

# **UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA**

(Creada por Ley Nro. 29531)



## **EVALUACIÓN DE LA PRECISIÓN Y EXACTITUD DE EQUIPOS DE LABORATORIOS QUE DETERMINAN LA CALIDAD DE FIBRAS DE TOPS DE OVINOS**

**TESIS**

**PRESENTADO POR:**

**RUBIO CIEZA MIRIAN YULIZA**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERA AGROINDUSTRIAL**

**CHOTA – PERÚ**

**2019**

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL



Tesis

EVALUACIÓN DE LA PRECISIÓN Y EXACTITUD DE EQUIPOS DE LABORATORIOS  
QUE DETERMINAN LA CALIDAD DE FIBRAS DE TOPS DE OVINOS

Presentado por **Rubio Cieza Mirian Yuliza**, para optar el título de:

**Ingeniera Agroindustrial**

Sustentado y aprobado el 20 de agosto del 2019 ante el jurado:

Presidente (a):

  
Mg. Augusto Antonio Mechato Anastasio

Secretario(a):

  
Ing. Nataly Elizabeth Perales Dávila

Vocal:

  
Ing. Publio Oscar Castro Santander

Asesor:

  
M. Sc Tony Steven Chuquizuta Trigoso

Co-asesor:

  
M. Sc Frank Fluker Velásquez Barreto

## DECLARACIÓN JURADA DE NO PLAGIO

Yo **Mirian Yuliza Rubio Cieza** identificado con **DNI N° 76404625** estudiante de la escuela profesional de **Ingeniería Agroindustrial** Facultad de **Ciencias Agrarias** de la Universidad Nacional Autónoma de Chota.

DECLARO BAJO JURAMENTO QUE:

1. Soy autora de la tesis titulada: Evaluación de la precisión y exactitud de equipos de laboratorios que determinan la calidad de fibras de tops de ovinos.  
La misma que presento para optar el título de: **Ingeniera Agroindustrial**.
2. La tesis no ha sido plagiada ni total ni parcialmente, para la cual se han respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas.
3. La tesis presentada no atenta contra derechos de terceros.
4. La tesis no ha sido publicada ni presentada anteriormente para obtener algún grado académico previo o título profesional.
5. Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido falsificados, ni duplicados, ni copiados.

Por lo expuesto, mediante la presente asumo toda responsabilidad que pudiera derivarse por la autoría, original y veracidad del contenido de la tesis, así como por los derechos sobre la obra y/o invención presentada. Asimismo, por la presente me comprometo a asumir además todas las cargas pecuniarias que pudieran derivarse para la UNACH en favor de terceros por motivo de acciones, reclamaciones o conflictos derivados del incumplimiento de lo declarado o las que encontraren causa en el contenido de la tesis. De identificarse fraude, piratería, plagio, falsificación o que el trabajo de investigación haya sido publicado anteriormente; asumo las consecuencias y sanciones civiles y penales que se mi acción derive.

Chota 20 de agosto del 2019

## ACTA DE EVALUACIÓN DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS

En la ciudad de Chota, el día *20* de *Ayato* del año *2019*, siendo las *11:00* horas, el (a) aspirante *Miriam Juliana Rubio Vega* defiende públicamente la Tesis titulada: *Evaluación de la eficiencia y calidad de equipo de Laboratorio que determinan la calidad de fibras de topo de ovino* para obtener el Título Profesional de *Ingeniera Agronomía Industrial* otorgado por la Universidad

Nacional Autónoma de Chota, ante el Jurado, constituido por:

Presidente: *Mg. Augusto Antonio Medrano Chustasio*

Secretario: *Ing. Nataly Elizabeth Torres Paula*

Vocal : *Ing. Rubén Isaac Castro Santander*

Procedió el (la) aspirante a hacer la exposición de los antecedentes, contenidos de la tesis y conclusiones obtenidas de la misma, haciendo especial mención de sus aportaciones originales. Terminada la defensa de la tesis presentada, los miembros del jurado pasaron a exponer su opinión sobre la misma, formulando cuantas cuestiones y objeciones consideran oportunas, las cuales fueron contestadas por el (a) aspirante (s).

Tras la intervención de los miembros del jurado y las oportunas contestaciones del aspirante, el Presidente abre turno de intervenciones para los miembros del jurado presentes en el acto, a fin de que formulen las cuestiones y objeciones que consideren pertinentes.

Seguidamente, a puerta cerrada, el jurado determinará la calificación global concedida a la tesis, obteniendo un calificativo de *15:00* y en términos de:

Summa Cum Laude ( ); Aprobado con excelencia ( ); Aprobado con mención honrosa (X); Aprobado ( ); Desaprobado ( )

Otorgada la calificación el presidente del Jurado comunica, en sesión pública, la calificación concedida. A continuación, se levanta la sesión.

Siendo las horas *12:30* del mismo día, el jurado concluye en acto de sustentación de Trabajo de investigación.

  
PRESIDENTE

  
SECRETARIO

  
VOCAL

## **AGRADECIMIENTO**

En primer lugar, agradecer a Dios por la vida, la salud y por guiar mi camino cada día.

Agradecer a mis padres por su apoyo incondicional a lo largo de mi carrera profesional y por la confianza plena que me brindan en esta etapa de mi vida.

Al mi asesor M.Sc. Tony Steven Chuquizuta Trigoso, por el apoyo brindado en el desarrollo y redacción de la tesis, por sus valiosas enseñanzas, consejos y dedicación durante todo el trabajo

Al M. Sc Frank Fluker Velásquez Barreto co-asesor, por el apoyo brindado en la estructuración del proyecto de tesis, desarrollo y el informe final, por su colaboración, comentarios, sugerencias y enseñanzas.

Al Doctor Edgar Carlos Quispe Peña, por el tiempo, las enseñanzas brindadas y el apoyo en cada una de las etapas de desarrollo de tesis

A la Universidad Nacional Autónoma de Chota por acogerme y poder desarrollarme como profesional.

Al Proyecto: "Construcción de novedosos equipos para estudio de fibras, lanas y pelos y piel de animales: Su impacto en el mejoramiento genético y conservación de camélidos sudamericanos", de acuerdo al Contrato N° 26-2016-INIA-PNIA/UPMSI/IE", coordinado por la UNACH.

A la empresa Maxcorp Technologies S.A.C., al gerente el Ingeniero Max David Quispe Bonilla por su apoyo en la capacitación de manejo de equipos.

Al Laboratorio de Fibras Textiles del INTA-Bariloche de Argentina y al Ingeniero Diego Sacchero por el apoyo y enseñanzas brindadas.

A mis compañeros de la promoción "Natus Vincere" 2013 I – 2018 II por los momentos compartidos, quienes contribuyeron al enriquecimiento de mi formación profesional y cultural.

## **DEDICATORIA**

A Dios por darme vida, salud e iluminar mi camino cada día, por las fuerzas que me da para seguir adelante y por sus bendiciones en esta etapa de mi vida.

A mi familia, a mis padres Darío y Lila por su apoyo a lo largo de mi carrera profesional por ese amor que me da fuerzas de seguir, por sus consejos que me ayudan a superar mis caídas, por sus ánimos para seguir esforzándome cada vez más y por su apoyo económico.

A mis hermanos por alegrar mis días y ser esa fuerza que me motiva a no rendirme, a mis abuelitos, aunque ya no están conmigo, pero sé que desde el cielo me están cuidando.

## ÍNDICE

|  |      |
|--|------|
| RESUMEN .....                                  | viii |
| ABSTRACT .....                                 | ix   |
| I. INTRODUCCIÓN .....                          | 1    |
| 1.1. Objetivos .....                           | 2    |
| 1.2 Justificación de la Investigación.....     | 2    |
| II. MARCO TEÓRICO .....                        | 4    |
| 2.1. Antecedentes.....                         | 4    |
| 2.2. Bases teóricas .....                      | 8    |
| 2.2.1. La fibra .....                          | 8    |
| 2.2.2. Clasificación de fibras textiles.....   | 8    |
| 2.2.2.1. Fibras Naturales.....                 | 9    |
| 2.2.2.2. Fibras sintéticas .....               | 11   |
| 2.2.3. Industria de la fibra textil.....       | 11   |
| 2.2.3.1. La fibra de ovino en el Perú.....     | 12   |
| 2.2.3.2. Calidad de la fibra .....             | 13   |
| 2.2.4. Equipos de medición de fibras.....      | 14   |
| 2.2.4.1. OFDA 2000 .....                       | 14   |
| 2.2.4.2. LASERSCAN.....                        | 14   |
| 2.2.4.3. FIBER EC.....                         | 15   |
| 2.2.4.4. MINI FIBER.....                       | 16   |
| 2.2.4.5. Microscopio de proyección .....       | 16   |
| 2.2.4.6. Equipo Airflow .....                  | 17   |
| 2.2.4.6. Equipo FibreLux.....                  | 17   |
| 2.2.5. Normas de medición del IWTO.....        | 18   |
| 2.2.6. Tolerancias dadas por IWTO.....         | 18   |
| 2.2.7. INTERWOOLLABS .....                     | 18   |
| 2.3. Marco conceptual .....                    | 19   |
| 2.3.1. Fibra de ovino.....                     | 19   |
| 2.3.2. Desviación estándar .....               | 20   |
| 2.3.3. Precisión .....                         | 20   |
| 2.3.4. Exactitud.....                          | 20   |
| 2.3.4. Tolerancia o límite de aceptación ..... | 20   |
| 2.3.5. Muestra patrón.....                     | 20   |
| III. MARCO METODOLÓGICO .....                  | 21   |
| 3.1. Ubicación.....                            | 21   |

|   |           |
|---|-----------|
| 3.2. Población y muestra .....  | 21        |
| 3.3. Variables e indicadores.....   | 21        |
| 3.4. Equipos, materiales e insumos.....   | 22        |
| 3.4. Metodología de la investigación.....   | 22        |
| 3.4.1. Obtención de las muestras .....  | 23        |
| 3.4.2. Preparación y distribución de las muestras.....  | 23        |
| 3.4.3. Determinación del diámetro de fibra. ....  | 24        |
| 3.5. Análisis estadístico .....   | 25        |
| 3.5.1. Para la precisión y exactitud.....   | 25        |
| 3.5.2. Relación de la MDF y su desviación estándar .....  | 26        |
| 3.5.3. Para determinar los laboratorios cuyas MDF estuvieron dentro de los límites de tolerancia .....                      | 26        |
| <b>IV. RESULTADOS .....</b>   | <b>27</b> |
| 4.1. Comparación de la precisión y exactitud de equipos de los laboratorios. ....   | 27        |
| 4.1.2. Relación de la media del diámetro de fibra (MDF) y su desviación estándar (DS) .....                                 | 32        |
| 4.1.3. Determinación de la cantidad de laboratorios cuyas evaluaciones de la MDF se encuentra dentro de la tolerancia ..... | 32        |
| 4.2. DISCUSIONES .....  | 35        |
| 4.2.1. De la comparación de la precisión y exactitud de equipos de los laboratorios.....                                    | 35        |
| 4.2.2. Relación de la media del diámetro de fibra (MDF) y su desviación estándar .....                                      | 36        |
| 4.2.3. Determinación de la cantidad de laboratorios cuyas evaluaciones de la MDF se encuentra dentro de la tolerancia ..... | 37        |
| <b>V. CONCLUSIONES.....</b>   | <b>38</b> |
| 5.1. RECOMENDACIONES .....  | 38        |
| <b>VI. REFERENCIAS BIBILOGRAFÍCAS .....</b>   | <b>39</b> |
| <b>VII. ANEXOS .....</b>  | <b>43</b> |

## ÍNDICE DE TABLAS

|  |    |
|--|----|
| Tabla 1. Clasificación de fibras textiles.....   | 9  |
| Tabla 2. Tolerancia por IWTO 12 y 47 .....   | 18 |
| Tabla 3. Finura superior de lana .....   | 19 |
| Tabla 4. Variables e indicadores .....   | 21 |
| Tabla 5. Equipos, materiales y muestra biológica .....   | 22 |
| Tabla 6. Precisión y exactitud de los 14 equipos de los 9 laboratorios evaluados .....   | 27 |
| Tabla 7. Coeficientes de correlación de Pearson(r) entre los resultados obtenidos con los equipos de los 9 laboratorios y el diámetro conocido de las muestras utilizadas de fibra de ovino con respecto a la MDF..... | 30 |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|  |    |
|--|----|
| Figura 1. Metodología aplicada en el proceso de la investigación .....   | 23 |
| Figura 2. Reactivos utilizados para el lavado de los mechones (a), mechones preparados para ser lavados (b), equipo Ultrasonic Cleaner(c).....   | 24 |
| Figura 3. Equipo minicore (a), medición de MDF en el equipo Sirolan Laserscan (b), set de 4 muestras MDF conocidos enviadas a los laboratorios. ....   | 24 |
| Figura 4. Dispensor de fibras (a), lamina porta fibras con muestra (b).....  | 25 |
| Figura 5. Graficas de comparación de exactitud mediante Dunnett.....   | 29 |
| Figura 6. Gráficos de Comparación de precisión mediante Dunnett teniendo como media de control a la precisión de Laserscan del laboratorio del INTA-Bariloche .....  | 30 |
| Figura 7. Gráfico de dispersión de la MDF del equipo 4C con la MDF conocida de las 4 muestras de fibra de ovino utilizada, en la parte superior se encuentra la ecuación de regresión y el coeficiente de correlación..... | 31 |
| Figura 8. Gráfico de dispersión de la MDF del 8B con la MDF conocida de las 4 muestras de fibra de ovino utilizada, en la parte superior se encuentra la ecuación de regresión y el coeficiente de correlación.....        | 32 |
| Figura 9. Relación de la MDF y la desviación estándar .....  | 32 |
| Figura 10. Gráficos de los resultados obtenidos en los equipos de los laboratorios del 1-3 de acuerdo a las tolerancias dada por el IWTO 12 y 47 .....   | 33 |
| Figura 11. Gráficos de los resultados obtenidos en los equipos de los laboratorios del 4-9 de acuerdo a las tolerancias dada por el IWTO 12 y 47 .....   | 34 |

## ÍNDICE DE ANEXOS

|  |    |
|--|----|
| Anexo 1: Medición de las muestras en .....   | 43 |
| Anexo 2. Medición de muestras en el equipo MINI FIBER .....  | 43 |
| Anexo 3. Preparación de la muestra y medición en OFDA 2000.....  | 43 |
| Anexo 4. Datos de los laboratorios 1-4 valores obtenidos(media), valor real, exactitud, tolerancia y precisión.....  | 44 |
| Anexo 5. Datos de los laboratorios 5-9 valores obtenidos (media), valor real, exactitud, tolerancia y precisión..... | 45 |
| Anexo 6. Test de finura .....  | 46 |

## RESUMEN

El presente estudio de investigación tuvo como objetivo evaluar la precisión y exactitud de equipos de laboratorios que determinan la calidad de fibras de tops de ovinos, se evaluaron un total de 14 equipos (Sirolan Laserscan, OFDA 2000, Minifiber Ec y Fiber Ec), pertenecientes a 7 laboratorios de Perú y 2 de Argentina (Bariloche). La identificación de los laboratorios se mantuvo en reserva mediante un acuerdo de confidencialidad suscrito por los responsables de cada uno de ellos. Para la evaluación se utilizaron 4 muestras de fibras de ovino con diámetros conocidos pertenecientes a muestras comerciales del laboratorio del INTA – Bariloche, las mismas que fueron preparadas en frascos de polietileno y enviadas a cada laboratorio. La determinación de la media del diámetro de fibra (MDF) se realizó bajo condiciones de trabajo de cada laboratorio, mediante las normas IWTO 12 y 47. Las muestras se dividieron en tres submuestras cada una y se midieron por duplicado. La exactitud se determinó de la diferencia del diámetro conocido menos el valor obtenido y la precisión de la desviación estándar (DS) de las repeticiones. La evaluación y comparación se realizó mediante la comparación de medias de Dunnett y se procesó utilizando el software Minitab 18. Los resultados han demostrado que, de los 14 equipos, B (0,15, -0,02, 0,50 y 0,07 $\mu\text{m}$ ) y C (0,04, -0,12; -0,28 y -0,14 $\mu\text{m}$ ) pertenecientes a los laboratorios 2 y 4 ser los más exactos, respectivamente; mientras B (0,13, 0,13, 0,25 y 0,21) y D (0,01, 0,12, 0,02, 0,27) de los laboratorios 2 y 8 resultaron ser los más precisos. También se determinó la relación entre MDF y la DS, resultando una correlación positiva de 0,605. De los 9 laboratorios 6 de ellos tuvieron equipos con mediciones dentro de los límites de tolerancia. En conclusión, muchos de estos laboratorios se encontraron trabajando con equipos sin la previa calibración, bajo condiciones de ambiente inadecuadas y sin ningún tipo de articulación con alguna institución que realice evaluaciones de precisión y exactitud. La evaluación de equipos de laboratorios de fibras textiles es de vital importancia para obtener valores exactos y precisos y generar articulación entre ellos.

**Palabras claves:** Precisión, exactitud, tolerancia, fibra de ovino.

## ABSTRACT

The purpose of this research study was to evaluate the precision and accuracy of laboratory equipment that determine the quality of sheep tops fibers, a total of 14 teams were evaluated (Sirolan Laserscan, OFDA 2000, Minifiber Ec and Fiber Ec), belonging to 7 laboratories in Peru and 2 in Argentina (Bariloche). The identification of the laboratories was kept in reserve through a confidentiality agreement signed by those responsible for each of them. For the evaluation, 4 samples of sheep fibers with known diameters belonging to commercial samples from the INTA-Bariloche laboratory were used, which were prepared in polyethylene bottles and sent to each laboratory. The determination of the mean fiber diameter (MDF) was performed under working conditions of each laboratory, using IWTO standards 12 and 47. The samples were divided into three subsamples each and measured in duplicate. The accuracy was determined from the difference in the known diameter minus the value obtained and the precision of the standard deviation (DS) of the repetitions. The evaluation and comparison was made by comparing Dunnett's averages and processed using the Minitab 18 software. The results have shown that, of the 14 teams, B (0.15, -0.02, 0.50 and 0, 07 $\mu\text{m}$ ) and C (0,04, -0,12; -0,28 and -0,14 $\mu\text{m}$ ) belonging to laboratories 2 and 4 being the most exact, respectively; while B (0.13, 13, 0.25 and 0.21) and D (0.01, 0.12, 0.02, 0.27) of laboratories 2 and 8 were the most accurate. The relationship between MDF and DS was also determined, resulting in a positive correlation of 0.605. Of the 9 laboratories 6 of them had equipment with measurements within the tolerance limits. In conclusion, many of these laboratories found themselves working with equipment without prior calibration, under inadequate ambient conditions and without any articulation with any institution that performs precision and accuracy assessments. The evaluation of textile fiber laboratory equipment is vital to obtain accurate and precise values and generate articulation between them.

**Keywords:** Precision, accuracy, tolerance, sheep fiber.

## I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, la atención del mundo se centra en el boom de las fibras de camélidos, ovinos entre otros, utilizadas para elaborar diferentes prendas textiles; las características de calidad : diámetro de fibra, elasticidad, longitud, aspecto y, finura, son importantes para determinar su calidad; siendo el diámetro de la fibra la más importante para la industria textil, donde las fibras de menor diámetro son las más utilizadas en prendas a nivel mundial y las que tienen mayor valor económico (Ferguson y Kearney 2004).

La caracterización de la calidad de las fibras como materia prima textil, demandó el desarrollo de tecnologías sofisticadas para describir el diámetro medio de las fibras, su distribución y parámetros asociados (Elvira, 2005). Existen numerosos equipos para determinar la calidad de fibras, tales como: microscopio de proyección, analizador de diámetro de fibra a través de imagen digital (DIFDA por sus siglas en ingles), Analizador de diámetro de fibra óptica (OFDA2000 por sus siglas en ingles), LASERSCAN y hasta los equipos más novedosos como es el Caracterizador Electrónico de Fibra (FIBER-EC) y el equipo MINIFIBER EC.

Los equipos que se mencionó anteriormente se utilizan para caracterizar las fibras, específicamente la MFD, la cual juegan un papel importante en la comercialización de lana grasa (Walker, Stewart, Pope, Spear, Ebert y Murphy, 2018), es por ello que existen laboratorios de fibras textiles que vienen utilizando diferentes equipos, radicando principalmente en las determinaciones de sus parámetros físicos con mayor precisión y exactitud el cual se realiza bajo estándares o especificaciones propuestas por la Organización Internacional de Lanas Textiles (IWTO).

En Perú existe laboratorios de fibras textiles que caracterizan fibras de camélidos, ovinos entre otros, con la ayuda de equipos, el problema radica que estos se encuentran trabajando sin supervisión por parte de alguna institución; debido a que en Perú no existe un reglamento o institución que realice el seguimiento del trabajo que desempeñan estos laboratorios en medición de fibras.

Es por tal motivo que se diseñó la presente investigación para realizar un análisis y comparaciones de precisión y exactitud en los equipos existentes en cada laboratorio. Se

evaluó equipos de 7 laboratorios de Perú y 2 de Argentina (Bariloche) que determinan la calidad de las fibras de ovino, teniendo como objetivo evaluar la precisión y exactitud de estos determinando el diámetro de las fibras, también se determinó la variabilidad entre equipos y los factores que intervienen en esta variación. Esta investigación sirvió para determinar la cantidad de laboratorios cuya evaluación de la Media del Diámetro de Fibra (MDF) se encuentran dentro de los límites de tolerancia establecidos por IWTO.

## **1.1. Objetivos**

### **Objetivo general**

Evaluar la precisión y exactitud de equipos de los laboratorios que determinan la calidad de fibras de tops de ovinos.

### **Objetivos específicos**

- Comparar la precisión y exactitud de equipos de los laboratorios que determinan la calidad de fibras de tops de ovinos, con respecto a la media de diámetro de fibra.
- Relacionar la media del diámetro de fibra (MDF) y su desviación estándar obtenidos con los equipos de los laboratorios que evalúan la calidad de fibras de tops de ovinos.
- Determinar la cantidad de laboratorios cuyas evaluaciones de la MDF se encuentran dentro de los límites de tolerancia.

## **1.2. Justificación de la Investigación**

La industria textil viene exigiendo diferentes estándares de calidad con respecto a las fibras textiles, las cuales se vienen caracterizando de forma objetiva con la ayuda de equipos, permitiendo determinar principalmente la finura de las fibras. El problema radica en la precisión y exactitud de cada uno de los equipos, generando variabilidad en las mediciones, esto es ocasionado por múltiples factores y debido a esto la obtención de resultados son erróneos. Este estudio se realizó con la finalidad de evaluar los resultados y determinar la precisión y exactitud de las mediciones de equipos de 7 laboratorios de Perú y 2 de Argentina, factores que intervienen y la cantidad de laboratorios cuyas evaluaciones de la MDF se encontraban dentro de los límites de tolerancia.

En el aspecto metodológico y científico, este trabajo aporta una información sobre la evaluación de equipos que determinan la calidad de la fibra de ovino, como una guía para futuros investigadores que realicen similares trabajos.

En el aspecto social y económico, con el resultado de esta investigación se buscó determinar cuál laboratorio que mide con mayor precisión y exactitud la calidad de las fibras, dentro de estos laboratorios se evaluó el laboratorio de la UNACH para ser evaluado y así determinar la confiabilidad de los equipos, para que en el futuro nos permita determinar calidad de fibra proveniente de ovinos de la zona y realizar estudios relacionados al control de calidad de fibras.

En la aplicación práctica, ayudará a mejorar las condiciones de trabajo en los laboratorios donde se determina la calidad de fibras, realizar mejor las operaciones de medición de las características, un adecuado manejo y así no tener problemas de variabilidad en los resultados.

Este estudio es viable porque se cuenta con los recursos disponibles para poder llevarla a cabo. Entre los distintos tipos de recursos que se pueden necesitar para realizar con éxito la investigación contamos con recursos financieros, humanos y materiales.

## II. MARCO TEÓRICO

### 2.1. Antecedentes

Arias (2018) comparó los equipos MiniFiber EC, OFDA 2000 y Sirolan Laserscan, utilizando 261 muestras de fibras de origen animal (ovino, alpaca, llama, cachemira, vicuña, guanaco y mohair) de Apurímac, Puno y Cusco; los análisis se realizaron en mecha sucia y limpia en tres diferentes ambientes: en laboratorio, campo y en ambiente cerrado. El análisis estadístico lo realizó usando el software R 3.5.0., para la comparación de las mediciones del MiniFiber EC y OFDA 2000 usó la prueba T de student y la prueba de Duncan y Friedman para la comparación del MiniFiber EC, OFDA 2000 y Sirolan Laserscan. Obtuvo diferencias de -2,2 a 0,5 para muestras de lana en los tres equipos siendo menor entre el MiniFiber EC y Sirolan Laserscan con alta correlación entre ambos equipos para las características de muestras de fibra de ovino ( $p < 0,05$ ).

Quispe, Sacchero y Quispe (2018) realizaron un estudio sobre la calibración, validación y evaluación del caracterizador electrónico de fibras (CEF) conocido como FIBER EC, con fibras de animales (con diámetros conocidos) de tops de ovinos, mohair, alpacas, así como muestras de fragmentos de fibras de vicuñas y de alpacas, que fueron medidas antes y después de calibrar. Como resultados obtuvieron que el CEF en las características evaluadas varían entre 0,10 y 0,36  $\mu\text{m}$  para diámetro de fibra, entre 0,06 y 0,23  $\mu\text{m}$  para la desviación estándar del diámetro de fibra, entre 0,20 y 0,83% para el coeficiente de variación del diámetro de fibra y 0 para el factor de confort. Indicaron que el CEF tiene alta precisión y exactitud para la media de diámetro de fibra (MDF) con rangos de tolerancia ubicados dentro de los exigidos por IWTO y ASTM.

Walker et al. (2018) compararon la precisión y la exactitud del FibreLux con el OFDA2000 determinando el diámetro medio de fibra de lana estadounidense en el Laboratorio de Lana de la Universidad Estatal de Montana (siglas en inglés MSU) y laboratorio AgriLife. Para la comparación estadística de MFD entre los dos equipos de medición de los dos laboratorios utilizaron el programa GLM de SAS (versión 9.4) donde tomaron a laboratorio como un efecto de clase fija, el MFD de la muestra medido en el FL como covariable lineal y el MFD de la muestra medido en el OFDA2000 como variable de respuesta. Para la precisión utilizaron el procedimiento

MIXTO de SAS utilizando un modelo de componente de varianza heterogénea para el efecto del instrumento. Encontraron que en la MSU las mediciones para FL fueron  $0,25 \mu\text{m}$  mayores que las de OFDA2000 y en AgriLife las mediciones de FL fueron  $0,21 \mu\text{m}$  menos que el OFDA2000 indicando que el FL puede proporcionar mediciones útiles.

Benavidez (2017) realizó la comparación de la precisión intra laboratorio del equipo FIBER-EC con OFDA 2000 utilizando muestras de fibra de alpacas, llamas y ovinos. Utilizó la prueba T de student con un nivel de significancia de 0,05 para la comparación de las medias de los equipos y el software SPSS versión 23 para la evaluación de exactitud del FIBER EC. Encontró que el OFDA 2000 es más preciso con una precisión de  $0,020 \mu\text{m}$  para fibras finas (menos de  $25 \mu\text{m}$ ) y  $0,067 \mu\text{m}$  (menos de  $33 \mu\text{m}$ ) para fibras gruesas. El FIBER-EC es más exacto con una exactitud de  $0,034 \mu\text{m}$  para fibras finas y  $1,317 \mu\text{m}$  para fibras gruesas. Además, se encontró una alta correlación (0,97) para el diámetro de fibra entre el FIBER-EC y OFDA 2000. Sus resultados mostraron que el FIBER-EC fue más exacto, pero menos preciso que el OFDA 2000.

Quispe, Benavidez, Sauri, Bengoechea y Quispe (2017) en su estudio mostraron el diseño y desarrollaron un equipo (FIBER EC) para evaluar las características físicas de las fibras animales, basado en un sistema de análisis digital automático (ADAS) que permite la captura de una serie de imágenes en tiempo real de las fibras. El equipo permite medir el diámetro medio de fibra, desviación estándar, el coeficiente de variación y el factor de confort; lo compararon con OFDA 2000 y Sirolan Laserscan midiendo patrones de lana. Las mediciones de OFDA 2000 y FIBER-EC lo compararon mediante la prueba t de Student y correlación de Pearson. Obtuvieron como resultados que el límite de confianza de FIBER-EC varió entre  $0,075$  y  $3,47 \mu\text{m}$ , el cual fueron similares al límite de confianza de Sirolan Laserscan y OFDA 2000, también reportaron que la precisión es mejor que el OFDA 2000 para evaluaciones de fibra de menos de  $25 \mu\text{m}$ , que varían entre  $0,034$  y  $0,250 \mu\text{m}$ .

INTERWOOLLABS (2005) resume los resultados de las pruebas de ronda realizadas en 2004, representando la combinación de datos de prueba de dos pruebas redondas separadas, realizadas aproximadamente con seis meses de diferencia, conocidos

como IH Round Test 2004/1 y IH Round Test 2004/2. El objetivo de este informe fue resumir la Información para un público más amplio sobre la ronda Inter laboratorio. Informaron que en la ronda participaron laboratorios con equipos utilizando su metodología de medición del IWTO perteneciente a cada equipo como OFDA 2000(IWTO 47), Airflow (IWTO 6), Laserscan (IWTO 12), Microscopio de proyección (IWTO8). Enviaron 8 tops con diámetros diferentes para ejecutar las pruebas de ronda dos veces al año. Reunieron los resultados de diámetro de fibras de los 8 tops distribuidos, los cuales fueron determinados los promedios de los laboratorios y comparados con los límites de aceptación que INTERWOOLLAB tiene. Para los ensayos que se informaron, los laboratorios que tienen 0 o 1 resultado fuera de los límites se consideran Aceptable en el primer intento. Aquellos laboratorios que tengan 2 o más resultados fuera de los límites tienen que realizar una nueva prueba obligatoria en nuevas muestras.

Ferguson y Kearney (2004) compararon el dispositivo OFDA2000 con las pruebas convencionales de laboratorio de mediados de lado utilizando un OFDA100, en este estudio utilizaron muestras de lado medio (lomo del animal) de mohair de cabras Angora en el noroeste de Victoria, Australia. El OFDA2000 utilizó un factor de corrección de grasa (GCF) para tener en cuenta la grasa (cera y suint) en el exterior de la fibra. Los análisis de regresión entre los métodos de prueba para la desviación estándar, el coeficiente de variación del diámetro de la fibra y la curvatura de la fibra presentaron menor varianza que las regresiones de los resultados medios del diámetro de la fibra. Reportaron que OFDA2000 es adecuado para la estimación del diámetro medio de fibra de las grapas de mohair de cabrito graso y; por lo tanto, es útil tanto para la selección de mohair como para la selección de Angora.

Marler y Baxter (2004) evaluaron instrumentos de medida de fibra como OFDA2000 y Sirolan Fleecescan, con el fin de determinar límites de confianza para el vellón de ovejas. Las características de la fibra, fueron evaluadas mediante dos OFDA2000 y dos Fleecescans, teniendo en cuenta protocolos comerciales y estándares en cada propiedad de ensayo. Determinaron el factor de corrección para el OFDA 2000 midiendo fibras sucias posteriormente lavaron y midieron nuevamente para determinar la diferencia y sacar el factor de corrección, este lo introdujeron en el equipo para corregir la medición para fibras sucias. Encontraron que para las

mediciones MFD en la finca, el OFDA2000 y el Fleecescan dieron una precisión equivalente. La SDD y CVD medidos con OFDA2000 mostraron la mayor divergencia del promedio de vellón total ( $-0,3\mu\text{m}$  a  $-0,5\mu\text{m}$  para SDD y  $-2,2\%$  a  $-2,7\%$  para CVD) mencionando que probablemente fueron influenciados por la herramienta de "corte de distribución", también identificaron que la precisión para las mediciones varió de  $\pm 1,5$  a  $\pm 2,6\%$ .

Baxter (2001) estudió la precisión de la medida del diámetro y el perfil de longitud del diámetro de lanas grasas, utilizando el instrumento portátil OFDA 2000, que le permitió medir el diámetro de las lanas en tiempo real durante la selección de los animales o clasificación del vellón. Seleccionó una muestra de al menos 20 ejemplares representativos de cada uno de los treinta rebaños de Nueva Zelanda y también de veintiséis bandadas australianas. Las mediciones lo realizaron en un laboratorio estándar, el ciclo de preparación y medición le duro 30 segundos o menos, donde evaluó las relaciones entre el factor de grasa y el diámetro medio de la fibra, donde encontró que los rebaños finos a medianos se encuentran por debajo de un promedio de aproximadamente  $30\mu\text{m}$ , y que el factor de grasa variaba generalmente de forma lineal con el diámetro. Las lanas más gruesas no mostraron correlación entre estos dos parámetros.

Cottle, Almeida, Baxter y Petrie (1996) estudiaron la precisión de los resultados de las pruebas de diámetro medio de fibra (MFD) de vellón de merino utilizando el OFDA 2000 en tres laboratorios, donde estudiaron la varianza entre y dentro del laboratorio. Los equipos lo calibraron de acuerdo con IWTO-47 antes de realizar las mediciones. El análisis estadístico de varianza total lo estimaron a partir de un análisis de varianza de los datos. Los datos lo analizaron en total dividiendo 35 lados más finos (MFD 18,7), 27 lados medios más gruesos (MFD 22,6) y 38 midsides intermedios (MFD 20). Obtuvieron como resultado que el laboratorio 1 la varianza del diámetro de fibra fue de 0,0378, para el laboratorio 2 fue de 0,1015 y para el laboratorio 3 fue de 0,0073. Concluyeron que las mediciones de MFD fueron más altas en los equipos del laboratorio 1, mientras que la variabilidad de MFD Las mediciones fueron más altas en los equipos del laboratorio 2.

Qi, Lupton, Pfeiffer, y Minikhiem (1994) evaluaron el analizador de diámetro de fibra óptica (OFDA). Trabajaron con Lana y mohair en varias formas físicas (top,

core, y básico) y compararon los resultados producidos por OFDA con otros dos métodos para determinar el diámetro de la fibra que utiliza el microscopio de proyección estándar (PM). Compararon las muestras de lana y mohair usando la prueba t pareada, para los análisis de las diferencias del MFD entre OFDA y las mediciones de PM donde utilizaron los procedimientos de medios de SAS. Encontraron que las medidas de diámetro de fibra OFDA fueron muy estrechamente relacionado con las mediciones de PM, concluyeron que el OFDA es un sistema prometedor para una rápida y precisa evaluación del diámetro de la fibra y su distribución.

## **2.2. Bases teóricas**

### **2.2.1. La fibra**

Las fibras son polímeros lineales (prácticamente sin entrecruzamientos) de alto peso molecular y con una longitud de cadena lo suficientemente grande para ser hiladas (Mondragón, 2002). La fibra es cada uno de los filamentos que se encuentran componiendo hilos para posteriormente formar tejidos textiles; estas pueden ser de origen animal, vegetal o sintético las cuales tienen características muy importantes en la industria tales como la flexibilidad, finura y longitud. (DAKARATEXTIL, 2015).

Según (Calvosealing, S.f) las fibras de altas prestaciones son aquellas que poseen características mejoradas en los siguientes aspectos:

- Mayor resistencia mecánica
- Mayor resistencia al calor y/o llama
- Comportamiento ante bacterias, insectos, etc.
- Conductividad eléctrica
- Cambios de color por temperatura

### **2.2.2. Clasificación de fibras textiles**

Según DAKARATEXTIL, (2015) la clasificación de fibras se da en dos grandes grupos: naturales y artificiales como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 1

*Clasificación de fibras textiles*

|                            |                            |                        |   |
|----------------------------|----------------------------|------------------------|---|
|                            |                            | De glándulas sedosas   | Seda, seda salvaje  |
|                            | <b>Animal</b>              | De folículos pilosos   | Pelo de alpaca, ovino, de angora, de buey, caballo, conejo, castor, camello, cachemira, cabra, guanaco, llama, nutría, vicuña, yak. |
| <b>FIBRAS NATURALES</b>    |                            | De la semilla          | Algodón   |
|                            |                            | Del tallo              | Lino, cáñamo, yute, ramio, Kenaf  |
|                            | <b>Vegetal</b>             | De la hoja             | Abacá, sisal  |
|                            |                            | Del fruto              | Coco  |
|                            |                            | Otras                  | Esparto, henequén, ananá, banana, dunn, maguey,   |
|                            | <b>Minerales</b>           | Asbestos               | Metálicas (oro, plata, cobre)   |
| <b>FIBRAS ARTIFICIALES</b> | <b>Manufactura física</b>  | Del papel              |   |
|                            |                            | Del metal              |   |
|                            |                            | Del vidrio             |   |
|                            | <b>Manufactura química</b> | De polímeros naturales | conocidas como fibras artificiales  |
|                            | De polímeros sintéticos    |                        |   |

**Fuente:** DAKARATEXTIL (2015).

### **2.2.2.1. Fibras Naturales**

Las Fibras Naturales son las que nos proporciona la naturaleza, se encuentran directamente en forma de fibras, y pueden ser de origen vegetal, animal y mineral, siendo su longitud y diámetro aptos para su transformación en hilo (Tinoco, 2009).

### **a). Fibras animales**

La producción de origen animal, incluye la producción de filamentos proteínicos (seda), lanas, vellones y pieles en la elaboración de productos textiles (Villegas y Gonzáles, 2013).

#### **Cachemira**

El cachemir o cashmere se obtiene de las fibras del pelo de las cabras de raza kasmir (*Capra hircus laniger*), nativa de los himalayas; éste es de textura fina y al mismo tiempo fuerte, ligera y suave, y más cálido que el obtenido de la lana de ovejas. El color natural del cashmere varía entre los tonos grises, marrones y blancos. Para trabajar estas fibras primero se deben someter al proceso de “dehairing”, mediante el cual se separan las fibras ásperas de las finas, para obtener el verdadero cashmere que se usará en la fabricación de hilos, telas y prendas (Aguilera, Bórquez y Navarro, 2008).

#### **Alpaca**

La fibra de alpaca se caracteriza por su buena longitud, suavidad, brillo, resistencia y característica termostáticas, que la hace ser muy cotizada en el mercado internacional (Crispin, 2014). La lana de alpaca es duradera, lo cual compensa su elevado costo en prendas de vestir (Villegas y Gonzáles, 2013).

#### **Ovino**

La lana de ovino es un material de origen natural que se ha empleado básicamente como base de productos convencionales en la industria textil, tal como alfombras, cortinas, ropa de cama y prendas de vestir (Rosas, 2016). Cada fibra es segregada en un folículo piloso y consta de una cubierta externa escamosa que repele el agua, una porción cortical y otra medular (que absorbe la humedad). Varía entre 12 y 120 micras de diámetro, según la raza del animal productor y la región de su cuerpo, y entre 20 y 350 mm de longitud (Tinoco, 2009).

### **b). Fibras vegetales**

Entre las fibras de origen vegetal, están las que se extraen de la velloidad de algunas semillas, como el algodón; de los tallos (o líber), el lino y el cáñamo;

fibras de follajes, como el sisal; y fibras de cáscaras, como las de coco (Villegas y Gonzáles, 2013).

### **Algodón orgánico**

Las fibras de algodón proceden de la semilla del algodonero (*Gossypium*), del género de las malváceas. Los diferentes tipos de algodón cultivados son el *Gossypium hirsutum* (87%) o algodón americano, *Gossypium barbadense* (8%) o algodón egipcio y el *Gossypium herbaceum* (5%). La planta de algodón es una de las más cultivadas a nivel mundial por la calidad de la fibra vegetal que nace de ella las cuales miden de 20 a 45 centímetros de largo. Es procesada y empleada para la fabricación de textiles de gran suavidad y durabilidad (INFORURAL, 2012).

### **Lino**

Hecho de la planta de lino, requiere muy pocos pesticidas. Se debe buscar en sus tonos naturales o teñido con colorantes vegetales; adquirirlo fabricado por una compañía ecológica certificada (Villegas y Gonzáles, 2013).

#### ***2.2.2.2. Fibras sintéticas***

Se presentan en forma de filamentos o se pueden cortar y presentar en forma de fibra cortada. Las fibras sintéticas pueden ser modificadas en gran manera consiguiendo variaciones en aspectos como color, brillo, resistencia, capacidad de aislamiento térmico, etc. Esta posibilidad de modificación, tanto de las propiedades físicas como químicas, es la que permite la creación de nuevas fibras con características mejoradas en el grupo de fibras químicas (Calvosealing, S.f).

#### ***2.2.3. Industria de la fibra textil***

La industria textil es una de las más importantes a nivel mundial y su desarrollo se ha incrementado de manera proporcional a la constante demanda de productos novedosos que se solicitan en el mercado, como las prendas de vestir (chalin, pulóveres, cardigans, etc), cuyos procesos y requisitos de producción son

influenciados según las tendencias de la moda y factores de confort que satisfagan las exigencias del usuario (IBCE, 2017)

La materia prima de estas prendas es obtenida de diversos tipos de animales del mundo, cuyas fibras deben cumplir con las calidades solicitadas. Entre las especies que aportan estas fibras especiales se encuentran: el conejo angora, buey almizclero, yak, caprinos (angora y cashmere); así como camélidos tales como: los camellos, llamas, alpacas, vicuñas y guanacos ( Sauri, 2016).

Según (Ripley believes, s.f.) el uso principal de la lana está en la producción de ropa. Sin embargo, también se usa para hacer alfombras, tapicería, ropa de montar y alfombras para caballos, en los años 2016-2017, los principales productores de lana fueron Australia, China, Estados Unidos y Nueva Zelanda. Australia es el país productor de lana más alto del mundo. Con una producción de 25% de la lana del mundo. China produce aproximadamente el 18% de la lana del mundo para la industria textil y del vestido. Estados Unidos produjo 25.7 millones de libras de lana. Nueva Zelanda es el cuarto mayor productor de lana del mundo Aporta el 11% de la lana del mundo.

Con respecto a las fibras de camélidos sudamericanos, más de un millón de pequeños productores de los Andes Centrales de Sudamérica tienen alpacas (*Vicugna pacos*) y llamas (*Lama glama*) como principal medio de subsistencia. La región cuenta con 3,9 millones de llamas y 3,3 millones de alpacas, que equivalen a una producción total de fibras en la región superior a los 5 millones de kg anuales, del cual cerca del 30% de la producción de fibra se transforma y es usada en la misma comunidad. Así mismo del total producido alrededor del 80% de la fibra de alpaca comercializada es de color blanco y el 12% tiene diámetros de fibra menores de 23micrones (Quispe et al., 2009).

### **2.2.3.1. La fibra de ovino en el Perú**

La crianza de ovinos en el Perú es de vital importancia, siendo el principal ingreso de subsistencia del poblador rural andino dentro de su economía familiar, por la comercialización de su carne y fibra, de acuerdo al IV

CENAGRO del año 2012, la población de ovinos fue de 9.523.198 millones de ovinos y la producción de lana alcanzó las 10.946 toneladas con un precio de 4,98 soles por kilogramo de fibra. (Díaz, 2013) La raza de ovino que predomina en el Perú es Corriedale y en menor medida la merina que habita en la zona sur (MASTER WOOL, 2018).

El mercado lanero en Perú, se formó desde hace más de 100 años, comercializando la lana de manera informal. En las últimas décadas ha tenido mayor importancia para el país creándose cooperativas y realizándose programas de mejoramiento genético, lo cual ha venido permitiendo que los pequeños criadores tengan mejor calidad de vida, a través de la comercialización (MASTER WOOL, 2018).

La exportación de productos textiles de Perú hacia el mundo es una actividad que se encuentra en vías de expansión hacia nuevos mercados y cada año denota un evidente ascenso dentro de las exportaciones, considerando a las fibras peruanas de alta calidad por poseer características apropiadas para los procesos textiles industriales (Ballón y Laureano, 2017)

Actualmente, existen cuatro grupos empresariales controlan el mercado nacional de la fibra como Grupo Inca, Grupo Michell Cia y Grupo Prosur, se estima que el 90% de la producción nacional se destina a la industria y un 10% para autoconsumo e industria artesanal, (Saldaña, 2017).

#### ***2.2.3.2. Calidad de la fibra***

Una de las características más importantes en el control de calidad de fibras es la finura. Las fibras textiles de alta calidad son consideradas aquellas que poseen un diámetro entre 15 a 25 micras, debido a que estas ofrecen un alto factor de confort en las prendas de vestir, en la calidad también se considera la resistencia a la atracción, ya que en la industria necesitan fibras con buena resistencia al momento de elaborar prendas de vestir para evitar el rompimiento de estas. Así como estas características hay otras que definen su calidad: elasticidad y flexibilidad (Pesok , 2004).

#### **2.2.4. Equipos de medición de fibras**

En la actualidad de acuerdo a la necesidad de la industria de la fibra textil se han venido desarrollando equipos para determinar la calidad de la fibra mejorando las características de trabajo de cada equipo ya sea suprimiendo o incluyendo nuevas opciones de medida.

##### **2.2.4.1. OFDA 2000**

Este equipo permite medir las características de las fibras de lana y otras fibras animales, determinando el diámetro de fibra, la desviación estándar (DS), coeficiente de variación (CV), la curvatura de las fibras (CRV) en grados por milímetro y el factor de confort (FC) a lo largo de las mechas sucias en tiempo real, posee un procesador equipado con Windows 98, donde hace correr su potente software para que funcione como OFDA 1000 o OFDA 2000 (Elvira, 2005).

Utiliza un pequeño equipo que tiene un ventilador de aire con soporte donde se coloca el porta-muestras para extender y preparar las mechas de fibra sin ninguna dificultad. Este equipo tiene un sensor de humedad y temperatura para registrar las condiciones durante la medición y corregir a cada una de las lecturas por humedad y temperatura de ambiente. Arroja valores de diámetro más preciso y exacto permitiendo comparar los vellones con mayor poder de clasificación y precisión y, a su vez, analizar la variabilidad a lo largo de la mecha (Elvira, 2005).

Determina el diámetro medio de la fibra, la distribución del diámetro y el perfil del diámetro a lo largo de la longitud de la grapa, todo en 30 segundos o menos hasta fibra de 1.200 animales por día se logran comúnmente en Nueva Zelanda medir (Baxter , 2001)

##### **2.2.4.2. LASERSCAN**

Es un equipo de medición del diámetro de fibra que fue diseñado en la división de tecnología de lana CSIRO, determina el diámetro de fibra, la desviación estándar, coeficiente de variación, factor de confort y curvatura, funciona con un frasco de dispersión en el que se introduce la fibra minicoreada donde se

dispersa en un fluido de transporte (isopropanol); una vez dispersadas las fibras son detectadas a través de un rayo láser que pasa a través, para medir el diámetro de fibra y demás características. Al final de la medición arroja una tabla de frecuencias para estas clases de micrómetros, también arroja todas las características antes mencionadas en la pantalla de la computadora con la cual funciona, estas se pueden imprimir junto con las estadísticas calculadas como la media y la desviación estándar para la distribución. Luego este fluido con muestra de fibra se puede retirar circulando a través de una bomba, esto se hace presionando un botón el botón de descarga que tiene este equipo (IWTO 12, 2003)

#### **2.2.4.3. FIBER EC**

FIBER EC, es un equipo de sobremesa/portátil que permite evaluar la calidad de la fibra de origen animal, realiza la medición de diversas características físicas de la fibra animal (alpaca, vicuña, llama, oveja, mohair, cashmere, etc.). Utiliza una moderna tecnología de interpretación de imágenes digitales y permite la transmisión y almacenamiento de toda la base de datos y gráficos de las medidas obtenidas, permitiendo su posterior impresión. Las características que mide son: Media de diámetro de fibra (MDF), Coeficiente de Variación de la MDF (CV MDF), desviación estándar de la MDF (DEMDF), factor de picazón (FP), factor de confort (FC), finura al hilado (FIHI), adicionalmente, monitorea la temperatura y humedad ambiental. (Quispe & Quispe, 2016). En su diseño consideraron cuatro subsistemas: mecánico, electrónico, óptico e informática (Quispe et al., 2017). Utilizaron el programa Autodesk Invento para la visualización, simulación y documentación del prototipo digital en tres dimensiones (3D), permite la lectura de la temperatura y humedad de muestras de fibra y el medio ambiente (Quispe et al., 2017).

El equipo FIBER EC conocido anteriormente como caracterizador electrónico de fibras (CEF) permite procesar las imágenes de fibras obtenidas mediante tecnología de visión artificial, realizando más de 8000 mediciones por muestra en 30 segundos, los resultados se muestran en una interfaz gráfica amigable que forma parte del software propietario elaborado para el CEF (Quispe, Sacchero, & Quispe, 2018)

#### **2.2.4.4. MINI FIBER**

El Minicaracterizador Electrónico de Fibras, denominado en adelante como MINIFIBER EC, es un equipo portátil que permite evaluar la calidad de la fibra de origen animal (camélidos sudamericanos, ovinos, cabras, conejos, camellos, buey almizclero, vacunos, etc.), este equipo permite la transmisión y almacenamiento de toda la base de datos y gráficos de las medidas obtenidas, permitiendo la impresión de los datos (Quispe & Quispe, 2018).

Se desempeña muy bien en condiciones de altitud de hasta 5.300 msnm y de -7°C hasta 45°C. las características que mide son : Media del diámetro de fibra (MDF), coeficiente de variación de la MDF(CVMDF), desviación estándar de la MDF(DEMDF), factor de picazón(FP), factor de confort (FC); adicionalmente mide la temperatura y humedad relativa del ambiente (Quispe & Quispe, 2018).

#### **2.2.4.5. Microscopio de proyección**

El método de microscopio de proyección (MP) es un método fundamental para determinación de diámetro de fibra según los estándares internacionales de metrología. Sin embargo, es un método difícil y costoso. En consecuencia, se han originado la búsqueda de métodos alternativos pero similares utilizando tecnología moderna (Baxter, 1993).

Para medir en el MP las muestras de lana son mezcladas, limpiadas, secadas y acondicionadas, se toman pequeñas muestras representativas, de las que se pueden cortar fragmentos cortos. Los fragmentos, de longitud promedio de 0,4 a 0,8 mm se extienden en un portaobjetos de microscopio con un fluido de montaje (aceite). La diapositiva se coloca en un microscopio de proyección se mide con un aumento de 500X. La ampliación se calibra mediante métodos ópticos estándar (utilizando una diapositiva de retícula de referencia), y por lo tanto se puede ver que el método se basa únicamente en principios simples de metrología, aunque en la práctica se sabe que el método es significativamente dependiente del operador, debido a las dificultades para identificar de manera consistente y precisa los límites de la imagen (Baxter, 1993).

#### **2.2.4.6. Equipo Airflow**

El equipo Airflow para medir el diámetro medio de fibra de la lana es relativamente fácil de realizar, económico, y ampliamente adoptado y estandarizado en países productores y consumidores de lana (Baxter, 1993).

Se basa en la medición del descenso de la presión del flujo de aire a través de una masa estándar de fibras. En este método, las muestras de lana son previamente mezcladas, lavadas, secadas y luego acondicionadas en una atmosfera estándar. Luego, éstas son colocadas en una cámara donde se fuerza el paso de una corriente de aire a través de ellas (masa de fibras). El valor del flujo de aire en lana sucia se determina midiendo la tasa de flujo a una presión estándar. Este método mide el área superficial de fibra por unidad de masa. De ahí que sea un método indirecto y debe ser calibrado utilizando lanas o fibras de diámetro conocido (Baxter, 1993).

#### **2.2.4.6. Equipo FibreLux**

Es un instrumento optoelectrónico basado en la difracción de la luz desarrollado específicamente para medir el diámetro medio de fibra de la lana y otras fibras finas. El objetivo del desarrollo era brindar a los productores de lana los medios para obtener un diámetro de fibra asequible y medido con precisión del clip de lana en la granja, ayudándoles a clasificar su clip de lana con mayor precisión de lo que antes era posible. El medidor FibreLux mide muestras de lana entre 15 y 25 micrones con una precisión superior a 0,8 micrones (Walker J. , y otros, 2018).

Las lecturas de las mediciones se registran automáticamente y se pueden descargar hasta las últimas 500 mediciones en una computadora para una mejor administración de la granja. La preparación y medición de la muestra es fácil y fácil de usar, puede tomar tan solo un minuto. Usando algoritmos avanzados, la medición se ajusta para el efecto de la humedad y la temperatura y se puede aplicar un factor de grasa estándar para su granja para obtener un rendimiento limpio por muestra (Walker J. , y otros, 2018).

### **2.2.5. Normas de medición del IWTO.**

La Organización Internacional de Textiles de Lana (IWTO, por sus siglas en inglés) es el organismo internacional que representa los intereses de la industria y el comercio de textiles y lanas del mundo; regula el comercio de lana otorgando licencias a los laboratorios que ofrecen servicios de Certificación IWTO a la industria. Los Certificados IWTO solo pueden ser emitidos por laboratorios de prueba con licencia de IWTO en muestras tomadas directamente por el personal o los agentes de ese laboratorio con licencia, quienes pueden garantizar la exactitud e imparcialidad de los resultados de las pruebas (Wool Testing Authority , 2018 ).

### **2.2.6. Tolerancias dadas por IWTO**

Las tolerancias dadas por la IWTO 12 y 47 para OFDA 2000 y Laserscan de acuerdo a la finura en micras de las fibras.

Tabla 2

*Tolerancia por IWTO 12 y 47*

| MFD superior ( $\mu\text{m}$ ) | Tolerancia ( $\mu\text{m}$ ) |
|--------------------------------|------------------------------|
| Hasta 15,0                     | 0,3                          |
| 15,1 – 20,0                    | 0,6                          |
| 20,1 – 25,0                    | 0,8                          |
| 25,1 – 30,0                    | 1,0                          |
| 30,1 - 35,0                    | 1,2                          |
| Mayor de 35,1                  | 1,4                          |

Fuente: IWTO 12 (2012) y IWTO 47( 2013).

### **2.2.7. INTERWOOLLABS**

INTERWOOLLABS (2018), la Asociación Internacional de Laboratorios de Textiles de Lana (INTERWOOLLABS) se creó en junio de 1969 en París, en la 38ª Conferencia Internacional de la Lana. Los objetivos de la Asociación Internacional de Laboratorios Textiles de Lana son:

Desarrollar la cooperación entre los laboratorios Miembros, con el fin de garantizar la aplicación más correcta y uniforme de los métodos de prueba y muestreo aprobados según lo establecido en IWTO.

Garantizar que los laboratorios miembros obtengan resultados de prueba precisos que tengan un alto nivel de precisión en la aplicación de los métodos y procedimientos específicos de la Organización Internacional de Textiles de Lana que sean relevantes para los programas de trabajo anuales aprobados de INTERWOOLLABS.

Ayudar a los laboratorios de los Miembros a resolver las disputas que surjan de las diferencias en los resultados de las pruebas, mediante la determinación de las causas de cualquier discrepancia.

### **LIMITES DE ACEPTACIÓN POR INTERWOOLLABS**

Los límites de aceptación de INTERWOOLLABS han sido establecidos de la siguiente manera por el Comité de Gestión para **LASERSCAN - OFDA**

Tabla 3

*Finura superior de lana*

| <b>Finura de la lana</b> | <b>Límite de aceptación</b> |
|--------------------------|-----------------------------|
| <20 micrones             | +/- 0,30µm                  |
| 20,01-24 micrones        | +/- 0,40µm                  |
| 24,01-28 micrones        | +/- 0,50µm                  |
| 28,01-32 micrones        | +/- 0,60µm                  |
| 32,01-36 micrones        | +/- 0,70µm                  |
| > 36,01 micras           | +/- 0,90µm                  |

**Fuente:** INTERWOOLLABS (2018).

## **2.3. Marco conceptual**

### **2.3.1. Fibra de ovino**

Fibra textil formada en los folículos de la piel del ovino que integra el vellón del animal, está constituida por dos capas: la externa, integrada por células planas superpuestas como escamas de pescado y la cortical en el cuerpo de la fibra,

formada por células fusiformes que contienen proteínas de cadena helicoidal, su crecimiento es en forma de ondas (Mueller, 2000).

### **2.3.2. Desviación estándar**

La desviación estándar del diámetro de la fibra es definida como la variabilidad obtenida en la muestra. Se obtiene de la raíz cuadrada de la varianza del diámetro medio de fibra (Quispe , Poma, & Unanua , 2013).

### **2.3.3. Precisión**

Es la proximidad existente entre valores obtenidos en mediciones repetidas de un mismo objeto, o de objetos similares. Está asociado a la dispersión de las mediciones reiteradas, la cual es expresada mediante medidas de dispersión tales como la desviación estándar, la varianza o el coeficiente de variación (Armenteros, Balboa & Mingorance, 2010).

### **2.3.4. Exactitud**

Es la proximidad existente entre un valor medido y un valor verdadero. Así pues, una medición es más exacta cuanto más pequeño es el error de medida. Se suele decir también que una medida es más exacta cuando ofrece una incertidumbre de medida más pequeña (Armenteros, Balboa & Mingorance, 2010).

### **2.3.4. Tolerancia o límite de aceptación**

Una expresión numérica de la precisión de la media de un conjunto de valores, generalmente asociados con una probabilidad declarada, más a menudo el 95%. Es el intervalo alrededor dentro del cual la probabilidad declarada espera que el valor obtenido este dentro de este (AWTA, 1999).

### **2.3.5. Muestra patrón**

Muestra preparada lista para medir obtenida por el proceso de peinado, y caracterizado, muestra una formación sustancialmente paralela de las fibras, esencialmente libre de materia vegetal también tiene una distribución sustancialmente homogénea (AWTA, 1999).

### III. MARCO METODOLÓGICO

#### 3.1. Ubicación.

La presente investigación se desarrolló en 07 laboratorios de fibras textiles de Perú ubicados en Chota-Cajamarca (1), Lima (2), Huancayo (2), Huancavelica (1), Cuzco (1) y 2 laboratorios en Argentina ubicados Bariloche (1) y Abra -Pampa (1).

#### 3.2. Población y muestra

El estudio se realizó con muestras de fibra de ovino (*Ovis aries*) del laboratorio del INTA-Bariloche (Argentina) procedentes de paquetes comerciales de la ciudad de Bariloche provincia de Rio Negro, de un total de 45 paquetes comerciales de fibra se escogieron 4 de ellos de los cuales se extrajeron mechones para la elaboración de las muestras.

#### 3.3. Variables e indicadores

Tabla 4  
*Variables e indicadores*

| VARIABLES  | DIMENCIONES  | INDICADORES   |
|--|--------------|---|
|  | MINIFIBER EC |   |
| Variable Independiente<br><b>EQUIPOS DE LOS 9<br/>LABORATORIOS</b> | FIBER EC     | Media del diámetro<br>de fibra MDF ( $\mu\text{m}$ )    |
|  | OFDA         |   |
|  | LASERSCAN    |   |
| Variable dependiente<br><b>PRECISIÓN Y<br/>EXACTITUD</b>           | Precisión    | Comparación de<br>medias de Dunnett                     |
|  | Exactitud    | Correlación de<br>Pearson<br><br>Desviación<br>estándar |

### 3.4. Equipos, materiales e insumos

Tabla 5.  
*Equipos, materiales y muestra biológica*

| <b>EQUIPOS</b>     | <b>MATERIALES</b>                                 | <b>MUESTRA BIOLÓGICA</b>                  |
|--------------------|---|---|
|                    | Laminas porta-fibras de 7x7.5 cm para MINI FIBER. |   |
|                    | Laminas porta-fibras de 7x9 cm para FIBER EC.     |   |
| Laptop             |   |   |
| Guillotina         | Placas Petri                                      |   |
| Dispensor de fibra | Brocha de limpieza                                |   |
| FIBER EC           | Pinzas  | Muestras de fibra de ovino (minicoreada). |
| OFDA 2000          | Marcadores  |   |
| MINIFIBER          | Cuaderno  |   |
| LASERSCAN          | Lapiceros   |   |
|                    | Papel bond  |   |
|                    | Memoria USB                                       |   |
|                    | Marcadores  |   |

### 3.4. Metodología de la investigación

La evaluación se realizó con 04 muestras de fibras de ovino con diámetros conocidos, preparadas en el laboratorio de fibras del INTA Bariloche Argentina, las cuales fueron enviadas a 07 laboratorios de Perú y 02 en Argentina, donde fueron medidas con un total de 14 equipos dentro de ellos MINIFIBER EC, FIBER EC, OFDA 2000 y LASERSCAN, los cuales se encuentran identificados con letras (A, B, C y D) y los laboratorios enumerados del 1 al 9, protegiéndose la identificación de los laboratorios y equipos mediante un acuerdo de confidencialidad entre los responsables de cada laboratorio (ver anexos). Se determinó la precisión (evaluada mediante la desviación estándar) y exactitud (evaluada como la diferencia entre el valor obtenido y valor conocido de la muestra de ovino) de cada equipo, también se determinó cuáles de los laboratorios tenían equipos con resultados de MDF dentro de los límites de tolerancia. El procedimiento metodológico se realizó de acuerdo a la figura 1.

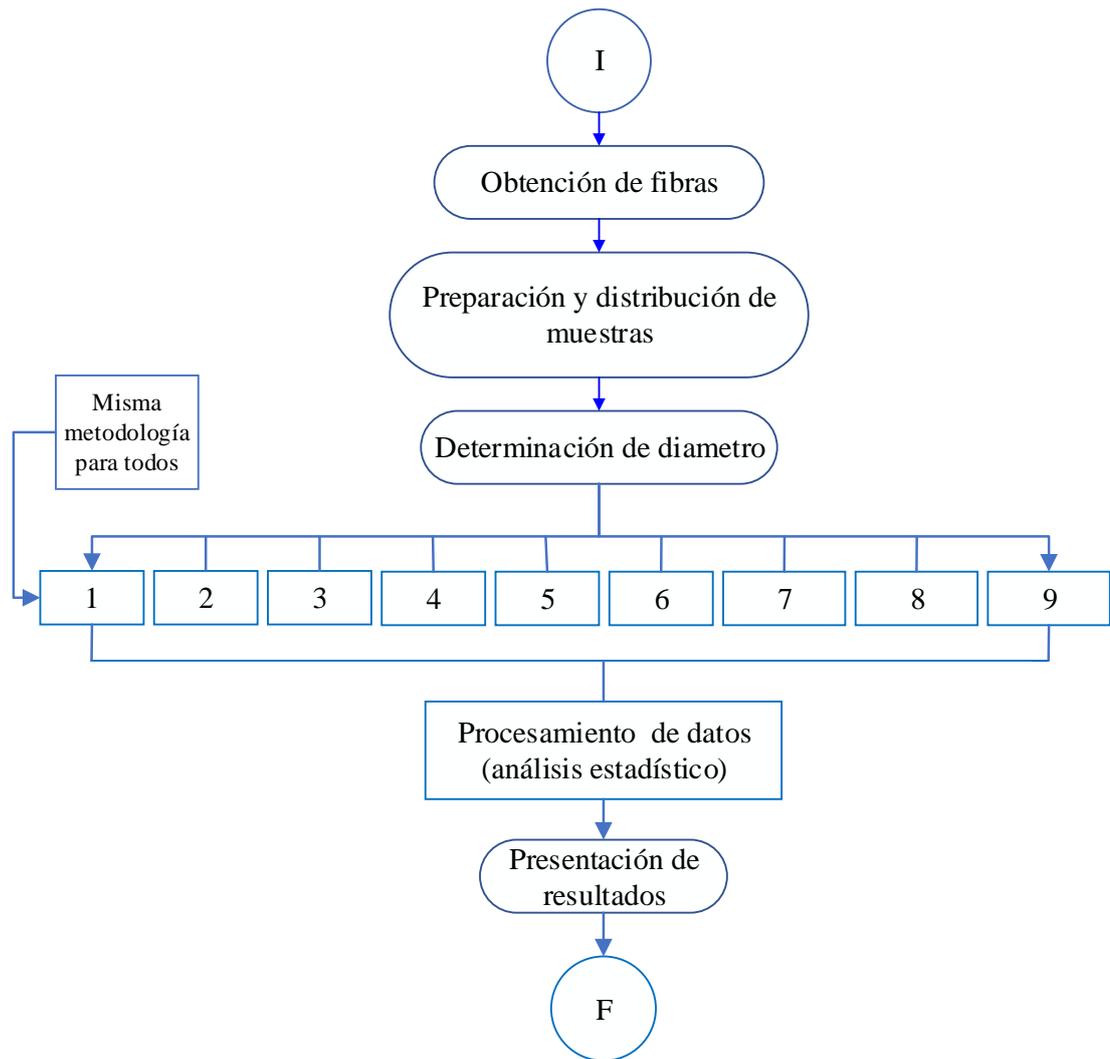


Figura 1. Metodología aplicada en el proceso de la investigación

### 3.4.1. *Obtención de las muestras*

Fueron obtenidas de muestras comerciales de clientes del laboratorio del INTA – Bariloche de Argentina, procedentes de productores de la provincia de Rio Negro. De un total de 45 paquetes con vellones de fibras de ovino se tomaron 4 de ellos, de los cuales se extrajeron mechones para la elaboración de las muestras.

### 3.4.2. *Preparación y distribución de las muestras*

Las 4 muestras seleccionadas se recibió en el laboratorio de fibras textiles del INTA-Bariloche, colocándose en bandejas de polietileno por separado, con la ayuda de ganchos (Figura 2 b) se sujetaron y posteriormente se lavaron con una mezcla de hexano y alcohol en una proporción de 8:2 v/v, con la ayuda del equipo Ultrasonic Cleaner (Figura 2 c) por 5 minutos (IWTO 12, 2012), posteriormente

se colocó sobre papel absorbente y con la ayuda de un rodillo se secaron. Luego se determinó la MDF conocido con el equipo LASERSCAN, se realizó con este equipo ya que se encuentra con una licencia para ofrecer servicios de certificación por INTERWOOLLABS que considero a este equipo dentro de los límites de tolerancia, los diámetros determinados fueron 19,2, 22,7, 23,9 y 28,4  $\mu\text{m}$ . Finalmente, las fibras se minicoreo (2 mm) con la ayuda del equipo Minicore, se realizó por separado de acuerdo al diámetro (4 diámetros diferentes), posteriormente se armaron los sets en tubos de polietileno y fueron enviados a los diferentes laboratorios como muestras incógnitas, debido a que ninguno de los responsables de cada laboratorio sabia la MDF de estas muestras.

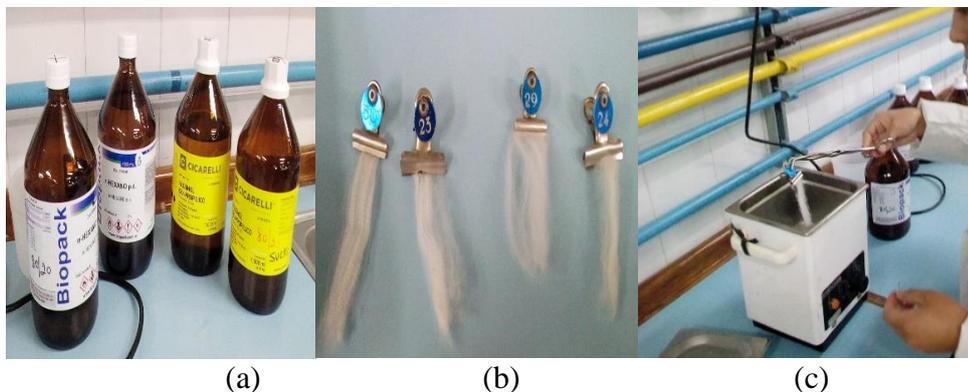


Figura 2. Reactivos utilizados para el lavado de los mechones (a), mechones preparados para ser lavados (b), equipo Ultrasonic Cleaner(c).

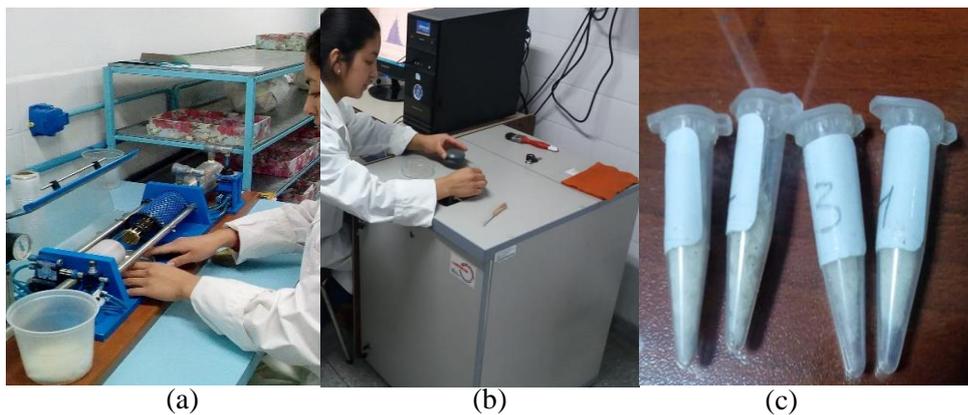


Figura 3. Equipo minicore (a), medición de MDF en el equipo Sirolan Laserscan (b), set de 4 muestras MDF conocidos enviadas a los laboratorios.

### ***3.4.3. Determinación del diámetro de fibra.***

La mayoría de los laboratorios realizó la calibración de equipos previo a la medición de las muestras, se realizó con fibras de tops patrones obtenidas de

Interwoollabs que van desde  $15\mu\text{m}$  hasta  $35\mu\text{m}$  y se programó el equipo para trabajar con fragmentos. Las muestras (minicoreadas) fueron colocadas en un dispersor el cual a través de un rotor giratorio fueron distribuidas en láminas porta fibras, que están unidas a través de una cinta en forma de libro (Figura 4) de 2mm de grosos por 7cm de ancho y 7.5 cm de largo para MINIFIBER, de 2mm de grosos por 7cm de ancho y 9.0 cm de largo para FIBER EC, 7x7 cm para OFDA 2000, la distribución fue homogénea evitando una sobre carga que afecte la medición, IWTO 12, (2012). Se realizó tres submuestras y se midió por duplicado, se determinó el diámetro de fibra DMF y la Desviación Estándar del Diámetro de Fibra DSDF.

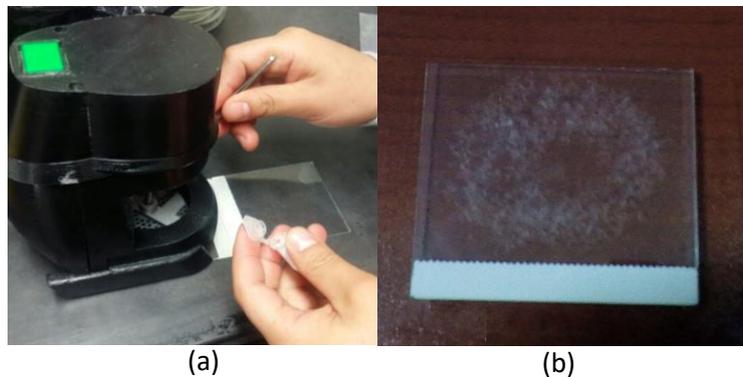


Figura 4. Dispersor de fibras (a), lamina porta fibras con muestra (b).

En el caso del equipo Sirolan Laserscan la muestra se introdujo en un frasco de dispersión del mismo equipo en el que se la fibra minicoreada se dispersa en un fluido de transporte (isopropanol); las cuales a través de un rayo láser son detectadas y medidas su diámetro (IWTO 47, 2013).

Para la recolección de datos se utilizó un formato excel (ver anexo 2), donde se describió cada una de las características medidas, las condiciones de laboratorio como temperatura( $^{\circ}\text{C}$ ) y humedad relativa (%), el equipo que se utilizó, las muestras, submuestras, las repeticiones y el código de laboratorio donde se realizó, se codifico con un número del laboratorio y la primera letra del equipo.

### 3.5. Análisis estadístico

#### 3.5.1. Para la precisión y exactitud

El análisis estadístico de la evaluación y comparación entre equipos se realizó mediante Minitab, un software libre para estudiantes por 30 días, en el cual se

realizó una comparación de medias de Dunnett de la precisión y exactitud para todos los equipos, determinándose que equipo tenía una media cercana a 0 con respecto a la exactitud y para la precisión se tuvo como media de control la precisión del equipo Laserscan del laboratorio del INTA-Bariloche, el cual ha participado en la ronda Inter laboratorio de INTERWOOLLABS y se consideró sus valores dentro de límite de tolerancia. Los valores de precisión fueron de  $0,07\mu\text{m}$  para la muestra de  $19,2\mu\text{m}$ ,  $0,14\mu\text{m}$  para la muestra de  $22,7$ ,  $0,26\mu\text{m}$  para  $23,9\mu\text{m}$  y  $0,13\mu\text{m}$  para  $28,4\mu\text{m}$ .

### **3.5.2. Relación de la MDF y su desviación estándar**

Para relacionar la media del diámetro de fibra (MDF) y su desviación estándar obtenidos con los equipos de los laboratorios que evalúan la calidad de fibras de tops de ovinos, se realizó en excel 2018 mediante un gráfico de dispersión donde se encontró la ecuación y la correlación entre estas dos características de la fibra de ovino.

### **3.5.3. Para determinar los laboratorios cuyas MDF estuvieron dentro de los límites de tolerancia**

Se determinó mediante graficas de rango en excel 2018, los laboratorios que tuvieron equipos con MDF dentro del límite de tolerancia fueron aquellos que sus resultados estuvieron dentro del rango, el cual se determinó de la diferencia del valor obtenido menos el valor conocido y se comparó con la tolerancia según el IWTO 12 y 47, para la muestra de  $19,2\mu\text{m}$  se consideró dentro del rango entre  $0,6$  a  $-0,6$  que es la tolerancia dada por (IWTO 12, 2003) y (IWTO 47, 2001) que considera esa tolerancia para fibras entre  $15,1$  y  $20\mu\text{m}$ , para la muestra  $22,7\mu\text{m}$  se consideró entre  $0,8$  y  $-0,8$  utilizándose la misma tolerancia para la muestra de  $23,9\mu\text{m}$ , y por ultimo para la muestra de  $28,4\mu\text{m}$  se consideró un rango entre  $1$  y  $-1$ .

## IV. RESULTADOS

### 4.1. Comparación de la precisión y exactitud de equipos de los laboratorios.

En la tabla 6 se muestra los datos de la precisión y exactitud de los 14 equipos de los 9 laboratorios que participaron en la ronda interlaboratorios, codificado con letras y un número que identifica al equipo y al laboratorio, se muestra por las 4 muestras utilizadas.

Tabla 6  
*Precisión y exactitud de los 14 equipos de los 9 laboratorios evaluados*

| LAB<br>-<br>Equipo | n | EXACTITUD           |                     |                     |                     | PRECISION          |                    |                    |                    |
|--------------------|---|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
|                    |   | 19,2<br>µm          | 22,7<br>µm          | 23,9<br>µm          | 28,4<br>µm          | 19,2<br>µm         | 22,7<br>µm         | 23,9<br>µm         | 28,4<br>µm         |
| <b>Lab 1</b>       |   |                     |                     |                     |                     |                    |                    |                    |                    |
| 1A                 | 6 | 0,67*               | 1,05*               | 1,21*               | 0,56 <sup>NS</sup>  | 0,91*              | 3,78*              | 0,85*              | 0,68*              |
| <b>Lab 2</b>       |   |                     |                     |                     |                     |                    |                    |                    |                    |
| 2B                 | 6 | 0,15 <sup>NS</sup>  | -0,02 <sup>NS</sup> | 0,50 <sup>NS</sup>  | 0,07 <sup>NS</sup>  | 0,13 <sup>NS</sup> | 0,13 <sup>NS</sup> | 0,25 <sup>NS</sup> | 0,21 <sup>NS</sup> |
| 2A                 | 6 | -0,07 <sup>NS</sup> | -0,84*              | -0,19 <sup>NS</sup> | -0,63 <sup>NS</sup> | 0,48 <sup>NS</sup> | 0,57 <sup>NS</sup> | 0,23 <sup>NS</sup> | 0,39 <sup>NS</sup> |
| 2C                 | 6 | -0,25 <sup>NS</sup> | -1,42*              | -0,73*              | -1,75*              | 0,26 <sup>NS</sup> | 0,54 <sup>NS</sup> | 0,05 <sup>NS</sup> | 0,56*              |
| <b>Lab 3</b>       |   |                     |                     |                     |                     |                    |                    |                    |                    |
| 3C                 | 6 | 2,58*               | 1,17*               | 1,72*               | 0,75 <sup>NS</sup>  | 0,62*              | 0,29 <sup>NS</sup> | 0,10 <sup>NS</sup> | 0,35 <sup>NS</sup> |
| 3D                 | 6 | 1,40*               | 0,80 <sup>NS</sup>  | 0,97*               | 0,33 <sup>NS</sup>  | 0,35 <sup>NS</sup> | 0,31 <sup>NS</sup> | 0,16 <sup>NS</sup> | 0,39 <sup>NS</sup> |
| <b>Lab 4</b>       |   |                     |                     |                     |                     |                    |                    |                    |                    |
| 4C                 | 6 | 0,04 <sup>NS</sup>  | -0,12 <sup>NS</sup> | -0,28 <sup>NS</sup> | -0,14 <sup>NS</sup> | 0,27 <sup>NS</sup> | 0,02 <sup>NS</sup> | 0,16 <sup>NS</sup> | 0,30 <sup>NS</sup> |
| <b>Lab 5</b>       |   |                     |                     |                     |                     |                    |                    |                    |                    |
| 5C                 | 6 | -0,13 <sup>NS</sup> | 0,11 <sup>NS</sup>  | -0,25 <sup>NS</sup> | -0,38 <sup>NS</sup> | 0,24 <sup>NS</sup> | 0,42 <sup>NS</sup> | 0,11 <sup>NS</sup> | 0,05 <sup>NS</sup> |
| <b>Lab 6</b>       |   |                     |                     |                     |                     |                    |                    |                    |                    |
| 6A <sub>1</sub>    | 6 | 0,45 <sup>NS</sup>  | 0,30 <sup>NS</sup>  | -0,34 <sup>NS</sup> | -0,88 <sup>NS</sup> | 0,28 <sup>NS</sup> | 0,21 <sup>NS</sup> | 0,10 <sup>NS</sup> | 0,18 <sup>NS</sup> |
| 6A <sub>2</sub>    | 6 | 0,21 <sup>NS</sup>  | -0,60 <sup>NS</sup> | -1,60 <sup>NS</sup> | -1,90*              | 0,30 <sup>NS</sup> | 0,78*              | 0,12 <sup>NS</sup> | 0,22 <sup>NS</sup> |
| 6A <sub>3</sub>    | 6 | -0,15 <sup>NS</sup> | 0,17 <sup>NS</sup>  | -0,04 <sup>NS</sup> | -0,11 <sup>NS</sup> | 0,28 <sup>NS</sup> | 0,30 <sup>NS</sup> | 0,33 <sup>NS</sup> | 0,24 <sup>NS</sup> |
| <b>Lab 7</b>       |   |                     |                     |                     |                     |                    |                    |                    |                    |
| 7A                 | 6 | 0,11 <sup>NS</sup>  | -0,11 <sup>NS</sup> | 0,33 <sup>NS</sup>  | -1,05*              | 0,15 <sup>NS</sup> | 0,15 <sup>NS</sup> | 0,54*              | 0,36 <sup>NS</sup> |
| <b>Lab 8</b>       |   |                     |                     |                     |                     |                    |                    |                    |                    |
| 8D                 | 6 | 0,06 <sup>NS</sup>  | -0,38 <sup>NS</sup> | 0,33 <sup>NS</sup>  | 0,17 <sup>NS</sup>  | 0,01 <sup>NS</sup> | 0,12 <sup>NS</sup> | 0,02 <sup>NS</sup> | 0,27 <sup>NS</sup> |
| <b>Lab 9</b>       |   |                     |                     |                     |                     |                    |                    |                    |                    |
| 9D                 | 6 | 0,31 <sup>NS</sup>  | -0,57 <sup>NS</sup> | 0,06 <sup>NS</sup>  | 0,48 <sup>NS</sup>  | 0,33 <sup>NS</sup> | 0,33 <sup>NS</sup> | 0,33 <sup>NS</sup> | 0,56*              |

Lab: Laboratorio, ABCD: equipos, NS: no significativo \*: significativo

### **Para la exactitud**

En la tabla 6 se observa que, de los 14 equipos evaluados, los que tuvieron mejor exactitud para la muestra de  $19,2\mu\text{m}$  se consideró a los que tienen una exactitud cercana a cero, dentro de estos se encontraron los equipos 2A ( $-0,07\mu\text{m}$ ), 4C ( $0,04\mu\text{m}$ ) y 8D ( $0,06\mu\text{m}$ ) teniendo mayor exactitud el equipo 4C ( $0,04$ ). Los equipos que mostraron una diferencia significativa fueron 3C con  $2,58\mu\text{m}$  y 3D con  $1,40\mu\text{m}$  teniendo una diferencia muy elevada. Para la muestra de  $22,7\mu\text{m}$ , los equipos que mostraron mayor exactitud son el 2B con  $0,02$ , 4C con  $0,12$  y 5C con  $0,11$  que fueron los equipos con menor diferencia comparado con 3D ( $0,80\mu\text{m}$ ) que es un equipo en donde se midió bajo condiciones de laboratorio de  $20^{\circ}\text{C}$  y  $60\%$  de humedad relativa. Para la incógnita  $23,0\mu\text{m}$  el equipo 6A<sub>1</sub> con  $-0,04\mu\text{m}$  tuvo mayor exactitud que el 9D con  $0,06\mu\text{m}$  y el 2A con  $-0,19$ , Para la incógnita  $28,4\mu\text{m}$  los equipos 2B, 4C y 6A fueron los equipos que presentaron mayor exactitud en comparación con los demás equipos, mostrando una diferencia significativa 2C con  $-1,75\mu\text{m}$ , 6A<sub>2</sub> con  $-1,90\mu\text{m}$  y 7A con  $-1,05\mu\text{m}$ .

### **Para la precisión**

La precisión va desde  $0,01$  hasta  $0,67\mu\text{m}$  para la muestra de  $19,2\mu\text{m}$ , mostrando una mayor precisión los equipos 8D ( $0,01$ ) y el 7A ( $0,15$ ) mostrando una diferencia significativa 3C con  $0,62$  diferente a la media de control de precisión del Laserscan ( $0,07$ ), para la muestra  $22,7\mu\text{m}$  se muestra a 4C con  $0,02\mu\text{m}$  siendo más preciso que la media de control del Laserscan ( $0,14$ ) y ninguno de los equipos muestra una diferencia significativa. Para la tercera muestra los equipos que tuvieron mejor precisión fueron 2C y 8D teniendo una diferencia significativa 1A y 7A. Para la muestra 4 los equipos que presentaron diferencia significativa fueron 1A, 2C y 9D.

En la figura 5 se muestra la comparación de las medias mediante Dunnett con un IC de  $95\%$ , se realizó con cada una de las exactitudes de los equipos con respecto a cada muestra, donde se observa que aquellas que su intervalo no contiene cero, son significativamente diferentes a la media de control que es 0.

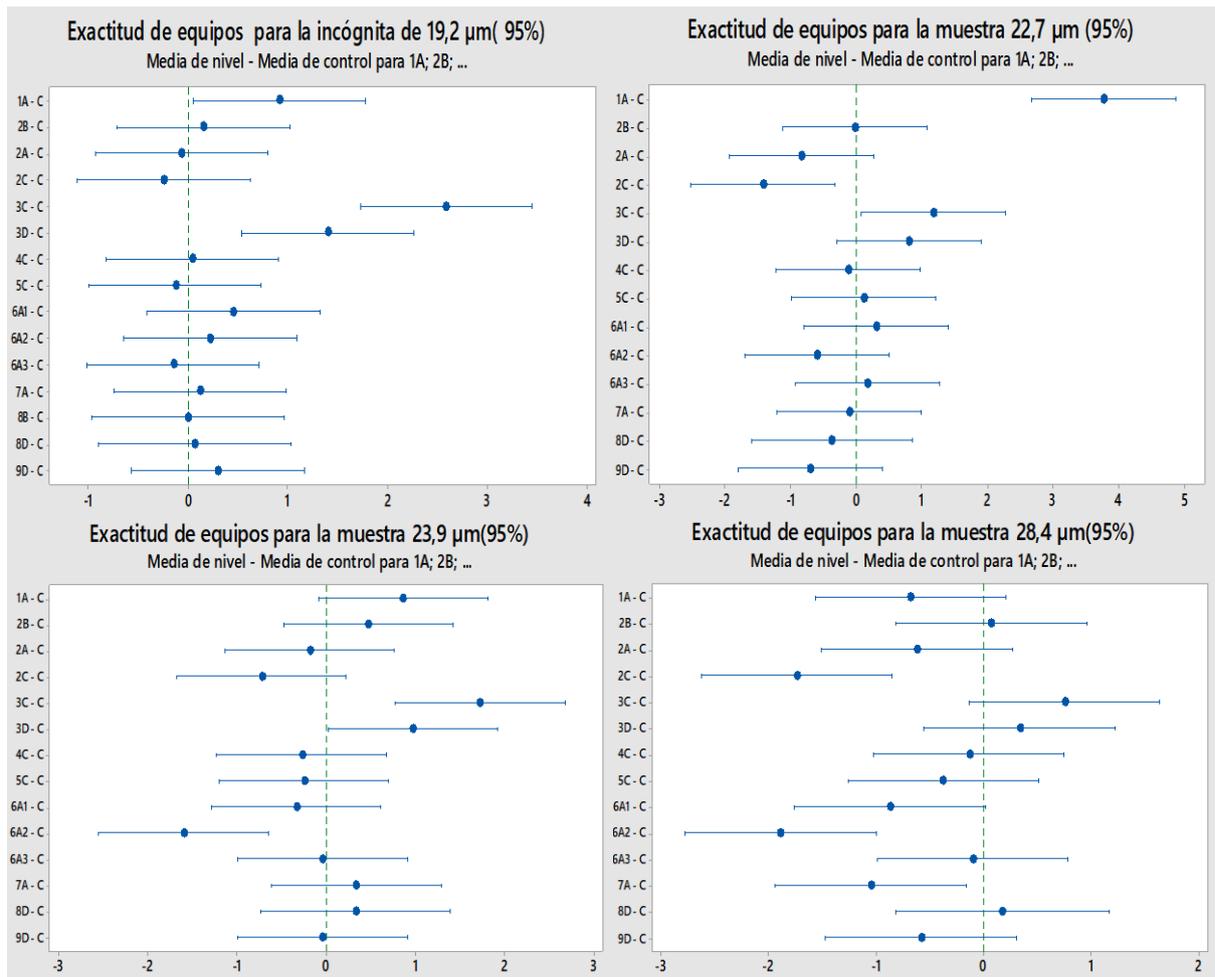


Figura 5. Graficas de comparación de exactitud mediante Dunnett

En la figura 6 presentamos graficas de comparación de precisión de todos los equipos mediante el método de Dunnett, teniendo como media de control la precisión del equipo Laserscan del laboratorio del INTA-Bariloche el cual es calibrado dos veces al año y está aprobado por INTERWOLABS. Los intervalos que se encuentran fuera de la media de control son aquellos que presentan diferencia significativa en comparación a los demás equipos.

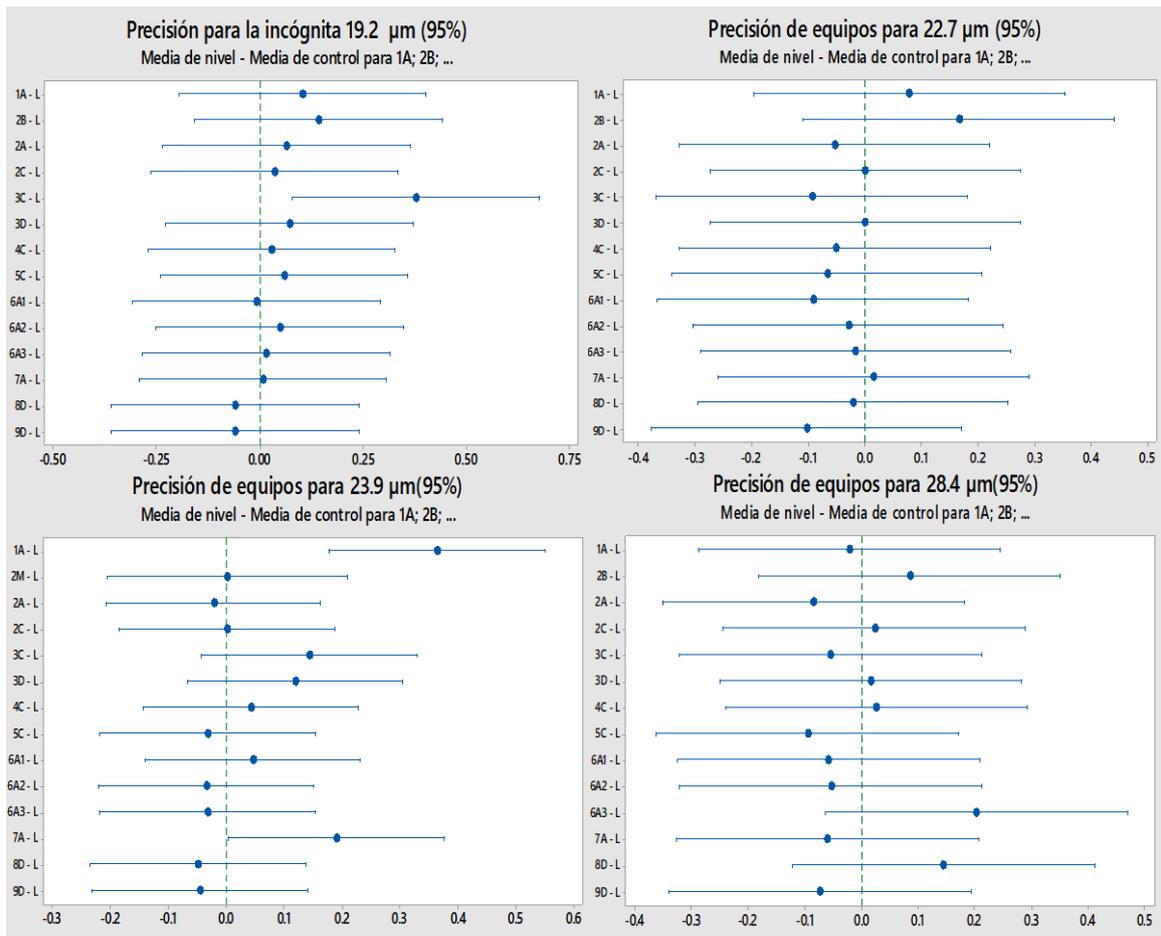


Figura 6. Gráficos de Comparación de precisión mediante Dunnett teniendo como media de control a la precisión de Laserscan del laboratorio del INTA-Bariloche

Tabla 7

*Coefficientes de correlación de Pearson (r) entre los resultados obtenidos con los equipos de los 9 laboratorios y el diámetro conocido de las muestras utilizadas de fibra de ovino con respecto a la MDF.*

| Laboratorio - Equipo | n | r     |
|----------------------|---|-------|
| <b>Laboratorio 1</b> |   |       |
| 1A                   | 6 | 0,872 |
| <b>Laboratorio 2</b> |   |       |
| 2B                   | 6 | 0,998 |
| 2A                   | 6 | 0,996 |
| 2C                   | 6 | 0,993 |
| <b>Laboratorio 3</b> |   |       |
| 3C                   | 6 | 0,993 |
| 3D                   | 6 | 0,999 |
| <b>Laboratorio 4</b> |   |       |
| 4C                   | 6 | 1,000 |
| <b>Laboratorio 5</b> |   |       |

|                      |   |       |
|----------------------|---|-------|
| 5C                   | 6 | 0,999 |
| <b>Laboratorio 6</b> |   |       |
| 6A <sub>1</sub>      | 6 | 0,998 |
| 6A <sub>2</sub>      | 6 | 0,992 |
| 6A <sub>3</sub>      | 6 | 0,999 |
| <b>Laboratorio 7</b> |   |       |
| 7A                   | 6 | 0,993 |
| <b>Laboratorio 8</b> |   |       |
| 8B                   | 6 | 0,999 |
| 8D                   |   | 0,997 |
| <b>Laboratorio 9</b> |   |       |
| 9D                   | 6 | 0,996 |

Se observa alta correlación de Pearson desde 0,87 a 1,00 entre las MDF obtenidas en cada uno de los equipos de los 9 laboratorios y las MDF conocidas de cada una de las 4 muestras de fibra de ovina utilizada. Los equipos en los que se encontró una alta correlación, fueron el C del laboratorio 4 con una correlación de 1,00 y el B del laboratorio 8 con 0,999 al igual que C del laboratorio 5.

En la figura 7 y 8 se muestran la dispersión de la MDF obtenida con la MDF conocida de las 4 muestras de ovino, en los equipos C del laboratorio 4 y B del laboratorio 8, estos dos equipos mostraron una alta correlación positiva mostrando una mayor precisión y exactitud.

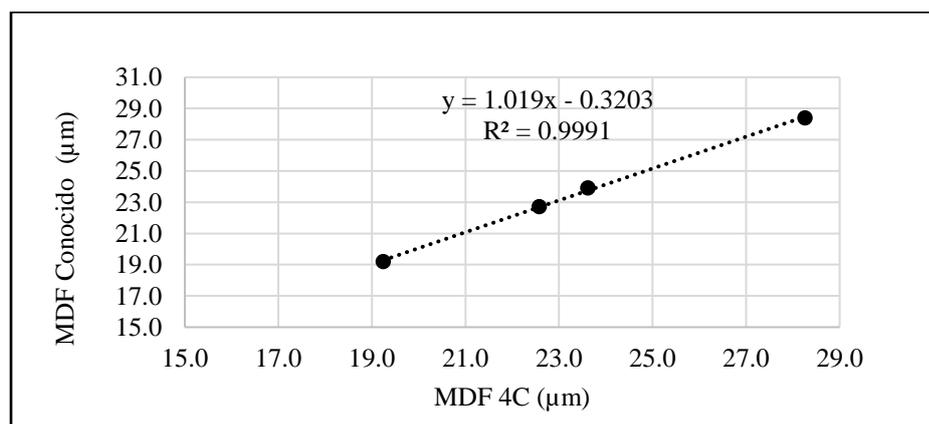


Figura 7. Gráfico de dispersión de la MDF del equipo 4C con la MDF conocida de las 4 muestras de fibra de ovino utilizada, en la parte superior se encuentra la ecuación de regresión y el coeficiente de correlación.

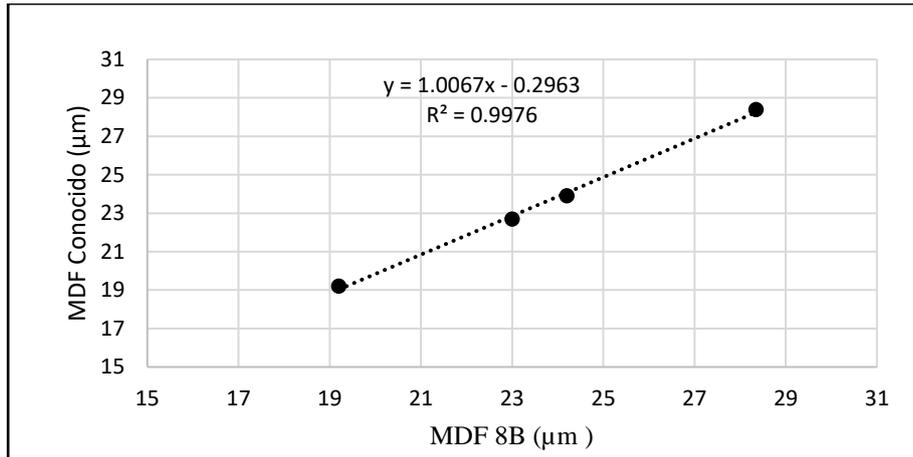


Figura 8. Gráfico de dispersión de la MDF del 8B con la MDF conocida de las 4 muestras de fibra de ovino utilizada, en la parte superior se encuentra la ecuación de regresión y el coeficiente de correlación

#### 4.1.2. Relación de la media del diámetro de fibra (MDF) y su desviación estándar (DS)

En la figura 9 se muestra la relación de la MDF con su desviación estándar, se realizó mediante un gráfico de dispersión, en el que se hace una relación del diámetro obtenido y su desviación estándar, teniendo una correlación de Pearson igual a **0,605** y la ecuación  $y = 0,16997x + 1,92545$ .

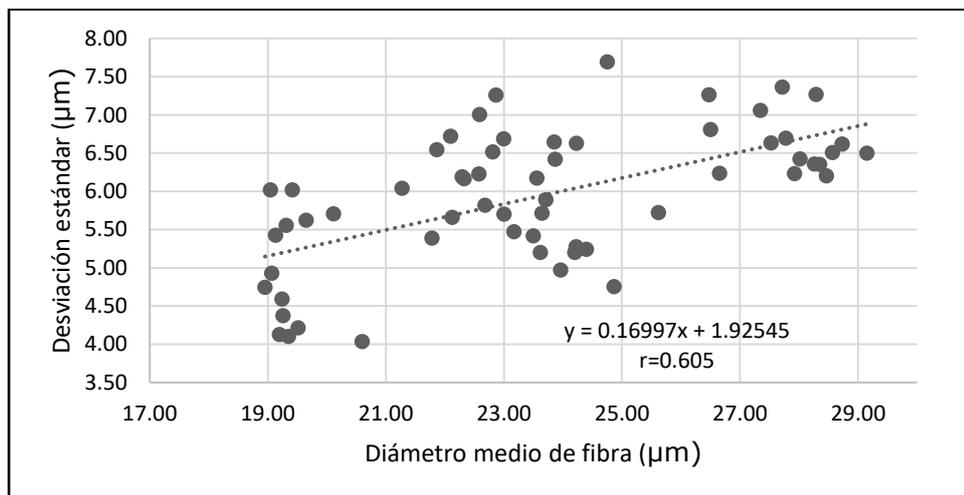


Figura 9. Relación de la MDF y la desviación estándar

#### 4.1.3. Determinación de la cantidad de laboratorios cuyas evaluaciones de la MDF se encuentra dentro de la tolerancia

De acuerdo a las tolerancias consideradas los laboratorios que estuvieron dentro del límite de tolerancia fueron 6 incluyendo al laboratorio 6 que tiene tres equipos

iguales, pero uno de estos tuvo un valor fuera de rango. Estos resultados se pueden visualizar mediante gráficos que se encuentran en la figura 5 se tomó también en cuenta que en algunos laboratorios los equipos fueron calibrados y en otros no debido a la falta de personal especializado en el manejo de estos equipos.

En la figura 10 y 11 se muestran las gráficas de rango con la tolerancia de acuerdo al IWTO 12 y 47 para cada equipo, la línea roja muestra los valores de diferencia entre el valor conocido y el determinado en cada equipo y las líneas negras son los rangos de tolerancia, mostrando aquellos que están dentro y fuera de los límites. Se reportó que 6 laboratorios tuvieron equipos que estuvieron dentro del límite de tolerancia.

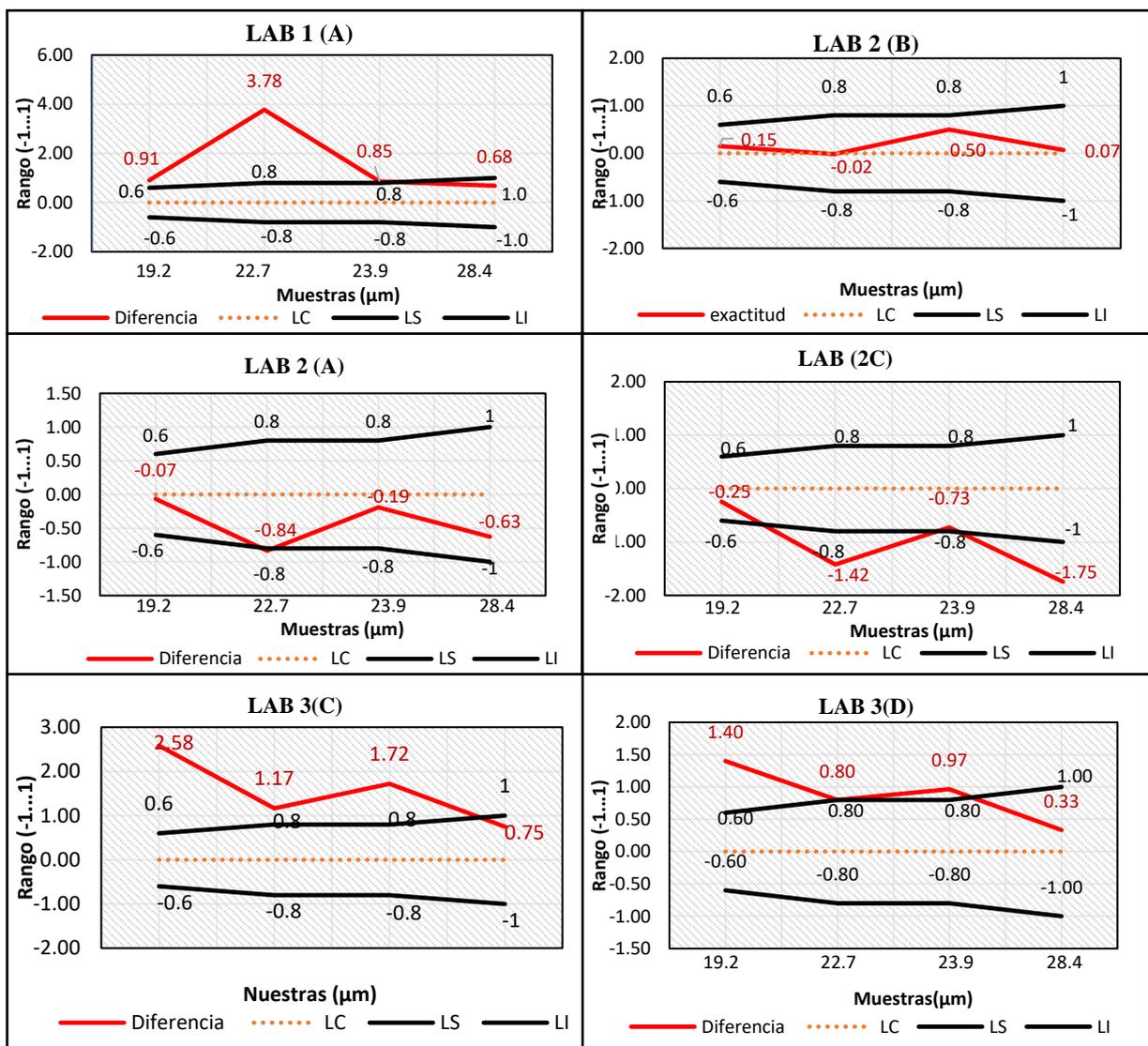


Figura 10. Gráficos de los resultados obtenidos en los equipos de los laboratorios del 1- 3 de acuerdo a las tolerancias dada por el IWTO 12 y 47

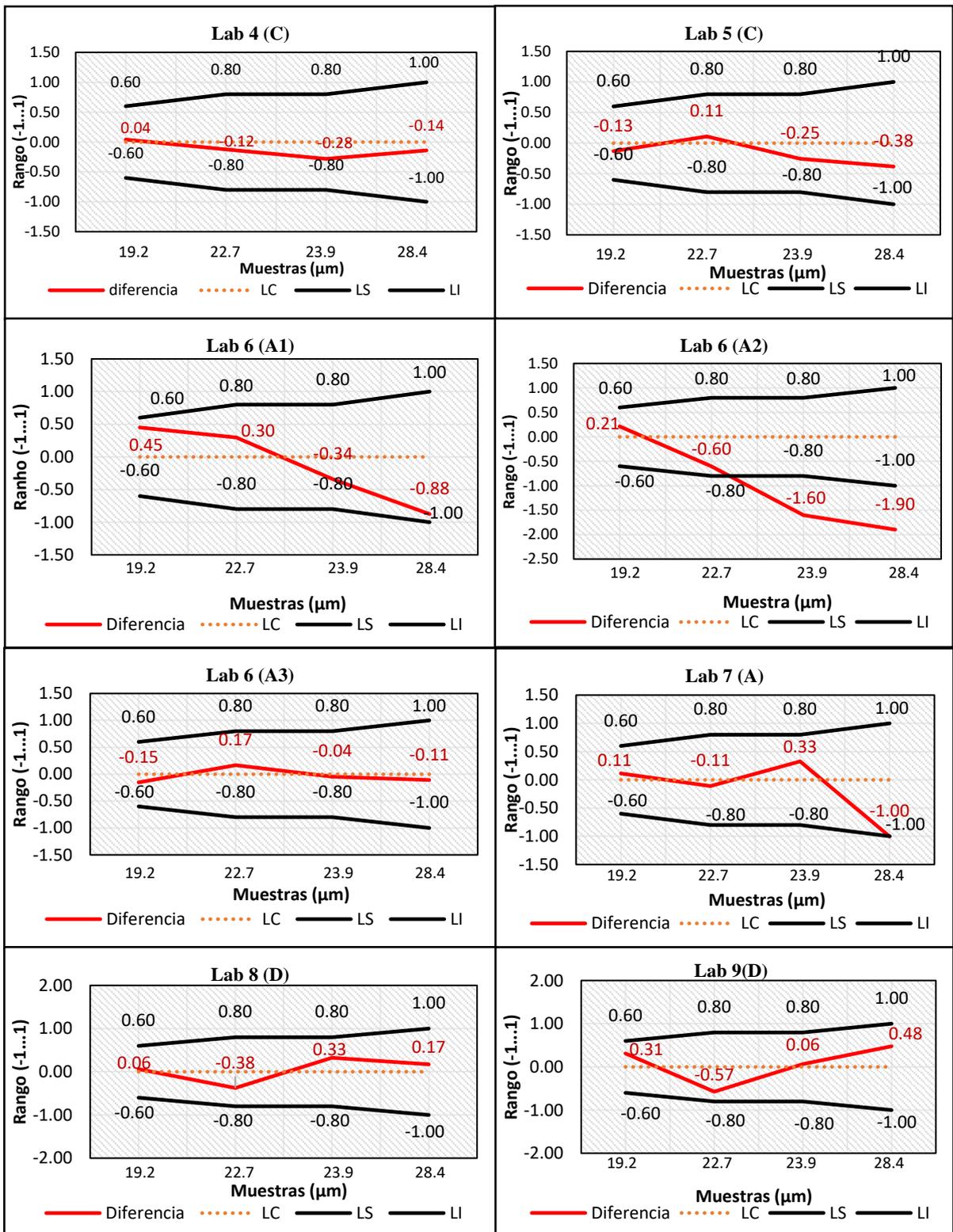


Figura 11. Gráficos de los resultados obtenidos en los equipos de los laboratorios del 4 - 9 de acuerdo a las tolerancias dada por el IWTO 12 y 47

## 4.2. DISCUSIONES

### 4.2.1. De la comparación de la precisión y exactitud de equipos de los laboratorios

En la comparación de resultados de exactitud de los equipos de los 9 laboratorios se reporta que 10 equipos tenían una exactitud entre -0,6 y 0,8 para fibras finas (15 a 25 $\mu$ m), los resultados fueron similares a los que se redacta en la norma del IWTO 12 (2012), por lo que señalo que estos equipos tienen una exactitud cercana a cero y se encuentran dentro de las tolerancias especificados por el IWTO.

En el presente trabajo de investigación se obtuvieron valores de exactitud en los rangos de -0,25 a 0,04 $\mu$ m y -0,38 a 0,75 $\mu$ m para fibras finas y gruesas en los laboratorios 2, 4 y 5. Similares a los encontrados por Arias (2018), en su trabajo de investigación en el que trabajo con el equipo MiniFiber EC encontrando valores de exactitud de -0,68 a 0,00 y -0,12 a 0,30, para fibras finas y gruesas de ovino considerando esta variación como valores aceptables en la exactitud, al trabajar en un laboratorio en condiciones adecuadas (20 °C y 60 % HR), por lo que se puede afirmar que los equipos de los laboratorios 2, 4 y 5 tienen una exactitud aceptable y es cercana a 0.

Los valores de exactitud entre 0,07 a 0,19 del equipo A del laboratorio 2 y D del laboratorio 8 va desde 0,06 $\mu$ m hasta 0,33 $\mu$ m. Estos valores se atribuyen a las condiciones adecuadas de 20°C y 65% de humedad relativa. Benavidez (2017), en su trabajo de investigación obtuvo que la exactitud de 0,034 $\mu$ m - 0,250 $\mu$ m en el que trabajo con FIBER EC”, cuando el diámetro de fibra de ovino es inferior a 25 $\mu$ m. Afirmando que la exactitud de estos equipos es similar a los encontrados por Benavidez.

En el trabajo realizado la precisión obtenida del equipo B va desde 0,07 hasta 0,26, mientras que D va desde 0,01 a 0,12 en el laboratorio 8 y de C desde 0,02 a 0,16 en el laboratorio 4, mostrando mayor precisión estos dos últimos equipos en comparación al equipo B.

Quispe et al. (2017) en su trabajo de comparación del Laserscan y OFDA 2000, reportaron que la precisión del equipo Laserscan para evaluaciones de fibra

menores de 25  $\mu\text{m}$ , que varían entre 0,034 a 0,250  $\mu\text{m}$ . Reportando que los equipos C y D muestran una precisión similar a la de Laserscan.

En la comparación de los equipos en precisión y exactitud, los equipos de los laboratorios 1 y 3 mostraron resultados con una diferencia significativa, esto se debió a que en estos laboratorios no se encontraba personal especializado y no se realizó la calibración correspondiente es por eso que los resultados mostraron diferencia como lo menciona Hazelton (2009) que los equipos deben pasar por una calibración adecuada para evitar resultados erróneos y garantizar la calidad de medición.

En la investigación se comparó la precisión de los equipos con la del equipo Laserscan del laboratorio del INTA-Bariloche, siendo uno de los laboratorios que participo en la ronda Inter laboratorio de INTERWOOLLABS con el equipo Laserscan el cual se encontró dentro del límite de aceptación; los valores que se tomaron fueron de 0,07 para la incógnita de 19,2, 0,14 para la segunda incognita, 0,26 para la tercera y 0,13 para la cuarta. Según (AWTA, 1999). Los resultados ubican al “Sirolan Laserscan “como el equipo que provee mayor precisión y exactitud con respecto a la medición del diámetro de la fibra, sin embargo, la gran cantidad de datos pertinentes con una precisión alta resultan ser los verdaderos potenciales del OFDA

#### ***4.2.2. Relación de la media del diámetro de fibra (MDF) y su desviación estándar***

En el caso de la relación de la MDF Y su DS se observó que a medida que el diámetro de fibra aumentaba la desviación estándar era mayor, variando desde 4,03 $\mu\text{m}$  para fibras de 19,2 $\mu\text{m}$  hasta 7,36 $\mu\text{m}$  para fibras de 28,4 $\mu\text{m}$ . Quispe, Sacchero, & Quispe (2018), reportan que, en la evaluación de fibras de mohair, a medida que se incrementa el diámetro de las fibras, va aumentando las desviaciones estándar, cuando el diámetro del patrón es 22,3  $\mu\text{m}$  la desviación estándar es cercana a 6  $\mu\text{m}$ , incrementándose en 5  $\mu\text{m}$  cuando el diámetro es de 43,10  $\mu\text{m}$ .

En el estudio realizado la correlación entre la MDF y la DS fue de 0,605 mostrándose puntos muy dispersos, esto se debió a que las mediciones se realizaron en varios equipos y algunos de estos no se habían calibrado

previamente, pero se demostró que si existe correlación entre estas características. Irvin (2014), en su estudio de investigación reporta la correlación entre la desviación estándar y la media del diámetro de fibra de alpaca Huacaya, donde tuvo resultados de 0,76 reportando que existe una correlación positiva entre estas dos características.

La desviación estándar estuvo desde 4 a 7,5 $\mu$ m para fibras entre 19 hasta 28  $\mu$ m, la ecuación fue  $y = 0,16997x + 1,92545$  y la correlación de 0,605. Lunney (1993), en su estudio obtuvo un rango de desviación estándar desde 4 hasta 8 $\mu$ m para fibras con diámetros entre 20 a 30 $\mu$ m con el analizador de distribución de finura de fibra CSIRO. La ecuación de regresión que obtuvo es  $y = 0,346x - 2,55$  y el coeficiente de correlación es 0,99, en el estudio se mostró una diferencia en la ecuación y en la correlación debido a que estos son los resultados obtenidos en varios equipos lo que no sucede en la respuesta del autor el cual solo son resultados del analizador de distribución de finura de fibra CSIRO.

En el estudio realizado mostramos resultados de correlación de 0,605 entre la MDF y DEMDF para fibras de ovino entre 19 hasta 28  $\mu$ m, mostrando una correlación positiva, debido a que a mayor diámetro de fibra mayor será la desviación estándar. Machaca, Paucara, Paucar , & Quispe (2013), en su investigación realizada en fibras de alpaca en la región de Apurímac determino que el 80% de animales producía fibra de calidad con diámetros menores 26,90  $\mu$ m encontrando alta correlación positiva entre la MDF con DEMDF de 0,62.

#### ***4.2.3. Determinación de la cantidad de laboratorios cuyas evaluaciones de la MDF se encuentra dentro de la tolerancia***

En los resultados de la investigación realizado el laboratorio 6 que tiene tres equipos iguales de los cuales uno de ellos tuvo un valor fuera del límite, pero se consideró a este laboratorio como dentro de los límites de aceptación. Según (INTERWOOLLABS, 2005) para los ensayos que reportan en sus informes sobre las rondas inter-laboratorio determinan que los laboratorios que tienen 0 o 1 resultado fuera de los límites se consideran aceptable en los resultados. Aquellos laboratorios que tengan 2 o más resultados fuera de los límites tienen que realizar una nueva prueba obligatoria con nuevas muestras.

## V. CONCLUSIONES

Se evaluó y comparó la precisión y exactitud de equipos de los laboratorios, encontrando que la mayoría de los equipos tuvieron una exactitud cercana a cero excepto 3C Y 1A que tuvieron una exactitud significativa con respecto a los demás equipos, el equipo C del laboratorio 4 tuvo una mejor exactitud con valores de (0,04, -0,12, -0,28 y 0,14) similares a los del equipo D del laboratorio 8 el cual trabajo a condiciones de laboratorio y tuvo una exactitud de (0,06, -0,38, 0,33, 0,17), mostrándose que el equipo 4C puede trabajar muy bien incluso a condiciones fuera de laboratorio estos resultados fueron para las cuatro incógnitas (19,2, 22,7, 23,9 y 28,4) respectivamente, con respecto a la precisión los equipo se compararon la precisión del Laserscan del laboratorio del INTA- Bariloche resultando con mejor precisión el equipo D del laboratorio 8 con valores de 0,01, 0,12, 0,02 y 0,27 para cada una de las 4 incógnitas.

Se relaciono la media del diámetro de fibra (MDF) y su desviación estándar obtenidas en cada uno de los equipos de los 9 laboratorios encontrándose una correlación positiva de 0,605 indicando que a mayor diámetro de fibra mayor es la desviación estándar.

Se determinó la cantidad de laboratorios cuyas evaluaciones de la MDF se encontraba dentro de los límites de tolerancia, mostrándose como resultado a 6 de los 9 laboratorios dentro del límite de tolerancia el cual fue tomado del IWTO 12 y 47 que es para OFDA Y Laserscan, sin embargo, estos valores también fueron tomado para el equipo FIBER EC y MINIFIBER ya que realizan mediciones a través de transmisión de imágenes que son similares a los equipos anteriores.

### 5.1. RECOMENDACIONES

- Realizar trabajos de investigación de correlaciones entre las características de MDF y la DEMDF en fibras de ovino.
- Utilizar el equipo MINIFIBER EC del laboratorio de fibras textiles del laboratorio de la Universidad Nacional Autónoma de Chota para realizar trabajos de caracterización en fibras textiles.

## VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguilera, M., Bórquez, F., & Navarro Silva, R. (2008). Resultados y lecciones en producción y comercialización de fibra de vicuñas: proyectos de innovación en Región de Arica y Parinacota y Región de Tarapacá. Fundación para la Innovación Agraria (FIA).
- Arias, K. (2018). Validación del MINI FIBER EC comparado con el OFDA 2000 y Sirolan laserscan utilizando diversas fibras de origen animal. Tesis, Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurimac, Abancay.
- AWTA. (1999). LASERSCAN a New Technology for a New Millennium. Obtenido de [awtainfo@awta.com.au](mailto:awtainfo@awta.com.au)
- Ballón , V., & Laureano, M. (2017). Estudio de Pre-Factibilidad Para La Industrialización. Tesis, Lima.
- Baxter , B. (2001). Precision of Measurement of Diameter and Diameter-length Profile of Greasy Wool Staples On-farm using the OFDA2000 Instrument. *49(1)*, 42-52.
- Baxter, B. (1993). influences on comparisons between the mean fibre diameter of wools measured by airflow and by projected image methods. *International wool textile organisation*.
- Benavidez, F. (2017). Comparación de la precisión intra laboratorio del Fiber-ec con Ofda 2000 en Fibras de Alpacas, Llamas y Ovinos. Tesis, Universidad Nacional de trujillo, Trujillo.
- Calvosealing. (S.f). Clasificación de fibras. Barcelona, España. Obtenido de [calvosealing.com/sites/default/files/clasificacion\\_de\\_fibras.pdf](http://calvosealing.com/sites/default/files/clasificacion_de_fibras.pdf)
- Castillo , O. (2009). Estadística. *Módulo 1*. Obtenido de <http://www.alejandrogonzalez.com.ar/archivos/librodecalidad-estadisticaaplicada.pdf>
- Cottle , D., Almeida, C., Baxter , B., & Petrie, D. (1996). Precision of OFDA fibre diameter measurements of midside wool samples. *Wool Technology and sheep breeding*, *44(4)*.

- Crispin, M. (2014). Análisis comparativo de la productividad y distribución de fibra de alpaca entre Huancavelica y Puno. Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima.
- DAKARATEXTIL.(2015). Tecnología de la confección textil. Obtenido de Las fibras textiles:[infoalpacas.com.pe/wp-content/uploads/2015/05/FIBRAS-EXTILES.pdf](http://infoalpacas.com.pe/wp-content/uploads/2015/05/FIBRAS-EXTILES.pdf)
- Díaz, R. (2013). Cadena productiva de Ovino. Obtenido de [http://agroaldia.minagri.gob.pe/biblioteca/download/pdf/agroeconomia/agroeconomia\\_ovino.pdf](http://agroaldia.minagri.gob.pe/biblioteca/download/pdf/agroeconomia/agroeconomia_ovino.pdf)
- Elvira, M. (2005). Presentación del instrumento de medición de finura OFDA 200. *Memorias del VII Curso de Actualización Ovina*. INTA - Bariloche, Argentina.
- Ferguson, MB y Kearney, G. (2004). Una comparación de la OFDA2000 con las pruebas convencionales de mohair en el lado medio. *South African Journal of Animal Science* , 34 (5), 4-6.
- Hazelton, N. W. J. (2009, January). Instrument calibration for the 21st century. In *57th Annual Meeting of Minnesota Society of Professional Surveyors*. St. Cloud, Minnesota, USA.
- IBCE. (2017). Comercio exterior de productos Bolivianos . Obtenido de <http://ibce.org.bo/images/publicaciones/ce-255-Mercados-Potenciales-Productos-Bolivianos.pdf>
- INFORURAL. (Julio de 2012). Algodón, características generales. Recuperado el 9 de Julio de 2019, de <https://www.inforural.com.mx/algodon-caracteristicas-generales/>
- INTERWOOLLABS. (2005). INTERWOOLLABS Report on Round Trials Completed in 2004. TECHNOLOGY & STANDARDS COMMITTEE .
- INTERWOOLLABS. (2018). The International Association of Wool Textile Laboratories Calibrated. Recuperado el 10 de Noviembre de 2018, de <http://www.interwoollabs.org/index.html>
- Irvin, T. (2014). Correlaciones fenotípicas entre el peso del vellón sucio y los parámetros y tecnológicos en fibras de alpaca del centro de investigación y desarrollo de camélidos sudamericanos-Huancavelica. Tesis, Universidad Nacional de Trujillo, Trujillo.

- IWTO 12. (2012). Measurement of the mean and distribution of fibre diameter using the sirolan-laserscan fibre diameter analyser. *International Wool Textile Organisation*.
- IWTO 47. (2013). Measurement of the mean and distribution of fibre diameter of wool using an optical fibre diameter analyser (OFDA). (I. W. Organisation, Ed.)
- Lunney, H. (1993). Distribution of Fiber Diameter in Wool Tops. *Division of Textile Physics*.
- Machaca, V., Paucara, V., Paucar, R., & Quispe, E. (2013). Evaluación preliminar de la fibra de alpaca en la región altoandina de Apurímac, Perú.
- Marler, J., & Baxter, P. (2004). The 2003 Australian wool innovation on-farm fibre measurement instrument evaluation trial, Part 1: Accuracy and precision trials. *WOOL TECHNOLOGY AND SHEEP BREEDING*, 52(1), 43-96.
- MASTER WOOL. (28 de Octubre de 2018). *Lana peruana de exportación*. Obtenido de <http://www.masterwool.com/>
- Mondragón, J. (2002). Fibras textiles. Obtenido de [asesorias.cuautitlan2.unam.mx/organica/directorio/jaime/fibras%20textiles.pdf](http://asesorias.cuautitlan2.unam.mx/organica/directorio/jaime/fibras%20textiles.pdf)
- Pesok, J. (2004). Introducción a la fibra textil II. En Fibras textiles. Montevideo. Obtenido de <https://sites.google.com/site/introtecnotextil/ii-fibras-textiles>
- Qi, K., Lupton, C., Pfeiffer, F., & Minikhiem, D. (1994). Evaluation of the optical fibre diameter analyser (OFDA) for measuring fiber diameter parameters of sheep and goats. *Journal of animal Science*, 72(7), 1675-1679.
- Quispe, E., Sacchero, D., & Quispe, M. (2018). Potencial uso en la evaluación de lanas y fibras de animales de. *Revista de investigaciones veterinarias de Perú*, 29(3), 858-876.
- Quispe, E., & Quispe, M. (2018). Minicaracterizador electrónico de fibras. *Manual de usuario*. Lima, Perú.
- Quispe, E., Rodríguez, T., Iñiguez, L., & Mueller, J. (2009). Producción de fibra de alpaca, llama, vicuña. *Animal Genetic Resources Information*, 45, 1-14.

- Quispe, M., & Quispe, E. (2016). Caracterizador electrónico de fibras. *FIBER EC - Manual de usuario*. Lima, Perú.
- Quispe, M., Benavidez, G., Sauri, R., Bengoechea, J., & Quispe, E. (2017). Development and preliminary validation of an automatic digital analysis system for. *South African Journal of Animal Science*, 47(6), 822-833.
- Ripley believes. (s.f.). Los Principales Países Productores De Lana Del Mundo. Recuperado el 28 de Noviembre de 2018, de <https://es.ripleybelieves.com/world-s-top-wool-producing-countries-3260>
- Rosas, A. (2016). *La lana de ovino como material aislante: natural, renovable y sostenible*. Trabajo final de Máster , Universidad Politécnica de Catalunya, Barcelona.
- Saldaña, L. (2017). *Categorización, clasificación y procesamiento industrial de la fibra de alpaca*. Monografía , Universidad Nacional Agraria la Molina , Lima .
- Sauri, R. (2016). Diseño De Un Caracterizador De Fibras De Origen Animal Para Uso En La Industria TextiL. Lima, Perú.
- Tinoco, O. (2009). Cadena productiva de lana de oveja en el sector textil y de confecciones. *Revista de la Facultad de Ingeniería Industrial*, 2(12), 73-80. Obtenido de <http://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/idata/article/viewFile/6132/5322>
- Villegas , C., & Gonzáles, B. (2013). Fibras textiles naturales sustentables y nuevos hábitos de consumo. *Legado de Arquitectura y Diseño*(13), 31-45.
- Walker, J., Stewart, W., Pope, R., Spear, S., Ebert, M., & Murphy, T. (2018). Evaluation of mean fiber diameter measurements by FibreLux micron meter. *Small Ruminant Research*.
- Walker, J., Stewart, w., Pope, R., Spear, S., Ebert, M., & Murphy, T. (2018). Evaluation of mean fiber diameter measurements by FibreLux micron meter and OFDA2000 in Texas and Intermountain west wool. *Small Ruminant Research*, 159, 31-37.
- Wool Testing Authority . (10 de Noviembre de 2018 ). *Setting new standards in wool measurement*. Obtenido de <http://www.wtaeurope.com/accreditations.php>

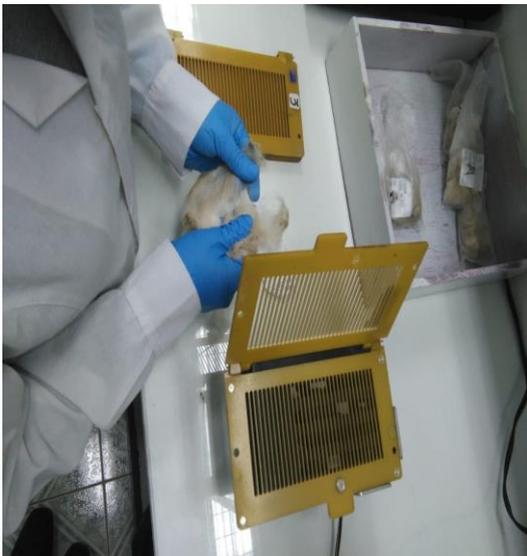
## VII. ANEXOS



Anexo 2: Medición de muestras en el equipo MINI FIBER



Anexo 1. : Medición de las muestras en LaserScan



Anexo 3. Preparación de la muestra y medición en OFDA 2000



Anexo 4. Datos de los laboratorios 1-4 valores obtenidos(media), valor real, exactitud, tolerancia y precisión

| <b>Laboratorio</b> | <b>equipo</b> | <b>muestra</b> | <b>media</b> | <b>real</b> | <b>exactitud</b> | <b>tolerancia</b> | <b>precisión</b> |
|--------------------|---------------|----------------|--------------|-------------|------------------|-------------------|------------------|
| 1                  | 1A            | 1              | 20,11        | 19,2        | 0,91             | 0,60              | 0,67             |
| 1                  | 1A            | 2              | 26,48        | 22,7        | 3,78             | 0,80              | 1,05             |
| 1                  | 1A            | 3              | 24,75        | 23,9        | 0,85             | 0,80              | 1,21             |
| 1                  | 1A            | 4              | 27,72        | 28,4        | 0,68             | 1,00              | 0,56             |
| 2                  | 2B            | 1              | 19,35        | 19,2        | 0,15             | 0,60              | 0,13             |
| 2                  | 2B            | 2              | 22,68        | 22,7        | -0,02            | 0,80              | 0,13             |
| 2                  | 2B            | 3              | 24,40        | 23,9        | 0,50             | 0,80              | 0,25             |
| 2                  | 2B            | 4              | 28,47        | 28,4        | 0,07             | 1,00              | 0,21             |
| 2                  | 2A            | 1              | 19,13        | 19,2        | -0,07            | 0,60              | 0,48             |
| 2                  | 2A            | 2              | 21,87        | 22,7        | -0,84            | 0,80              | 0,57             |
| 2                  | 2A            | 3              | 23,71        | 23,9        | -0,19            | 0,80              | 0,23             |
| 2                  | 2A            | 4              | 27,78        | 28,4        | -0,63            | 1,00              | 0,39             |
| 2                  | 2C            | 1              | 18,95        | 19,2        | -0,25            | 0,60              | 0,26             |
| 2                  | 2C            | 2              | 21,28        | 22,7        | -1,42            | 0,80              | 0,54             |
| 2                  | 2C            | 3              | 23,17        | 23,9        | -0,73            | 0,80              | 0,05             |
| 2                  | 2C            | 4              | 26,66        | 28,4        | -1,75            | 1,00              | 0,56             |
| 3                  | 3C            | 1              | 21,78        | 19,2        | 2,58             | 0,60              | 0,62             |
| 3                  | 3C            | 2              | 23,87        | 22,7        | 1,17             | 0,80              | 0,29             |
| 3                  | 3C            | 3              | 25,62        | 23,9        | 1,72             | 0,80              | 0,10             |
| 3                  | 3C            | 4              | 29,15        | 28,4        | 0,75             | 1,00              | 0,35             |
| 3                  | 3B            | 1              | 20,60        | 19,2        | 1,40             | 0,60              | 0,35             |
| 3                  | 3B            | 2              | 23,50        | 22,7        | 0,80             | 0,80              | 0,31             |
| 3                  | 3B            | 3              | 24,87        | 23,9        | 0,97             | 0,80              | 0,16             |
| 3                  | 3B            | 4              | 28,73        | 28,4        | 0,33             | 1,00              | 0,39             |
| 4                  | 4C            | 1              | 19,24        | 19,2        | 0,04             | 0,60              | 0,27             |
| 4                  | 4C            | 2              | 22,58        | 22,7        | -0,12            | 0,80              | 0,02             |
| 4                  | 4C            | 3              | 23,62        | 23,9        | -0,28            | 0,80              | 0,16             |
| 4                  | 4C            | 4              | 28,26        | 28,4        | -0,14            | 1,00              | 0,30             |

Anexo 5. Datos de los laboratorios 5-9 valores obtenidos (media), valor real, exactitud, tolerancia y precisión

| <b>Laboratorio</b> | <b>Equipo</b>   | <b>Muestra</b> | <b>Media</b> | <b>Real</b> | <b>Exactitud</b> | <b>Tolerancia</b> | <b>Precisión</b> |
|--------------------|-----------------|----------------|--------------|-------------|------------------|-------------------|------------------|
| 5                  | 5C              | 1              | 19,07        | 19,20       | -0,13            | 0,60              | 0,24             |
| 5                  | 5C              | 2              | 22,81        | 22,70       | 0,11             | 0,80              | 0,42             |
| 5                  | 5C              | 3              | 23,65        | 23,90       | -0,25            | 0,80              | 0,11             |
| 5                  | 5C              | 4              | 28,02        | 28,40       | -0,38            | 1,00              | 0,05             |
| 6                  | 6A <sub>1</sub> | 1              | 19,65        | 19,20       | 0,45             | 0,60              | 0,28             |
| 6                  | 6A <sub>1</sub> | 2              | 23,00        | 22,70       | 0,30             | 0,80              | 0,21             |
| 6                  | 6A <sub>1</sub> | 3              | 23,56        | 23,90       | -0,34            | 0,80              | 0,10             |
| 6                  | 6A <sub>1</sub> | 4              | 27,52        | 28,40       | -0,88            | 1,00              | 0,18             |
| 6                  | 6A <sub>2</sub> | 1              | 19,41        | 19,20       | 0,21             | 0,60              | 0,30             |
| 6                  | 6A <sub>2</sub> | 2              | 22,10        | 22,70       | -0,60            | 0,80              | 0,78             |
| 6                  | 6A <sub>2</sub> | 3              | 22,30        | 23,90       | -1,60            | 0,80              | 0,12             |
| 6                  | 6A <sub>2</sub> | 4              | 26,50        | 28,40       | -1,90            | 1,00              | 0,22             |
| 6                  | 6A <sub>3</sub> | 1              | 19,05        | 19,20       | -0,15            | 0,60              | 0,28             |
| 6                  | 6A <sub>3</sub> | 2              | 22,87        | 22,70       | 0,17             | 0,80              | 0,30             |
| 6                  | 6A <sub>3</sub> | 3              | 23,86        | 23,90       | -0,04            | 0,80              | 0,33             |
| 6                  | 6A <sub>3</sub> | 4              | 28,29        | 28,40       | -0,11            | 1,00              | 0,24             |
| 7                  | 7A              | 1              | 19,31        | 19,20       | 0,11             | 0,60              | 0,15             |
| 7                  | 7A              | 2              | 22,59        | 22,70       | -0,11            | 0,80              | 0,15             |
| 7                  | 7A              | 3              | 24,23        | 23,90       | 0,33             | 0,80              | 0,54             |
| 7                  | 7A              | 4              | 27,35        | 28,40       | -1,05            | 1,00              | 0,36             |
| 8                  | 8D              | 1              | 19,26        | 19,20       | 0,06             | 0,60              | 0,01             |
| 8                  | 8D              | 2              | 22,33        | 22,70       | -0,38            | 0,80              | 0,12             |
| 8                  | 8D              | 3              | 24,23        | 23,90       | 0,33             | 0,80              | 0,02             |
| 8                  | 8D              | 4              | 28,57        | 28,40       | 0,17             | 1,00              | 0,27             |
| 9                  | 9D              | 1              | 19,51        | 19,20       | 0,31             | 0,60              | 0,33             |
| 9                  | 9D              | 2              | 22,13        | 22,70       | -0,57            | 0,80              | 0,33             |
| 9                  | 9D              | 3              | 23,96        | 23,90       | 0,06             | 0,80              | 0,33             |
|                    | 9D              | 4              | 27,92        | 28,40       | 0,48             | 1,00              | 0,56             |

Anexo 6. Test de finura

**TEST DE FINURA**

|                     |                      |    |
|---------------------|----------------------|----|
| TEMPERATURE :       | <input type="text"/> | °C |
| RELATIVE HUMIDITY : | <input type="text"/> | %  |

| Tipo de equipo            | OFDA 100 | OFDA 2000 | Minifiber EC | FIBER EC | Laserscan |
|---------------------------|----------|-----------|--------------|----------|-----------|
| Marcar lo que corresponda |          |           |              |          |           |

| Muestra | Submuestra | Diametro medio |  | Desvio Estandar |  | Coeficiente de variacion |  | Curvatura Ondulacion |  | Factor de Confort |  |
|---------|------------|----------------|--|-----------------|--|--------------------------|--|----------------------|--|-------------------|--|
| 1       | a          |                |  |                 |  |                          |  |                      |  |                   |  |
|         | b          |                |  |                 |  |                          |  |                      |  |                   |  |
|         | c          |                |  |                 |  |                          |  |                      |  |                   |  |
| 2       | a          |                |  |                 |  |                          |  |                      |  |                   |  |
|         | b          |                |  |                 |  |                          |  |                      |  |                   |  |
|         | c          |                |  |                 |  |                          |  |                      |  |                   |  |
| 3       | a          |                |  |                 |  |                          |  |                      |  |                   |  |
|         | b          |                |  |                 |  |                          |  |                      |  |                   |  |
|         | c          |                |  |                 |  |                          |  |                      |  |                   |  |
| 4       | a          |                |  |                 |  |                          |  |                      |  |                   |  |
|         | b          |                |  |                 |  |                          |  |                      |  |                   |  |
|         | c          |                |  |                 |  |                          |  |                      |  |                   |  |