimétricos.

Cuando los datos son asimétricos, la mayoría de los datos se ubican en la parte superior o inferior de la figura de barras. Frecuentemente, es más fácil detectar la asimetría con un histograma o gráfica de caja. (Mathew, 2004)

En las figuras 4 y 5 representa la tendencia de los datos en el histograma ya sea a la derecha o a la izquierda, gráficos arrojados por el programa estadístico minitab.

Figura 4

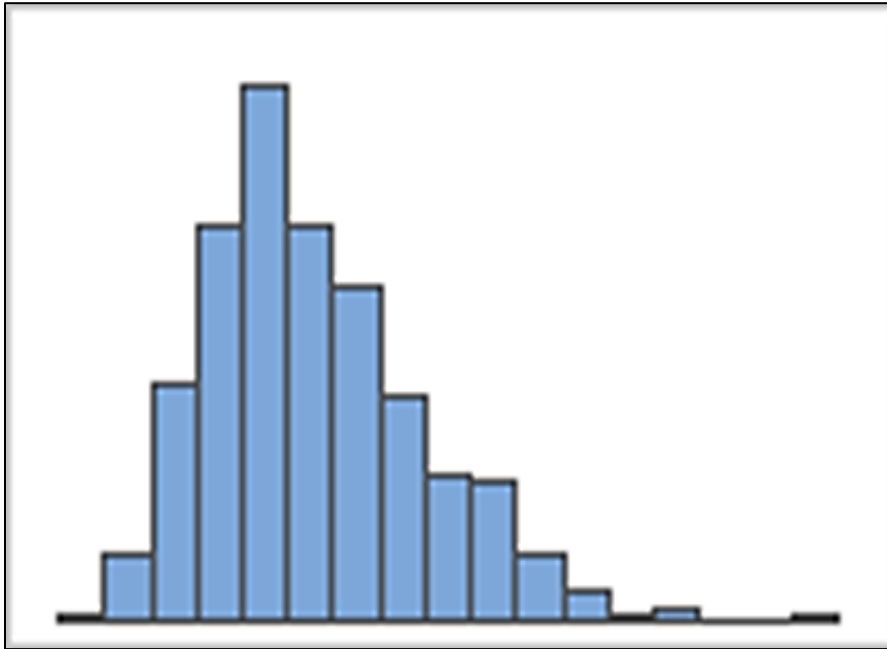
Asimétrico hacia la derecha



Nota. Autoría propia, gráfico arrojado por el programa estadístico minitab

Figura 5

Asimétrico hacia la izquierda



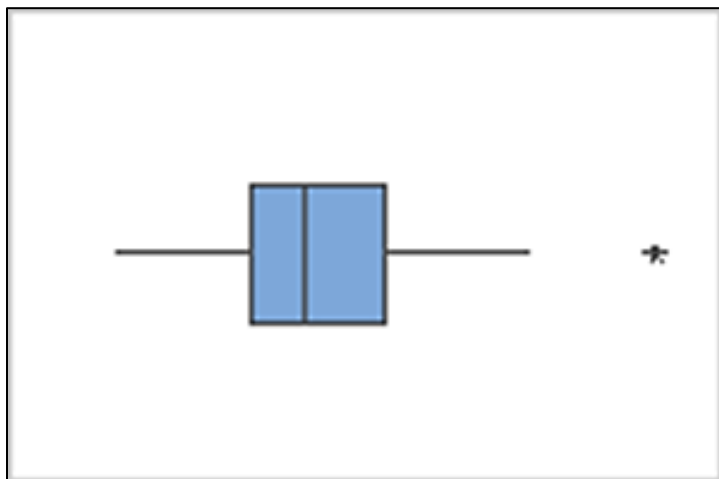
Nota. Autoría propia, gráfico arrojado por el programa estadístico minitab

Identificación de valores atípicos

Los valores atípicos, que son valores de datos que están muy alejados de otros valores de datos, pueden afectar fuertemente los resultados de su análisis. Frecuentemente, es más fácil identificar los valores atípicos en una gráfica de caja. (Stimolo & Ortiz, 2020). En las figuras 6 y 7 se puede observar el ejemplo cuando en el gráfico de cajas se presenta un dato atípico, el cual puede ser por un evento en el proceso o cambios ajenos al proceso.

Figura 6

Dato atípico

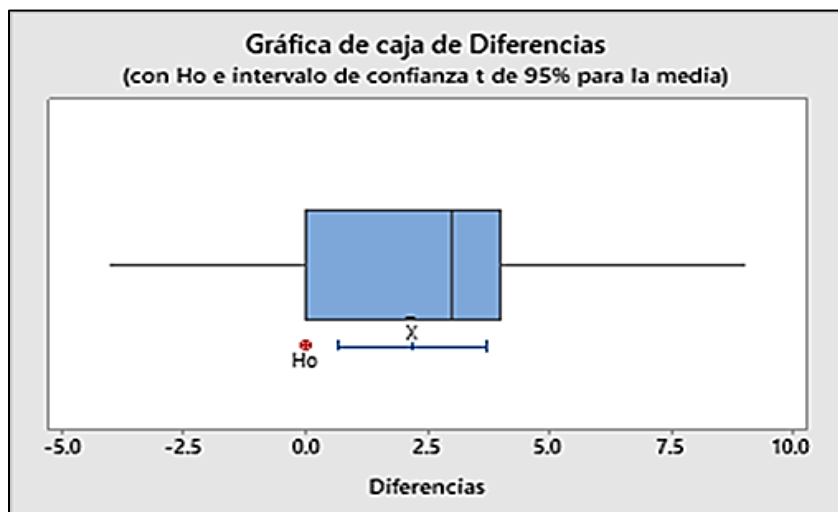


Nota. Autoría propia, gráfico arrojado por el programa estadístico minitab

Trate de identificar la causa de cualquier valor atípico. Corrija cualquier error de entrada de datos o de medición. Considere eliminar los valores de datos asociados con eventos anormales y únicos (también conocidos como causas especiales). (Stimolo & Ortiz, 2020) .

Figura 7

Distribución de datos uniformes



Nota. Autoría propia, gráfico arrojado por el programa estadístico minitab

Metodología

Materiales y equipos

En las siguientes figuras, desde la numero 8 hasta la numero 15, son los materiales y equipos usados en el laboratorio para realizar la determinación de contenido de surfactante en la tela no tejida del trabajo presentado en la presente tesis.

Figura 8

Analizador MINISPEC NMR MQ20 marca Bruker



Nota. Se muestra equipo MINISPEC NMR MQ20 marca Bruker, equipo que será tomado como equipo referente. Tomado de Bruker (s.f)

Figura 9

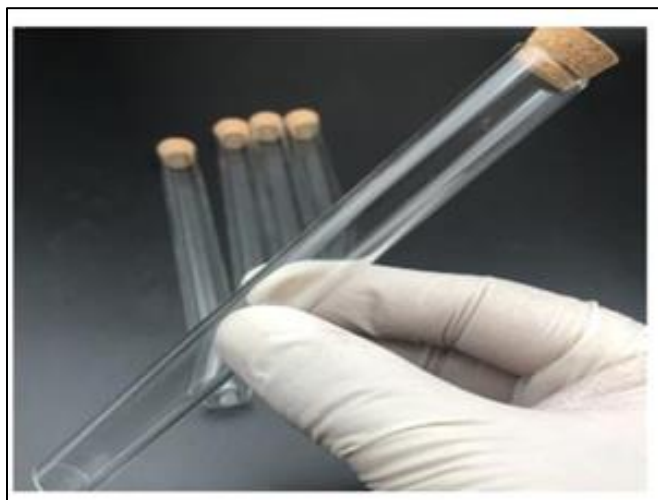
Analizador MINISPEC NMR MQ 1 marca Bruker



Nota. Se muestra el equipo analizador MINISPEC NMR MQ 1 marca Bruker, equipo descrito para el proceso de validación. Tomado de Bruker (s.f)

Figura 10

Tubos de vidrio de fondo plano de 180 mm x 18 mm



Nota. Se muestra los tubos de vidrio de fondo plano de 180 mm x 18 mm, usado como celda de lectura, para ser introducido en cualquiera de los equipos de RMN MQ-20 o MQ-1. Tomado de Bruker (s.f)

Figura 11

Varilla de Teflón



Nota. Se muestra la varilla de Teflón, la cual ayuda a comprimir la muestra de tela no tejida en el tubo. Tomado de Bruker (s.f)

Figura 12

Gancho metálico en acero inoxidable



Nota. Este gancho metálico en acero inoxidable es usado para sacar la muestra de tela no tejida de la celda. Tomado de Bruker (s.f)

Figura 13

Balanza analítica MS304TS/M00



Nota. Balanza analítica MS304TS/M00, la cual serán pesadas todas las cantidades de reactivos y muestras. Tomado de Mettler Toledo (s.f)

Figura 14

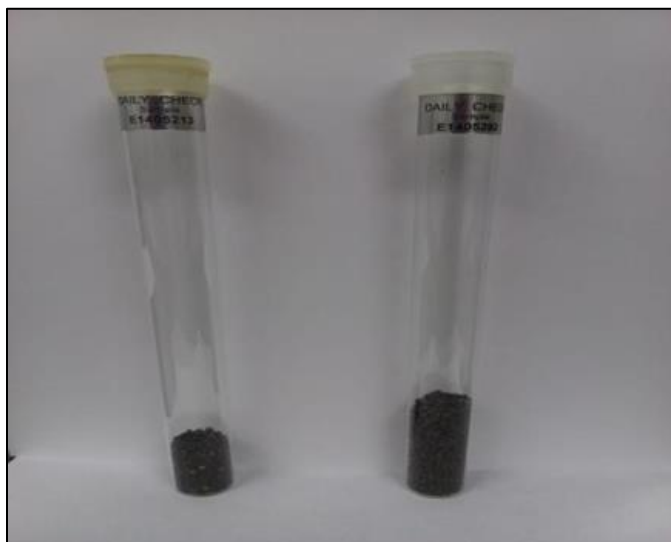
Pinza para introducir la muestra



Nota. Pinza para la introducir la muestra en el tubo de ensayo. Tomado de Bruker (s.f)

Figura 15

Patrones de verificación MQ-20 y MQ ONE



Nota. Patrones de verificación MQ-20 y MQ ONE, los cuales son usados para verificar el equipo antes de una medición. Tomado de Berry Global (2023)

Antes de iniciar las mediciones, los equipos deben estar debidamente calibrados. Tener los reactivos y materiales disponibles limpios y ordenados. En caso de lecturas no conformes con los resultados, se debe realizar de nuevo las respectivas curvas para cada surfactante.

Método

La norma ASTM D7171-01 utiliza un analizador de RMN de campo pulsado de baja resolución para determinar hidrógeno total, como porcentaje en masa, por comparación de la intensidad de las señales en espectros RMN 1 H de destilados medios (150 °C - 390 °C) y de dos patrones externos, cuando menos. Adquiere los espectros de muestra y de patrones por separado y no en simultáneo, usando 1.00 g a 2.00 g de muestra de tela no tejida a $35 \pm 0,1$ °C o a $40 \pm 0,1$ °C, y un tiempo de reciclado, d1, igual a 20 s.

La validación del Método de Curvas de calibración para el MQ 1 Vs el MQ 20 para la cuantificación del Spin Finish o porcentaje de surfactante en tela no tejida, fue evaluada con la calificación del desempeño o rendimiento (PQ) preparando los estándares de calibración en el laboratorio de surfactantes Silastol 163 y Cirrasol PP862 en concentraciones aproximadas a 0.00

%, 0.20 %, 0.40 %, 0.60 %, 0.80 %, 1.00 % y 1.20 %, para el caso del Silastol 163 se hizo lecturas de las muestras en el equipo MQ 20 equipo de referencia y estos valores se tomaron como los reales para la calibración del MQ One, para el caso de la curva de Cirrasol PP862 usar de 2 maneras así, tomando el MQ 20 como equipo de referencia y una segunda curva ingresando los valores calculados de las muestras de calibración.

Para la validación de uno o varios equipos de laboratorio, hay aspectos relevantes, además es posible que el método utilizado, no siempre sea el más apropiado para verificar los equipos y que además cumplen con la necesidad de poder arrojar resultados confiables y de buena calidad.

En este sentido se considera la implementación una metodología que permita desarrollar una técnica analítica confiable para garantizar el resultado del equipo validado. Así esta técnica será aplicable a otros equipos y también a otros laboratorios de la compañía ubicados en otros

países. Así de esta manera será una validación intralaboratorios, ya que hay fábricas de tela no tejida del grupo Berry Global situadas en diferentes lugares del planeta.

Para este desarrollo de validación, la metodología se basa en técnicas usadas en validaciones similares de otros métodos y técnicas de comparación para equipos o métodos analíticos.

Se uso una técnica simple como es el muestreo de pares, que consiste en evaluar o tomar la medición de una sola muestra en los dos equipos que tienen una misma función, o que miden una o varias variables, el equipo referente usado como patrón contra el equipo nuevo o el método que se decida validar.

Los criterios generales fijados por las diferentes directrices son similares y proporcionan la base para asegurar la confiabilidad de los métodos validados. De forma general el estudio de validación de un método de análisis debe incluir información sobre:

- Exactitud y precisión (en términos de repetitividad y reproducibilidad)
- Rango lineal de trabajo
- Límite de detección y cuantificación del método
- Recuperación del analito
- Utilización de estándares instrumentales y estándares internos o “surrogate”
- Especificidad (posibles efectos matriz)
- Empleo de blancos instrumentales

Con los criterios mencionados anteriormente, esta es una de las metodologías que permiten realizar un proceso de validación confiable ya sean métodos analíticos o equipos de medición. Se realizó el siguiente desarrollo del método para la determinación de los surfactantes.

Para determinar la cantidad de cada uno de los surfactantes en tela no tejida, se realizaron las curvas de calibración en el equipo MQ 1, de los surfactantes Cirrasol PP 862 y Silastol 163, ya que estas dos curvas están en el equipo de referencia inicial MQ-20 con el cual nuestro laboratorio ha dado los resultados previamente. Estas curvas de calibración tienen el rango en porcentaje que va de 0.00 % a 1.20 % de contenido de surfactantes en la tela.

La tela no tejida tiene varias referencias que van desde 9.0 g hasta 20 g, en los cuales se aplica cualquiera los dos surfactantes, pero para fines prácticos el gramaje de la tela de 11.6 g es uno de los productos de mayor producción es el más adecuado para realizar la mayor cantidad de ensayos. También este gramaje de la tela permite que el contenido de surfactante aplicado en la tela se fije de una forma más uniforme debido a su mayor porosidad que los gramajes más altos.

Se tomaron mediciones de producciones gramos de versus surfactantes en el equipo MQ 20 que es el equipo de referencia, y posteriormente en el nuevo equipo a validar el MQ 1.

Programa Estadístico Minitab

Se recolectan datos relacionados en los dos equipos, se procede con los cálculos estadísticos de los siguientes parámetros:

- Exactitud y precisión (en términos de repetitividad y reproducibilidad)
- Rango lineal de trabajo
- Límite de detección y cuantificación del método
- Recuperación del analito
- Utilización de estándares instrumentales y estándares internos o “surrogate”
- Especificidad (posibles efectos matriz)

Empleo de blancos instrumentales. Este será tela no tejida sin la adición de surfactantes. Se inicia entonces el proceso de validación de este equipo. MQ 1.0

Las siguientes son las condiciones establecidas para el proceso de validación de este equipo MQ1.

Condiciones de laboratorio. Temperatura 21 a 25 grados centígrados.

Humedad relativa, 45% al 55 %.

Condiciones de la muestra. Muestra sólida de tela no tejida a temperatura y condiciones del laboratorio.

Definición de la muestra. Tela no tejida con admisión de surfactantes Cirrasol PP 862, Silastol 163, con peso base desde 10 g hasta peso base de 70 g.

Cantidades de muestra. El analista de laboratorio corta las muestras representativas de zona filica de TNT (tela no tejida), a un tamaño de 60mm x 30 mm, su peso debe oscilar entre 1.000 g y 1.500 g pesado en la Balanza Analítica.

Mantener cuidado de que en un radio de 1 metro alrededor del equipo por encima y por debajo no debe haber ningún objeto metálico tomando como referencia el poso donde se deposita la muestra.

Procedimiento para Realizar Curva de Calibración

Las curvas de calibración para el RMN se generan para cada surfactante y aplica a todos los gramajes y sin distinción de la línea. Línea de dos o tres cabezales.

Usar entonces muestras a diferentes concentraciones en el proceso (12.0 al 12.5 %) de surfactante, siempre alrededor de la aplicación de trabajo en el proceso, esta aplicación está directamente proporcional a las revoluciones por minuto (rpm) (8.0 a 9.5) del rodillo aplicador en humidificado (Kiss Roll). Para garantizar una aplicación del surfactante en la tela desde el 0.400 % al 1.00 %.

Emplear al menos 5 puntos a diferentes concentraciones para la generación de la curva de calibración. Con una solución patrón del 2.0 % del surfactante.

Las concentraciones usadas fueron las siguientes: 0.200%, 0.400%, 0.600%, 0.800%, 1.00% y 1.200%.

Una vez obtenidas las muestras se realizan las extracciones por el método Soxhlet, mínimo por triplicado, obteniendo los valores en por ciento de surfactante a ingresar al equipo. Se procede de la siguiente manera:

Selección y Aplicación

Para empezar a trabajar habrá que elegir la aplicación con la que se quiere analizar, cierre todas las aplicaciones, luego ingrese a las 'Aplicaciones minispec' y de la pantalla que se observa se debe seleccionar 'Examinar' y aparecerán todas las aplicaciones que contiene el minispec las cuales llevan la extensión 'app'.

Para el análisis de porcentaje surfactante aplicado en No-Tejidos, se elige la aplicación 'data_opu.app' y se pulsa 'Abrir', en la ventana aparecerá el nombre de la aplicación junto con todas las aplicaciones que se tengan abiertas. (Anexo A).

Se cierran todas las aplicaciones abiertas y se buscan las Aplicaciones minispec' y de la siguiente ventana 'Examinar'. Entre todas las aplicaciones elegir Sinthesyn_data_opu o Cirrasol pp862 y pulsar 'Abrir'. En la barra principal aparece la aplicación. Será necesario recalibrar esta aplicación. Es decir, realizar la verificación del equipo con semillas patrón de girasol suministradas por el fabricante.

En consecuencia, se continua con el siguiente proceso:

- Pesar de 1.000 g a 1.500 g de muestra.

- Introducir la muestra en la celda tubo de vidrio con pinza de acero inoxidable, la altura de la muestra dentro del tubo no debe ser mayor a 30 milímetros.
- Seleccionar en el equipo la curva de calibración del surfactante a determinar.
- Identificar el lote muestra.
- Introducir la celda tubo de vidrio con la muestra en el orificio de lectura del equipo.
- El equipo realiza la medición y arroja el resultado haciendo el cálculo según la curva de calibración previamente hecha
- Las muestras de calibración deben guardarse debidamente selladas. (Anexo B)

Patrones de Calibración Preparadas en el Laboratorio

Preparación de muestras con concentraciones conocidas de los surfactantes Cirrasol PP863 y Silastol 163, realizar el siguiente proceso:

- Preparar una dilución de los surfactantes Cirrasol PP862 y Silastol 163 utilizar aprox. del 2 %. Medir mediante balanza halógena con resolución de 3 decimales.
- Dividir el rango en que se desea calibrar el equipo. Siendo la menor cantidad 6 tramos. p.e. en un rango de 0,00% a 1,00% dividirlo en 0,00; 0,20 %; 0,40 %; 0,60 %; 0,80% y 1,00 %.
- Tomar N muestras de tela SS hidrofóbica (siendo N la cantidad de tramos en que se dividió al rango), cortarlas con peso aproximado de 1.000 +/- 0.5 g.
- Pesar las muestras en la balanza analítica y registrar el peso exacto.
- Colocar los tubos con la tela, enumerados desde 1 hasta N, en la balanza analítica. Tarar, y agregar desde gotero en la tela (sin tocar la misma, ni las paredes del tubo de ensayo); la dilución de surfactante anteriormente preparada; de modo tal de obtener un porcentaje de contenido de surfactante aproximado en cada uno de los tubos según la concentración

de los tramos en que se ha dividido el rango. En cada tubo anotar cantidad de solución pesada.

- Una vez que se termina de agregar la solución a los tubos, se debe calcular el contenido exacto mediante la siguiente fórmula; y anotarlo en el tubo correspondiente.
- Colocar los N tubos en estufa a 110°C, durante 60 minutos. Para secarlos.
- Dejar enfriar a temperatura ambiente.
- Hacer la calibración siguiendo el procedimiento del literal B.
- Preparación de la solución de los surfactantes Cirrasol PP 863 y Silastol al 1 %.

Para esta muestra, la solución inicial Madre de surfactante tiene una concentración de sólidos totales de 67.55 %. Entonces se debe preparar la solución de la siguiente manera: se toman 14.804 g de muestra de surfactantes solución Madre y se diluyen en un litro de agua desmineralizada de ósmosis inversa. Se procede a verificar la concentración de la solución en balanza halógena donde se evidencia los siguientes resultados para esta solución.

Solución uno igual 0.97%, solución dos igual 0.99% que solución tres igual 1.09 %, promedio de la solución igual 1.0167 %.

Mediciones Realizadas para Iniciar con la Determinación de Surfactantes en los Equipos de RNM MQ-20 Y MQ ONE.

Para este estudio se tomaron 30 mediciones de muestras de tela no tejida con peso de 1.00 g, a 1.500 g con adición de surfactantes a validar (Cirrasol PP862 y Silastol 163), en los equipos de resonancia magnética nuclear (RMN) Minispec MQ20 y Minispec MQ1.

Se realizó las mediciones de una sola muestra en ambos equipos para verificar la correspondencia de resultados entre el equipo MQ- 20 equipo programado a dar de baja por obsolescencia y equipo MQ-1, este último es el equipo nuevo para validar.

Continúa el proceso de comparación de resultados, los cuales son analizados con el programa estadístico minitab 19, el cual da los criterios para aprobar la validación adecuada del equipo MQ-1 que será el equipo para usar de manera permanente para la determinación de contenido de surfactante en la tela no tejida.

Condiciones Generales tenidos en cuenta en la validación.

Orden y aseo. Durante y al terminar la labor se debe dejar limpio y ordenado el sitio de trabajo (recoger herramientas y otros utensilios usados (despeje del área del equipo)).

- Evitar manipular los tubos de ensayo en la parte inferior, sujételos por la parte superior, para evitar contaminación externa que pueda alterar los resultados de la medición.
- Tener en cuenta la aplicación de Buenas Prácticas de Documentación.
- El minispec debe estar instalado en una zona del laboratorio en donde no le afecte los rayos del sol, ni fuentes de calor como radiadores o estufas directamente. También debe estar alejado de líneas de alta tensión.
- Temperatura ambiental ideal 20-25 °C (Mínima / Máxima 18 / 28 °C).
- Humedad relativa: 20% - 80%
- Una temperatura constante es muy importante para mantener la estabilidad del campo magnético y para la reproducibilidad de los datos.

Preparación de la muestra. Se cortó las muestras representativas de zona filica de TNT, a un tamaño de 60mm x 30 mm, su peso debe oscilar entre 1.000 y 1.500 g pesado en la balanza analítica.

Se dobla la muestra por la mitad y forma un cilindro de 30mm de altura (Máx. 40mm) cuyo diámetro sea menor al del tubo de vidrio, seguidamente se introduce la muestra en el tubo y ayudado por una varilla de teflón se lleva hasta el fondo, teniendo en cuenta que no debe

sobrepasar los 40mm de altura, de lo contrario se hace un ajuste respectivo. Finalmente se limpia el tubo de vidrio con el objetivo de eliminar la grasa de las manos, con una toalla de papel.

Verificación del equipo MINISPEC MQ 20 Y MQ-ONE.

- Revisar el entorno paramagnético (libre de antenas de radios).
- Verificar que el equipo esté validado , de lo contrario dar clic en el daily check para correr la verificación, seguidamente el equipo pide el tubo la muestra daily check sample colocar esta, en el poso del equipo teniendo sumo cuidado que su inserción sea en posición vertical y que no vaya a tocar las paredes internas de este, ya que son demasiado frágiles y se pueden romper, seguidamente el equipo realiza esta rutina de verificación automáticamente, cuando el equipo se encuentra validado aparecerá en pantalla un icono azul sobre el icono check con la sigla validated, esta verificación tiene una validez de 24 horas.

Continuar con el siguiente paso:

- Tomar las muestras de tela SS hidrofílica (SS hidrofílico, se refiere a la tela Spundbond-Spundbond, que tiene adición de surfactante) y cortarlas con peso aproximado de 1.500 +/- 0.5 g.

Nota. Spundbond, Es un tejido hilado (filamentos plásticos de polipropileno) sin tejer de gran cobertura y que con bajo gramaje consigue gran resistencia longitudinal y transversal, así como por su suave tacto está indicado para el sector médico e higiénico.

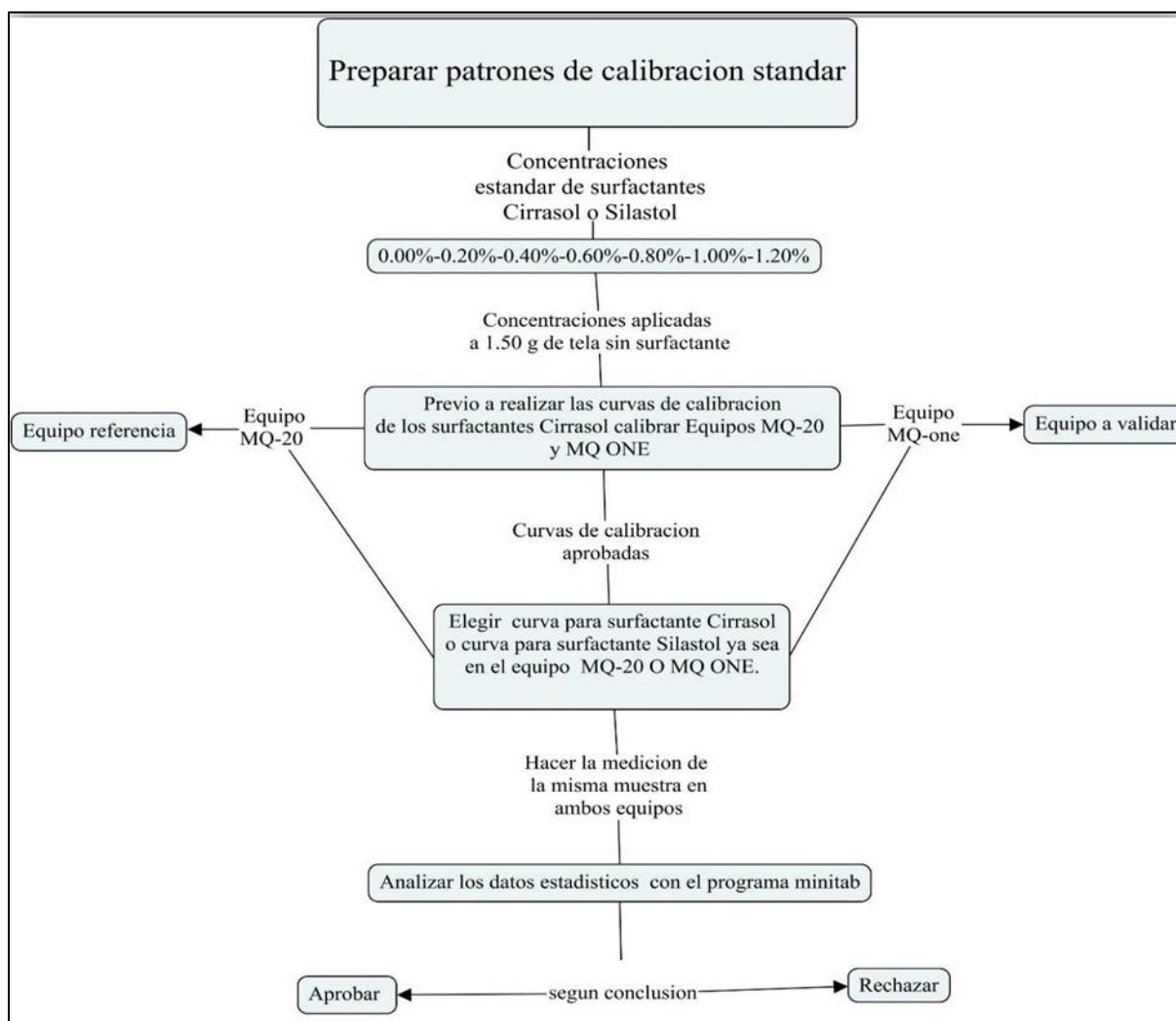
Se debe considerar el cumplimiento de:

- Pesar la muestra en la balanza analítica y registrar el peso exacto.
- Doblar la muestra formando un cilindro, introducir en un tubo inserto. Realizar esta operación para cada uno de los tubos. Anotar el peso de la tela.

- Colocar los tubos con la tela, enumerados desde 1 hasta N, en la balanza analítica.
- Tarar, y agregar desde gotero en la tela (sin tocar la misma, ni las paredes del tubo de ensayo); la dilución de surfactante anteriormente preparada; de modo tal de obtener un % de surfactante aproximado en cada uno de los tubos según la concentración de los tramos en que se ha dividido el rango.
- En cada tubo anotar cantidad de solución pesada.

Figura 16

Diagrama para curva de calibración para los equipos de RMN MQ-20 y MQ-1



Nota. Autoría propia

Resultados

Descripción del procedimiento

Se lee la muestra patrón de concentración de 0.00 % en las curvas de calibración del Minispec MQ 20 y MQ One para los surfactantes Silastol 163, Cirrasol PP 862 y este valor fue el valor mínimo cuantificable, el detectable se calcula dividiendo en el coeficiente de correlación de la curva se obtiene al ingresar por la opción calibrar, y aplicar la opción ver puntos de la curva, aparecen los datos de la curva y el coeficiente de correlación, que indica que tan lineal es la curva de calibración.

La tabla 1, indica las curvas de calibración desarrolladas en los equipos de RMN Minispec MQ 20 y MQ One para los surfactantes Silastol 163, Cirrasol PP 862.

Tabla 1

Las curvas desarrolladas en los equipos de RMN Minispec MQ 20 y MQ One para los surfactantes Silastol 163, Cirrasol PP 862

Instrumento	Surfactante	Nombre de la Curva	Mínimo Cuantificable	Mínimo Detectable	Coefficiente Correlación
NMR MQ 20	Silastol 163	Silastol22122012data_opu	0.005	0.028	0.996
NMR MQ 20	Cirrasol PP862	cirrasol_PP862_27062020_data_opu	0.029	0.014	0.998
NMR MQ-1	Silastol 163	Silastol22122012data_opu	0.007	0.003	0.998
NMR MQ -1	Cirrasol PP862	cirrasol_PP862_27062020_data_opu	0.018	0.009	0.998

Nota. Esta tabla indica las curvas de calibración desarrolladas en los equipos de RMN Minispec MQ 20 y MQ One para los surfactantes Silastol 163, Cirrasol PP 862. *Fuente.* Autoría propia

Tabla 2

Mediciones con las curvas de Cirrasol en los equipos de RMN Minispec MQ 20 y MQ One

Cirrasol PP862 (Curva ref. MQ20)				Silastol 163 (Curva ref. Estándares MQ-ONE)			
Muestra	MQ 20	MQ ONE	Error	Muestra	MQ 20	MQ ONE	Error
Nro.	% OPU	% OPU	%	Nro.	% OPU	% OPU	%
1	0.784	0.669	-0.115	1	0.758	0.788	0.030
2	0.782	0.694	-0.088	2	0.796	0.735	-0.061
3	0.640	0.569	-0.071	3	0.705	0.810	0.105
4	0.585	0.530	-0.055	4	0.690	0.805	0.115
5	0.715	0.650	-0.066	5	0.705	0.796	0.091
6	0.639	0.585	-0.053	6	0.766	0.862	0.096
7	0.656	0.588	-0.068	7	0.722	0.775	0.053
8	0.683	0.613	-0.070	8	0.827	0.876	0.050
9	0.742	0.651	-0.091	9	0.737	0.788	0.051
10	0.761	0.720	-0.041	10	0.791	0.874	0.083
11	0.732	0.669	-0.062	11	0.616	0.669	0.053
12	0.856	0.782	-0.074	12	0.614	0.650	0.036
13	0.775	0.714	-0.061	13	0.811	0.873	0.062
14	0.770	0.700	-0.070	14	0.652	0.704	0.051
15	0.596	0.550	-0.046	15	0.611	0.651	0.040
16	0.838	0.737	-0.101	16	0.758	0.788	0.030
17	0.752	0.706	-0.046	17	0.796	0.735	-0.061
18	0.841	0.743	-0.099	18	0.705	0.810	0.105
19	0.782	0.694	-0.088	19	0.690	0.805	0.115
20	0.640	0.569	-0.071	20	0.705	0.796	0.091
21	0.585	0.530	-0.055	21	0.766	0.862	0.096
22	0.715	0.650	-0.066	22	0.722	0.775	0.053
23	0.639	0.585	-0.053	23	0.827	0.876	0.050
24	0.656	0.588	-0.068	24	0.737	0.788	0.051
25	0.683	0.613	-0.070	25	0.791	0.874	0.083
26	0.742	0.651	-0.091	26	0.616	0.669	0.053
27	0.761	0.720	-0.041	27	0.614	0.650	0.036
28	0.732	0.669	-0.062	28	0.811	0.873	0.062
29	0.856	0.782	-0.074	29	0.652	0.704	0.051
30	0.775	0.714	-0.061	30	0.611	0.651	0.040
31	0.770	0.700	-0.070	31	0.705	0.810	0.105
Promedio	0.730	0.659	-0.071	Promedio	0.720	0.777	0.057
	Máximo Error		-0.041		Máximo Error		0.115
	Mínimo Error		-0.115		Mínimo Error		-0.061

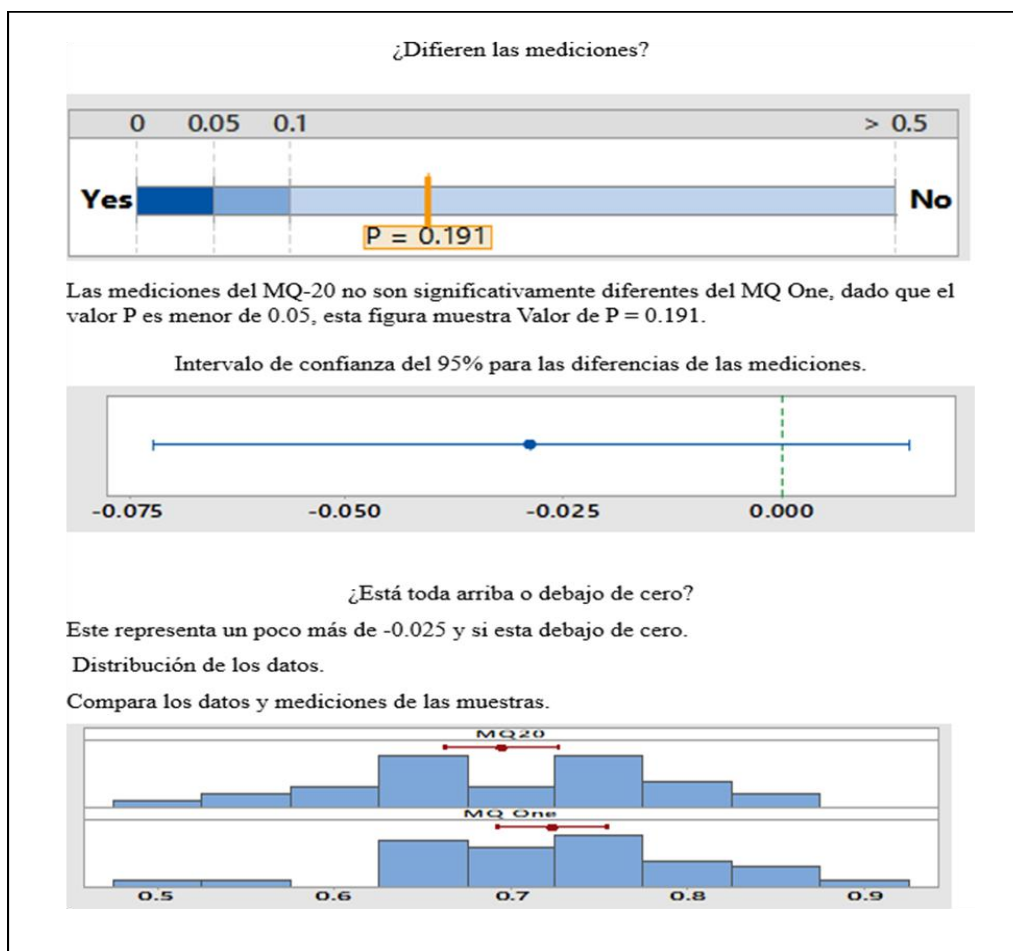
Nota. Esta tabla muestra las mediciones con las curvas de Cirrasol en los equipos de RMN

Minispec MQ 20 y MQ One. *Fuente.* Autoría propia

La figura 17, se enseña la comparación de los datos de Cirrasol PP862 y Silastol 163 entre los equipos de resonancia magnética MQ-20 equipo de referencia vs Equipo MQ ONE equipo a validar. Esta arroja el siguiente enunciado importante, las ediciones del MQ -20 no son significativamente diferentes del MQ-ONE, con la prueba $P > 0.05$ con la diferencia de medias.

Figura 17

Grafica Curva con referencia de lectura MQ 20 vs MQ ONE

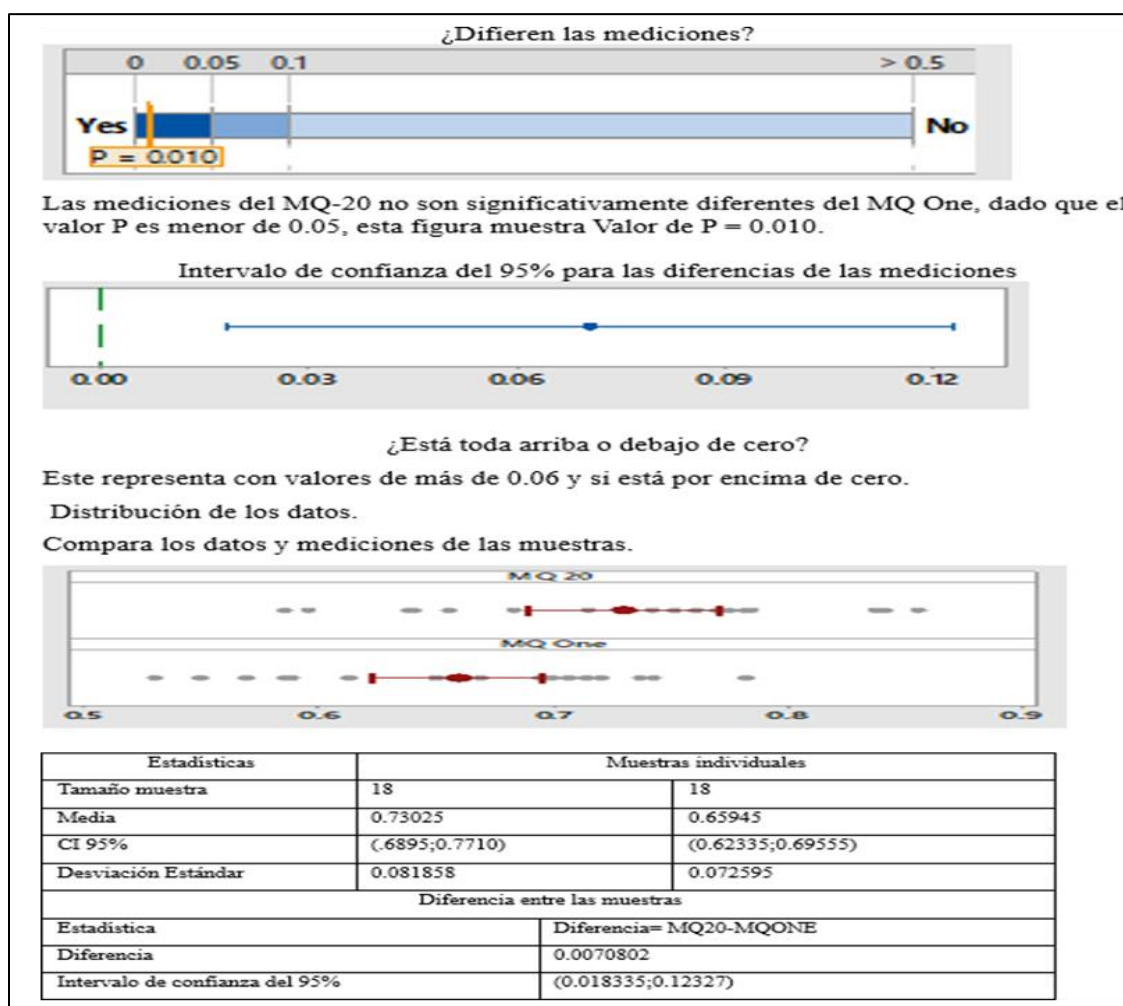


Nota. Autoria propia, gráfico arrojado por el programa estadístico minitab, se enseña la comparación de los datos de Cirrasol PP862 y Silastol 163 entre los equipos de resonancia magnética MQ-20 equipo de referencia vs Equipo MQ ONE equipo a validar.

La figura 18, muestra la comparación de los datos de Cirrasol PP862 en los equipos de RMN Minispec MQ 20 y MQ One donde se puede concluir que las medias difieren en el nivel 0,05 de significancia. Diferencia 0.070802 (0,018335, 0,12327). El CI cuantifica la incertidumbre asociada con la estimación de la diferencia de medias a partir de datos de muestra. El 95% de certeza que la verdadera diferencia está entre 0,018335 y 0,12327.

Figura 18

Comparación de los datos de Cirrasol PP862



Nota. Autoría propia, gráfico arrojado por el programa estadístico minitab, muestra la comparación de los datos de Cirrasol PP862 en los equipos de RMN Minispec MQ 20 y MQ One

Como se refleja la figura 18, la Grafica Curva con referencia con valores de los estándares preparados, según el comentario en la prueba no hay evidencia suficiente para concluir que las medias difieren en el nivel de significancia de 0.05. El CI cuantifica la incertidumbre asociada con la estimación de la diferencia de la diferencia de medias a partir de datos de la muestra. Puede tener un 95 % de confianza en que la diferencia verdadera esta entre 0.018335 y 0.12327.

Nota: CI (Es el intervalo de confianza es un rango de valores, derivado de los estadísticos de la muestra, que posiblemente incluya el valor de un parámetro de población desconocido.

Debido a su naturaleza aleatoria, es poco probable que dos muestras de una población en particular produzcan intervalos de confianza idénticos. Sin embargo, si se repiten muchas veces su muestra, un determinado porcentaje de los intervalos de confianza resultantes incluiría el parámetro de población desconocido).

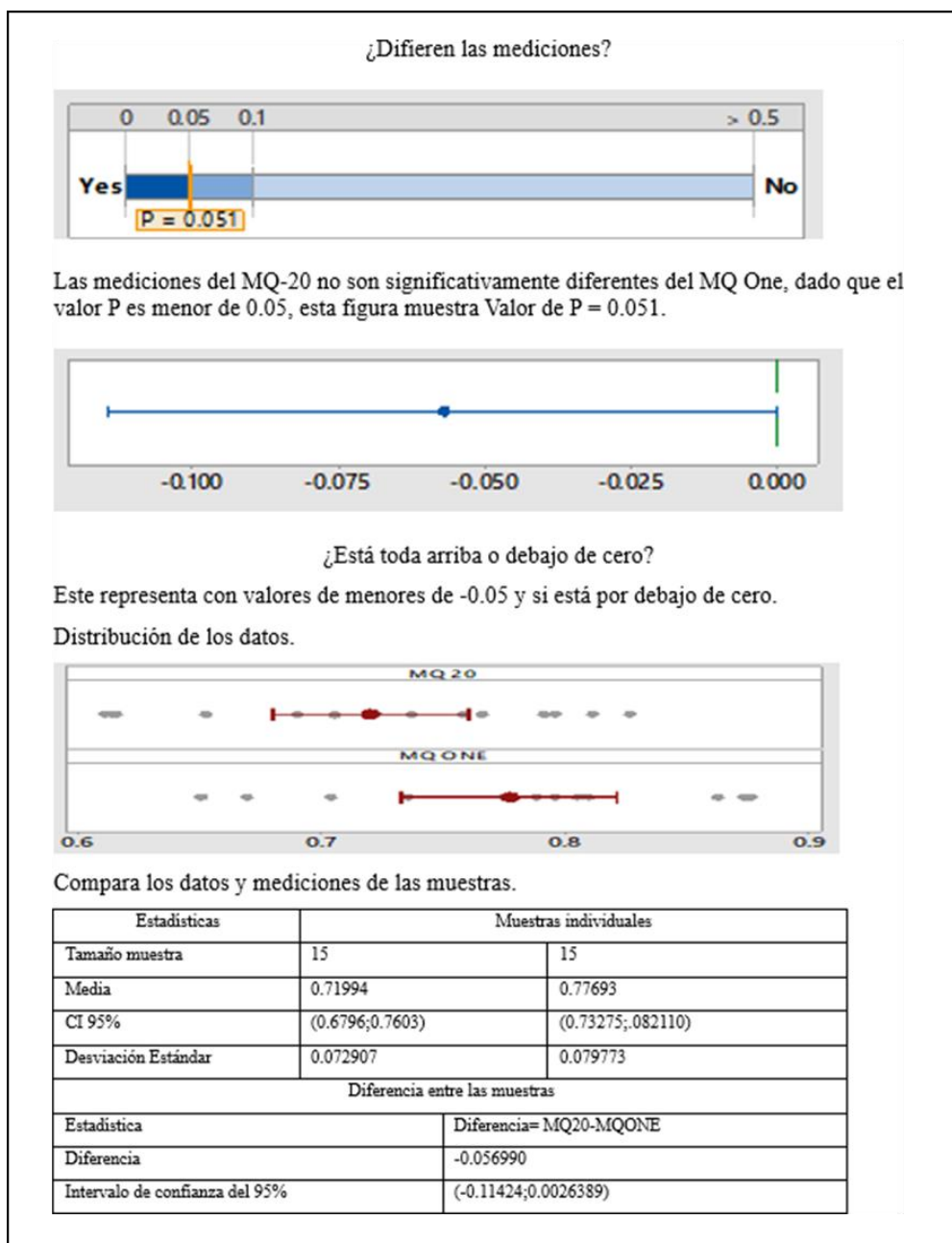
La figura 19 muestra las diferencias en las mediciones, Grafica Curva con referencia con valores de los estándares preparados.

En la prueba no hay evidencia suficiente para concluir que las medias difieren en el nivel de significancia de 0.05. El CI cuantifica la incertidumbre asociada con la estimación de la diferencia de la diferencia de medias a partir de datos de la muestra.

Puede tener un 95 % de confianza en que la diferencia verdadera esta entre 0.11424 y 0.000226389. La distribución de los datos: compara la ubicación y las medias de las muestras.

Figura 19

Grafica curva de referencia con valores de los estándares preparados



Nota. Autoria propia, información arrojada por el programa estadístico minitab, muestra la grafica curva y referencia con valores de los estándares preparados

Criterios de Éxito

Cada una de las curvas de calibración debe cumplir con los criterios de éxito.

- El mínimo valor cuantificable se hará con el estándar de 0.00 % para todas las curvas de calibración, teniendo en cuenta que el criterio de éxito es si es menor o igual 0.10 %.
- El mínimo valor detectable será el mínimo cuantificable dividido 2 y debe ser menor a 0.50 %

La siguiente tabla muestra los resultados preliminares de acuerdo con las mediciones realizadas.

En la tabla 3, se observan resultados preliminares de acuerdo con las mediciones realizadas de las curvas de Cirrasol y Silastol, como son la descripción de los equipos comparados, el surfactante utilizado, el nombre de la curva, mínimo cuantificable, mínimo detectable, y coeficiente de correlación de las curvas de calibración realizadas para poder hacer la validación de los equipos de RMN MQ-20 vs MQ-1 .

Tabla 3

Resultados preliminares de acuerdo con las mediciones realizadas

Equipo	Surfactate	Nombre de la Curva	Mínimo Cuantificable (< 0.1)	Mínimo Detectable (<0.05)	Coefficiente Correlación (>0.9900)
NMR MQ 20 Spin Finish Analyzer	Silastol163	Silastol22122012data_opu	0.006	0.028	0.997
	CirrasolP862	cirrasol_PP862_27062020_data_opa	0.029	0.0145	0.998
N MR MQ One Spin Finish Analyzer	Silastol163	Silastol_163_2020	0.008	0.004	0.999
	CirrasolP862	Cirrasol_PP862	0.019	0.009	0.999
Criterio de Éxito			Cumple	Cumple	Cumple
Curva deCalibración	Nombre de la Curva	Surfactante	Prueba de hipótesis (p>0.05)	Diferencia al 95 %CI	Criterio de Éxito
Silastol_163_202	Curva MQ One con referencia a MQ 20	Silastol 163	0.01	-0.029	Cumpl
Cirrasol_862	Curva MQ One con referencia a valores muestrasde calibración	Cirrasol P862	0.05	-0.057	Cumpl

Nota. Esta tabla muestra los resultados preliminares de acuerdo con las mediciones realizadas de las curvas de Cirrasol y Silastol. *Fuente.* Autoría propia

En la Tabla 4, se visualizan las mediciones tomadas en los equipos de RNM MQ-20 y MQ-ONE en tela no tejida sin adición de surfactantes. Comparativo cero muestras de tela fóbica 11.6 g tecnología ss. (peso de la muestra 1.376 g), no hay aplicación de surfactante

Tabla 4

Mediciones tomadas en los equipos de RNM MQ-20 y MQ-ONE en tela no tejida sin adición de surfactantes

No.	% OPU MQ20	% OPU MQ-1	Diferencia MQ20-MQ1
1	0,000	0,023	-0,023
2	0,000	0,015	-0,016
3	-0,007	0,007	-0,014
4	-0,008	0,016	-0,024
5	-0,001	0,002	-0,003
6	0,002	0,002	0,000
7	0,002	0,002	0,000
8	-0,008	0,001	-0,009
9	-0,012	0,011	-0,023
10	-0,003	0,009	-0,012
11	-0,005	0,019	-0,024
12	-0,003	0,009	-0,012
13	0,001	0,009	-0,008
14	0,000	0,016	-0,016
15	0,000	0,001	-0,001
16	0,002	0,023	-0,021
17	-0,003	0,013	-0,016
18	-0,001	0,007	-0,008
19	-0,006	0,018	-0,024
20	-0,013	0,000	-0,013
21	-0,010	0,015	-0,025
22	-0,007	0,014	-0,021
23	0,000	0,010	-0,010
24	-0,015	0,009	-0,024
25	0,000	0,012	-0,012
26	-0,006	0,014	-0,020
27	-0,004	0,010	-0,014
28	0,004	0,002	0,002
29	0,002	0,007	-0,005
30	-0,001	0,017	-0,018
Promedio	-0,003	0,011	-0,014
Máx	0,004	0,023	0,002
Min	-0,015	0,000	-0,025
Dstd	0,005	0,006	0,008
Rango	0,019	0,022	0,027
			-58,662

Nota. Esta tabla se visualizan las mediciones tomadas en los equipos de RNM MQ-20 y MQ-

ONE en tela no tejida sin adición de surfactantes. *Fuente.* Autoría propia

En la tabla 5, se visualiza las estadísticas descriptivas de la tabla 4, comparativo cero muestras de tela fóbica 11.6 g tecnología ss. (peso de la muestra 1.376 g), no hay aplicación desurfactante.

Tabla 5

Estadísticas descriptivas de la tabla 4

Muestra	N	Media	Desv.Est.	ErrorEstándar de la Media
% OPU MQ20	31	0,586	0,049	0,009
% OPU MQ-1	31	0,551	0,0512	0,009

Nota. En esta tabla se visualiza las estadísticas descriptivas de la tabla 4. *Fuente.* Autoría propia

Para la tabla 6, se muestra la estimación de la diferencia pareada, comparativo cero muestras de tela fóbica 11.6 g tecnología ss. (peso de la muestra 1.376 g), no hay aplicación de surfactante, de la tabla 1. Diferencia_μ: media de población de (% OPU MQ20 - % OPU MQ-1 según la tabla 4.

Tabla 6

Estimación de la diferencia pareada, comparativo cero muestras de tela fóbica

Media	Desv.Est.	ErrorEstándar de la Media	IC de 95% para la Diferencia_μ
0,034	0,018	0,003	(0,028; 0,041)

Nota. En esta tabla se observa la estimación de la diferencia pareada, comparativo cero muestras de tela fóbica 11.6 g tecnología ss. *Fuente.* Autoría propia

En la tabla 7 muestra la prueba t para la tabla 4 comparativo cero muestras de tela fóbica 11.6 g tecnología ss. (peso de la muestra 1.376 g), no hay aplicación de surfactante.

Tabla 7*Comparativo cero muestras de tela fóbica*

Hipótesis Nula	$H_0: \text{Diferencia}_\mu = 0$
Hipótesis alterna	$H_1: \text{diferencia}_\mu \neq 0$
Valor T	Valor p
10,640	0,000

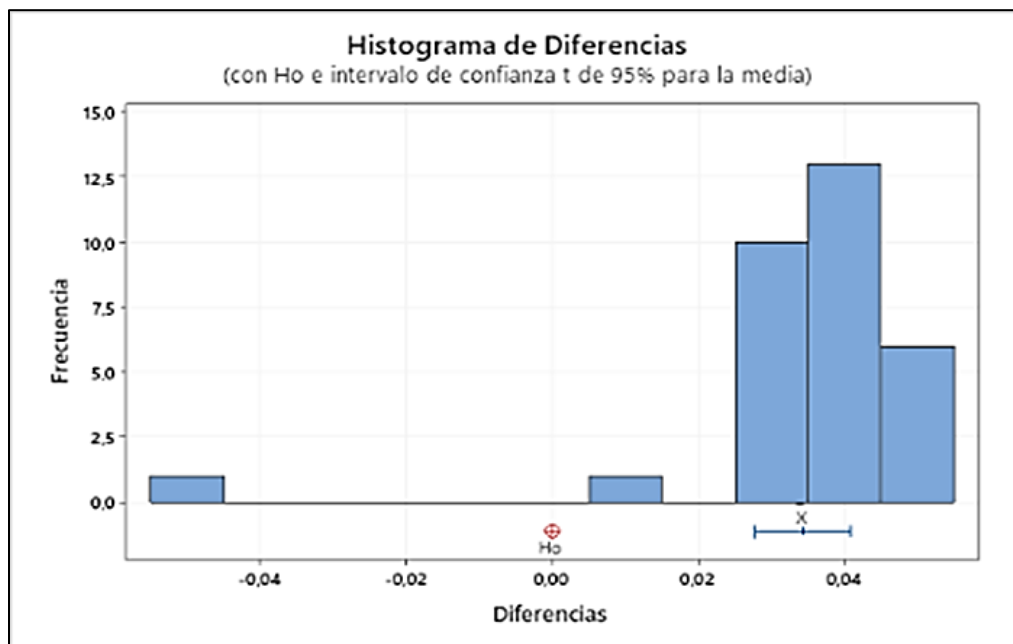
Nota. En esta tabla se observa la prueba t para la tabla 4 comparativo cero muestras de tela fóbica 11.6 g tecnología ss. *Fuente.* Autoría propia

La hipótesis nula de los datos de la tabla 7, indica que la diferencia media entre los equipos MQ 20 y MQ 1 es 0. Puesto que el valor p es 0.000, que es menor que el nivel de significancia de 0.05, rechaza la hipótesis nula y concluye que hay una diferencia entre las mediciones de los equipos MQ 20 y MQ 1, antes MQ-20 y después MQ-1 de mediciones de contenido de surfactantes en la tela no tejida, no obstante, esa diferencia es casi despreciable como se observa en la tabla 3 con un error de la media de 0.00323%. El valor t es lo suficientemente inusual como para rechazar la hipótesis nula.

En la figura 20 hace referencia al Histograma de diferencias entre los dos equipos MQ 20 y MQ ONE, de los datos obtenidos en la tabla 4. El histograma nos muestra diferencia porque hay datos diferentes con asimetría a la derecha con variación de 0.04 %, según la tabla 4.

Figura 20

Histograma de diferencias entre los dos equipos MQ 20 y MQ ONE

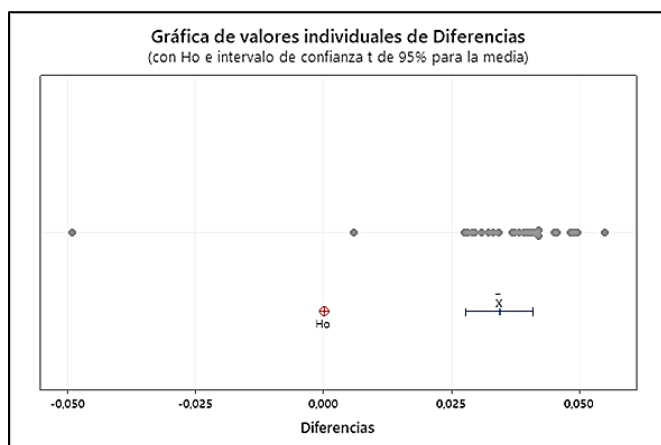


Nota. Autoria propia, información arrojada por el programa estadístico minitab, hace referencia al histograma de diferencias entre los dos equipos MQ 20 y MQ ONE

En la figura 21, se observa la diferencia de valores individuales nos muestra diferencia en por que hay datos diferentes con asimetría a la derecha con variación de 0.05%, entre los equipos MQ 20 y MQ ONE, de los datos obtenidos en la tabla 4.

Figura 21

Diferencia de valores individuales

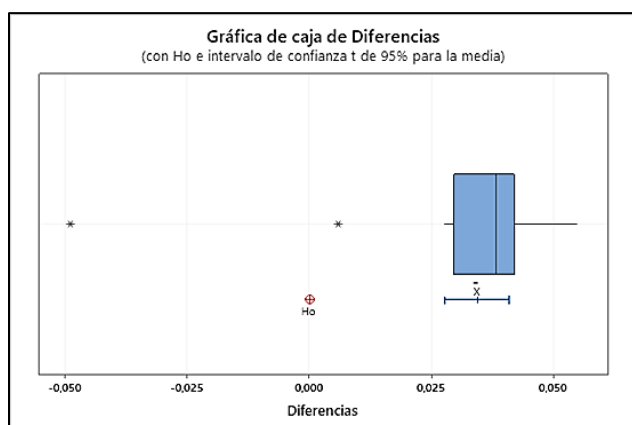


Nota. Autoría propia, información arrojada por el programa estadístico minitab, se observa la diferencia de valores individuales

La figura 22 evidencia la diferencia en por que hay datos diferentes con asimetría a la derecha con variación de 0.05%, de los equipos MQ 20 y MQ ONE, de los datos obtenidos en la tabla 1. Esta hace referencia a la gráfica de caja de diferencias, datos obtenidos en la tabla 4.

Figura 22

Mediciones tomadas en los equipos de RNM MQ-20 y MQ-ONE



Nota. Autoría propia, información arrojada por el programa estadístico minitab, se evidencia la diferencia en por que hay datos diferentes con asimetría a la derecha con variación de 0.05%

En la tabla 8 muestra las mediciones tomadas en los equipos de RNM MQ-20 y MQ-ONE en tela no tejida con peso base de 10 g /m² con adición de surfactante Silastol. Tela 10 g tecnología ac st con surfactante con Silastol muestra lote cal1153276a-16-06-2021

Tabla 8

Mediciones tomadas en los equipos de RNM MQ-20 y MQ-ONE en tela no tejida con peso base de 10 g /m² con adición de surfactante Silastol

No.	% OPU MQ20	% OPU MQ-1	Diferencia MQ20-MQ1
1	0,564	0,613	-0,049
2	0,533	0,494	0,039
3	0,586	0,558	0,028
4	0,585	0,551	0,034
5	0,575	0,547	0,028
6	0,585	0,540	0,046
7	0,608	0,553	0,055
8	0,534	0,502	0,032
9	0,576	0,534	0,042
10	0,503	0,462	0,041
11	0,581	0,543	0,038
12	0,598	0,569	0,029
13	0,593	0,562	0,031
14	0,702	0,657	0,045
15	0,602	0,562	0,040
16	0,651	0,623	0,028
17	0,672	0,635	0,037
18	0,607	0,574	0,033
19	0,595	0,558	0,037
20	0,510	0,470	0,040
21	0,596	0,547	0,050
22	0,556	0,508	0,048
23	0,624	0,618	0,006
24	0,526	0,486	0,040
25	0,583	0,534	0,049
26	0,511	0,483	0,028
27	0,552	0,522	0,030
28	0,694	0,652	0,042
29	0,548	0,511	0,037
30	0,580	0,539	0,041
31	0,626	0,585	0,041
Promedio	0,586	0,549	0,037
Máx.	0,702	0,657	0,055
Min	0,503	0,462	0,006
Dstd	0,049	0,050	0,009
Rango	0,199	0,195	0,0490
% CV	8,385	9,081	24,670

Nota. En esta tabla se observa las mediciones tomadas en los equipos de RNM MQ-20 y MQ-ONE en tela no tejida con peso base de 10 g /m² con adición de surfactante Silastol. *Fuente.*

Autoría propia

Nota. El intervalo de confianza (IC) proporciona un rango de valores probables para la desviación estándar o la varianza de la población. Puesto que las muestras son aleatorias, es poco probable que dos muestras de una población produzcan intervalos de confianza idénticos. El intervalo de confianza ayuda a evaluar la significancia práctica de los resultados. Utilice su conocimiento especializado para determinar si el intervalo de confianza incluye valores que tienen significancia práctica para su situación. Si el intervalo es demasiado amplio para ser útil, considere aumentar el tamaño de la muestra.

En la tabla 9 se evidencia que el IC y prueba t pareada: % OPU MQ20, % OPU MQ-1 según tabla 8. Estadísticas descriptivas de tela 10 g tecnología ac st con surfactante Silastol muestra lote CAL1153276A-16-06-2021, obtenidos de la tabla 8 se muestran en la tabla 9,10 y 11.

Tabla 9

Estimación de la diferencia pareada

Muestra	N	Media	Desv.Est.	ErrorEstándar de la Media
% OPU MQ20	31	0.586	0.049	0.009
% OPU MQ-1	31	0.551	0.051	0.009

Nota. En esta tabla se observa que el IC y prueba t pareada: % OPU MQ20, % OPU MQ-1 según tabla 8. *Fuente.* Autoría propia

La tabla 10, se muestra la estimación de la diferencia pareada, tela 10 g tecnología ac st con surfactante con Silastol muestra lote cal1153276a-16-06-2021, obtenidos de la tabla 8.

Tabla 10

Tela 10 g tecnología ac st con surfactante con Silastol

Media	Desv.Est.	ErrorEstándar de la Media	IC de 95% para la Diferencia_μ
0.034	0.018	0.003	(0.028, 0.041)

Nota. En esta tabla se observa la estimación de la diferencia pareada, obtenidos de la tabla 8.

Fuente. Autoría propia

Tabla 11, se observa la prueba t, tela 10 g tecnología ac st con surfactante con Silastol, muestra lote cal1153276a-16-06-2021, valores obtenidos de la tabla 8.

Tabla 11

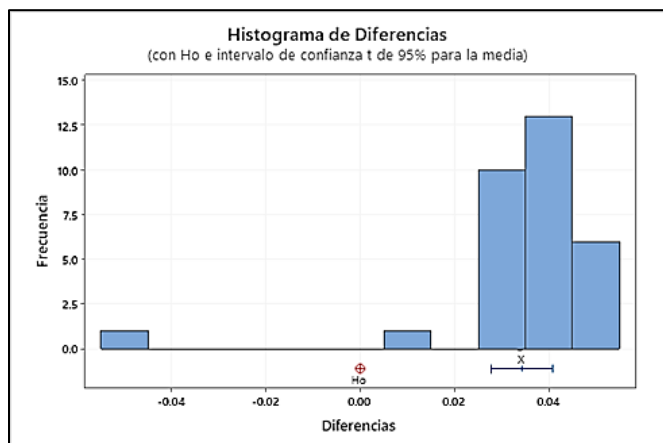
La hipótesis nula

Hipótesis nula	Ho: diferencia_μ = 0
Hipótesis alterna	H1: diferencia_μ ≠ 0
Valor T	Valor p
10.640	0.000

Nota. En esta tabla se observa la prueba t, tela 10 g tecnología ac st con surfactante con Silastol.

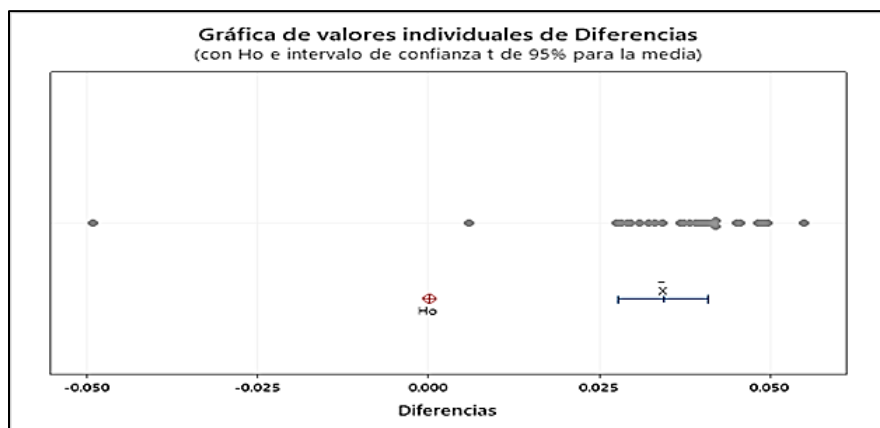
Fuente. Autoría propia

En la Figura 23, se observa el histograma de diferencias nos muestra diferencia en por que hay datos diferentes con asimetría a la derecha con variación de 0.04, obtenidos de la tabla 8.

Figura 23*Histograma de diferencias*

Nota. Autoría propia, información arrojada por el programa estadístico minitab, se observa el histograma de diferencias

La figura 24, es la gráfica de valores individuales de diferencias, nos muestra diferencia en por que hay datos diferentes con asimetría a la derecha con variación de 0.05, obtenidos de la tabla 8.

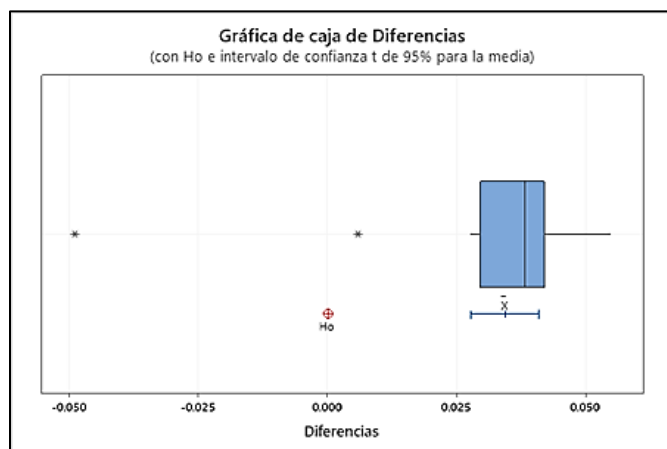
Figura 24*Gráfica de valores individuales de diferencias*

Nota. Autoría propia, información arrojada por el programa estadístico minitab, se observa la gráfica de valores individuales de diferencias

Figura 25, la observa la grafica de cajas de diferencias con la mayoría de datos 0.025 a 0.04% entre el cuartil 1 y 3, resultados obtenidos de la tabla 8.

Figura 25

Grafica de cajas de Diferencias



Nota. Autoria propia, información arrojada por el programa estadístico minitab, se observa la gráfica de valores individuales de diferencias

En la tabla 12, se visualiza las mediciones tomadas en los equipos de RNM MQ-20 y MQ-ONE en tela no tejida con peso base de 12 g /m² con adición de surfactante Silastol. . Tela 12 g tecnología ss. filica total con surfactante Silastol lote cal3145954a-21-06-2021

Tabla 12

Mediciones tomadas en los equipos de RNM MQ-20 y MQ-ONE en tela no tejida con peso base de 12 g /m2 con adición de surfactante Silastol

g de Muestra	% OPU MQ20	% OPU MQ-1	Diferencia MQ20-MQ1
1,252	0,379	0,396	-0,017
1,256	0,373	0,440	-0,067
1,239	0,400	0,455	-0,055
1,236	0,379	0,488	-0,109
1,271	0,395	0,465	-0,070
1,232	0,392	0,490	-0,098
1,192	0,399	0,473	-0,074
1,180	0,396	0,491	-0,095
1,217	0,356	0,492	-0,136
1,238	0,297	0,440	-0,143
1,308	0,342	0,366	-0,024
1,291	0,371	0,422	-0,051
1,295	0,388	0,456	-0,068
1,267	0,382	0,485	-0,103
1,237	0,392	0,479	-0,087
1,250	0,385	0,496	-0,111
1,239	0,397	0,462	-0,065
1,226	0,377	0,488	-0,111
1,257	0,364	0,437	-0,073
1,276	0,340	0,424	-0,084
1,176	0,336	0,408	-0,072
1,186	0,356	0,407	-0,051
1,192	0,386	0,440	-0,054
1,186	0,353	0,496	-0,143
1,168	0,414	0,443	-0,029
1,165	0,419	0,499	-0,080
1,151	0,415	0,498	-0,083
1,136	0,399	0,513	-0,114
1,164	0,363	0,455	-0,092
1,190	0,353	0,443	-0,090
1,209	0,349	0,419	-0,070
Promedio	0,376	0,457	-0,081
Max	0,419	0,513	-0,017
Min	0,297	0,366	-0,143
Dstd	0,027	0,036	0,031
Rango	0,122	0,148	0,126
% CV	7,0528	7,767	-38,316

Nota. En esta tabla se observa las mediciones tomadas en los equipos de RNM MQ-20 y MQ-

ONE en tela no tejida con peso base de 12 g /m2 con adición de surfactante Silastol. *Fuente.*

Autoría propia

Tabla 13. Se observa el IC y Prueba t pareada: % OPU MQ20, % OPU MQ-1 de la tabla 12. Estadísticas descriptivas según la tabla 9, tela no tejida con peso base de 12 g /m2 con adición de surfactante Silastol.

Tabla 13

IC y prueba t pareada: % OPU MQ20, % OPU MQ-1, según tabla 12

Muestra	N	Media	Desv.Est.	Error Estándar dela Media
% OPU MQ20	31	0.3757	0.0269	0.0048
% OPU MQ-1	31	0.4569	0.0361	0.0065

Nota. En esta tabla se observa el IC y prueba t pareada: % OPU MQ20, % OPU MQ-1 de la tabla 12. *Fuente.* Autoría propia

Para la tabla 14, hace referencia a la estimación de la diferencia pareada de la obtenidos de la tabla 12, tela no tejida con peso base de 12 g /m2 con adición de surfactante Silastol.

Tabla 14

Estimación de la diferencia de los datos de la tabla 12

Media	Desv.Est.	Error estándar dela media	IC de 95% para la diferencia_μ
-0.081	0.032	0.006	(-0.093, -0.070)

Nota. En esta tabla hace referencia a la estimación de la diferencia pareada de la obtenidos de la tabla 12. *Fuente.* Autoría propia

La tabla 15, muestra la prueba t, tela no tejida con peso base de 12 g /m² con adición de surfactante Silastol, de los datos de la tabla 12.

Tabla 15

Tela no tejida con peso base de 12 g /m² con adición de surfactante Silastol

Hipótesis Nula	H ₀ : Diferencia_μ = 0
Hipótesis alterna	H ₁ : diferencia_μ ≠ 0
Valor T	Valor p
-14.300	0.000

Nota. En esta tabla se muestra la prueba t, tela no tejida con peso base de 12 g /m² con adición de surfactante Silastol, de los datos de la tabla 12. *Fuente.* Autoría propia

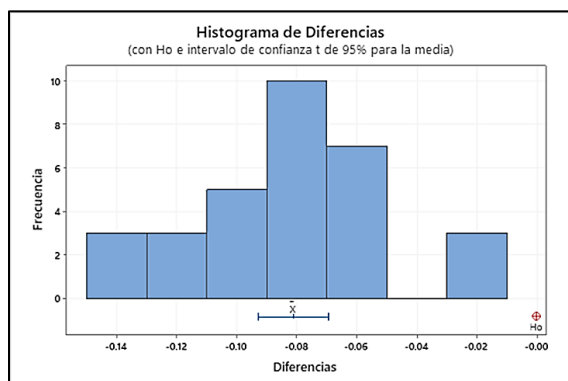
El valor t negativo indica una inversión en la direccionalidad del efecto, que no tiene relación con la importancia de la diferencia entre los grupos. El análisis de un valor t negativo requiere el examen de su valor absoluto en comparación con el valor de una tabla de valores t y grados de libertad, que cuantifica la variabilidad del número estimado final. Si el valor absoluto del valor t experimental es menor que el valor encontrado en el gráfico de grados de libertad, entonces se puede decir que las medias de los dos grupos son significativamente diferentes. En el caso de la tabla 3, esto ocurre porque la mayoría de los datos están ligeramente a la derecha y una parte se aleja sustancialmente a la izquierda, pero los datos tienen una distribución normal.

La hipótesis nula indica que la diferencia media entre los equipos MQ 20 y MQ 1 es 0. Puesto que el valor p es 0.000, que es menor que el nivel de significancia de 0.05, rechaza la hipótesis nula y concluye que hay una diferencia entre las mediciones de los equipos MQ 20 y MQ 1, antes MQ-20 y después MQ-1 de mediciones de contenido de surfactantes en la tela no tejida, no obstante, esa diferencia es casi despreciable como se observa en la tabla 11 con un error de la media de 0.006%. El valor t es lo suficientemente inusual como para rechazar la hipótesis nula.

La figura 26, se representa el histograma de diferencias con una leve asimetría a la izquierda según la tabla 12.

Figura 26

Histograma de diferencias con una leve asimetría a la izquierda

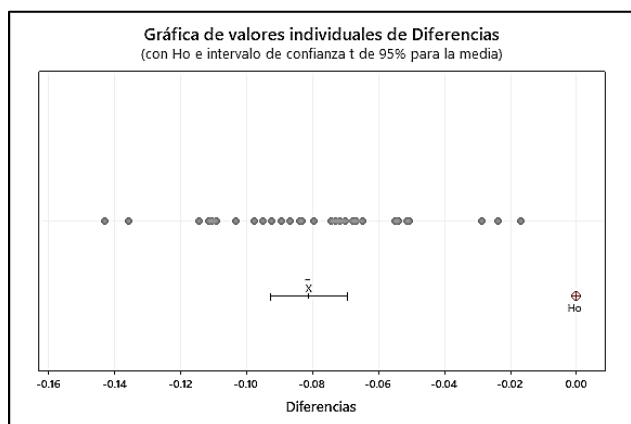


Nota. Autoría propia, información arrojada por el programa estadístico minitab, se representa el histograma de diferencias con una leve asimetría a la izquierda según la tabla 12

La figura 27, hace referencia a la gráfica de valores individuales de diferencias nos muestra la mayoría de los valores entre -0.120 % y -0.050 %, de los datos de la tabla 12.

Figura 27

Valores individuales de diferencias

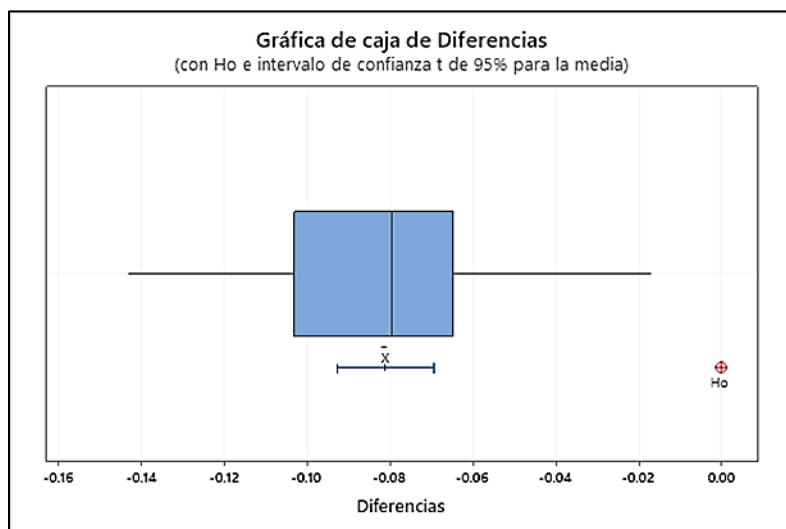


Nota. Autoría propia, información arrojada por el programa estadístico minitab, se hace referencia a la gráfica de valores individuales de diferencias

Como en la muestra la figura 28, se observa la gráfica de caja de diferencias, se observan los datos entre el primer y tercer cuartil, de los datos recolectados en la tabla 12.

Figura 28

Gráfica de caja de diferencias



Nota. Autoria propia, información arrojada por el programa estadístico minitab, se observa la gráfica de caja de diferencias, se observan los datos entre el primer y tercer cuartil, de los datos recolectados en la tabla 12

En la tabla 16, se tiene las mediciones tomadas en los equipos de RNM MQ-20 y MQ-ONE en tela no tejida con peso base de 13 g /m² con adición de surfactante Silastol. tela 13 g tecnología ss filica total con surfactante Silastol lote cal3146030a-30-06-2021.

Tabla 16

Mediciones tomadas en los equipos de RNM MQ-20 y MQ-ONE en tela no tejida con peso base de 13 g /m2 con adición de surfactante Silastol

g de Muestra	% OPU MQ20	% OPU MQ-1	Diferencia MQ20-MQ1
1,302	0,420	0,472	-0,052
1,285	0,436	0,488	-0,052
1,281	0,445	0,483	-0,038
1,238	0,476	0,528	-0,0519
1,203	0,536	0,577	-0,041
1,230	0,481	0,516	-0,035
1,220	0,540	0,555	-0,015
1,219	0,485	0,541	-0,056
1,214	0,472	0,504	-0,032
1,278	0,451	0,466	-0,015
1,309	0,425	0,439	-0,014
1,258	0,453	0,481	-0,028
1,266	0,438	0,461	-0,023
1,242	0,477	0,525	-0,048
1,205	0,509	0,553	-0,044
1,234	0,503	0,550	-0,047
1,213	0,525	0,574	-0,049
1,193	0,508	0,535	-0,027
1,201	0,477	0,506	-0,029
1,265	0,431	0,464	-0,033
1,297	0,418	0,452	-0,034
1,260	0,471	0,519	-0,048
1,274	0,482	0,523	-0,041
1,225	0,492	0,520	-0,028
1,203	0,531	0,587	-0,056
1,229	0,504	0,542	-0,038
1,215	0,552	0,601	-0,049
1,212	0,471	0,528	-0,057
1,209	0,488	0,524	-0,036
1,283	0,442	0,481	-0,039
1,313	0,418	0,433	-0,015
Promedio	0,476	0,514	-0,038
Max	0,552	0,601	-0,014
Min	0,418	0,433	-0,057
Dstd	0,038	0,043	0,013
Rango	0,134	0,168	0,044
% CV	7,909	8,361	-33,7620

Nota. En esta tabla se muestra las mediciones tomadas en los equipos de RNM MQ-20 y MQ-ONE en tela no tejida con peso base de 13 g /m2 con adición de surfactante Silastol. *Fuente.*

Autoría propia

La tabla 17. Enseña el IC y prueba t pareada: % OPU MQ20, % OPU MQ-1 de la tabla 13. Estadísticas descriptivas de la tabla 16, tela no tejida con peso base de 13 g /m2 con adición de surfactante Silastol.

Tabla 17

IC y prueba t pareada: % OPU MQ20, % OPU MQ-1

Muestra	N	Media	Desv.Est.	Error Estándar de la Media
% OPU MQ20	31	0.476	0.038	0.007
% OPU MQ-1	31	0.514	0.044	0.008

Nota. En esta tabla se enseña el IC y prueba t pareada: % OPU MQ20, % OPU MQ-1 de la tabla 13. *Fuente.* Autoría propia

La tabla 18, permite ver la diferencia pareada, tela no tejida con peso base de 13 g /m2 con adición de surfactante Silastol. Diferencia_μ: media de población de (% OPU MQ20 - % OPU MQ-1) según tabla 16. Ver tabla 16

Tabla 18

Diferencia pareada

Media	Desv.Est.	Error Estándar de la Media	IC de 95% para la Diferencia _μ
-0.038	0.013	0.002	(-0.042, - 0.033)

Nota. En esta tabla se permite ver la diferencia pareada de tela no tejida con peso base de 13 g /m2 con adición de surfactante Silastol. *Fuente.* Autoría propia

La tabla 19, hace referencia a la hipótesis nula de las mediciones da la tabla 13, indica que la diferencia media entre los equipos MQ 20 y MQ 1 es 0. Puesto que el valor p es 0.000,

que es menor que el nivel de significancia de 0.050 rechaza la hipótesis nula y concluye que hay una diferencia entre las mediciones de los equipos MQ 20 y MQ 1, antes MQ-20 y después MQ-1 de mediciones de contenido de surfactantes en la tela no tejida, no obstante esa diferencia es casi despreciable como se observa en la tabla 18 con un error de la media de 0.002%. El valor t es lo suficientemente inusual como para rechazar la hipótesis nula. La prueba t de la tabla 13. tela no tejida con peso base de 13 g /m2 con adición de surfactante Silastol.

Tabla 19

Hipótesis nula de las mediciones

Hipótesis Nula	$H_0: \text{Diferencia}_\mu = 0$
Hipótesis alterna	$H_1: \text{diferencia}_\mu \neq 0$
Valor T	Valor p
-16.220	0.000

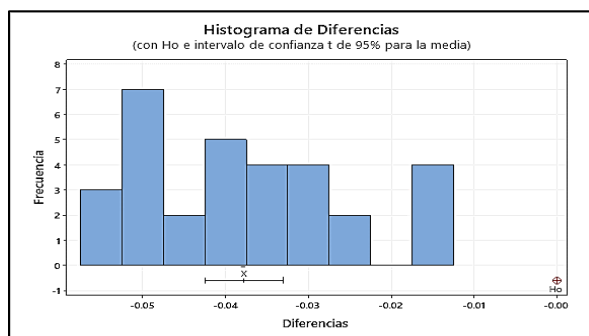
Nota. Esta tabla se hace referencia a la hipótesis nula de las mediciones da la tabla 13. *Fuente.*

Autoría propia

La figura 29, muestra el histograma de la tabla 16, que presenta asimetría hacia la izquierda, con valores desde -0.010% hasta 0.060% aproximadamente.

Figura 29

Histograma de diferencias

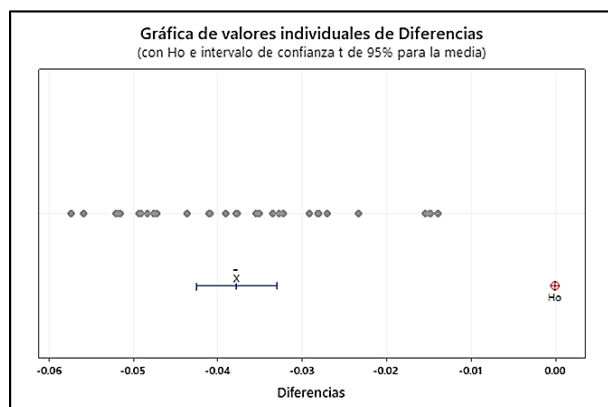


Nota. Autoría propia, información arrojada por el programa estadístico minitab, muestra el histograma de la tabla 16

En la figura 30, se observan los valores individuales de diferencias entre -0.010% y -0.060%, no presenta datos atípicos de los datos obtenidos de la tabla 16.

Figura 30

Valores individuales de diferencias entre -0.01% y -0.06%

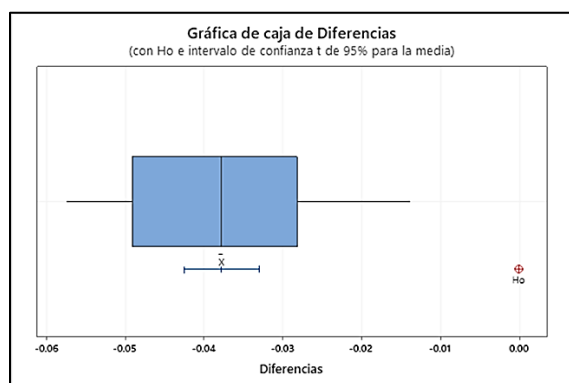


Nota. Autoria propia, información arrojada por el programa estadístico minitab, muestra los valores individuales de diferencias entre -0.010% y -0.060%

En la figura 31, se observa la gráfica de caja de diferencias muestra valores entre -0.030 y -0.050 datos en el 50% de la caja total, de los datos de la tabla 16.

Figura 31

Caja de diferencias muestra valores entre -0.03 y -0.05 datos en el 50% de la caja total



Nota. Autoria propia, información arrojada por el programa estadístico minitab, muestra la gráfica de caja de diferencias

En tabla 20, se observan las mediciones tomadas en los equipos de RNM MQ-20 y MQ-ONE en tela no tejida con peso base de 13 g /m² con adición de surfactante Silastol. Muestra de tela 13 g tecnología ac filico total con surfactante Silastol lote CAL153293A- 18-06-2021.

Tabla 20

Mediciones tomadas en los equipos de RNM MQ-20 y MQ-ONE en tela no tejida con peso base de 13 g /m² con adición de surfactante Silastol

No.	% OPU MQ20	% OPU MQ-1	Diferencia MQ20-MQ1
1	0,601	0,527	0,074
2	0,622	0,566	0,056
3	0,679	0,617	0,062
4	0,680	0,634	0,046
5	0,609	0,554	0,055
6	0,659	0,597	0,062
7	0,617	0,586	0,031
8	0,594	0,571	0,023
9	0,617	0,574	0,043
10	0,539	0,512	0,027
11	0,547	0,517	0,031
12	0,569	0,543	0,026
13	0,609	0,589	0,026
14	0,660	0,625	0,035
15	0,594	0,563	0,031
16	0,667	0,630	0,037
17	0,639	0,590	0,050
18	0,601	0,555	0,046
19	0,656	0,602	0,054
20	0,560	0,519	0,041
21	0,588	0,554	0,034
22	0,601	0,539	0,062
23	0,625	0,575	0,050
24	0,653	0,614	0,039
25	0,631	0,580	0,051
26	0,638	0,608	0,030
27	0,632	0,580	0,053
28	0,589	0,556	0,034
29	0,621	0,560	0,061
30	0,515	0,473	0,043
31	0,598	0,541	0,058
Promedio	0,613	0,569	0,044
Máx	0,680	0,634	0,074
Min	0,515	0,473	0,023
Dstd	0,040	0,037	0,013
Rango	0,165	0,162	0,052
% CV	6,459	6,542	30,031

Nota. Esta tabla muestra las mediciones tomadas en los equipos de RNM MQ-20 y MQ-ONE en

tela no tejida. *Fuente.* Autoría propia

La tabla 2, representa el IC y prueba t pareada: % OPU MQ20, % OPU MQ-1, de la tabla 20. Las Estadísticas descriptivas de la tabla 20, tela no tejida con peso base de 13 g/m² con adición de surfactante Silastol.

Tabla 21

IC y prueba t pareada: % OPU MQ20, % OPU MQ-1

Muestra	N	Media	Desv.Est.	Error Estándar de la Media
% OPU MQ20	31	0.613	0.0403	0.007
% OPU MQ-1	31	0.569	0.038	0.007

Nota. Esta tabla representa el IC y prueba t pareada: % OPU MQ20, % OPU MQ-1, de la tabla 20. *Fuente.* Autoría propia

La tabla 22, muestra la estimación de la diferencia pareada, tela no tejida con peso base de 13 g/m² con adición de surfactante Silastol, diferencia_μ: media de población de (% OPU MQ20 - % OPU MQ-1) de la tabla 20.

Tabla 22

Estimación de la diferencia pareada

Media	Desv.Est.	Error Estándar de la Media	IC de 95% para la Diferencia _μ
0.044	0.014	0.002	(0.040,0.049)

Nota. Esta tabla muestra la estimación de la diferencia pareada de tela no tejida con peso base de 13 g/m² con adición de surfactante Silastol. *Fuente.* Autoría propia

La tabla 20 tiene los valores de la prueba t tabla 17. tela no tejida con peso base de 13 g/m² con adición de surfactante Silastol.

La hipótesis nula de los tatos de la tabla 23 indica que la diferencia media entre los equipos MQ 20 y MQ 1 es 0. Puesto que el valor p es 0.000, que es menor que el nivel de significancia de 0.050 rechaza la hipótesis nula y concluye que hay una diferencia entre las mediciones de los equipos MQ 20 y MQ 1, antes MQ-20 y después MQ-1 de mediciones de contenido de surfactantes en la tela no tejida, no obstante, esa diferencia es casi despreciable como se observa en la tabla 22 con un error de la media de 0.002%. El valor t es lo suficientemente inusual como para rechazar la hipótesis nula.

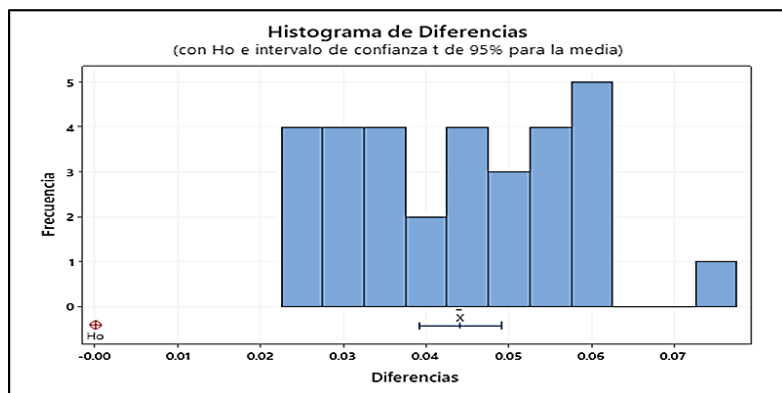
Tabla 23

Valores de la prueba t

Hipótesis Nula	$H_0: \text{Diferencia}_\mu = 0$
Hipótesis alterna	$H_1: \text{diferencia}_\mu \neq 0$
Valor T	Valor p
18.240	0.000

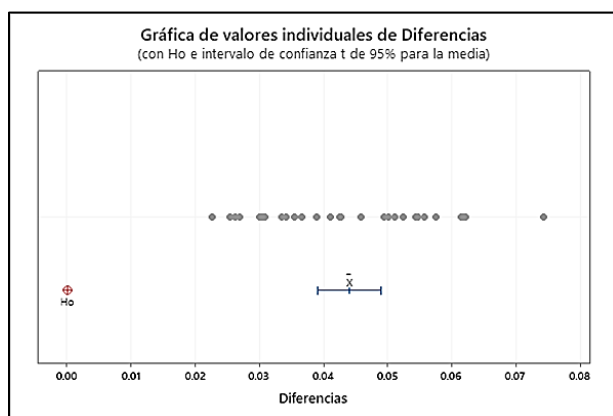
Nota. Esta tabla la indica la diferencia media entre los equipos MQ 20 y MQ 1. *Fuente.* Autoría propia

Con la figura 32, se muestra el histograma de diferencias de la tabla 20 con la mayoría de los datos entre 0.020% y 0.060%, un mínimo de valores con más de 0.070%.

Figura 32*Histograma de diferencias*

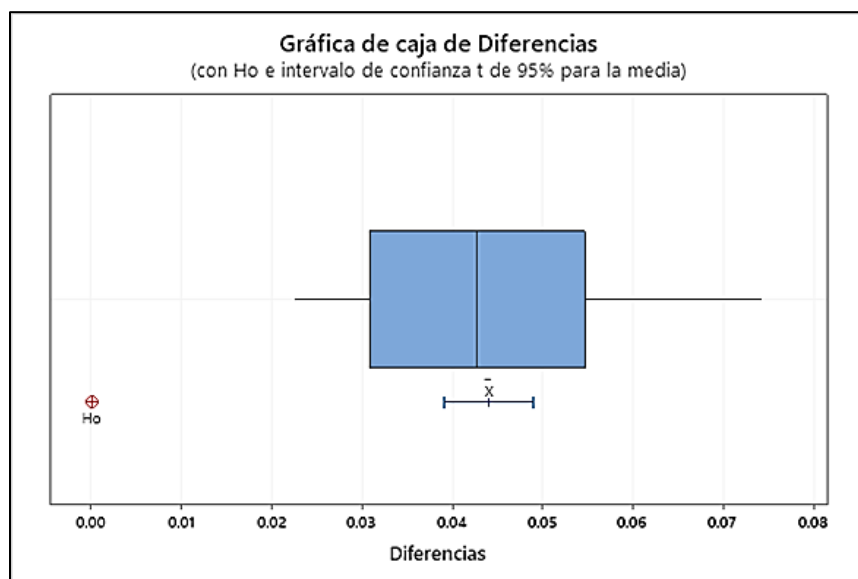
Nota. Autoria propia, información arrojada por el programa estadístico minitab, muestra el histograma de diferencias de la tabla 20 con la mayoría de los datos entre 0.020% y 0.060%

La figura 33, permite ver valores individuales de diferencias de la tabla 20 con valores entre 0.020 % y 0.060 % con muy pocos datos mayores a 0.070.

Figura 33*Valores individuales de diferencias*

Nota. Autoria propia, información arrojada por el programa estadístico minitab, muestra el histograma de diferencias de la tabla 20

La figura 34, muestra grafica de caja de diferencias de la tabla 20, muestra valores entre 0.030% y -0.050% datos en el 50% de la caja total.

Figura 34*Grafica de caja de diferencias*

Nota. Autoria propia, información arrojada por el programa estadístico minitab, muestra la grafica de caja de diferencias de la tabla 20

En la tabla 24, se encuentran las mediciones tomadas en los equipos de RNM MQ-20 y MQ-ONE en tela no tejida con peso base de 14 g /m² con adición de surfactante Silastol y muestra de tela 14 g tecnología ac filico total con surfactante Silastol lote cal1153285a-18-06-2021.

Tabla 24

Mediciones tomadas en los equipos de RNM MQ-20 y MQ-ONE en tela no tejida con peso base de 14 g /m2 con adición de surfactante Silastol

No.	% OPU MQ20	% OPU MQ-1	Diferencia MQ20-MQ1
1	0,563	0,539	0,025
2	0,614	0,594	0,020
3	0,612	0,622	-0,010
4	0,718	0,704	0,014
5	0,697	0,655	0,042
6	0,579	0,568	0,011
7	0,588	0,589	-0,001
8	0,798	0,770	0,028
9	0,619	0,591	0,028
10	0,565	0,535	0,030
11	0,535	0,527	0,008
12	0,634	0,642	-0,008
13	0,516	0,508	0,008
14	0,598	0,574	0,024
15	0,591	0,573	0,018
16	0,650	0,641	0,009
17	0,635	0,618	0,017
18	0,652	0,642	0,010
19	0,589	0,589	0,000
20	0,517	0,504	0,013
21	0,568	0,540	0,028
22	0,620	0,601	0,010
23	0,522	0,503	0,019
24	0,568	0,563	0,005
25	0,584	0,584	-0,000
26	0,648	0,620	0,028
27	0,601	0,586	0,016
28	0,641	0,625	0,017
29	0,627	0,600	0,027
30	0,584	0,553	0,031
31	0,572	0,563	0,009
Promedio	0,607	0,591	0,015
Max	0,798	0,770	0,042
Min	0,516	0,503	-0,010
Dstd	0,058	0,057	0,012
Rango	0,282	0,268	0,052
% CV	9,620	9,609	78,596

Nota. Esta tabla la indica las mediciones tomadas en los equipos de RNM MQ-20 y MQ-ONE en tela no tejida. *Fuente.* Autoría propia

La tabla 25, muestra el IC y prueba t pareada: % OPU MQ20, % OPU MQ-1 de la tabla 24. Estadísticas descriptivas de la tabla 21, tela no tejida con peso base de 14 g /m2 con adición de surfactante Silastol.

Tabla 25

IC y prueba t pareada: % OPU MQ20, % OPU MQ-ONE

Muestra	N	Media	Desv.Est.	Error Estándar de la Media
% OPU MQ20	31	0.607	0.059	0.011
% OPU MQ-1	31	0.591	0.058	0.010

Nota. Esta tabla muestra el IC y prueba t pareada: % OPU MQ20, % OPU MQ-1 de la tabla 24.

Fuente. Autoría propia

La tabla 26, permite ver la estimación de la diferencia pareada de la tabla 24, tela no tejida con peso base de 14 g /m2 con adición de surfactante Silastol. Y la Diferencia $_{\mu}$: media de población de (% OPU MQ20 - % OPU MQ-1) de la tabla 21.

Tabla 26

Estimación de la diferencia pareada

Medi	Desv.Est.	Error Estándar de la Media	IC de 95% para la Diferencia $_{\mu}$
0.0153	0.012	0.002	(0.011, 0.020)

Nota. Esta tabla muestra la estimación de la diferencia pareada de la tabla 24. *Fuente.* Autoría propia

En la tabla 27, se muestra la prueba t. tela no tejida con peso base de 14 g /m2 con adición de surfactante Silastol. La hipótesis nula de la tabla 21 indica que la diferencia media entre los equipos MQ 20 y MQ 1 es 0. Puesto que el valor p es 0.000, que es menor que el nivel de significancia de 0.05, rechaza la hipótesis nula y concluye que hay una diferencia entre las mediciones de los equipos MQ 20 y MQ 1, antes MQ-20 y después MQ-1 de mediciones de

contenido de surfactantes en la tela no tejida, no obstante, esa diferencia es casi despreciable como se observa en la tabla 26 con un error de la media de 0.002%.

En este comparativo el valor t es lo suficientemente inusual como para rechazar la hipótesis nula.

Tabla 27

Prueba t. tela no tejida con peso base de 14 g /m2 con adición de surfactante Silastol

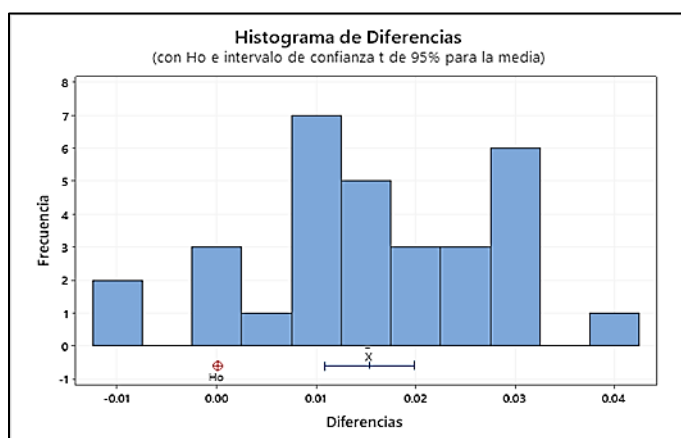
Hipótesis Nula	$H_0: \text{Diferencia}_\mu = 0$
Hipótesis alterna	$H_1: \text{diferencia}_\mu \neq 0$
Valor T	Valor p
6.970	0.000

Nota. Esta tabla muestra la prueba t. tela no tejida con peso base de 14 g /m2 con adición de surfactante Silastol. *Fuente.* Autoría propia

En la Figura 35, se puede observar el histograma de diferencias tabla 24.

Figura 35

Histograma de diferencias de la tabla 24

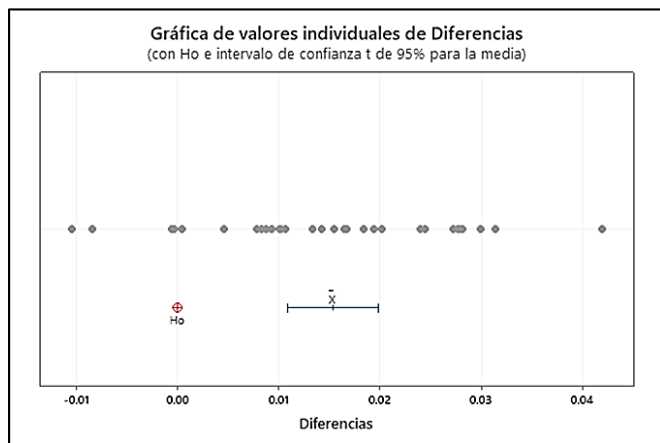


Nota. Autoria propia, información arrojada por el programa estadístico minitab, muestra el histograma de diferencias de la tabla 14

En la figura 36, se puede observar el histograma de diferencias de la tabla 21, con la mayoría de los datos entre 0.000 y 0.030, un mínimo de valores con más de 0.040.

Figura 36

Histograma de diferencias de la tabla 21

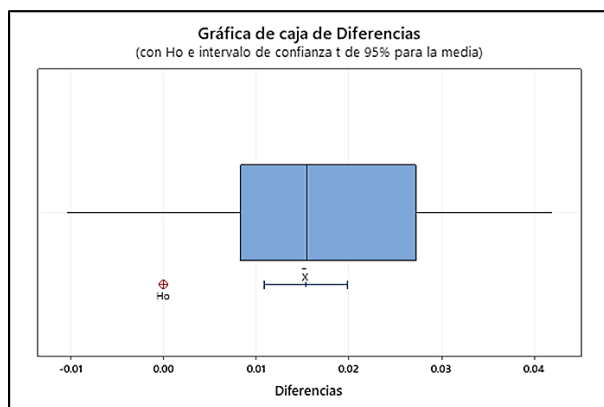


Nota. Autoria propia, información arrojada por el programa estadístico minitab, muestra el histograma de diferencias de la tabla 14

En la Figura 37, se observa la grafica de caja de diferencia de la tabla 24.

Figura 37

Grafica de caja de diferencia de la tabla 24



Nota. Autoria propia, información arrojada por el programa estadístico minitab, muestra la grafica de caja de diferencia de la tabla 24

En la tabla 28, se muestran las mediciones tomadas en los equipos de RNM MQ-20 y MQ-ONE en tela no tejida con peso base de 20 g /m² con adición de surfactantes Silastol. Tela 20 g tecnología ss. filico total con surfactante Silastol lote CAL1153468A-07-07-2021.

Tabla 28

Mediciones tomadas en los equipos de RNM MQ-20 y MQ-ONE

g de Muestra	% OPU MQ20	% OPU MQ-1	Diferencia MQ20-MQ1
1,180	0,598	0,536	0,063
1,201	0,572	0,547	0,025
1,196	0,604	0,527	0,077
1,050	0,715	0,648	0,067
1,045	0,728	0,645	0,083
1,048	0,716	0,646	0,070
1,140	0,659	0,602	0,057
1,146	0,707	0,628	0,079
1,096	0,695	0,630	0,065
1,067	0,741	0,674	0,067
1,134	0,717	0,634	0,083
1,103	0,733	0,666	0,067
1,066	0,761	0,680	0,081
	0,731	0,682	0,050
1,076	0,781	0,707	0,074
1,065	0,750	0,674	0,076
1,077	0,743	0,679	0,064
1,139	0,692	0,611	0,081
1,067	0,785	0,705	0,080
1,074	0,784	0,713	0,071
1,114	0,754	0,678	0,076
1,142	0,703	0,637	0,065
1,128	0,700	0,630	0,071
1,063	0,776	0,714	0,062
1,156	0,658	0,592	0,066
1,086	0,779	0,703	0,076
1,046	0,683	0,622	0,061
1,150	0,728	0,653	0,075
1,112	0,754	0,700	0,054
1,128	0,760	0,676	0,084
1,149	0,720	0,596	0,124
Promedio	0,717	0,646	0,071
Max	0,785	0,714	0,124
Min	0,572	0,527	0,025
Dstd	0,053	0,050	0,015
Rango	0,213	0,187	0,099
% CV	7,421	7,681	21,676

Nota. Esta tabla muestra las mediciones tomadas en los equipos de RNM MQ-20 y MQ-ONE en tela no tejida con peso base de 20 g /m² con adición de surfactantes Silastol. *Fuente.* Autoría propia

La tabla 29, presenta el IC y prueba t pareada tabla 27: % OPU MQ20, % OPU MQ-1 Estadísticas descriptivas de la tabla 28, tela no tejida con peso base de 20 g /m² con adición de surfactantes Silastol.

Tabla 29

IC y prueba t pareada tabla 27: % OPU MQ20, % OPU MQ-1

Muestra	N	Media	Desv.Est.	Error Estándar de la Media
% OPU MQ20	31	0.717	0.054	0.009
% OPU MQ-1	31	0.646	0.050	0.009

Nota. Esta tabla presenta el IC y prueba t pareada tabla 27: % OPU MQ20, % OPU MQ-1

Estadísticas descriptivas de la tabla 28. *Fuente.* Autoría propia

En la tabla 30, se determina la prueba t para la tabla 25. La hipótesis nula para la tabla 27 refleja la diferencia media entre los equipos MQ 20 y MQ 1 es 0. Puesto que el valor p es 0.000, que es menor que el nivel de significancia de 0.05, rechaza la hipótesis nula y concluye que hay una diferencia entre las mediciones de los equipos MQ 20 y MQ 1, antes MQ-20 y después MQ-1 de mediciones de contenido de surfactantes en la tela no tejida, no obstante, esa diferencia es casi despreciable como se observa en la tabla 29 con un error de la media de 0.003%.

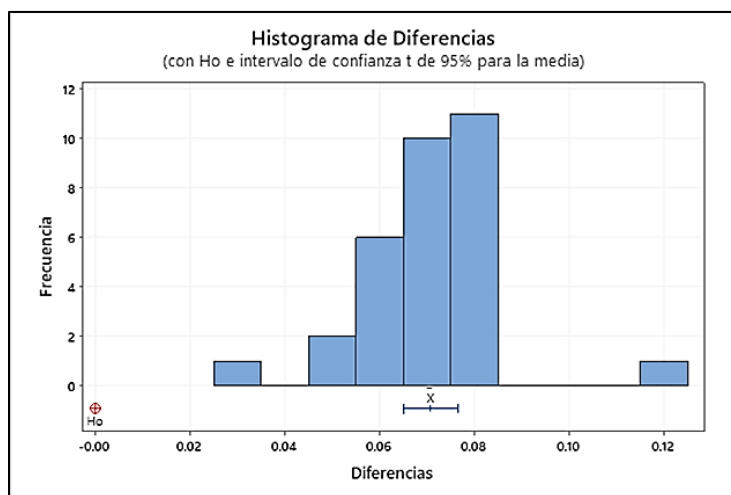
En este comparativo el valor t es lo suficientemente inusual como para rechazar la hipótesis nula.

Tabla 30*La prueba t para la tabla 27*

Hipótesis Nula	$H_0: \text{Diferencia} = 0$
Hipótesis alterna	$H_1: \text{diferencia}_\mu \neq 0$
Valor T	Valor p
25.270	0.000

Nota. Es esta tabla se determina la prueba t para la tabla 27. *Fuente.* Autoría propia

En la figura 38, se muestra el histograma de diferencias de la tabla 27, con la mayoría de los datos entre 0.04 y 0.08, un mínimo de valores con más de 0.02 y 0.12.

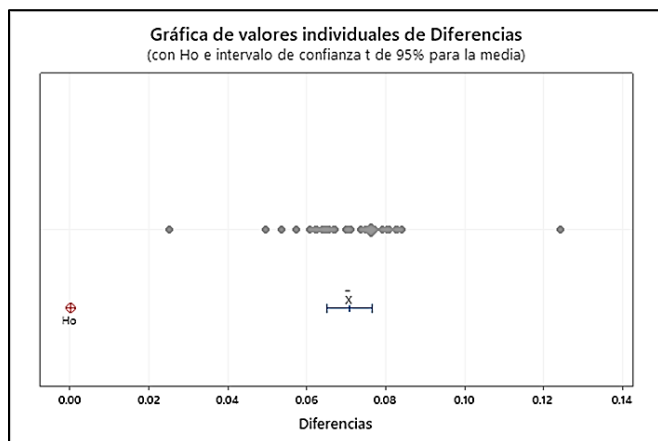
Figura 38*Histograma de diferencias de la tabla 27*

Nota. Autoría propia, información arrojada por el programa estadístico minitab, muestra el histograma de diferencias de la tabla 27

Con la figura 39, se tiene los valores individuales de diferencias de la tabla 27, entre 0.040 % y 0.08% con muy pocos datos mayores a 0.020% y 0.120%.

Figura 39

Valores individuales de diferencias de la tabla 27

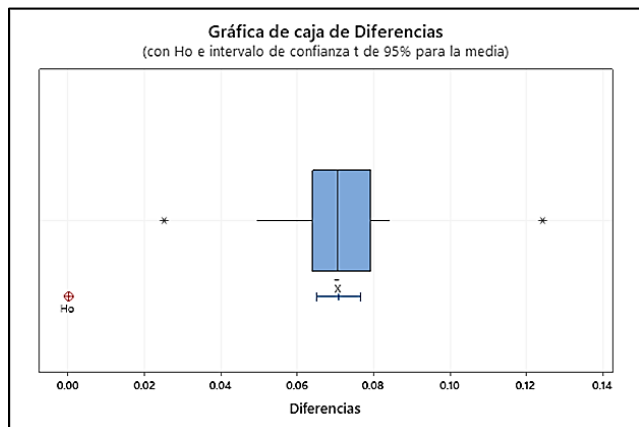


Nota. Autoría propia, información arrojada por el programa estadístico minitab, muestra los valores individuales de diferencias de la tabla 27

La figura 40, hace referencia con la gráfica de caja de diferencias de tabla 27, muestra valores entre 0.060 y -0.080 datos en el 50 % de la caja total.

Figura 40

La gráfica de caja de diferencias de tabla 27



Nota. Autoría propia, información arrojada por el programa estadístico minitab, muestra la gráfica de caja de diferencias de tabla 27

En la tabla 31, se muestra las mediciones tomadas en los equipos de RNM MQ-20 y MQ-ONE en tela no tejida con peso base de 10 g /m² con adición de surfactantes Cirrasol. Tela 10 g tecnología ac filico total con Cirrasol lote cal1153377a-27-06-2021

Tabla 31

Las mediciones tomadas en los equipos de RNM MQ-20 y MQ-ONE en tela no tejida con peso base de 10 g /m² con adición de surfactantes Cirrasol

No.	% OPU MQ20	% OPU MQ-1	Diferencia MQ20-MQ1
1	0,814	0,755	0,059
2	0,707	0,655	0,052
3	0,695	0,647	0,048
4	0,721	0,666	0,055
5	0,766	0,712	0,054
6	0,717	0,658	0,059
7	0,663	0,621	0,042
8	0,660	0,613	0,047
9	0,691	0,636	0,055
10	0,721	0,640	0,081
11	0,828	0,774	0,054
12	0,670	0,608	0,062
13	0,686	0,636	0,050
14	0,698	0,659	0,039
15	0,763	0,732	0,031
16	0,640	0,602	0,038
17	0,640	0,571	0,069
18	0,642	0,593	0,049
19	0,737	0,692	0,045
20	0,726	0,662	0,065
21	0,828	0,752	0,076
22	0,728	0,668	0,060
23	0,641	0,601	0,040
24	0,742	0,719	0,023
25	0,770	0,731	0,039
26	0,716	0,670	0,046
27	0,656	0,604	0,052
28	0,599	0,562	0,037
29	0,748	0,696	0,052
30	0,747	0,667	0,080
31	0,860	0,807	0,053
Promedio	0,717	0,665	0,052
Max	0,860	0,807	0,081
Min	0,599	0,562	0,023
Dstd	0,061	0,060	0,013
Rango	0,261	0,245	0,058
% CV	8,564	8,983	25,333

Nota. Es esta tabla se muestran las mediciones tomadas en los equipos de RNM MQ-20 y MQ-ONE en tela no tejida con peso base de 10 g /m² con adición de surfactantes Cirrasol. *Fuente.*

Autoría propia

La tabla 32, muestra el IC y prueba t pareada: % OPU MQ20, % OPU MQ-1 de la tabla 31. Además se observan las estadísticas descriptivas de la tabla 29, tela no tejida con peso base de 10 g /m2 con adición de surfactantes Cirrasol.

Tabla 32

IC y prueba t pareada: % OPU MQ20, % OPU MQ-1 tabla 29

Muestra	N	Media	Desv.Est.	Error Estándar de la Media
% OPU MQ20	31	0.717	0.062	0.011
% OPU MQ-1	31	0.665	0.061	0.011

Nota. Esta tabla muestra el IC y prueba t pareada: % OPU MQ20, % OPU MQ-1 de la tabla 31.

Fuente. Autoría propia

En la tabla 33, se muestra la estimación de la diferencia pareada de la tabla 31, tela no tejida con peso base de 10 g /m2 con adición de surfactantes Cirrasol.

Tabla 33

Estimación de la diferencia pareada de la tabla 31

Media	Desv.Est.	Error Estándar de la Media	IC de 95% para la Diferencia_μ
0.05198	0.013	0.002	(0.045, 0.060)

Nota. Esta tabla muestra la estimación de la diferencia pareada de la tabla 31. *Fuente.* Autoría propia

Como se puede ver la tabla 34, hace referencia a la prueba t de la tabla 31, tela no tejida con peso base de 10 g /m2 con adición de surfactantes Cirrasol. La hipótesis nula con la tabla 29 dice que la diferencia media entre los equipos MQ 20 y MQ 1 es 0. Puesto que el valor p es 0.000, que es menor que el nivel de significancia de 0.05, rechaza la hipótesis nula y concluye

que hay una diferencia entre las mediciones de los equipos MQ 20 y MQ 1, antes MQ-20 y después MQ-1 de mediciones de contenido de surfactantes en la tela no tejida, no obstante, esa diferencia es casi despreciable como se observa en la tabla 33 con un error de la media de 0.002%. En este comparativo el valor t es lo suficientemente inusual como para rechazar la hipótesis nula.

Tabla 34

Prueba t de la tabla 29

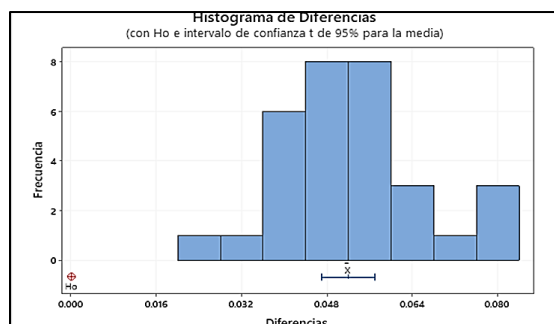
Hipótesis Nula	Ho: Diferencia $\mu = 0$
Hipótesis alterna	H1: diferencia $\mu \neq 0$
Valor T	Valor p
21.620	0.000

Nota. Esta tabla hace referencia a la prueba t de la tabla 31. *Fuente.* Autoría propia

En la figura 41, visualiza el histograma de diferencias de la tabla 31, con la mayoría de los datos entre 0.016 y 0.080, presenta casi una distribución normal con una leve asimetría a la derecha.

Figura 41

Histograma de diferencias de la tabla 29

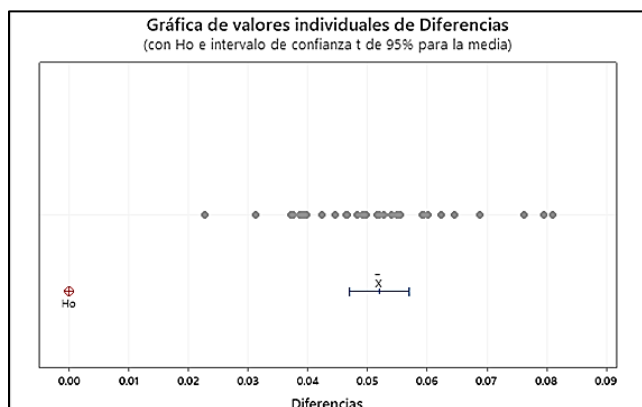


Nota. Autoria propia, información arrojada por el programa estadístico minitab, muestra la gráfica de caja de diferencias de tabla 27

La figura 42 es la gráfica de valores individuales de diferencias de la tabla 31, con valores entre 0.020 y 0.080 con muy pocos datos mayores a 0.020 y 0.080.

Figura 42

Gráfica de Valores individuales de diferencias de la tabla 31

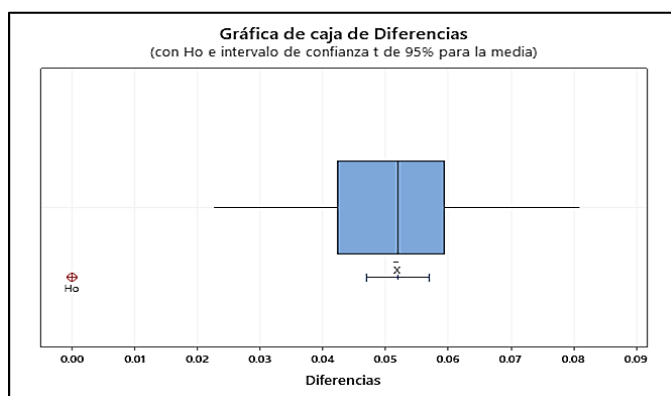


Nota. Autoria propia, información arrojada por el programa estadístico minitab, muestra la grafica de valores individuales de diferencias de la tabla 31

En la figura 43, permite identificar la gráfica de caja de diferencias de la tabla 31 muestra valores entre 0.04 y -0.06 datos en el 60 % de la caja total.

Figura 43

Gráfica de caja de diferencias de la tabla 31



Nota. Autoria propia, información arrojada por el programa estadístico minitab, muestra la grafica de caja de diferencias de la tabla 31

La tabla 35, tiene las mediciones tomadas en los equipos de RNM MQ-20 y MQ-ONE en tela no tejida con peso base de 11.6 g /m² con adición de surfactantes Cirrasol. Tela 11.6 g tecnología ss. filico total con surfactante Cirrasol.

Tabla 35

Mediciones tomadas en los equipos de RNM MQ-20 y MQ-ONE en tela no tejida con peso base de 11.6 g /m² con adición de surfactantes Cirrasol

No.	% OPU MQ20	% OPU MQ-1	Diferencia MQ20-MQ1
1	0,902	0,871	0,031
2	0,834	0,795	0,039
3	0,809	0,790	0,019
4	0,824	0,798	0,026
5	0,890	0,880	0,001
6	0,785	0,768	0,017
7	0,837	0,834	0,003
8	0,964	0,916	0,048
9	0,828	0,801	0,027
10	0,753	0,748	0,005
11	0,756	0,739	0,017
12	0,779	0,774	0,005
13	0,721	0,732	-0,011
14	0,714	0,732	-0,018
15	0,664	0,697	-0,033
16	0,645	0,685	-0,040
17	0,723	0,688	0,035
18	0,742	0,708	0,034
19	0,656	0,644	0,012
20	0,736	0,700	0,036
21	0,796	0,754	0,042
22	0,721	0,684	0,037
23	0,673	0,644	0,029
24	0,698	0,668	0,030
25	0,837	0,834	0,003
26	0,964	0,916	0,048
27	0,828	0,801	0,027
28	0,753	0,748	0,005
29	0,756	0,739	0,017
30	0,779	0,774	0,005
31	0,721	0,732	-0,011
Promedio	0,777	0,761	0,016
Max	0,964	0,916	0,048
Min	0,645	0,644	-0,040
Dstd	0,081	0,072	0,022
Rango	0,319	0,272	0,088
% CV	10,358	9,424	138,479

Nota. Esta tabla hace referencia a las mediciones tomadas en los equipos de RNM MQ-20 y MQ-ONE en tela no tejida con peso base de 11.6 g /m² con adición de surfactantes Cirrasol.

Fuente. Autoría propia

La tabla 36, determina el IC y prueba t pareada: % OPU MQ20, % OPU MQ-1 según tabla 35.y las estadísticas descriptivas de la tabla 33, tela no tejida con peso base de 11.6 g /m2 con adición de surfactantes Cirrasol.

Tabla 36

IC y prueba t pareada, % OPU MQ20, % OPU MQ-1 según tabla 33

Muestra	N	Media	Desv.Est.	Error Estándar de la Media
% OPU MQ20	31	0.777	0.082	0.015
% OPU MQ-1	31	0.761	0.073	0.013

Nota. Esta tabla determina el IC y prueba t pareada: % OPU MQ20, % OPU MQ-1 según la tabla 35. *Fuente.* Autoría propia

En la tabla 37, muestra la estimación de la diferencia pareada tabla 33, tela no tejida con peso base de 11.6 g /m2 con adición de surfactantes Cirrasol. También contiene la diferencia_μ: media de población de (% OPU MQ20 - % OPU MQ-1) tabla 35.

Tabla 37

Estimación de la diferencia pareada tabla 35

Media	Desv.Est.	Error Estándar de la Media	IC de 95% para la Diferencia _μ
0.016	0.022	0.004	(0.008, 0.024)

Nota. Esta tabla muestra la estimación de la diferencia pareada tabla 33. *Fuente.* Autoría propia

La tabla 38, hace referencia a la prueba t de la tabla 33 de tela no tejida con peso base de 11.6 g/m2 con adición de surfactantes Cirrasol, la hipótesis nula de la tabla 35, hace creer que la diferencia media entre los equipos MQ 20 y MQ 1 es 0.

Puesto que el valor p es 0.000, que es menor que el nivel de significancia de 0.05, rechaza la hipótesis nula y concluye que hay una diferencia entre las mediciones de los equipos MQ 20 y MQ 1, antes MQ-20 y después MQ-1 de mediciones de contenido de surfactantes en la tela no tejida, no obstante esa diferencia es casi despreciable como se observa en la tabla 37 con un error de la media de 0.004%. En este comparativo el valor t es lo suficientemente inusual como para rechazar la hipótesis nula.

Tabla 38

Hipótesis nula

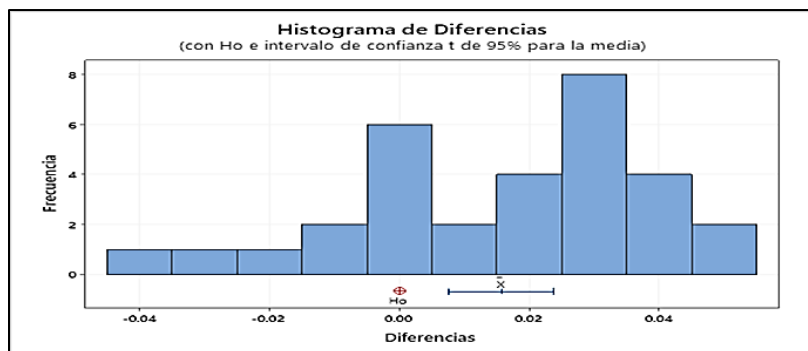
Hipótesis Nula	$H_0: \text{Diferencia}_\mu = 0$
Hipótesis alterna	$H_1: \text{iferencia}_\mu \neq 0$
Valor T	Valor p
3.960	0.000

Nota. Esta tabla hace referencia a la prueba t de la tabla 33. *Fuente.* Autoría propia

La figura 44, con el histograma de diferencias de la tabla 35, con la mayoría de los datos entre 0.02 y 0.04, presenta una leve asimetría a la derecha.

Figura 44

Histograma de diferencias de la tabla 35

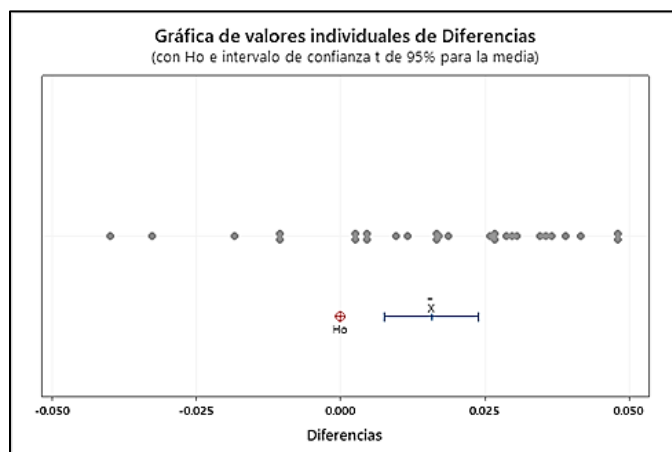


Nota. Autoría propia, información arrojada por el programa estadístico minitab, muestra el histograma de diferencias de la tabla 35

La figura 45, muestra los valores individuales de diferencias de la tabla 35, tiene entre -0.025 y 0.05 con muy pocos datos mayores a -0.050 y 0.050.

Figura 45

Valores individuales de diferencias de la tabla 35

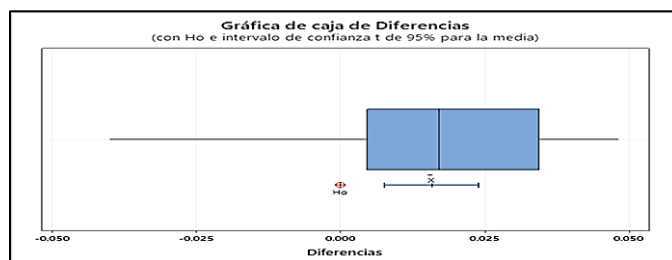


Nota. Autoría propia, información arrojada por el programa estadístico minitab, muestra los valores individuales de diferencias de la tabla 35

Con la figura 46, tiene la gráfica de caja de diferencias de la tabla 35, muestra valores entre 0.00 y 0.025 datos en el primer y segundo cuartil de la caja total. En la tabla 39 muestra el consenso general de datos como resumen general, y realizar el análisis de resultados.

Figura 46

Gráfica de caja de diferencias de la tabla 33



Nota. Autoría propia, información arrojada por el programa estadístico minitab, muestra la gráfica de caja de diferencias de la tabla 35

En la tabla 39, se realiza el consenso general de datos como resumen general, y realizar el análisis de resultados. Considerando la rotación de productos de mayor rotación producidos en la fabricación de telas no tejidas según surfactante, gramaje de la tela y tecnologías de fabricación se presenta la tabla 39 con el consenso general de datos.

Tabla 39

Consenso general de datos como resumen general

No.	Surfactante	Gramaje	Tecnología	Diferencia MQ20-MQ1
1	Silastol 163	10	AC	0,037
2	Silastol 163	12	SS	-0,081
3	Silastol 163	13	SS	0,038
4	Silastol 163	13	AC	0,044
5	Silastol 163	14	AC	0,015
6	Silastol 163	20	SS	0,071
7	Cirrasol	10	AC	0,052
8	Cirrasol	11,6	SS	0,016
		Promedio		0,042
		Máx		0,071
		Min		0,081
	Dstd			0,051
	Rango			0,152

Nota. Esta tabla hace consenso general de datos como resumen general. *Fuente.* Autoría propia

Análisis de resultados

El presente trabajo aplicado planteó desarrollar un método de evaluación y comparación basado en la norma ASTM D7171-01, del contenido de surfactantes en telas no tejidas utilizadas en el mercado de productos higiénicos (pañales, paños húmedos, vestimenta médica, entre otros) empleando como técnica analítica resonancia magnética nuclear con los equipos de resonancia magnética nuclear de la marca Bruker minispec MQ-20 Vs MQ-One y fue realizado mediante el desarrollo de curvas de calibración de cada surfactante en los equipos Minispec MQ 20 y MQ One, las cuales, de acuerdo a los resultados encontrados en las tablas y figuras presentadas en el

presente trabajo, permitieron medir la cantidad de surfactante aplicado en la tela no tejida, parámetro que se denomina porcentaje de sólidos en tela no tejida.

Se realizó la evaluación de las curvas de calibración de Silastol 163 y Cirrasol PP862, con las curvas existentes en los equipos Minispec MQ 20 y MQ One. Los criterios para evaluar fueron el mínimo cuantificable, el mínimo detectable y el coeficiente de correlación de la curva de calibración que se muestran en la tabla 33. Los resultados encontrados evidencian que según las pruebas T pariadas con valores $>$ de 0.050 no muestran diferencias significativas en las lecturas entre los equipos de RMN MQ-20 y MQ-1.

Uno de los parámetros para evaluar el método de Curvas de calibración para el MQ One Vs el MQ 20 se realizó con la cuantificación del porcentaje de sólidos en la tela (contenido de hidrogeno expresado en porcentaje de surfactante en la tela no tejida). Para ello, se evaluó la calificación del desempeño o rendimiento (PQ) preparando los estándares de calibración en el laboratorio de surfactantes Silastol 163 y Cirrasol PP862 en concentraciones aproximadas a 0.00 %, 0.20 %, 0.40 %, 0.60 %, 0.80 %, 1.00 % y 1.20 %, para el caso del Silastol 163 se hizo lecturas de las muestras en el equipo MQ 20 equipo de referencia y estos valores se tomaron como los reales para la calibración del MQ One. Para el caso de las curvas de Cirrasol PP862 y Silastol 163 se hizo empleando el MQ 20 como equipo de referencia y una segunda curva en el equipo MQ-One ingresando los valores calculados de las muestras de calibración que se muestran en la tabla 39.

Las desviaciones encontradas (menores del 1.000%) se encuentran dentro del rango de aceptación preestablecidas en el criterio de éxito de los métodos de evaluación establecidos por la norma, tanto para las curvas de Silastol_163_2020 que se realizó con equipo de referencia MQ20, y la curva Cirrasol_862 que se realizó con los valores de los patrones preparados.

Para la curva de calibración Cirrasol_PP862 que se realizó con equipo de referencia MQ 20, se cumplió con el criterio de Prueba de Hipótesis, esto indica que las curvas son iguales.

- El coeficiente de correlación determina que tan lineal es la curva, el criterio de éxito será mayor o igual 0.990 %.
- Prueba de hipótesis, resultado las curvas de calibración dan resultados iguales para muestras de no tejidos filicos.

Se analizan los datos mediante el programa estadístico minitab con el análisis estadístico de la prueba t pareada (también conocida como prueba t de muestras pareadas o prueba t dependiente) determina si existe una diferencia estadísticamente significativa en la media de una variable dependiente entre dos grupos relacionados, que tiene en cuenta las siguientes conclusiones.

La hipótesis nula indica que la diferencia media entre los equipos MQ 20 y MQ 1 es 0. Puesto que el valor p es 0.000, que es menor que el nivel de significancia de 0.05, rechaza la hipótesis nula y concluye que hay una diferencia entre las mediciones de los equipos MQ 20 y MQ 1, antes MQ-20 y después MQ-1 de mediciones de contenido de surfactantes en la tela no tejida, no obstante, esa diferencia es casi despreciable como se observa en la tabla 36 y 39 con un error de la media menor del 0,010.

El trabajo presentado siguió un método analítico basado en la norma ASTM D7171-01, previamente desarrollado en la planta de Argentina de la misma empresa, donde también se emplea el equipo MQ-ONE. Los resultados presentados involucran la implementación y validación de protocolos para ensayos analíticos, basados en la norma antes citada. Estos requisitos son esenciales para la acreditación de laboratorios que deseen validar equipos similares para el análisis de telas no tejidas. En conclusión, el proyecto aplicado cumplió el

objetivo planteado permitiendo colocar en práctica la implementación de métodos analíticos para la aplicación en un contexto real. De todos los resultados encontrados, se permite evidenciar que la humectación y absorción de surfactantes son propiedades clave en la superficie de telas no tejidas para lograr cualidades filicidas de alta calidad. El método preferido para obtener estas propiedades es mediante el recubrimiento con surfactantes.

El test de Student corroboró la exactitud encontrada, ya que la t calculada $<$ t tabulada, esto demostró que no existen diferencias estadísticamente significativas entre el equipo MQ 20 y el equipo MQ ONE, el 95 % de confianza del análisis estadístico de distribución normal de los datos, donde para una prueba t ,

arroja el valor $p \leq 0,050$. De este modo se puede afirmar que la técnica no se afectó por errores sistemáticos de forma significativa, por lo que se pueden obtener valores experimentales muy próximos al valor verdadero.

En este comparativo de las mediciones de ambos equipos el valor t es lo suficientemente inusual como para rechazar la hipótesis nula. Los datos obtenidos de las evaluaciones presentadas en las tablas 3 y 5 con el MQ-20 y MQ-One recomiendan que se utilice las curvas para los Surfactantes Silastol 163 y Cirrasol 862 porque estadísticamente presentan confiabilidad al encontrarse en valores cercanos a los criterios de éxito; coeficiente de correlaciones superiores al 0,95% y desviaciones estándar en la medición de las muestras menores de 0.05 según las pruebas T pariadas de los datos analizados en las tablas 3 y 5.

La curva realizada con el nombre de Cirrasol_PP862, tiene un valor de 0.010, lo cual el valor permitido de cumplimiento según prueba de hipótesis debe ser mayor a 0.050. Lo que nos permite decidir no utilizar esta curva para las mediciones que realiza el laboratorio.

Al realizar la medición del porcentaje de sólidos de surfactantes en telas no tejidas se encontró que los equipos de RMN MQ-20 y MQ -ONE tienen gran confiabilidad para determinar la cantidad de hidrógeno expresada en porcentaje de surfactante en tela no tejida y uno de los aspectos importantes del estudio lleva como prioridad el cumplimiento de los objetivos de este trabajo como fue el desarrollo del método para la determinación de surfactante (como porcentaje de Hidrógeno en telas no tejidas en base al método ASTM D7171-01).

La determinación de hidrógeno por integración de señales en espectros RMN ¹H en telas no tejidas fabricados por termo bondeado que se adquirieron en los equipos Bruker minispec MQ-20 y MQ-1, de mayor resolución que los aparatos prescritos en las normas ASTM D7171-01 y, obtenidos como resultado de una experimentación con las variables tiempo de reciclado (tiempo que demora el equipo haciendo los cálculos internos), forma de cálculo en la determinación, concentración de la muestra y efecto de la adición de agente surfactante en las telas no tejidas, permitió concluir que la determinación de hidrógeno total, por integración de señales, en referencia con los surfactantes Silastol 163 y Cirrasol PP862 usados como patrones de cuantificación internos, o en referencia con la integral total de las señales de la muestra en espectros RMN ¹H en telas no tejidas con concentraciones del 0.000 % a 2.000 % de muestra, arrojó desviaciones pequeñas relativas menor al 0.050 % valor promedio esperado como muestra la tabla 39, justificadas por las pruebas T (ver tabla 38) de las medidas requeridas para la preparación de la muestra. Por ende, para la determinación de hidrógeno como % contenido de surfactante por RMN ¹H en este tipo de muestras no es crítico como los que prescriben las normas D7101-05 o los que citan algunos autores (González, G, 1985).

Conclusiones

Se aplico los conocimientos obtenidos en el área de la química analítica, para desarrollar métodos y técnicas analíticas en la validación de equipos de laboratorio como son los equipos de resonancia magnética nuclear RMN, como se describe en el marco teórico, y mediante los resultados obtenidos en la tabla 3, esta reporta los lineamientos de aceptación para las curvas de calibración de los surfactantes Cirrasol y Silastol, y con los resultados de linealidad del 0.99% son aptas para realizar lecturas confiables y reproducibles donde cumple con el OG 1.

Se concluye que fue posible desarrollar las curvas de calibración para las lecturas de los surfactantes a ser determinados en telas no tejidas mediante la técnica de RMN con los equipos MQ-20 y MQ One (ver el anexo 3) dando el cumplimiento con el OE 2.

Se logro determinar contenido de surfactante en tela no tejida, mediante la técnica de resonancia magnética nuclear RMN mencionado en el OE 3. Dando como resultado de los surfactantes Silastol y Cirrasol cumple con normativa rangos de aplicación de las surfactantes en telas no tejidas, cumple con valores entre 0.500% y 1.000%. Con los de aplicación cumplidos, esta aplicación de surfactantes no será nocivo su contacto cuando sea aplicado en el producto final como son: pañales, paños húmedos, vestimenta para quirófanos etc.

Se comparó el margen de error de los equipos de RNM MQ-20 y MQ-One de la marca Bruker evaluados, como lo muestra la tabla 39 en la cual se aprecia el valor promedio de diferencias igual a 0.042 por debajo de 0.05 como lo permite la norma ASTM D7171-01, cumpliendo así con el OE 4.

Permite concluir que la determinación de hidrógeno total, por integración de señales, en referencia con los surfactantes Silastol 163 y Cirrasol PP862 usados como patrones de cuantificación internos y la integral total de las señales de la muestra en espectros RMN 1H en

telas no tejidas con concentraciones del 0.000 % a 2.000 % de muestra, arrojó desviaciones pequeñas relativas menores al 0.050 % valor promedio esperado, transcribiendo que no es crítico como los que prescriben las normas ASTM D7171-01.

La determinación de contenido de surfactantes en tela no tejida con equipos de Resonancia Magnética Nuclear MQ20 VS MQ-1 permitió inferir que la humectación y absorción de surfactantes son propiedades clave en la superficie de telas no tejidas para lograr cualidades filicidas de alta calidad. El método preferido para obtener estas propiedades es mediante el recubrimiento con surfactantes; la prueba de test de Student, corroboró la exactitud encontrada, ya que la t calculada $<$ t tabulada, esto demuestra que no existen diferencias estadísticamente significativas entre el equipo MQ 20 y el equipo MQ ONE, el 95 % de confianza del análisis estadístico de distribución normal de los datos, donde para una prueba t , arroja el valor $p \leq 0,05$. De este modo se puede afirmar que la técnica no se afectó por errores sistemáticos de forma significativa, por lo que se pueden obtener valores experimentales muy próximos al valor verdadero.

Los datos obtenidos de las evaluaciones presentadas en las tablas 3 y 5 con el MQ-20 y MQ-One recomiendan que se utilice las curvas para los Surfactantes Silastol 163 y Cirrasol 862 porque estadísticamente presentan confiabilidad al encontrarse en valores cercanos a los criterios de éxito; coeficiente de correlaciones superiores al 0,95% y desviaciones estándar en la medición de las muestras menores de 0.05 según las pruebas T pariadas de los datos analizados en las tablas 3 y 5.

Recomendaciones

Se sugiere mantener un seguimiento constante y comparar los resultados obtenidos por los equipos MQ-20 y MQ-One para detectar cualquier discrepancia o cambio en el futuro.

Es recomendable realizar calibraciones periódicas en ambos equipos para garantizar su precisión y confiabilidad a lo largo del tiempo, asegurando la coherencia en las mediciones.

Se aconseja documentar detalladamente los procedimientos de medición, incluyendo la preparación de muestras, condiciones de medición y cálculos realizados, con el fin de facilitar la reproducibilidad de los resultados y detectar discrepancias si surgen.

Se recomienda proporcionar capacitación continua al personal que opera los equipos de RMN para asegurar que estén familiarizados con los procedimientos correctos de medición y mantenimiento de los equipos.

Además de la resonancia magnética nuclear, se sugiere explorar otras técnicas de validación que puedan complementar o corroborar los resultados obtenidos, como técnicas espectroscópicas adicionales o métodos de análisis químico.

Se aconseja seguir las normativas y estándares relevantes, como la ASTM D7171-01, para garantizar la calidad y confiabilidad de los resultados obtenidos.

Se recomienda mantenerse al tanto de las actualizaciones en equipos o técnicas analíticas que puedan surgir en el campo de la resonancia magnética nuclear, ya que estas actualizaciones podrían ofrecer mejoras en la precisión y eficiencia de las mediciones.

Referencias Bibliográficas

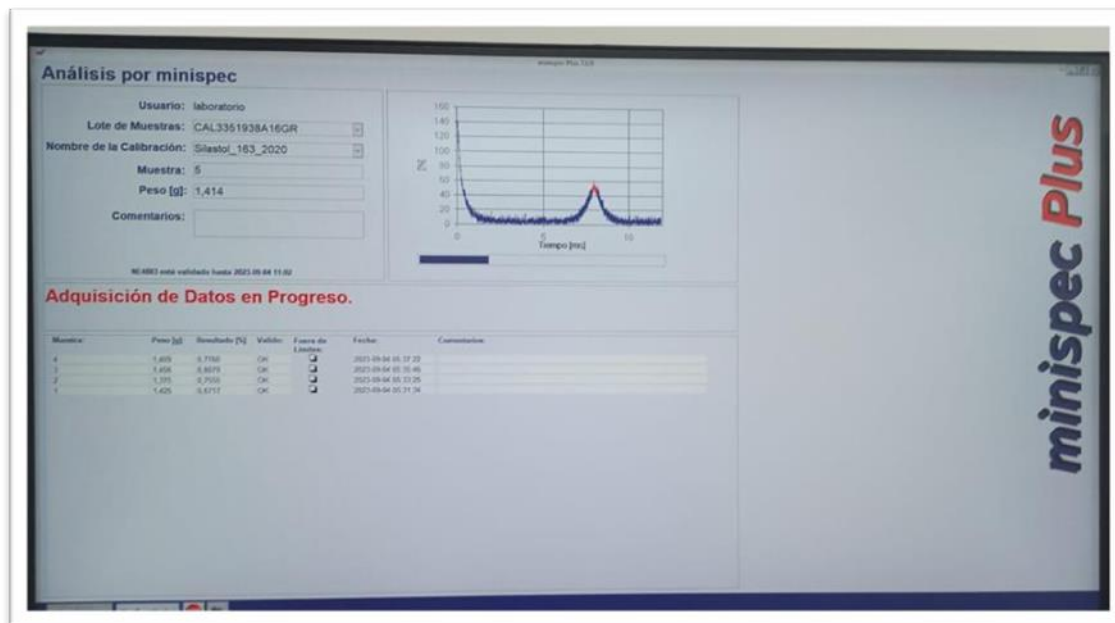
- Burton, G. (2007). Aplicaciones cuantitativas de la resonancia magnética nuclear. Repositorio Institucional CONICET Digital, 8.
- Elguero, J. (2006). Resonancia Magnética Nuclear de Protón. Madrid: Centro de Química Orgánica 'Manuel Lora Tamayo.
- González, G,1985," Métodos estadísticos y principios de diseño experimental, Segunda edición, Editorial Universitaria, Quito, Ecuador, pp.282-338.
- Hueso, A., & Cascant, J. (2012). Para 1988, Peterson reporta la utilización de esta técnica como herramienta cuantitativa e ilustra los principios generales de un método. Se determina la cantidad de un analito por comparación de la razón de intensidades de las señales analito/estándar. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia.
- Lambda, F. (1997). <https://es.lamdageeks.com/>. Obtenido de <https://es.lamdageeks.com/>: <https://es.lamdageeks.com/acetone-density/>
- Landrove. (2015). Principales componentes de un equipo para medidas de resonancia magnética nuclear. [Imagen]. ResearchGate. www.researchgate.net/figure/Figura-224-Principales-componentes-de-un-equipo-para-medidas-de-resonancia-magnetica_fig9_275044948
- Mathew, P. (2004). Design of Experiments With Minitab. Estados Unidos de América: Quality Press.
- Mumbrú, J. (1971). utilización de la Tela no Tejida. Terrasa: Conferencia pronunciada en la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales de Tarrasa.
- Pebet, N. (2004). Resonancia Nuclear Magnética. Univ. de la República Oriental del Uruguay, 5.
- Pérez, D. L. (2014). Fabricación y estudio de las propiedades físicas de nanopartículas de aleación, núcleo. Universidad Autónoma de Madrid, 12.

- Rodrigo Flores. (2020). Diferencia que existe en el hilado de no tejidos fibras [Imagen]. Hilados de alta calidad. <https://www.hiladosdealtacalidad.com/telas-y-tejidos>
- Shirley. (1978). Momento cuadrupolar eléctrico nuclear [Imagen]. Hyperphysics. <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbasees/Nuclear/elequad.html>
- Sorescu, M. (2003). Introducción a la espectroscopia mössbauer para estudiantes de Licenciatura. *Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal*, 10.
- Stimolo, M., & Ortiz, P. (2020). Projection pursuit algorithms to detect outlier. *Universidad Nacional de Córdoba - Facultad de Ciencias*, 16.
- Tamir, A & Ruiz, F. (2000, 20 de mayo). Tensión superficial. Rúa. <https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/23976/1/Tensi%C3%B3n%20superficial.pdf>
- Wallace, A. (2017). <https://www.bbc.com/>. Obtenido de <https://www.bbc.com/>: <https://www.bbc.com/mundo/vert-earth-37968151>

Apéndices

Apéndice A

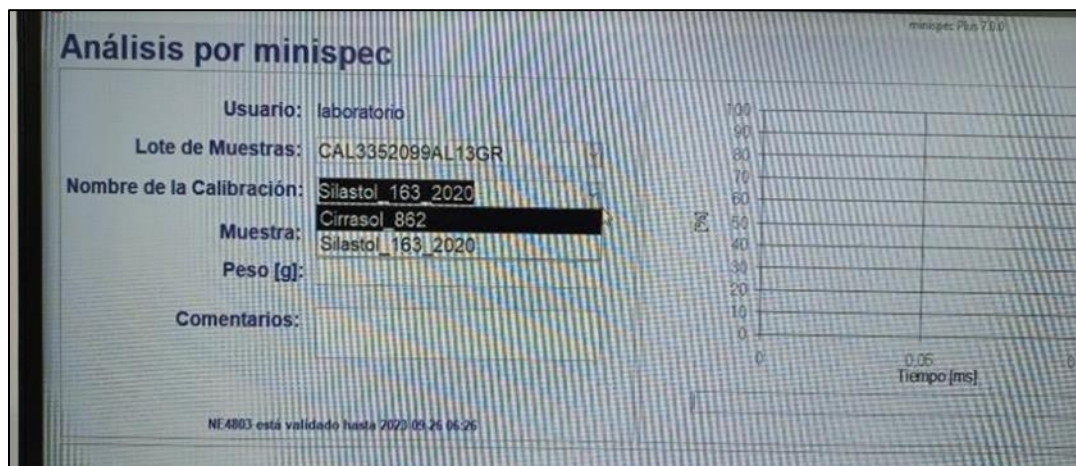
Lecturas de los equipos de RMN para contenido de surfactante en curva de Silastol-163



Nota. Muestra las lecturas que reporta los equipos de RMN para contenido de surfactante en curva de Silastol-163. *Fuente.* Autoria propia

Apéndice B

Selección de la curva a escoger (Silastol o Cirrasol)



Nota. Muestra la selección de la curva a escoger (Silastol o Cirrasol), y que reportan los equipos de RMN para contenido de surfactante ya sea Silastol-163 o Cirrasol PP-862. *Fuente.* Autoria propia

Apéndice C

Paso a paso de la preparación de las muestras para ser llevadas al RMN



Nota. Muestra el paso a paso de la preparación de las muestras para ser llevadas al RMN. *Fuente.*

Autoria propia