Universidad Continental

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Ambiental

Tesis

Diseño y construcción de un recipiente térmico rústico portátil para bebidas en climas fríos utilizando estiércol de ovino en Yaureccan, Huancavelica, 2018

Katerine Vanesa Tiraccaya Alanya

Para optar el Título Profesional de
Ingeniero Ambiental

Huancayo, 2020

Repositorio Institucional Continental
Tesis digital

Obra protegida bajo la licencia de "Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivadas 4.0 Perú"

AGRADECIMIENTOS

A todas aquellas personas que apoyaron directa e indirectamente en la culminación de la presente tesis.

DEDICATORIA

A mis padres y familiares

que permitieron el logro

de mi carrera profesional

ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS ii
DEDICATORIA iii
ÍNDICE iv
ÍNDICE DE FIGURAS vi
ÍNDICE DE TABLAS viii
RESUMEN x
ABSTRACT xi
INTRODUCCIÓN xii
CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO 1
1.1 Planteamiento y formulación del problema 1
1.1.1 Planteamiento del problema 1
1.1.2 Formulación del problema 2
1.2 Objetivos 2
1.2.1 Objetivo General 2
1.2.2 Objetivos específicos 2
1.3 Justificación e Importancia 3
1.3.1 Justificación e importancia de la investigación 3
CAPITULO II: MARCO TEÓRICO 5
2.1 Antecedentes de la investigación 5
2.2 Bases teóricas 8
2.2.1 Factores de la transferencia de calor 8
2.2.1.1 La temperatura 8
2.2.1.2 Capacidad calorífica 9
2.2.1.3 Conductividad térmica 9
2.2.2 Mecanismos básicos de transferencia de calor 10
2.2.2.1 Conducción 10
2.2.3 Aislantes térmicos 12
2.2.5 El estiércol de ovino 16
2.2.6 El aserrín 19

2.2.7 El termo 22
2.3 Definición de Términos Básicos 22
CAPITULO III: METODOLOGÍA 24
3.1 Metodología Aplicada para el Desarrollo de la Solución 24
CAPITULO IV: ANÁLISIS Y DISEÑO DE LA SOLUCIÓN 27
CAPÍTULO V: CONSTRUCCIÓN 41
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 71

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación del distrito de Yaureccan, Huancavelica 25
Figura 2. Diagrama de flujo del proceso tecnológico 26
Figura 3. Materiales utilizados 29
Figura 4. Insumos utilizados 29
Figura 5. Diagrama esquemático de la solución 30
Figura 6. Dimensiones del recipiente rústico portátil (vista de planta y perfil) 31
Figura 7. Caja negra del recipiente técnico portátil. 33
Figura 8. Caja Blanca del recipiente térmico portátil. Funcionamiento interno del prototipo. 34
Figura 9. Diagrama de Ishikawa 35
Figura 10. Construcción del recipiente térmico rústico 42
Figura 11. Promedio de temperatura de las horas de medición y su grado de precisión (error típico) para el tratamiento 1, representado por las líneas verticales en la parte superior de cada barra. 44
Figura 12. Promedio de temperatura de las horas de medición y su grado de precisión (error típico) para el tratamiento 2, representado por las líneas verticales en la parte superior de cada barra. 45
Figura 13. Promedio de temperatura de las horas de medición y su grado de precisión (error típico) para el tratamiento 3, representado por las líneas verticales en la parte superior de cada barra. 45
Figura 14. Promedio de temperatura de las horas de medición y su grado de precisión (error típico) para el tratamiento 4, representado por las líneas verticales en la parte superior de cada barra. 46
Figura 15. Promedio de temperatura de las horas de medición y su grado de precisión (error típico) para el tratamiento 5, representado por las líneas verticales en la parte superior de cada barra. 46
Figura 16. Promedios de temperatura de los tratamientos a la primera hora 50
Figura 17. Promedios de temperatura de los tratamientos a la segunda hora. 52
Figura 18. Promedios de temperatura de los tratamientos a la tercera hora. 54
Figura 19. Promedios de temperatura de los tratamientos a la cuarta hora. 56
Figura 20. Promedios de temperatura de los tratamientos a la quinta hora. 58
Figura 21. Promedios de temperatura de los tratamientos a la sexta hora. 60
Figura 22. Regresión y correlación entre tiempo transcurrido (horas) y temperatura del termo 1. 62
Figura 23. Regresión y correlación entre tiempo transcurrido (horas) y temperatura del termo 2. 62
Figura 24. Regresión y correlación entre tiempo transcurrido (horas) y temperatura del termo 3. 63

Figura 25. Regresión y correlación entre tiempo transcurrido (horas) y temperatura del termo 4. 63
Figura 26. Regresión y correlación entre tiempo transcurrido (horas) y temperatura del termo 5. 64
Figura 27. Diámetro de la lata 82
Figura 28. Diámetro del envase final 83
Figura 29. Diámetro de la botella 84
Figura 30. Unión de las latas 85
Figura 31. Proceso para el diseño del recipiente térmico 86
Figura 32. Trazabilidad del recipiente térmico hermético. 87
Figura 33. Dibujo en 3d del recipiente térmico hermético 88
Figura 34. Dimensiones de planta y vista del recipiente térmico hermético 89

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Caracterización agroquímica de un estiércol de ovino (7). 17
Tabla 2 Requerimiento 27
Tabla 3 Tratamientos del diseño en estudio 32
Tabla 4 Tratamientos del diseño en estudio 39
Tabla 5 Resultados de la medición de la temperatura. Primera repetición (14-15/10/2018) 43
Tabla 6 Resultados de la medición de la temperatura. Segunda repetición (19-20/10/2018) 43
Tabla 7 Resultados de la medición de la temperatura (°C). Tercera repetición (27/10/2018) 44
Tabla 8 Prueba de normalidad de Shapiro-Wilks para la medición de temperatura 47
Tabla 9 Prueba de Kruskal-Wallis para la temperatura a las cero horas 48
Tabla 10 Análisis de variancia de la temperatura a la primera hora 49
Tabla 11 Prueba de comparación múltiple de Duncan para la temperatura a la primera hora 49
Tabla 12 Análisis de variancia de la temperatura a la segunda hora 51
Tabla 13 Prueba de comparación múltiple de Duncan para la temperatura a la segunda hora. 51
Tabla 14 Análisis de variancia de la temperatura a la tercera hora 53
Tabla 15 Prueba de comparación múltiple de Duncan para la temperatura a la tercera hora. 53
Tabla 16 Análisis de variancia de la temperatura a la cuarta hora 55
Tabla 17 Prueba de comparación múltiple de Duncan para la temperatura a la cuarta hora. 55
Tabla 18 Análisis de variancia de la temperatura a la quinta hora. 57
Tabla 19 Prueba de comparación múltiple de Duncan para la temperatura a la quinta hora. 57
Tabla 20 Prueba de Kruskal-Wallis para la temperatura a las seis horas. 59
Tabla 21 Prueba de significación de medias de temperatura a las seis horas. 60
Tabla 22 Correlación y regresión del tiempo transcurrido y la temperatura con los tratamientos en estudio (termos). 61
Tabla 23. Primera prueba de medición de temperatura. Fecha: 14-15/10/2018. .. 77
Tabla 24. Segunda prueba de medición de temperatura. Fecha: 19-20/10/2018. 78
Tabla 25. Tercera prueba de medición de temperatura. Fecha: 27/10/2018. 79
Tabla 26. Análisis de regresión de las horas transcurridas y temperatura en el termo 1. 80
Tabla 27. Análisis de regresión de las horas transcurridas y temperatura en el termo 2. 80

Tabla 28. Análisis de regresión de las horas transcurridas y temperatura en el termo 3..... 80
Tabla 29. Análisis de regresión de las horas transcurridas y temperatura en el termo 4..... 81
Tabla 30. Análisis de regresión de las horas transcurridas y temperatura en el termo 4..... 81

RESUMEN

Durante el año 2018, en Yaureccan (Huancavelica), se desarrolló el presente trabajo de investigación tecnológico con los objetivos de diseñar y construir un recipiente térmico que conserve la temperatura de bebidas calientes en climas fríos, utilizando estiércol de ovino y comparar el mantenimiento de la temperatura de los equipos construidos. Para esto se utilizó como materiales a los siguientes: estiércol de ovino, seco y tamizado, aserrín seco y tamizado, botella de vidrio, lata de conserva y cinta negra. Una vez construido el prototipo se ensayaron diferentes proporciones de estiércol de ovino, aislados y mezclados con aserrín, en un diseño experimental. Luego, completamente al azar se evaluó el mantenimiento de la temperatura después de 1, 2, 3, 4, 5 y 6 horas. Finalmente, se concluyó que los recursos naturales disponibles en Yaureccan, como aserrín y estiércol de ovino, por su carácter de aisladores térmicos, se constituyen en una alternativa disponible para conservar la temperatura de líquidos de consumo humano. Asimismo, los tratamientos 5 (testigo), 4 (50 g aserrín + 250 g estiércol de ovino, sin mezclar) y 3 (150 g de aserrín + 150 g de estiércol de ovino, mezclados), lograron mantener la temperatura del líquido en un periodo de seis horas, sin diferencias significativas entre sí, logrando temperaturas finales de 57,2°C, 49,9°C y 44,433°C respectivamente, después de seis horas. Por cada hora de transcurrido el tiempo después de llenado el recipiente, los tratamientos 5 (testigo), 4 (50 g aserrín + 250 g estiércol ovino sin mezclar), y 3 (150 g aserrín + 150 g estiércol ovino, mezclado), disminuyen la temperatura del líquido en 3,4214°C, 4,5357°C y 5,1179°C, respectivamente, sin diferencias significativas entre sí.

Palabras clave: aislantes térmicos, aserrín, estiércol de ovino.

ABSTRACT

During the year 2018, in Yaureccan, Huancavelica, the present work of technological research was developed with the objectives of designing and building a thermal vessel that conserves the temperature of hot beverages in cold climates, using sheep manure and comparing the maintenance of temperature of the equipment built. It was used as materials, sheep manure, dry and sieved, dry and sifted sawdust, glass bottle, can of food and black tape. Once the prototype was built, different proportions of sheep manure, isolated and mixed with sawdust, were tested in a completely randomized experimental design to evaluate the maintenance of the temperature after 1, 2, 3, 4, 5 and 6 hours. It was concluded that the natural resources available in Yaureccan, such as sawdust and sheep manure, because of their nature as thermal insulators, constitute an alternative available to conserve the temperature of liquids for human consumption. The treatments 5 (control), 4 (50 g sawdust + 250 g sheep manure, unmixed) and 3 (150 g of sawdust + 150 g of sheep manure, mixed), managed to maintain the temperature of the liquid in a period of six hours, without significant differences between them, achieving final temperatures of 57.2 ° C, 49.9 ° C and 44.433 ° C respectively, after six hours. For each hour after the time elapsed after filling the container, treatments 5 (control), 4 (50 g sawdust + 250 g unmixed sheep manure), and 3 (150 g sawdust + 150 g sheep manure, mixed), decrease the temperature of the liquid at 3.4214 ° C, 4.5357 ° C and 5.1179 ° C, respectively, without significant differences between them.

Keywords: thermal insulation, sawdust, sheep manure.

INTRODUCCIÓN

La presente tesis titulada “Diseño y construcción de un recipiente térmico rústicos portátil, para bebidas en climas fríos, utilizando estiércol de ovino en Yaureccan, Huancavelica, 2018” debe responder al siguiente problema general: ¿cómo diseñar y construir un recipiente térmico rústico portátil para bebidas en climas fríos utilizando estiércol de ovino, en Yaureccan, Huancavelica, 2018?, el objetivo general es diseñar y construir un recipiente térmico portátil para bebidas en climas fríos utilizando estiércol de ovino en Yaureccan, Huancavelica, 2018. La presente investigación comprende a una tesis tecnológica.

En definitiva, se confirma los recursos naturales disponibles en Yaureccan, como aserrín y estiércol de ovino, por su carácter de aisladores térmicos, lo que demuestra que se constituyen en una alternativa disponible para conservar la temperatura de líquidos de consumo humano.

La presente investigación está organizada en cinco capítulos, los cuales se describen a continuación. En el Capítulo I. Planteamiento del estudio, se describe el planteamiento del problema y formulación del problema (problema general y especifico), objetivos (objetivo genera y especifico) y la justificación e importancia de la investigación (económica, justificación tecnológica y académica).

En el Capítulo II. Marco Teórico. se descrine los antecedentes (internacionales y nacionales), bases teóricas y la definición de términos básicos. Asimismo, en el Capítulo III. Metodología, se describe la metodología aplicada para el desarrollo de la solución.

Además, en el Capítulo IV. Análisis y diseño de la solución, se presenta la identificación de requerimientos, análisis de la solución y el diseño. A su vez, en el Capítulo V. Construcción, se describe la construcción, pruebas y resultados. Finalmente, se presenta las conclusiones, trabajos futuros, recomendaciones, referencias bibliográficas y anexos.

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

1.1 Planteamiento y formulación del problema

1.1.1 Planteamiento del problema

El cambio climático es una amenaza emergente para la salud pública y modifica la manera en que debemos considerar la protección de las poblaciones vulnerables. La sierra del Perú en época de invierno presenta bajas temperaturas, llega valores bajo cero. Asimismo, el intenso frío congela las lagunas en zonas altoandinas y también lastima rostros, manos y pies de los habitantes. Por lo que estas bajas temperaturas en época escolar obligan a los estudiantes a abrigarse y consumir bebidas calientes, con la limitante que es corto el periodo en el cual las bebidas permanecen calientes, debido a la baja temperatura ambiental.

Noticias periodísticas del año 2015 reportaron que el departamento de Huancavelica soportó las temperaturas más bajas del invierno, informó el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (Senamhi). Según el pronóstico estacional de junio hasta agosto, las zonas altas de la provincia huancavelicana de Anagaraes serán las más afectadas por las heladas. El invierno de este año es bastante atípico, pues debería registrarse un descenso de temperatura muy intenso que no se está dando (1).

Las actividades de los pobladores en estas zonas rurales son principalmente agropecuarias, la crianza y pastoreo de ovinos son actividades pecuarias principales, por lo que se generan residuos orgánicos a través de los estiércoles de los animales. Entre los constituyentes del estiércol está la celulosa, que tienen la particularidad de evitar la transferencia de calor, muy útil para evitar la pérdida de temperatura, por ejemplo, en recipientes calientes.

En el trabajo de tesis titulado: “Diagnostico de los factores limitantes en el desarrollo agropecuario del distrito de Huallay Grande-Angaraes-Huancavelica”, tuvo como objetivo diagnosticar y analizar el desarrollo agropecuario del distrito en los aspectos productivo, social y económico. Asimismo, entre los resultados, se obtuvo que la población económicamente activa (PEA) está distribuida de la siguiente manera: 60% (1204 personas) se dedican a la actividad agropecuaria,

12% (241) personas se dedican al transporte, 9% (181 personas) se dedican a la prestación de servicios y 19% (381 personas) son desocupadas (2).

En este contexto se planteó el presente trabajo de investigación para solucionar en parte los problemas de enfermedades respiratorias que causan a los estudiantes la ingesta de bebidas frías, ya que los usan son de plástico y no mantienen caliente a los líquidos, por lo que se plantea diseñar y construir un dispositivo (equipo) para ayudar a mantener una temperatura adecuada a las bebidas, utilizando materiales reciclables del lugar.

1.1.2 Formulación del problema

1.1.2.1. Problema general

¿Cómo diseñar y construir un recipiente térmico rústico portátil para bebidas en climas fríos utilizando estiércol de ovino en Yaureccan, Huancavelica, 2018?

1.1.2.2. Problemas específicos

- ¿Cómo diseñar y construir un recipiente térmico que conserve la temperatura de bebidas calientes en climas fríos, utilizando estiércol de ovino en Yaureccan, Huancavelica, 2018?
- ¿Cómo mantener la temperatura de bebidas calientes en climas fríos, utilizando diversas proporciones de estiércol de ovino en Yaureccan, Huancavelica, 2018?

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo General

Diseñar y construir un recipiente térmico portátil para bebidas en climas fríos utilizando estiércol de ovino, en Yaureccan, Huancavelica, 2018.

1.2.2 Objetivos específicos

- Diseñar y construir un recipiente térmico que conserve la temperatura de bebidas calientes en climas fríos, utilizando estiércol de ovino en Yaureccan, Huancavelica, 2018.

- Comparar el mantenimiento de la temperatura de bebidas calientes en climas fríos, en recipientes térmicos, utilizando diversas proporciones de estiércol de ovino, en Yaureccan, Huancavelica.

1.3 Justificación e Importancia

1.3.1 Justificación e importancia de la investigación

1.3.1.1. Justificación tecnológica

Desde la antigüedad, el ser humano ha tratado de resguardarse del frío, buscando las mejores condiciones para su confort. Desde entonces, y como sucede en la historia del ser humano, este confort térmico al que siempre se ha intentado llegar ha evolucionado y se ha desarrollado a través de nuevas técnicas y materiales: los aislantes térmicos. Por tanto, los materiales utilizados para la construcción del termo rústico, como son el aserrín y el estiércol de ovino, que son materiales que contienen carbono y materia orgánica y son fácilmente compostables, y no requieren tratamiento alguno para su uso o después de su uso, puesto que la ser depositado en cualquier condición, estos se reintegrarán al suelo; posteriormente se descomponen liberando gases al ambiente en cantidades bajas, siendo su huella ecológica prácticamente nula, pues no requiere de aditivos químicos, de esta forma estos productos no generan residuos ni contaminan.

1.3.1.2. Justificación económica

La disponibilidad de recipientes térmicos que estén económicamente accesibles a los pobladores del lugar permitirá proporcionar a los estudiantes de las escuelas en Yaurecan uno de los factores mínimos de calidad en educación, como es la utilización de agua o líquidos que mantengan adecuada temperatura durante su permanencia en el local escolar, evitando el consumo de bebidas frías, que perjudicarían la salud de los niños y adolescentes, reduciendo la incidencia de enfermedades respiratorias o similares.

El ahorro económico de disponer de un recipiente térmico fabricado con materiales del lugar permitirá no solo utilizar ese ahorro en otras necesidades de los estudiantes y de la familia, sino que esto incide en el nivel socioeconómico de los pobladores de la zona.

1.3.1.3. Justificación académica

El diseño y fabricación de un equipo que mantenga la temperatura de los líquidos en Yaurecán permitirá proponer otras alternativas a las necesidades de los estudiantes y pobladores del lugar, ensayando materiales e insumos disponibles del lugar, que revaloren los recursos naturales, su manejo y reciclaje.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de la Investigación

En el trabajo de tesis titulado: ”Diseño y construcción de un equipo para la determinación de la conductividad térmica de alimentos sólidos mediante el método de Fitch modificado” se realizó con los objetivos específicos de (i) diseñar el conductímetro mediante el método modificado de Fitch; (ii) construir el equipo para la determinación de la conductividad térmica de alimentos sólidos, (iv) establecer las variables que intervienen en la determinación de la conductividad térmica de alimentos, y (v) calcular las variables de proceso para la determinación de la conductividad térmica. Los valores de conductividad térmica obtenidos por el modelo de Fitch modificado se analizaron mediante un diseño estadístico completamente al azar con arreglo factorial 4 x 2 x 2 con 3 repeticiones. Asimismo, se utilizó como frutos a la carambola (*Averrhoa carambola* L.) y manzana (*Pyrus malus* L.). Los resultados especificaron el requisito inicial e indispensable de ≥ 60% de humedad de la muestra y se obtuvo resultados satisfactorios para medir la conductividad. Se construyó el equipo de medición de conductividad térmica de alimentos por el método de Fitch modificado utilizando cobre en la construcción del cilindro y el tapón por ser de alta conductividad térmica. Para la determinación de la conductividad térmica de muestras alimenticias se determinó que las variables de procesos más importantes son la temperatura de la barra de cobre, la temperatura de la muestra y el contenido de humedad del alimento. La propiedad térmica de conductividad en los alimentos depende varios factores: estructura celular, la presencia de aire, la temperatura y presión del medio circundante y de la humedad del producto (3).

El trabajo de tesis titulado: “Diseño de un sistema de control de temperatura y vaciado semiautomático de chocolate” toma en cuenta que el tratamiento de chocolate es delicado y debe manejarse rangos específicos de temperatura para producir un chocolate de buena consistencia y calidad. Asimismo, el diseño de una máquina que se plantea en la presente investigación se proyecta como un dispositivo capaz de mantener la temperatura adecuada para la perfecta fundición y manipulación del chocolate, pues contará con un diseño multifuncional, el cual no

va a estar limitado solo a la manufactura de chocolates, sino también para el sector de panaderías donde el uso de coberturas de chocolate es relativamente alto. Por tanto, mediante la investigación se logró obtener información sobre las propiedades físicas del chocolate, determinar las temperaturas adecuadas para la adecuada viscosidad en el sistema, el cual permite que el chocolate se encuentre en constante flujo para que no se adhiera a las paredes ni a la base de la olla y facilite la cocción del producto. Se encontró que un valor máximo de temperatura en un proceso de temperado puede variar entre los 45°C y 50°C para que no se pierdan las propiedades físicoquímicas del chocolate. Para esto, se realizó un estudio de los parámetros físicos que eran necesarios para el diseño del sistema mecánico del dispositivo, esto con el fin de seleccionar la disposición adecuada para cada uno de los componentes y los tamaños pertinentes dentro del diseño que se realizó. Como este sistema es de diseño regional, la posibilidad de encontrar personal local capacitado es mayor generando un menor costo en el mantenimiento (4).

En el trabajo de tesis titulado: “Diseño y construcción de un equipo con modelo matemático para calcular la capacidad calorífica de alimentos líquidos” para deducir el modelo matemático se hizo la aplicación de la ecuación de balance de energía a un proceso de calentamiento para llevarse a cabo en el equipo. Se considerándo un sistema termodinámico en estudio, el cual está compuesto por el alimento líquido y la capa de metal que rodea al mismo. Este equipo estuvo conformado por un cilindro de pared compuesta, una resistencia eléctrica, un motor eléctrico con agitador, un termómetro digital y las conexiones eléctricas. Dicho cilindro de pared estaba compuesto por tres capas, la primera y la tercera capa son de acero inoxidable; la segunda capa lo conformó la lana de vidrio o aislante térmico, cuyo fin fue reducir en gran medida el flujo de calor perdido por el sistema termodinámico a través de las capas del equipo al aire exterior, cuando se lleve a cabo el proceso de calentamiento del equipo. Los mecanismos básicos de transferencia de calor fueron aplicados al diseño del equipo, para obtener una ecuación que relacione el flujo de calor perdido por el sistema termodinámico con el espesor de la capa del aislante; lo cual, mediante la simulación en una hoja de cálculo de Excel sirvió para determinar el espesor adecuado del aislante térmico.

También, se determinaron los parámetros de operación del equipo, cuyos valores se mantuvieron constantes en todos los experimentos que se realizaron en el equipo. Se realizaron cinco experimentos, en los cuales se determinó la capacidad calorífica de los alimentos líquidos usados, mediante la aplicación del modelo matemático. El porcentaje de error de la comparación de los resultados obtenidos mediante el análisis físico-químico realizado a tres alimentos usados, con los resultados obtenidos mediante el modelo matemático, resultó bastante pequeño, lo cual validó el modelo matemático (5).

En el trabajo de investigación titulado: “Rediseño y construcción de un medidor de conductividad térmica para aislantes térmicos”, con base en un primer diseño de un equipo de medición para determinar la conductividad térmica de materiales aislantes del cual no se obtuvieron resultados satisfactorios, el presente trabajo muestra las etapas de rediseño y construcción de un medidor de conductividad térmica para aislantes térmicos, así como las pruebas realizadas y los resultados obtenidos. En la literatura disponible se encontraron algunos equipos para medir la conductividad térmica de materiales aislantes, todos utilizan placas planas en su diseño y un método de medición secundaria o comparativa a excepción del aparato de placa caliente con guarda, el cual emplea un método de medición primaria o absoluta. La atención se enfocó en el último equipo debido a que no requiere datos de propiedades de ningún material de referencia para medir la conductividad térmica de aislantes térmicos, y se decidió rediseñarlo y construir una versión cilíndrica del mismo. La etapa de rediseño se efectuó considerando tres aspectos generales: a) diseño térmico. Se analizó la ley de Fourier para conducción de calor a través de un cilindro hueco en condiciones estables, cuya superficie interna se expone a una fuente de calor a temperatura constante mientras que la superficie exterior se encuentra circundada por aire a temperatura ambiente sin corrientes convectivas, sin flujo de energía en la dirección longitudinal, y con una conductividad térmica constante, siendo este el principio de funcionamiento del equipo de medición. b) Sistema eléctrico. Se indicaron las características técnicas y la función de cada uno de los elementos eléctricos que forman parte del equipo (resistencia calefactora, contactor, reóstato, banco de resistencias fijas,

conductores eléctricos y protecciones) incluyendo la instrumentación (termómetro, termopares, termostato y amperímetro) c) diseño mecánico. Se diseñaron elementos mecánicos para proporcionar estructura y resguardo al sistema cilíndrico. En la etapa constructiva se explicó la forma en que se llevó a cabo la instalación y el ensamble de las partes del medidor de conductividad térmica. El periodo de pruebas se caracterizó por una serie de ajustes para corregir el funcionamiento del equipo y el método de medición. Con base a resultados satisfactorios en las mediciones, se concluyó que el equipo es confiable y válidas las magnitudes de conductividad térmica obtenidas con el ensayo. De esta manera se cumplió con el objetivo de la tesis: rediseñar y construir un equipo de medición para determinar de manera confiable la conductividad térmica de aislantes térmicos (14).

2.2 Bases Teóricas

2.2.1 Factores de la transferencia de calor

2.2.1.1 La temperatura

Existen dos escalas comunes de temperatura en las industrias química y biológica, ellas son grados Fahrenheit (°F) y Celsius (°C). Es muy frecuente que se necesite obtener valores equivalentes de una escala a la otra. Ambas usan el punto de congelación y el punto de ebullición del agua a 1 atmósfera de presión como referencia. Las temperaturas también se expresan en absolutas en Kelvin (K) (en el Sistema Internacional) o grados Rankine (°R) (34). La diferencia entre el punto de ebullición del agua y el punto de fusión del hielo a 1 atmosfera es 100°C o 180°F. Por lo tanto, un cambio de 1,8 °F es igual a un cambio de 1°C. En general, el valor de -273,15°C se redondea a -273,2°C y el de -459,67°F a -460 °F. Para convertir de una escala a otra pueden usarse las siguientes ecuaciones:

$$T(°F) = 32 + 1{,}8\ T(°C)$$

$$T(°C) = (1/1{,}8)[T(°F) – 32]$$

$$T(°R) = T(°F) + 459{,}67$$

$$T(K) = T(°C) + 273{,}15$$

2.2.1.2 Capacidad calorífica

La capacidad calorífica de una sustancia se define como la cantidad de calor necesaria para aumentar su temperatura en un grado. Puede expresarse para 1 g, 1 lb, 1 mol, 1 k mol o 1 lb mol de sustancia. Por ejemplo, una capacidad calorífica expresada en unidades del SI es $J.kg^{-1}.K^{-1}$ y en otras unidades es $cal.g^{-1}.°C^{-1}$, $kcal.k\,mol^{-1}.°C^{-1}$, $btu.lb_m^{-1}.°F^{-1}$ o $btu.lb\ mol^{-1}.°F^{-1}$. Entonces, el valor numérico real de la capacidad calorífica se puede expresar en unidades de masa y unidades molares (34):

$1{,}0\ cal.g^{-1}.°C^{-1} = 1{,}0\ btu.lb_m^{-1}.F^{-1}$

$1{,}0\ cal.mol^{-1}.°C^{-1} = 1{,}0\ btu.lb\ mol^{-1}.°F^{-1}$

Las capacidades caloríficas (C_p) son funciones de la temperatura y con frecuencia se expresan mediante las siguientes ecuaciones:

$$Cp = a + bT$$

$$Cp = a + bT + cT^2$$

$$Cp = a + bT + cT^2 + dT^2$$

Donde a, b, c y d tienen valores reales.

2.2.1.3 Conductividad térmica

Los fundamentos de la conducción de calor se establecieron hace más de un siglo y se atribuyen generalmente a la ley de Fourier (35). En muchos sistemas que involucran flujo, tal como flujo de calor, flujo de fluido o flujo de electricidad, se ha observado que la cantidad que fluye es directamente proporcional al potencial e inversamente proporcional a la resistencia que se aplica al sistema (35):

$$\text{Flujo} \propto \frac{\text{potencial}}{\text{Resistencia}}$$

En el flujo de calor a través de una pared se lleva a efecto por la diferencia de temperatura entre las superficies calientes y frías, en este caso la temperatura es el potencial y la conductancia es la recíproca de la resistencia al flujo de calor

(35). Por lo tanto, se puede decir que cuanto mayor sea la conductividad térmica, mayor será la transferencia de calor.

La conductividad térmica de los sólidos es mayor que la de los líquidos, la que a su vez es mayor que la de los gases. Es más fácil transmitir calor a través de un sólido que a través de un líquido y más fácil por un líquido que por un gas. Algunos sólidos, tales como los metales, tienen altas conductividades térmicas y se llaman conductores. Otros tienen bajas conductividades y son malos conductores de calor, estos se denominan aislantes térmicos (35, 36).

2.2.2 Mecanismos básicos de transferencia de calor

La transferencia de calor se puede manifestar por medio de uno o más de los tres mecanismos de transferencia: conducción, convección y radiación.

2.2.2.1 Conducción

A la mención de la palabra conducción debemos evocar de inmediato conceptos de actividad atómica y molecular, pues hay procesos en estos niveles que sustentan este modo de transferencia de calor. La conducción se considera como la transferencia de energía de las partículas más energizadas a las menos energizadas de una sustancia debido a las interacciones entre las mismas (36). En un gas las moléculas más calientes, que tienen más energía y movimiento, se encargan de impartir energía a moléculas colindantes que están a niveles energéticos más bajos. Asimismo, la situación es muy similar en los líquidos, aunque las moléculas están menos espaciadas y las interacciones moleculares son más fuertes y frecuentes. De igual manera, en un sólido, la conducción se atribuye a la actividad atómica en forma de vibraciones reticulares. Los ejemplos de transferencia de calor por conducción son innumerables: en un horno la superficie interior que está en contacto con un gas caliente transfiere calor por conducción a la superficie exterior que está en contacto con el aire exterior, otro ejemplo es la congelación del suelo durante el invierno y la transferencia de energía a través de las paredes de un intercambiador de calor. Es posible cuantificar los procesos de transferencia de calor en términos de las ecuaciones o modelos apropiados. Estas ecuaciones o modelos sirven para calcular la cantidad de energía que se transfiere

por unidad de tiempo para la conducción de calor la ecuación o modelo se conoce como “Ley de Fourier” (36).

2.2.2.2 Convección

La transferencia de calor por convección implica el transporte de calor en un volumen y la mezcla de elementos macroscópicos de porciones calientes y frías de un gas o un líquido (34). Además, con frecuencia incluye también el intercambio de energía entre una superficie sólida y un fluido. Conviene aclarar que hay una diferencia entre la transferencia de calor por convección forzada en la que se provoca el flujo de un fluido sobre una superficie sólida por medio de una bomba, un ventilador, u otro dispositivo mecánico; mientras que la convección libre o natural el flujo de calor es inducido por fuerzas de empuje que surgen a partir de diferencias de densidad ocasionadas por variaciones de temperatura en el fluido. Esto indica que en la convección forzada el fluido está en movimiento, mientras que en la convección libre el fluido está en reposo. Ejemplos de transferencia de calor por convección pueden citarse la pérdida de calor en el radiador de un automóvil (un ventilador hace circular aire), un alimento caliente en un recipiente (el alimento transfiere calor a la pared interior del recipiente), el enfriamiento de un motor eléctrico al tener contacto su superficie con el aire que lo rodea, etc.

2.2.2.3 Radiación

La radiación difiere de la conducción y la convección dado que no se requiere un medio físico para la transferencia. La radiación es la transferencia de energía a través del espacio por medio de ondas electromagnéticas, de manera similar a las ondas electromagnéticas que propagan y transfieren la luz, es decir, puede transmitirse a través del espacio y del vacío (34). La radiación es un mecanismo de transferencia de calor muy importante en especial cuando hay grandes diferencias de temperatura, como en un horno de tubos de vapor o en hornos para cocción de alimentos. La evidencia experimental muestra que la transferencia de calor radiante es proporcional a la cuarta potencia de la temperatura absoluta, mientras que la convección y la conducción son proporcionales a una diferencia lineal de la temperatura (37).

2.2.3 Aislantes térmicos

Los aislantes térmicos de origen natural orgánico son aquellos que provienen de compuestos vegetales o animales. El proceso de fabricación de estos materiales aislantes sigue unas fases que se encuentran más en consonancia con términos ecológicos, siendo unos procesos menos contaminantes, donde el reciclaje es un gran factor del proceso. Por lo tanto, estos materiales, la mayoría de origen vegetal, se obtienen de la naturaleza; una vez recolectados se dejan secar y con las propias resinas de la materia prima se aglutina el material. En algunos casos, sobre todo con los materiales que son reciclados, se tritura el material que va a ser reciclado y mediante un proceso posterior de cocción se prensa de manera natural, para obtener los productos finales en forma de planchas o rellenos. En estos procesos, y dependiendo de la materia prima, normalmente las de origen animal, a fabricar, estas se someten a tratamientos fungicidas para evitar la aparición de insectos o tratamientos para mejorar sus condiciones ignífugas. Regularmente, los materiales aislantes de este grupo no suelen llevar sustancias químicas aditivas, tan solo usadas para optimizar alguna propiedad del material aislante (5).

Por tanto, por aislamiento térmico se entiende a todos los sistemas y operaciones llevadas a cabo para reducir el flujo térmico intercambiado entre dos entornos a temperaturas diferentes, ya sea interior-interior o exterior-interior (6).

Asimismo, el aislante ecológico es aquel producto que además de ofrecer buenos resultados acústica y térmicamente, sean sanos, naturales, 100% reciclables. Y donde todo su ciclo de vida sea respetuoso con el medio ambiente. Esto excluye, por tanto, la utilización de productos sintéticos. Esto presenta una alternativa a los aislantes más convencionales como pueden ser la lana de roca, el poliuretano, el poliestereno (6). Además, existen numerosos aislantes naturales que por sus características y por el proceso de transformación son respetuosos con el medioambiente como, por ejemplo. aquellos aislantes cuya base es el corcho, cáñamo, lana, lino, fibra de madera, celulosa, algodón, perlita, paja. Otro tipo de aislamiento podría ser el realizado a través de recubrir superficies con plantas y elementos vegetales como elemento aislante de gran potencial, pero a su vez con un enfoque estético muy interesante (6).

Los aislantes térmicos constituyen un grupo importante de materiales sólidos en el diseño para transferencia de calor, donde el propósito es reducir el flujo de este. Ejemplo de casos como esos incluyen el aislamiento de edificios para minimizar la pérdida de calor en invierno y un termo para conservar caliente el té o café. La solución a cada una de estas situaciones implica el uso de aislamiento térmico (32).

Además, los materiales aislantes del calor deben tener una baja conductividad térmica. En la mayoría de los casos esto se logra atrapando aire o algún otro gas en el interior de pequeñas cavidades en un sólido; aunque en ocasiones se obtiene el mismo efecto rellenando el espacio a través del cual se tiene que reducir el flujo de calor con pequeñas partículas sólidas y atrapando aire entre ellas. Estos aislantes térmicos utilizan la baja conductividad inherente a un gas para inhibir el flujo de calor. Sin embargo, como los gases son fluidos, el calor también puede transferirse por convección natural en el interior de bolsas de gas y por radiación entre las paredes sólidas del recinto. Por lo tanto, la conductividad de los materiales aislantes no es en realidad una propiedad debida exclusivamente al material, sino el resultado de una combinación de mecanismos de transferencia de calor. La conductividad térmica del aislamiento es un valor efectivo que no solo cambia con la temperatura, sin o también con la presión y las condiciones ambientales, como la humedad. El cambio de la conductividad térmica efectiva con la temperatura puede ser bastante pronunciado, en especial a temperaturas elevadas cuando la radiación desempeña un papel significativo en el proceso global de transferencia de calor total (32).

Existen tres tipos de materiales aislantes:

(i) *Fibrosos*. Los materiales fibrosos se componen de filamentos con partículas de diámetro pequeño de baja densidad que pueden colocarse en una abertura como “relleno suelto” o en forma de tablas, bloques o mantas. Los materiales fibrosos tienen una porosidad muy alta (90%). La lana mineral es un aislante fibroso común para aplicaciones a temperaturas por debajo de los 700°C, y con frecuencia se utiliza fibra de vidrio con temperaturas por debajo

de los 200°C. Para protección térmica a temperaturas entre 700 y 1700°C se pueden utilizar fibras refractarias tales como alúmina o sílice.

(ii) *Celulares*. Los aislantes celulares son materiales que se encuentran en celdas cerradas o abiertas que suelen tener la forma de tableros extendidos flexibles o rígidos. Sin embargo, también es posible darles forma o rociarlos en el lugar para lograr las formas geométricas deseadas. El aislamiento celular tiene la ventaja de su baja densidad, baja capacidad de calentamiento, y una resistencia a la compresión relativamente buena. Algunos ejemplos son el poliuretano y la espuma de poliestireno expandida.

(iii) *Granulares*. El aislamiento granular consiste en pequeñas escamas o partículas de materiales inorgánicos, aglomeradas en formas prefabricadas o utilizadas como polvo. Algunos ejemplos son el polvo de perlita, sílice diatomáceo y vermiculita.

2.2.4 Trasmisión de calor

En la transferencia de calor existente a través de un equipo o elemento entre dos entornos (interior y exterior) y tienen lugar tres mecanismos típicos de conducción, convección y radiación. Además, el mecanismo de conducción (transferencia de calor a través de un material sin movimiento macroscópico) se realiza a través de los materiales sólidos. Dicho mecanismo de convección (transferencia de calor por conducción con existencia de un movimiento macroscópico de los materiales) se realiza a través de los gases o líquidos, pudiendo ser el movimiento provocado o natural (por diferencia de densidades). El mecanismo de radiación (transferencia de calor entre superficies sin la necesidad de la presencia de un medio material entre ambas) se realiza a través del vacío o de medios transparentes o semitransparentes (13).

En el campo de materiales y temperaturas que consideramos podemos afirmar lo siguiente: (i) en materiales sólidos solo consideraremos el mecanismo de conducción, ya que se suponen materiales opacos. (No se consideran vidrios o materiales plásticos transparentes. Realmente no consideramos el intercambio de calor que se produce en éstos por radiación). (ii) Además, en líquidos se considerará la convección (respecto al mecanismo de radiación se supondrá que son opacos, y

por tanto el posible flujo de calor mediante este mecanismo se desprecia). (iii) Asimismo, en gases (principalmente aire) se deberá considerar la convección y la radiación (se producen ambos mecanismos a la vez) (13).

Dependiendo de la configuración geométrica básica de las capas (planas, cilíndricas, esféricas) se expresa de forma práctica el flujo de calor como: (i) Placas planas: flujo de calor por unidad de área q/A (W/m^2). (ii) Placa cilíndrica: flujo de calor por unidad de longitud q/H (W/m). (iii) Placa esférica: flujo de calor q (W) (13).

La conductividad térmica es una propiedad de la materia que en general depende de la temperatura, de la presión y de la composición de esta. La conductividad térmica de los distintos materiales se determina experimentalmente, y con este propósito se conocen distintos métodos, la mayoría de los cuales se basan en la medida de la densidad de flujo de calor (cantidad de calor transmitido a través de una superficie isoterma por unidad de área y por unidad de tiempo) y en el gradiente de temperatura (32).

De acuerdo con la ley de Fourier, la conductividad térmica se define como:

$k = \frac{q_k/_A}{|dT/_{dX}|}$, (W/m K)

En donde:

k = conductividad térmica

q_k = Flujo de calor por conducción

A = área de transferencia de calor

dT/dX = Gradiente de temperatura en la dirección del flujo de calor

De la ecuación anterior se deduce que la conductividad térmica es numéricamente igual a la cantidad de calor que atraviesa la unidad de área de superficie isoterma en la unidad de tiempo cuando el gradiente de temperatura es unitario (32).

La conductividad térmica es una propiedad del medio a través del cual se transporta calor por conducción y establece que tan fácilmente los sólidos, líquidos y los gases llevan a cabo dicha transferencia de energía. El mecanismo básico de

conducción de energía en los líquidos es similar al de los gases. Sin embargo, sus condiciones moleculares son más difíciles de describir y los detalles de sus modos de conducción de calor no son del todo conocidos. En la mayoría de los líquidos la conductividad térmica disminuye al aumentar la temperatura y depende poco de la presión siempre y cuando no se encuentre cerca a su punto crítico. Por regla general, la conductividad térmica de los líquidos disminuye a medida que se incrementa su peso molecular. Para propósitos de ingeniería, la conductividad térmica de los líquidos se toma de tablas como una función de la temperatura en el estado saturado (32).

2.2.5 El estiércol de ovino

En la siguiente tabla se reporta las características físico-químicas del estiércol de ovino:

Tabla 1

Caracterización agroquímica de un estiércol de ovino (7)

Parámetro	Unidad	Valor
Humedad	%	38,5
pH	Unidad	8,51
Conductividad eléctrica	$dS.m^{-1}$	11,33
Materia orgánica	%	45,6
Lignina	%	21,1
Celulosa	%	11,4
Hemicelulosa	%	11,0
Carbono orgánico total	%	25,2
Nitrógeno total	$g.kg^{-1}$	17,7
Amonio	$mg.kg^{-1}$	889,0
Nitrato	$mg.kg^{-1}$	520,0
Relación C/N	-	14,3
Contenido graso	%	0,5
Carbohidratos hidrosolubles	%	0,4
Polifenoles hidrosolubles	%	0,3
Carbono hidrosoluble	%	3,5
Fósforo	$g.kg^{-1}$	2,2
Potasio	$g.kg^{-1}$	16,5
Calcio	$g.kg^{-1}$	100,9
Magnesio	$g.kg^{-1}$	18,7
Sodio	$g.kg^{-1}$	3,9
Azufre	$g.kg^{-1}$	3,2
Hierro	$mg.kg^{-1}$	4139
Cobre	$mg.kg^{-1}$	51
Manganeso	$mg.kg^{-1}$	226
Cinc	$mg.kg^{-1}$	185
Plomo	$mg.kg^{-1}$	12
Cromo	$mg.kg^{-1}$	19
Niquel	$mg.kg^{-1}$	25

Nota: Tomado de “The production of commercial organic amendments and fertilisers. Composting of two-phase olive mill waste (“alperujo”), por G. Tortosa, J. Alburquerque, G. Ait-Baddi, J., Cegarra, 2012

La ovinocultura se define como la cría de ovinos por medio de un sistema económicamente rentable y en equilibrio con el ambiente. Dentro de las especies animales manipuladas comercialmente en el mundo, el ovino ocupa el primer lugar con un aproximado de 11.000 millones, también es la especie de mayor variabilidad fenotípica en cuanto a características como con cuernos, colores, lana o pelaje, entre otras, (8).

Asimismo, hace miles de años, los ovinos al igual que los caprinos fueron los primeros animales domesticados por el ser humano, de los cuales la humanidad ha obtenido alimento (carne y leche) y abrigo (piel, pelo y lana). También, han estado presentes en pasajes bíblicos y mitológicos, de esta manera han sido reconocidas como especies de importancia económica (9).

Sin embargo, a nivel mundial la producción de lana ha disminuido. Países como Australia y Nueva Zelanda han reducido en los últimos cinco años la cantidad de animales hasta un 17%, contrario a la producción de carne donde, países como la India, Pakistán y China han experimentado un crecimiento significativo en la producción ovina, mientras que en Argentina la actividad aporta un aproximado de 200 millones de dólares en exportaciones por lo que se ha considerado una de las actividades más importante en este país (10, 11).

Por otra parte, debido al impacto ambiental negativo que generan los sistemas de producción, la legislación nacional estableció como carácter obligatorio para todos los productores de cualquier sistema, elaborar un plan de manejo eficiente de los desechos generados principalmente aquellos desechos como excretas, orina, residuos de forraje, concentrados y cadáveres de animales (12).

En el caso de la explotación ovina, la cantidad de animales, la sobreexplotación de los pastos, las sequías, problemas de salinidad, malezas leñosas, los suelos degradados, y el mal manejo de desechos han obstaculizado la oportunidad de expansión de este tipo de sistema y ponen a prueba la capacidad de poder realizar este tipo de ganadería de manera sostenible con el medio (10).

Por lo anterior, en Costa Rica se ha orientado en elaborar estrategias que permitan a los sistemas comerciales aprovechar de manera eficiente los desechos generados y la producción en menor área, con el fin de reducir o mitigar el impacto ambiental mediante el uso de buenas prácticas agropecuarios, dentro de las cuales el manejo de las excretas ha sido uno de las más utilizadas y de las cuales se obtienen productos que mejoran la calidad del suelo.

La excreta de oveja como valores promedio contiene 35% de materia seca, 2% de nitrógeno, 5% de P_2O_5, 12% de K_2O y 3% de MgO y 64.6% de agua, por lo

tanto, es considerada como un material con alto contenido de elementos químicos. Generalmente, una oveja adulta puede producir aproximadamente 300 gramos de excretas/día, de la cual se obtiene un abono orgánico de excelente calidad (9).

2.2.6 El aserrín

El aserrín, producto de la industria del aserrío, es generado en gran cantidad, y su manejo representa un problema, pues se emplea principalmente como fuente de energía, afecta negativamente el ambiente, genera polvo en el aire y contribuye a la emisión de dióxido de carbono a la atmosfera. Además, los desechos perjudican la salud de trabajadores y habitantes de las zonas cercanas a los aserraderos, al generar problemas ambientales como incendios y autocombustión. En consecuencia, es necesario encontrar alternativas de uso de los residuos como el aserrín, las virutas y las cortezas de árboles. La mayoría de estos son ricos en celulosa, hemicelulosa, lignina y otras sustancias de bajo peso molecular, características deseables para muchos procesos industriales. Las sustancias extraíbles podrían emplearse en dichos procesos, disminuyendo así el impacto ambiental (15).

La clasificación de usos alternativos del aserrín y demás residuos forestales, tiene en los siguientes campos un importante componente (15):

En sector agropecuario, se han usado como medio de crecimiento, junto con subproductos o residuos de desecho de diversas actividades domésticas, urbanas e industriales (16). La incorporación de estos materiales permite la obtención de productos de bajo costo que a largo plazo causan un impacto ecológico positivo (17).

Como sustrato en la agricultura, el aserrín empleado apropiadamente puede competir con otros sustratos que, comparativamente, tienen disponibilidad limitada (18). Todos los tipos de aserrín mejoran las características físicas de los medios de crecimiento, ya que el tamaño de las partículas es fácilmente manejable con los componentes del medio. Además, los efectos favorables pueden compararse con los de la turba, tanto por la densidad de la masa como por la porosidad y aireación de los suelos arenosos y retención de agua de los suelos arcillosos (19).

Como sustrato en la producción forestal, el aserrín crudo ha mostrado ser un buen sustrato para la producción de planta de *Cedrela Odorata* L. en viveros, sin efectos tóxicos durante el periodo de invernadero (20). Además, la mezcla de sustratos convencionales y aserrín se puede usar satisfactoriamente como medio de crecimiento, para la producción de especies forestales con sistemas de producción tecnificados (21).

Aunado a los productos obtenidos de la conversión de los residuos lignocelulósicos, productos como el biocarbón son una variante para considerar, ya que proporciona efectos beneficiosos como acondicionador de suelos, pues mejora su calidad y productividad. Debido a que el uso del biocarbón ha demostrado la mejora de las propiedades químicas y físicas (retención de humedad, aumento del contenido y retención de nutrientes, permeabilidad de los suelos y sus propiedades biológicas), contribuye al incremento en la productividad de los cultivos y establecimiento de suelos para reforestación (22).

Como suplemento alimenticio en ganado, el uso de aserrín en la alimentación de rumiantes tiene impacto en la ganancia importante de peso para la producción de carne, pues disminuye el costo de fuentes comunes de fibra. En este sentido, se investigó aislar un cultivo de bacterias ruminales capaces de degradar aserrín de pino (23). La evidencia sugiere que además de aportar la fibra necesaria a la dieta, el aserrín puede utilizarse como fuente de energía si es que existen las condiciones ruminales adecuadas para la actividad de bacterias celulolíticas y hemicelulolíticas. Asimismo, se reportó que la inclusión de 30% de aserrín de *Pinus Patula* Schiede ex Schltdl. & Cham., en sustitución de rastrojo de maíz como fuente de fibra, mejoró la ganancia diaria de peso de borregos en cebo; estos tuvieron una respuesta similar en consumo voluntario de alimento y, por consiguiente, mejor eficiencia alimenticia (24). Asimismo, recientemente se evaluó el efecto de la adición de bagazo de agave y aserrín en la dieta de ovinos, sobre la ganancia diaria de peso, consumo de materia seca, conversión alimenticia y pH ruminal. Las dietas experimentales fueron de 15% de rastrojo de maíz (testigo), 15% de bagazo de agave y 15% de aserrín de pino. Los resultados sugieren que el aserrín de pino y el bagazo de agave pueden utilizarse como fuentes alternas de fibra sin afectar las variables productivas (25).

Como uso como biocombustible, la combustión de biomasa de desechos forestales (ramas, acículas, aserrín y viruta), al igual que los combustibles fósiles convencionales, puede considerarse materia prima en la producción de combustible y generación de energía eléctrica, térmica y potencial, para su uso en los sectores industrial, comercial, familiar y del transporte (26). Además, la bioenergía se puede obtener de biocombustibles sólidos como leña, carbón vegetal, residuos agrícolas, residuos forestales, comprimidos y briquetas; de los biocombustibles líquidos como el bioetanol y biodiesel, y de los gaseosos como el biogás (27).

Como compuestos mixtos a base de residuos forestales y plásticos, la elaboración de productos manufacturados a base de madera y polímeros (composites) está tomando importancia en los últimos años (28). Se evaluó un compuesto de polipropileno reforzado, preparado por el proceso de extrusión de polipropileno con madera, en proporciones de 15, 25 y 40% en peso con dos granulometrías diferentes. Los productos se elaboraron mediante procesos de inyección con dimensiones según la norma ASTM. Los autores observaron que, con el aumento del contenido de fibra, las propiedades como el índice de fluidez disminuyeron, en tanto el módulo de elasticidad, dureza y densidad aumentaron. Además, los resultados muestran que las propiedades de los compuestos son sumamente eficientes cuando se comparan con otros sistemas comerciales reforzados con rellenos inorgánicos (29).

Como uso químico, estudios realizados en extractos de madera y corteza de coníferas reportan estructuras químicas denominadas metabolitos secundarios, como son los siguientes: monoterpenos, sesquiterpenos, sesquiterpenlactonas, diterpenos, triterpenos, flavonoides y lignanos (30). En algunos casos, estos compuestos son responsables de la resistencia de la madera a la acción de insectos, hongos y bacterias; por tanto, podrían tener aplicaciones como pesticidas, preservantes de la madera y antibióticos (31). Los extractos de plantas, como agentes de control biológico, y la combinación con procesos químicos y naturales están emergiendo como soluciones parciales para el control de organismos capaces de degradar (hongos, bacterias y termitas).

2.2.7 El termo

La botella de vacío denominada termo, tan indispensable en las excursiones campestres, no fue ideada para mantener la temperatura del café o la limonada helada, sino para aislar gases en el laboratorio. Era un aparato científico del siglo XIX, que finalmente se abrió camino en los hogares del siglo XX. El frasco de Dewar, como se le llamaba en la década de 1890, nunca fue patentado por su inventor, el físico británico Sir James Dewar. Este considera a su recipiente revolucionario como un avance notable al servicio de la comunidad científica, y su frasco original puede verse hoy en el Royal Instituto de Londres (38).

En el futuro los termos seguramente serán más prácticos, es posible que surjan muchos cambios con el paso del tiempo, podrían surgir termos programables o que cada determinado tiempo se enciendan para mantener temperaturas constantes, ya que la tecnología está avanzando a tal grado de que en el futuro pueden existir distintos dispositivos para desempeñar esta misma función (38).

La función principal de un termo es mantener temperaturas constantes en líquidos y algunos sólidos. Es un recipiente que se puede volver a cerrar manteniendo excelentes características de aislamiento térmico. En vez de confiar solamente en un termo para aislar el interior del exterior, el envase sellado de hecho contiene un vacío. Un vacío no conduce calor en absoluto por conducción o convección, y la radiación, la otra forma de traspaso térmico, es mantenida al mínimo cubriendo las superficies internas del vacío con plata u otro metal reflexivo (38).

2.3 Definición de Términos Básicos

Aislación térmica. Es la capacidad de oposición al paso de calor de un material o conjunto de materiales, y que en construcción se refiere esencialmente al intercambio de energía calórica entre el interior y el exterior (33).

Temperatura. Característica propia de la materia identificable según la energía cinética media de sus moléculas, a mayor movimiento corresponderá mayor temperatura (33).

Calor. Energía de transición debido a una diferencia de temperatura entre los dos cuerpos que lo intercambian, para que haya flujo de calor debe existir una diferencia de temperatura y el calor fluirá del alta a la baja (33).

Transferencia de calor por conducción. El calor es transferido entre dos sistemas a través del contacto directo de sus partículas, tendiendo a igualar la temperatura entre los diferentes cuerpos (33).

Transferencia de calor por convección. La transferencia de calor se produce por intermedio de un fluido (aire o agua), capaz de transportar el calor entre zonas con diferentes temperaturas. Esto ocurre, ya que los fluidos al calentarse aumentan su volumen y en consecuencia disminuyen su densidad y de esta forma ascienden desplazando al fluido que se encuentra en la parte superior a menor temperatura (33).

Transferencia de calor por radiación. El intercambio de calor ocurre en forma de ondas electromagnéticas o partículas subatómicas a través de un material o incluso en ausencia de este (33).

Conductividad térmica. Es una propiedad física, la cual se caracteriza por la transferencia de calor de una partícula a otra a través del contacto entre ambas. Debido a esta propiedad es que los materiales que presenten una mayor conductividad serán aquellos que generen mayores pérdidas de calor (33).

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA

3.1 Metodología Aplicada para el Desarrollo de la Solución

3.1.1 Lugar de ejecución

Lugar : Yaureccan

Distrito : Locroja

Provincia : Churcampa

Departamento : Huancavelica

Latitud Sur : 12° 42´ 49.4 S (-12.71371278000)

Longitud Oeste : 74° 26´ 24,5 W (-74.44013720000)

Altitud : 3708 m.s.n.m

Figura 1. Ubicación del distrito de Yaureccan, Huancavelica

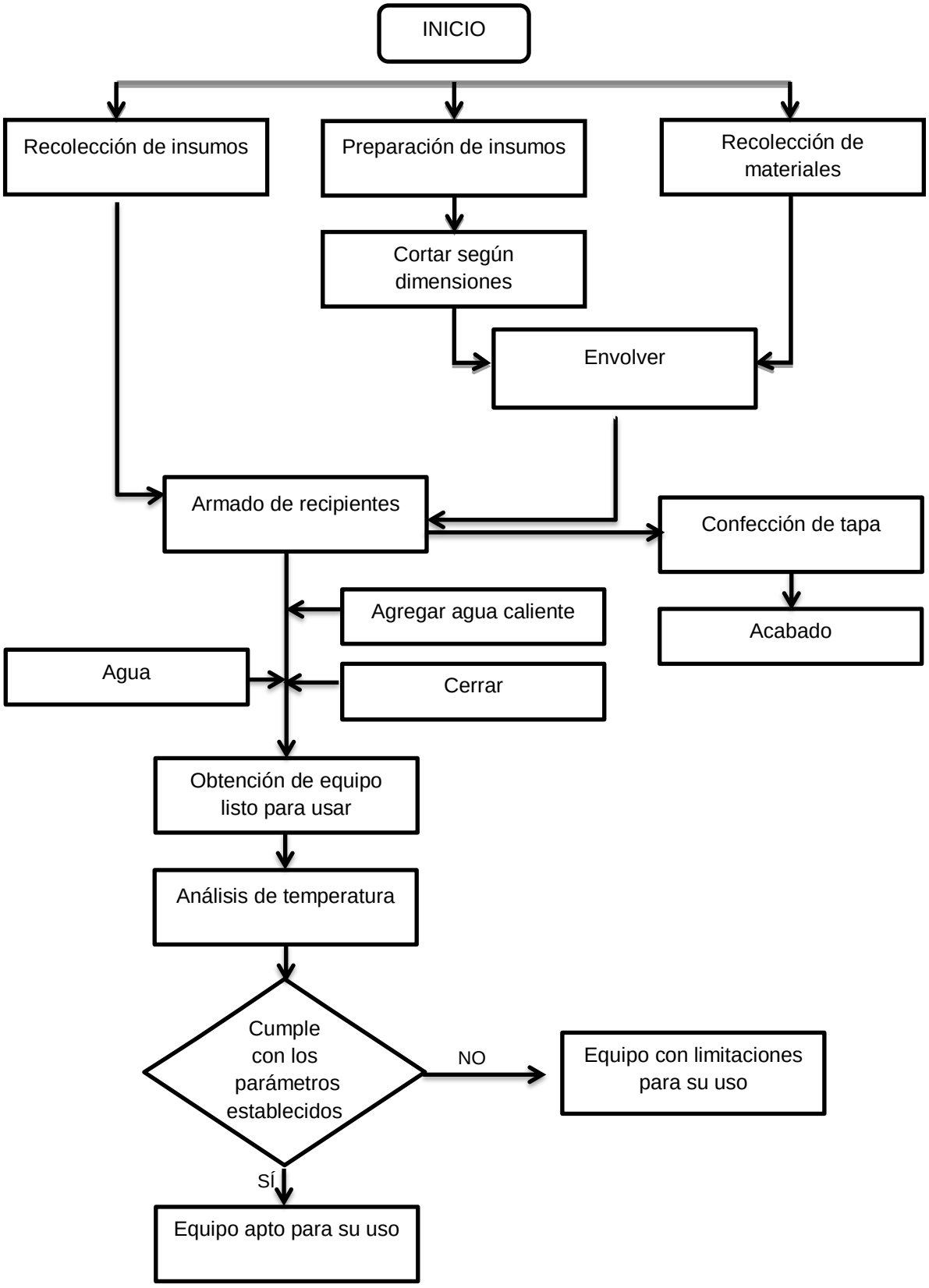

Figura 2. Diagrama de flujo del proceso tecnológico

CAPÍTULO IV: ANÁLISIS Y DISEÑO DE LA SOLUCIÓN

4.1 Identificación de Requerimientos

Los materiales que se emplearon en la investigación fueron los siguientes, los cuales estaban disponibles en el lugar donde se realizó la investigación, considerando que los aislantes térmicos, estiércol de ovino y aserrín se consiguen el lugar, donde la principal actividad es agropecuaria:

Tabla 2

Requerimiento

N.	Cantidad	Requerimientos	Características
01	02	latas de conserva de durazno	capacidad 820 g
02	01	botella de vidrio	capacidad 500 ml
03	1kg	estiércol de ovino	Tamizado
04	½kg	aserrín	Tamizado
05	1	cartón	
06	1	papel platino	
07	1	cinta aislante negro	

Materiales	
Envases de lata	**Envases de vidrio**
Papel platino	**Cartón**
Tamizador	

Figura 3. Materiales utilizados

Insumos	
Estiércol de ovino	**Aserrín**

Figura 4. Insumos utilizados

4.2 Análisis de la solución

Para la construcción del equipo térmico rústico se tomó en cuenta la disponibilidad de materiales de la zona, de bajo costo, dentro de los cuales, los aislantes térmicos (constituidos por compuestos por celulosa, hemicelulosa y lignina), puedan ser colocados como protectores del recipiente con líquidos calientes.

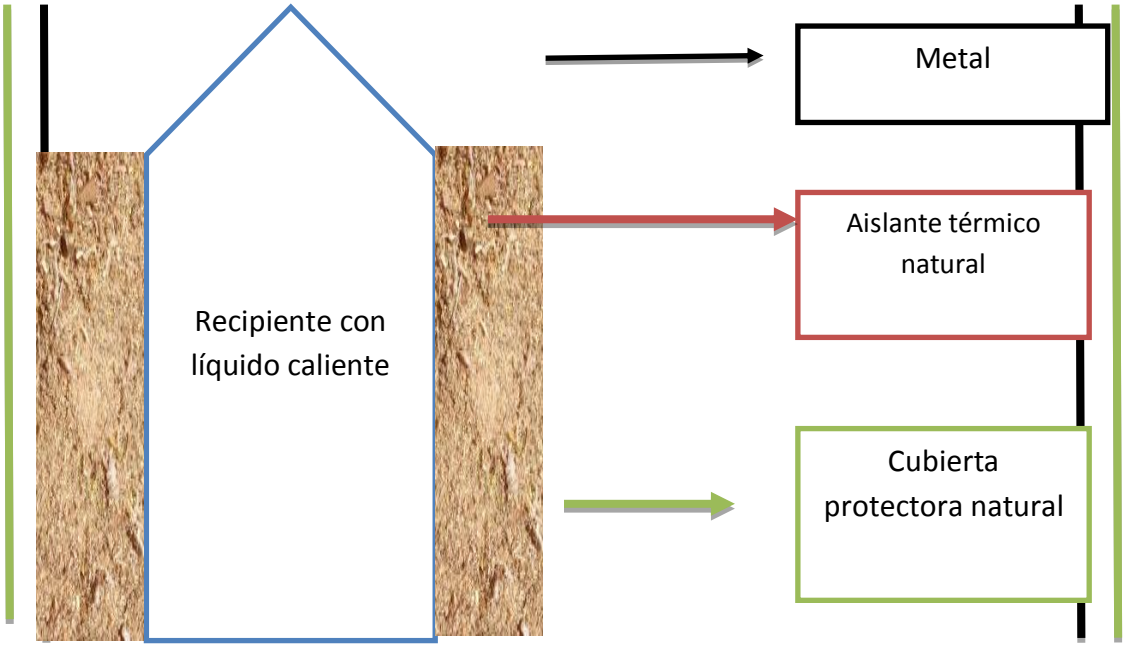

Figura 5. Diagrama esquemático de la solución

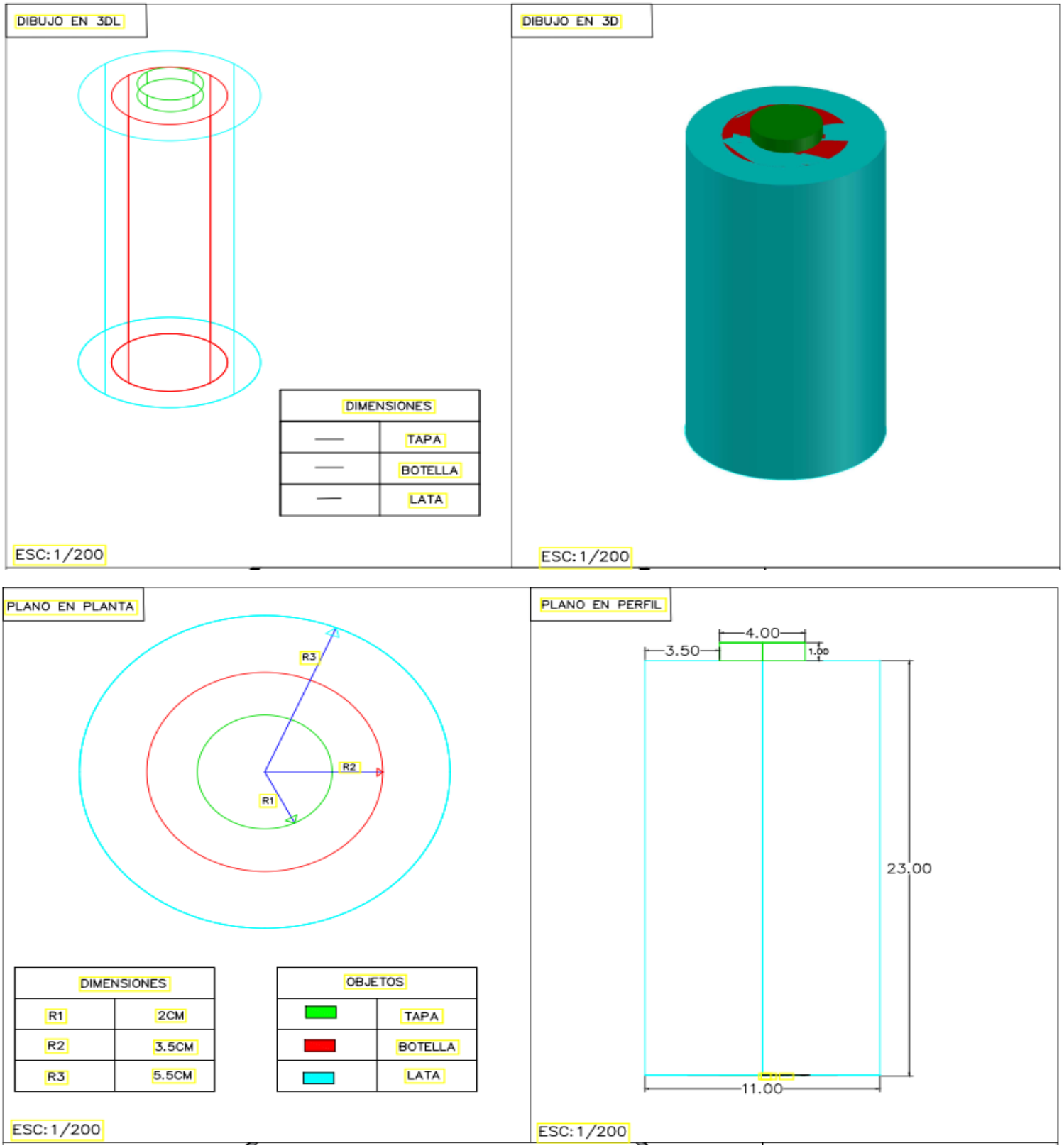

Figura 6. Dimensiones del recipiente rústico portátil (vista de planta y perfil)

4.3 Diseño

Para ensayar la conservación de temperatura se utilizó un diseño experimental completamente al azar (DCA), para evaluar la temperatura de cada uno de los diseños.

Tabla 3

Tratamientos del diseño en estudio

N. Termo	**Descripción**	
	aserrín (g)	estiércol ovino (g)
1	150	150
2	300	0
3	150	150
4	50	250
5	testigo (termo común de plástico)	

El diseño tiene el siguiente modelo aditivo lineal, con cinco tratamientos y tres repeticiones por cada tratamiento.

Modelo aditivo lineal del diseño experimental (40):

$$Yij = \mu + xi + Eij$$

Dónde:

Yij = Observación de la unidad experimental.

μ = Media poblacional.

ιi = efecto del i-ésimo tratamiento (i = 1,2,3,4,5)

ε_{ij} = Error experimental

4.3.1 Caja negra

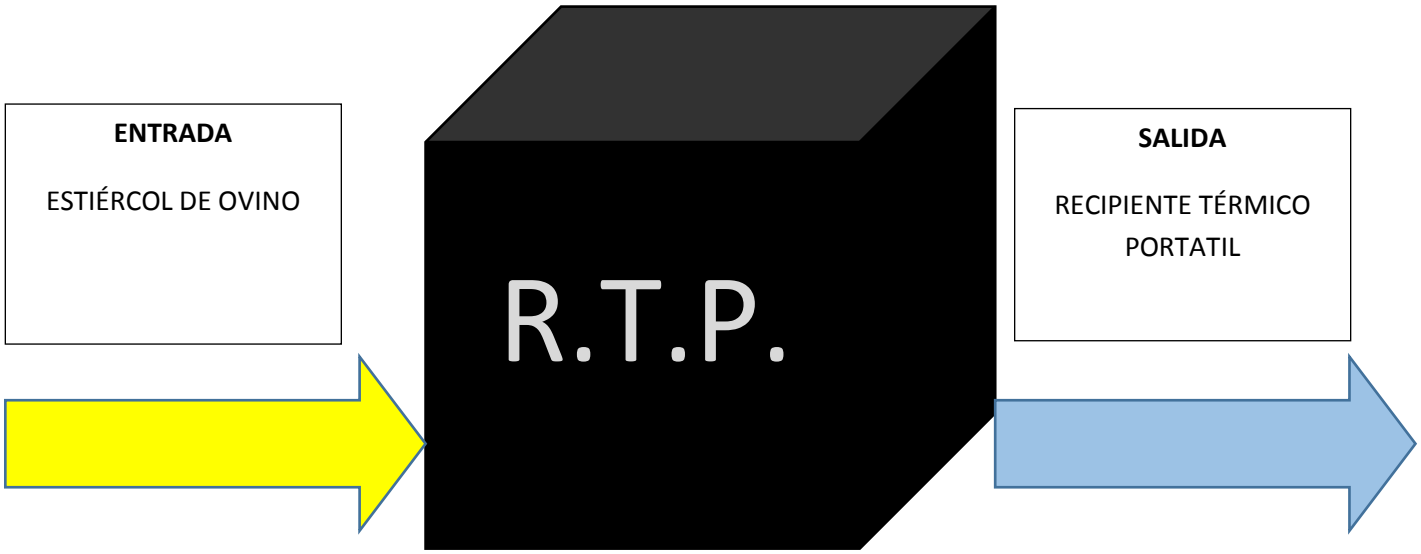

Figura 7. Caja negra del recipiente técnico portátil.

4.3.2 Caja blanca

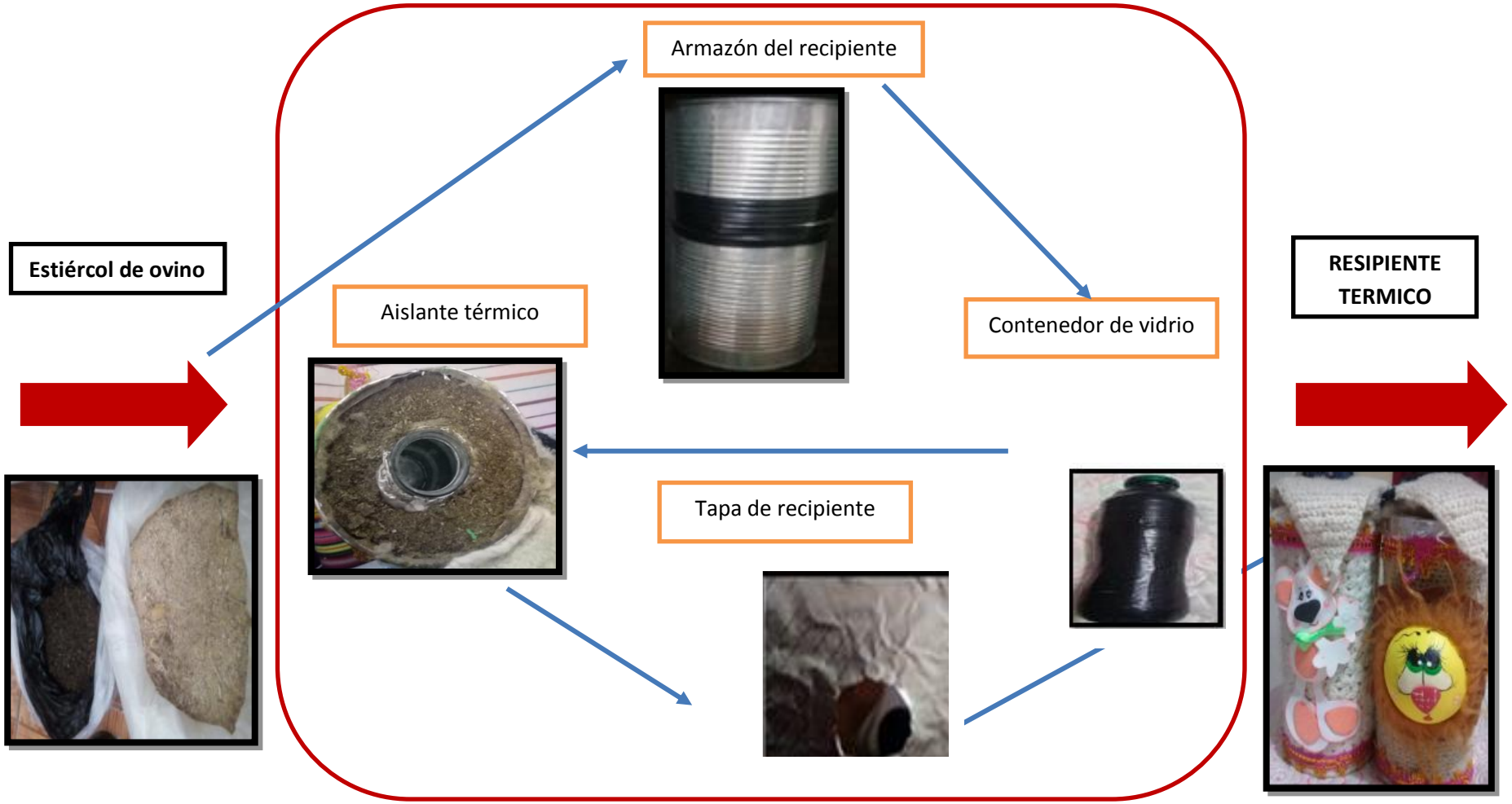

Figura 8. Caja blanca del recipiente térmico portátil. Funcionamiento interno del prototipo.

4.3.3. Diagrama de Ishikawa

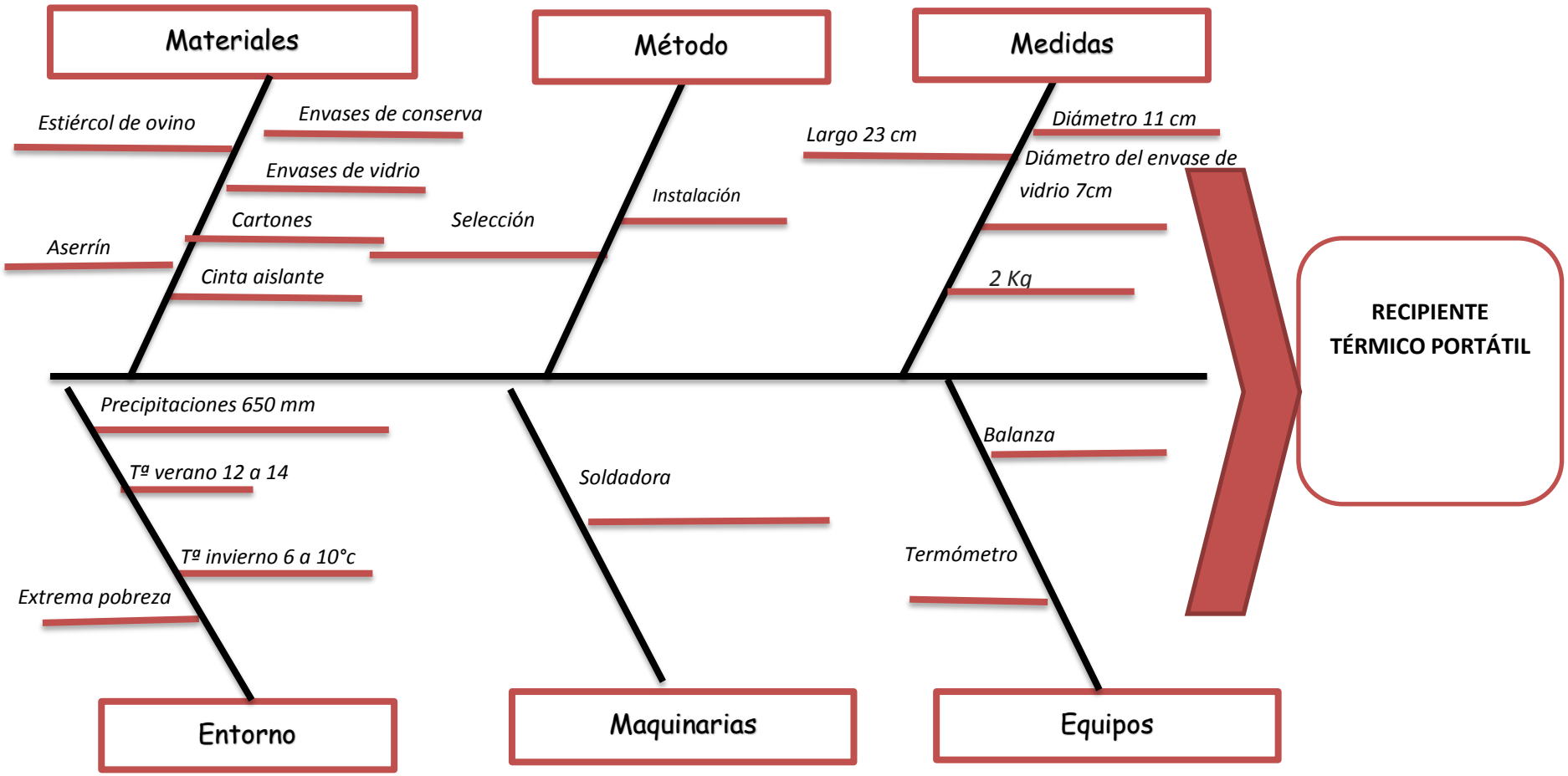

Figura 9. Diagrama de Ishikawa

4.3.4 Lista de exigencias

Tabla 3

La lista de exigencias: Se realizó una lista con los requerimientos que necesita el Recipiente térmico portátil

Categoría	D/e	Descripción general
Función principal	E	El recipiente térmico portátil debe tener la capacidad de mantener la temperatura de las bebidas por aproximadamente 6 horas.
Función	D	Se busca que el sistema sea simple, funcional y económico.
Diseño	E	Se busca que el sistema sea ligero y creativo
Materiales	E	El soporte debe ser capaz de resistir unos años como mínimo, a la exposición de la intemperie sin corrosión, teniendo en cuenta las condiciones del lugar
Costo	D	A un costo de s/5 con una buena presentación, el costo estimado de los materiales.
Ergonomía	E	La estructura no debe ser pesada para no perjudicar de ninguna manera la movilización de los estudiantes.
Mantenimiento	E	Se debe en lo posible seleccionar materiales de larga duración y con

			poca frecuencia de mantenimiento. El mantenimiento se debe realizar cada 2 meses.
	Aislante térmico (estiércol de ovino)	E	Encargado de impedir el paso del calor, por su alta resistencia térmica.
	Aislante térmico(aserrín)	E	Encargado de impedir el paso del calor y mitigar los posibles olores que genere las heces de ovino.
	Papel platino	E	Encargado de mejorar el rendimiento de térmico del recipiente.
	Cinta aislante negro	E	Encargada de sujetar el papel platino y ayudar al rendimiento térmico.
	Armazón del recipiente	E	Encargado de proteger y dar la estructura del recipiente térmico.
	Recipiente de vidrio	E	Encargado almacenar el líquido herméticamente.
	Tapa del recipiente	E	Encargado de proteger el aislante térmico y atraer los rayos solares, por estar forrado con papel platino.
	Presentación del recipiente	E	Encargado de impedir el paso del calor por la tapa del recipiente y darle una buena presentación.

4.3.5 Matriz morfológica

En la creación de la matriz morfológica se elaboraron cuatro soluciones posibles para la montura del recipiente térmico portátil, las cuales fueron analizadas mediante una evaluación técnico-económica:

- Alternativa 1: La alternativa 1 será tomada encuentra ya que la unión de dos latas de conserva de durazno será de mayor proporción para rodear de heces de ovino, el envase de vidrio a altas temperaturas no podrá comprimirse y la tapa elaborada de cartón y papel platino atraerán los rayos solares lo cual ayudara al prototipo.
- Alternativa 2: La alternativa 2 no puede tomarse encuentra ya que el envase de platico de 500 ml temperaturas altas puede comprimirse y la lata de conserva es muy pequeña para lograr inserta el envase de plástico.
- Alternativa 3: la alternativa 3 no pude ser tomada en cuenta por que en la lata de leche solo lograremos insertar una mínima cantidad de heces de ovino el cual no lograra buenos resultados y el envase de platico se comprime a altas temperaturas.
- Alternativa 4: La alternativa 4 no pudo ser tomada en cuenta por que la lata de leche es muy pequeña y no se podrá emplear una buena cantidad de heces de ovino.

Tabla 4

Tratamientos del diseño en estudio

Recipiente térmico portátil	**Alternativa 1**	**Alternativa 2**	**Alternativa 3**	**Alternativa 4**
Elegir el tipo de aislante térmico	Estiércol de ovino	Estiércol de vacuno	Estiércol de cuy	Estiércol de gallina
Elegir el armazón del recipiente	2 Lata de conserva de durazno unidas	Lata de conserva de durazno	Lata de leche de 410g	Lata de leche de 170g
Elegir el contenedor interior para los líquidos	Envase de vidrio	Envase de plástico 500 ml	Envase de plástico 400 ml	

				Envase de plástico 250 ml
Elegir la tapa del recipiente térmico	Tapa de cartón con platino	Tapa de lata	Tapa de plástico	Tapa de lata
Elegir la presentación del recipiente térmico	Presentación elaborada de lana de oveja	Presentación sin ningún diseño	Presentación elaborada con cuero	Presentación elaborada de lana de oveja

CAPÍTULO V: CONSTRUCCIÓN

5.1 Construcción

Procedimiento

- Se utilizó dos latas de conservas de durazno vacías y una botella de vidrio de 500 ml.
- Se recolectó estiércol de ovino seco y aserrín.
- Se unió las dos latas, envolviendo con cinta aislante negra.
- El envase de vidrio de 500 ml se envolvió con platino y se reforzó con la cinta aislante negra.
- En la montura hecha de las latas, se colocó 3 cm de estiércol de ovino por la base.
- Seguidamente se insertó la botella forrada en la lata, encima del estiércol. Alrededor de la botella se rellenó con estiércol de ovino como aislante térmico.
- Faltando 3 cm de la superficie del termo se colocó aserrín para evitar posibles olores que emanen del estiércol de ovino.
- Se diseñó la tapa del termo echa de cartón y luego se forró con platino para atraer los rayos solares.
- Ya teniendo la montura del termo, se diseñó la presentación del termo con lana de oveja.

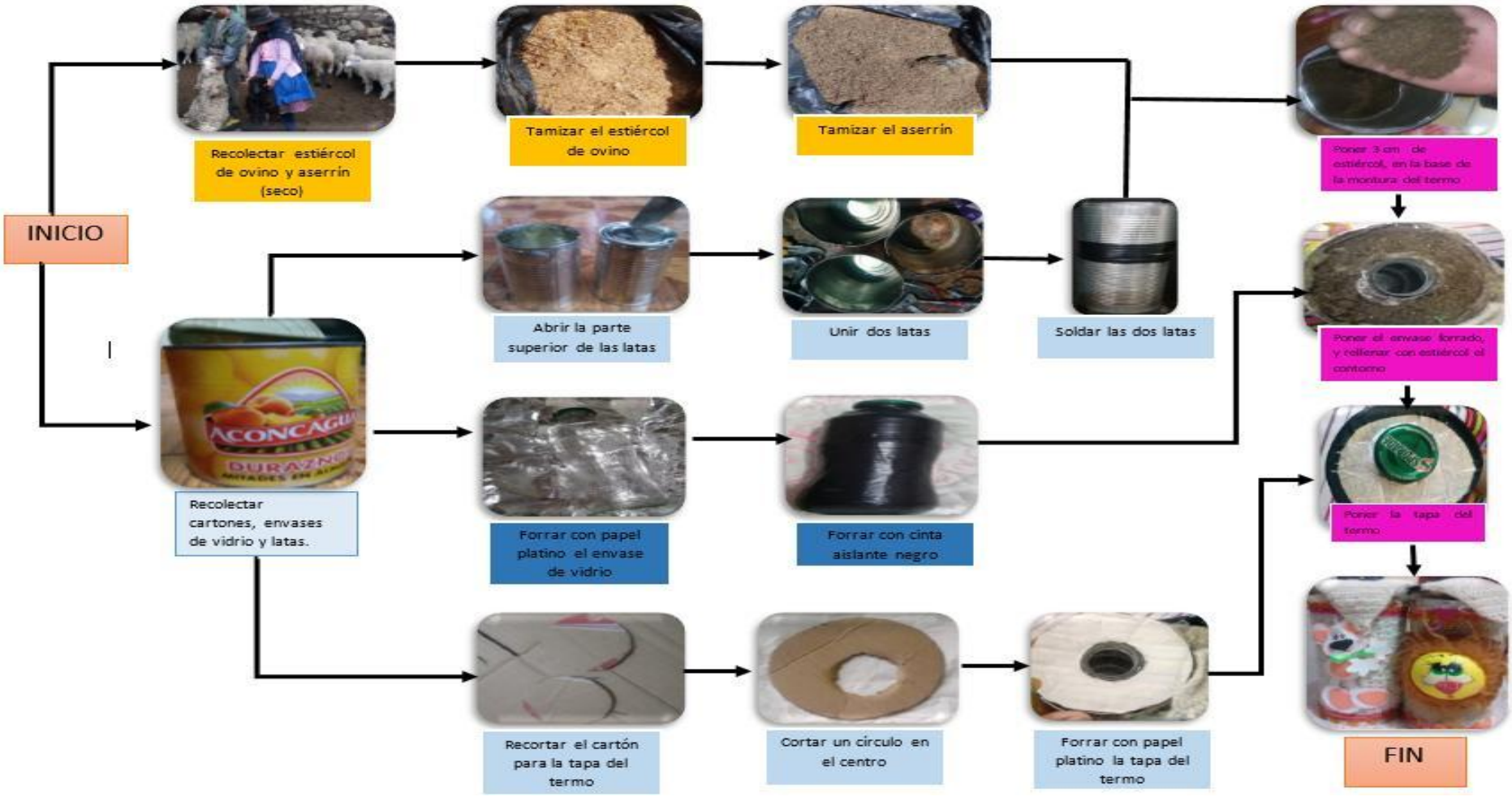

Figura 10. Construcción del recipiente térmico rústico

5.2 Pruebas y resultados

5.2.1 Variación de la temperatura

Tabla 5

Resultados de la medición de la temperatura. Primera repetición (14-15/10/2018)

Tratamientos	**Mediciones (horas)**						
	0	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**
1. Termo 1: 150 g A + 150 g EO (SM)	76,4	65,6	57,2	54,4	48,7	43,6	41,6
2. Termo 2: 300 g A + 0 g EO	76,4	63,8	53,4	50,8	48,6	45,8	43,9
3. Termo 3: 150 g A + 150 g EO (M)	76,4	62,3	55,5	52,4	50,4	48,0	45,6
4. Termo 4: 50 g A + 250 g EO (SM)	76,4	66,5	62,3	56,5	53,8	50,6	48,4
5. Termo 5: Testigo	76,4	70,2	67,9	65,9	63,2	61,5	58,7

Tabla 6

Resultados de la medición de la temperatura. Segunda repetición (19-20/10/2018)

Tratamientos	**Mediciones (horas)**						
	0	1	2	3	4	5	6
1. Termo 1: 150 g A + 150 g EO (SM)	78,2	68,6	63,9	59,8	50,6	46,6	40,6
2. Termo 2: 300 g A + 0 g EO	78,2	70,4	66,0	61,3	56,1	52,3	41,9
3. Termo 3: 150 g A + 150 g EO (M)	78,2	69,1	65,5	60,4	55,3	49,8	44,5
4. Termo 4: 50 g A + 250 g EO (SM)	78,2	71,2	67,5	62,1	57,8	53,6	50,0
5. Termo 5: Testigo	78,2	76,0	70,8	67,7	62,9	60,9	57,6

Tabla 7

Resultados de la medición de la temperatura (°C). Tercera repetición (27/10/2018)

Tratamientos	**Mediciones (horas)**						
	0	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**
1. Termo 1: 150 g A + 150 g EO (SM)	78,7	65,5	60,0	56,5	51,3	46,9	41,2
2. Termo 2: 300 g A + 0 g EO	78,7	70,1	67,1	60,6	56,8	53,6	43,1
3. Termo 3: 150 g A + 150 g EO (M)	78,7	66,7	63,9	57,7	52,9	48,7	43,2
4. Termo 4: 50 g A + 250 g EO (SM)	78,7	72,3	68,2	62,9	58,5	54,8	51,3
5. Termo 5: Testigo	78,7	75,2	68,5	65,5	60,1	58,6	55,3

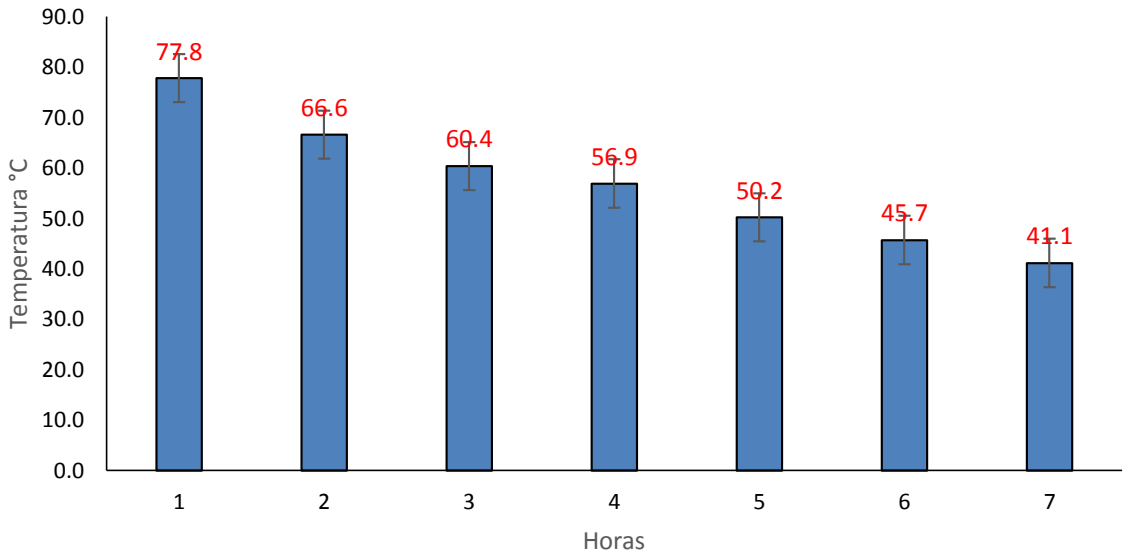

Figura 11. Promedio de temperatura de las horas de medición y su grado de precisión (error típico) para el tratamiento 1, representado por las líneas verticales en la parte superior de cada barra.

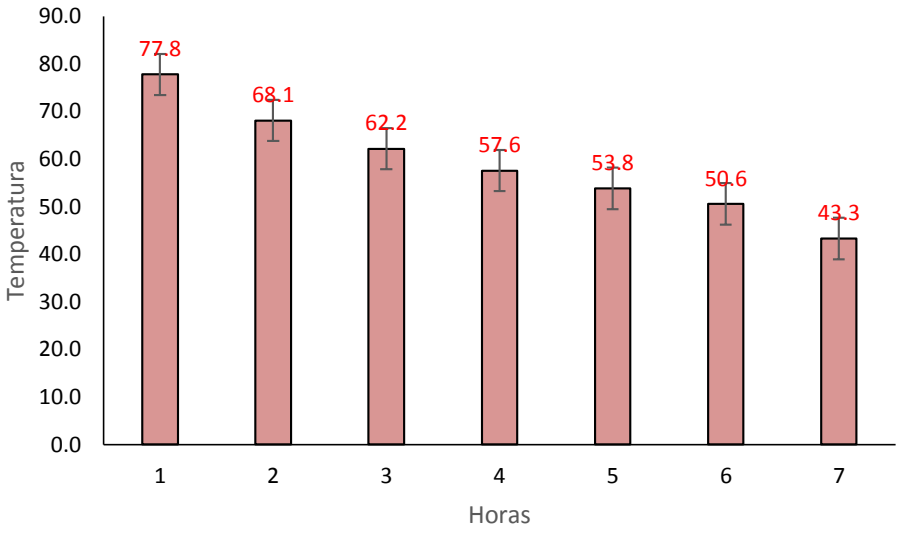

Figura 12. Promedio de temperatura de las horas de medición y su grado de precisión (error típico) para el tratamiento 2, representado por las líneas verticales en la parte superior de cada barra.

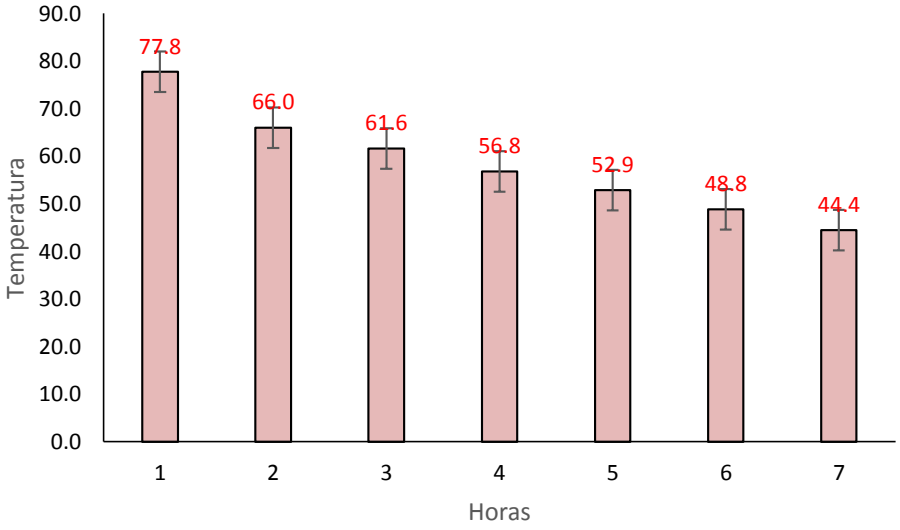

Figura 13. Promedio de temperatura de las horas de medición y su grado de precisión (error típico) para el tratamiento 3, representado por las líneas verticales en la parte superior de cada barra.

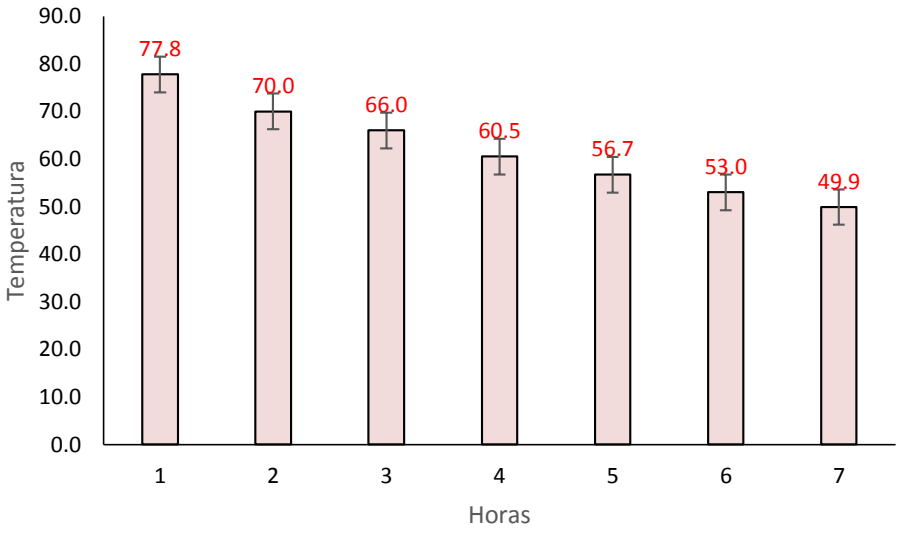

Figura 14. Promedio de temperatura de las horas de medición y su grado de precisión (error típico) para el *tratamiento 4*, representado por las líneas verticales en la parte superior de cada barra.

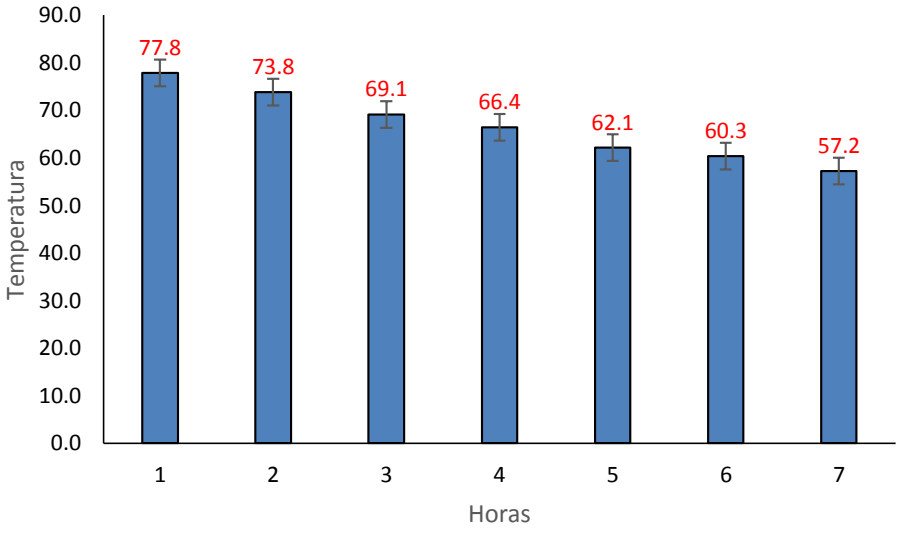

Figura 15. Promedio de temperatura de las horas de medición y su grado de precisión (error típico) para el *tratamiento 5*, representado por las líneas verticales en la parte superior de cada barra.

Prueba de Shapiro-Wilks para la normalidad de datos

Ho: la distribución de los datos es normal

Ha: La distribución de los datos no es normal

Nivel de significación α = 0,05

Tabla 8

Prueba de normalidad de Shapiro-Wilks para la medición de temperatura

Horas	Promedio de temperatura (°C)	Desviación estándar (°C)	Estadístico (W)	p valor
0	77,77	1,02	0,68	<0,0001
1	68,91	3,91	0,96	0,7655
2	63,85	5,19	0,89	0,1637
3	59,63	4,93	0,95	0,7541
4	55,13	4,79	0,91	0,2950
5	51,69	5,49	0,92	0,3480
6	47,19	6,07	0,84	0,0194

Decisión: de acuerdo con la tabla 9, en las horas 1, 2, 3, 4 y 5 se tiene p $>$ 0,05, entonces se acepta Ho y se rechaza Ha, pues los datos analizados se distribuyen normalmente; en cambio en las horas 0 y 6 se tiene p<0,05, entonces se rechaza Ho y se acepta Ha, pues los datos analizados no se distribuyen normalmente. Cuando se acepta la Ho se procedió a ejecutar el análisis de variancia y la prueba de Duncan. En el caso que se rechaza Ho, se procedió a ejecutar la prueba de Kruskall-Wallis.

5.2.1.1 Evaluación de la temperatura a las cero (0) horas

Decisión: de acuerdo con la tabla 9, a las cero horas, se rechaza la Ho, porque p $<$ 0,05; los datos analizados no se distribuyen normalmente. Se procedió

a realizar la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis, planteando la siguiente hipótesis.

Prueba de hipótesis:

Ho: La temperatura es igual en los cinco tratamientos.

Ha: al menos un tratamiento es diferente de los demás.

Nivel de significación $\alpha = 0,05$

Tabla 9

Prueba de Kruskal-Wallis para la temperatura a las cero horas

Termos	**Promedio (°C)**	**GL**	**H**	**P valor**
1: 150 g A + 150 g EO (SM)	77,767±1,210	4	0,000	>0,9999
2: 300 g A + 0 g EO	77,767±1,210			
3: 150 g A + 150 g EO (M)	77,767±1,210			
4: 50 g A + 250 g EO (SM)	77,767±1,210			
5: Testigo	77,767±1,210			

Decisión: la prueba de Kruskall-Wallis indica que no existe significación estadística entre los promedios de tratamientos.

Decisión: de acuerdo con la tabla 10, a la primera hora se acepta la Ho, porque p > 0,05; los datos analizados se distribuyen normalmente. Se procedió a realizar el análisis de variancia.

Análisis de variancia

Ho: $\mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4 = \mu_5$

Ha: $\mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3 \neq \mu_4 \neq \mu_5$ (al menos un μ_i es diferente a los demás)

Nivel de significación $\alpha = 0,05$

Tabla 10

Análisis de variancia de la temperatura a la primera hora

F. de V.	G.L.	Suma de cuadrados	Cuadrado Medio	Fc	p-valor
Tratamientos	4	118,103	29,526	3,066	0,0686
Error	10	96,307	9,631		
Total	14	214,409			

Decisión: según la tabla 11, se acepta Ho, es decir, no existen diferencias estadísticas significativas entre tratamientos con un nivel de significación del 0,05. Considerando que la prueba de Duncan no requiere que el análisis de variancia (Prueba de F) sea significativa, se procedió a realizar la prueba de comparación múltiple.

Prueba de Duncan

Ho: $\mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4 = \mu_5$

Ha: $\mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3 \neq \mu_4 \neq \mu_5$ (al menos un μ_i es diferente a los demás)

Nivel de significación $\alpha = 0,05$

Tabla 11

Prueba de comparación múltiple de Duncan para la temperatura a la primera hora

O.M.	Termo	Promedio (°C)	Significación
1	5: Testigo	73,88	a
2	4: 50 g A + 250 g EO (SM)	70,00	a b
3	2: 300 g A + 0 g EO	68,10	a b
4	1: 150 g A + 150 g EO (SM)	66,60	b
5	3: 150 g A + 150 g EO (M)	66,03	b

EO: estiércol de ovino SM: sin mezclar A: aserrín M: mezclado

Decisión:

Se rechaza Ho

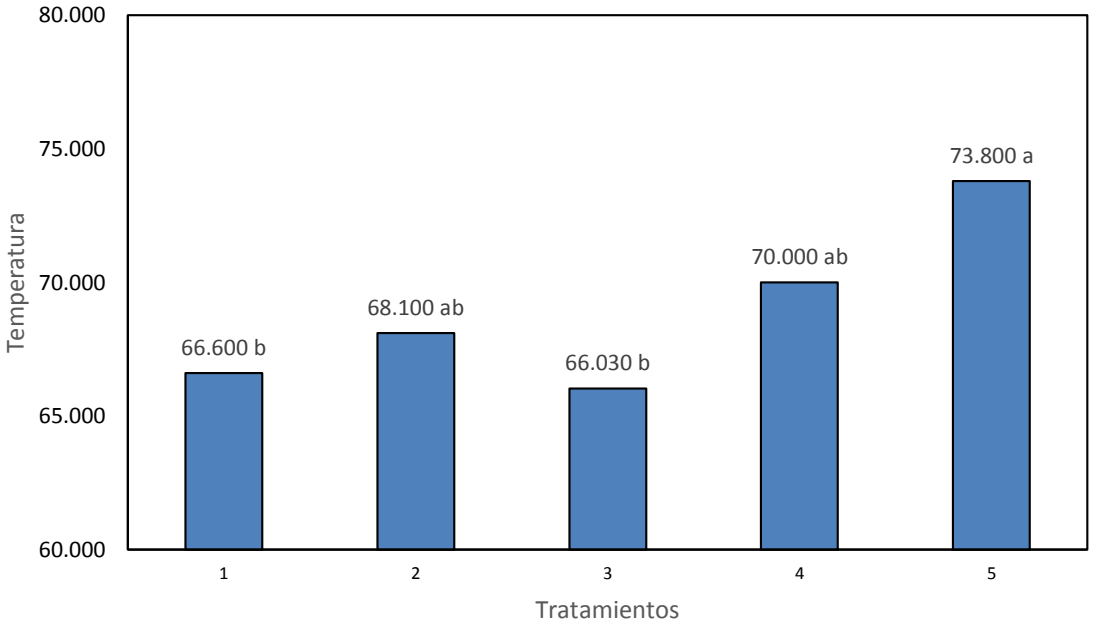

Figura 16. Promedios de temperatura de los tratamientos a la primera hora

5.2.1.3 Evaluación de la temperatura a la segunda hora

Decisión: de acuerdo con la tabla 6, a la segunda hora, se acepta la Ho, porque p > 0,05; los datos analizados se distribuyen normalmente. Se procedió a realizar el análisis de variancia.

Análisis de variancia

Ho: $\mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4 = \mu_5$

Ha: $\mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3 \neq \mu_4 \neq \mu_5$ (al menos un μ_i es diferente a los demás)

Nivel de significación $\alpha = 0,05$

Tabla 12

Análisis de variancia de la temperatura a la segunda hora

F. de V.	G.L.	Suma de cuadrados	Cuadrado Medio	Fc	p-valor
Tratamientos	4	155,151	38,788	1,750	0,2155
Error	10	221,707	22,171		
Total	14	376,857			

Decisión: según la tabla 13, se acepta Ho, es decir, no existen diferencias estadísticas significativas entre tratamientos con un nivel de significación del 0,05. Considerando que la prueba de Duncan no requiere que el análisis de variancia (Prueba de F) sea significativa, se procedió a realizar la prueba de comparación múltiple.

Prueba de Duncan

Ho: $\mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4 = \mu_5$

Ha: $\mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3 \neq \mu_4 \neq \mu_5$ (al menos un μ_i es diferente a los demás)

Nivel de significación $\alpha = 0,05$

Tabla 13

Prueba de comparación múltiple de Duncan para la temperatura a la segunda hora

O.M.	Termo	Promedio (°C)	Significación
1	5: Testigo	69,067	a
2	4: 50 g A + 250 g EO (SM)	66,000	a
3	2: 300 g A + 0 g EO	62,167	a
4	3 : 150 g A + 150 g EO (M)	61,633	a
5	1 : 150 g A + 150 g EO (SM)	60,367	a

EO: estiércol de ovino SM: sin mezclar A: aserrín M: mezclado

Decisión: Se acepta Ho

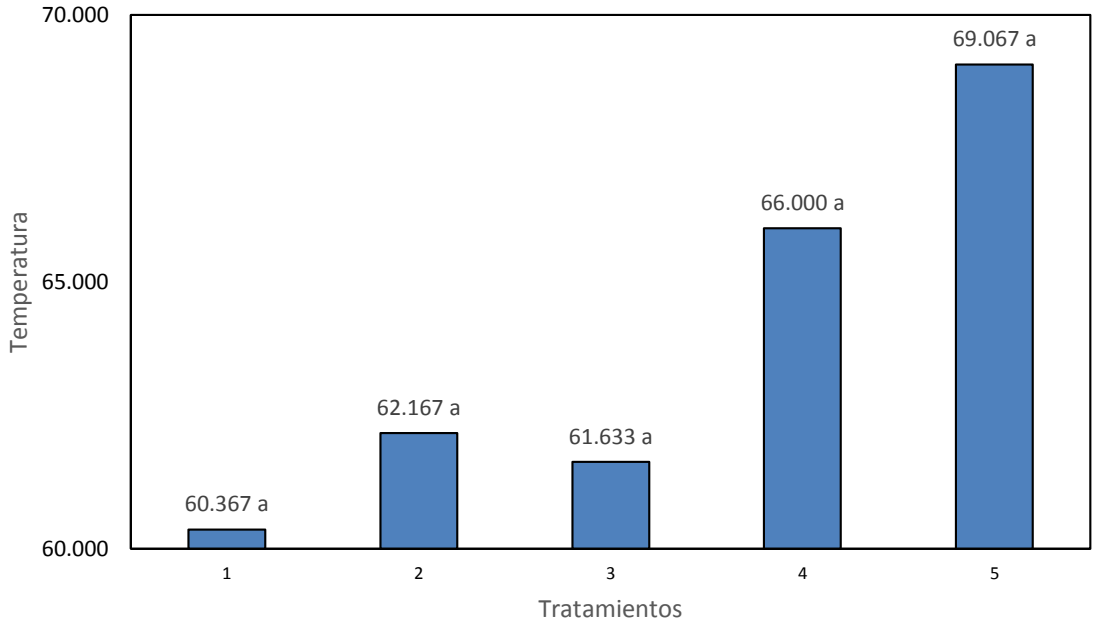

Figura 17. Promedios de temperatura de los tratamientos a la segunda hora

5.2.1.4 Evaluación de la temperatura a la tercera hora

Decisión: de acuerdo con la tabla 14, a la tercera hora, se acepta la Ho, porque p > 0,05; los datos analizados se distribuyen normalmente. Se procedió a realizar el análisis de variancia.

Análisis de variancia

Ho: $\mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4 = \mu_5$

Ha: $\mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3 \neq \mu_4 \neq \mu_5$ (al menos un μ_i es diferente a los demás)

Nivel de significación $\alpha = 0,05$

Tabla 14

Análisis de variancia de la temperatura a la tercera hora

F. de V.	G.L.	Suma de cuadrados	Cuadrado Medio	Fc	p-valor
Tratamientos	4	197,013	49,253	3,422	0,0522
Error	10	143,940	14,394		
Total	14	340,953			

Decisión: según la tabla 12, se acepta Ho, es decir, no existen diferencias estadísticas significativas entre tratamientos con un nivel de significación del 0,05. Considerando que la prueba de Duncan no requiere que el análisis de variancia (Prueba de F) sea significativa, se procedió a realizar la prueba de comparación múltiple.

Prueba de Duncan

Ho: $\mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4 = \mu_5$

Ha: $\mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3 \neq \mu_4 \neq \mu_5$ (al menos un μ_i es diferente a los demás)

Nivel de significación $\alpha = 0,05$

Tabla 15

Prueba de comparación múltiple de Duncan para la temperatura a la tercera hora

O.M.	Termo	Promedio (°C)	Significación
1	5: Testigo	66,367	a
2	4: 50 g A + 250 g EO (SM)	60.500	a b
3	2: 300 g A + 0 g EO	57,567	b
4	1: 150 g A + 150 g EO (SM)	56,900	b
5	3: 150 g A + 150 g EO (M)	56,833	b

EO: estiércol de ovino SM: sin mezclar A: aserrín M: mezclado

Decisión: Se rechaza Ho

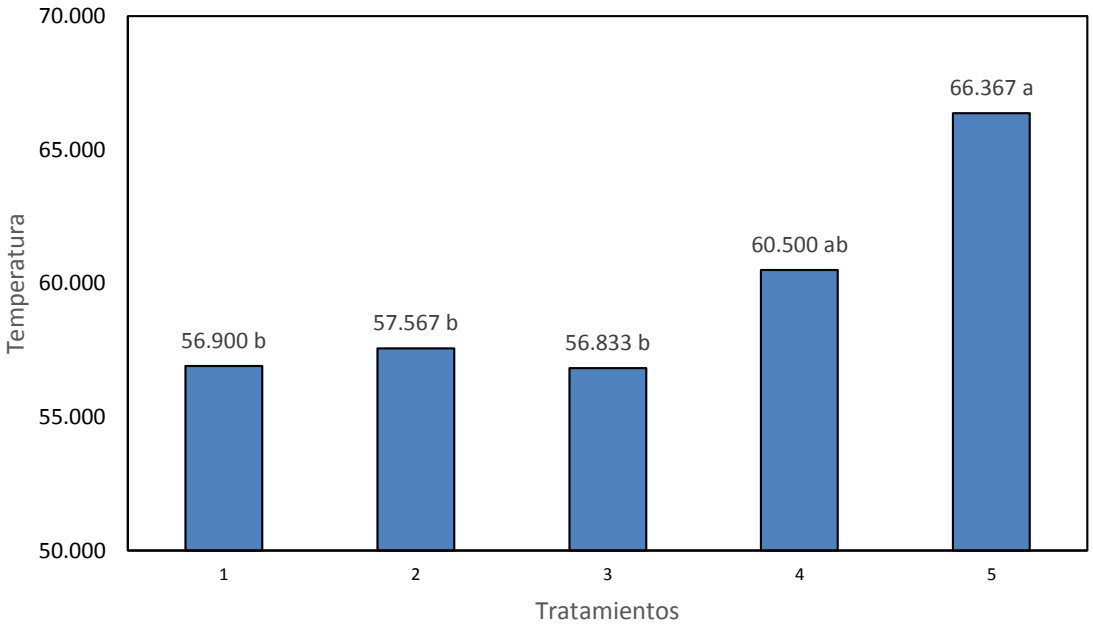

Figura 18. Promedios de temperatura de los tratamientos a la tercera hora

5.2.1.5 Evaluación de la temperatura a la cuarta hora

Decisión: de acuerdo con la tabla 16, a la tercera hora, se acepta la Ho, porque p > 0,05; los datos analizados se distribuyen normalmente. Se procedió a realizar el análisis de variancia.

Análisis de variancia

Ho: $\mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4 = \mu_5$

Ha: $\mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3 \neq \mu_4 \neq \mu_5$ (al menos un μ_i es diferente a los demás)

Nivel de significación $\alpha = 0,05$

Tabla 16

Análisis de variancia de la temperatura a la cuarta hora

F. de V.	G.L.	Suma de cuadrados	Cuadrado Medio	Fc	p-valor
Tratamientos	4	245,073	61,268	8,098	0,0035
Error	10	75,660	7,566		
Total	14	320,733			

Decisión: según la tabla 17, se rechaza Ho, es decir, existen diferencias estadísticas significativas entre tratamientos con un nivel de significación del 0,05. Se procedió a realizar la prueba de comparación múltiple.

Prueba de Duncan

Ho: $\mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4 = \mu_5$

Ha: $\mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3 \neq \mu_4 \neq \mu_5$ (al menos un μ_i es diferente a los demás)

Nivel de significación $\alpha = 0,05$

Tabla 17

Prueba de comparación múltiple de Duncan para la temperatura a la cuarta hora

O.M.	Termo	Promedio (°C)	Significación
1	5: Testigo	62,067	a
2	4: 50 g A + 250 g EO (SM)	56,700	b
3	2: 300 g A + 0 g EO	53,833	b c
4	3: 150 g A + 150 g EO (M)	52,867	b c
5	1: 150 g A + 150 g EO (SM)	50,200	c

EO: estiércol de ovino SM: sin mezclar A: aserrín M: mezclado

Decisión: Se rechaza Ho

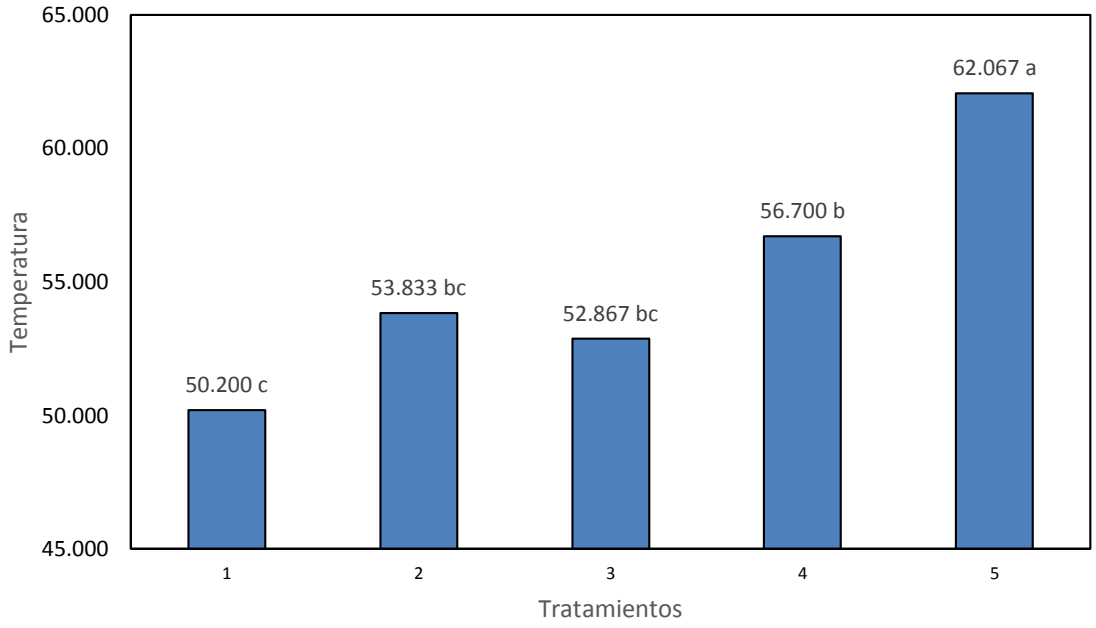

Figura 19*.* Promedios de temperatura de los tratamientos a la cuarta hora

5.2.1.6 Evaluación de la temperatura a la quinta hora

Decisión: de acuerdo con la tabla 18, a la tercera hora, se acepta la Ho, porque p > 0,05; los datos analizados se distribuyen normalmente. Se procedió a realizar el análisis de variancia.

Análisis de variancia

Ho: $\mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4 = \mu_5$

Ha: $\mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3 \neq \mu_4 \neq \mu_5$ (al menos un μ_i es diferente a los demás)

Nivel de significación $\alpha = 0,05$

Tabla 18

Análisis de variancia de la temperatura a la quinta hora

F. de V.	G.L.	Suma de cuadrados	Cuadrado Medio	Fc	p-valor
Tratamientos	4	365,177	91,294	15,938	0,0002
Error	10	57,280	5,728		
Total	14	422,457			

Decisión: según la tabla 19, se rechaza Ho, es decir, existen diferencias estadísticas significativas entre tratamientos con un nivel de significación del 0,05. Se procedió a realizar la prueba de comparación múltiple.

Prueba de Duncan

Ho: $\mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4 = \mu_5$

Ha: $\mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3 \neq \mu_4 \neq \mu_5$ (al menos un μ_i es diferente a los demás)

Nivel de significación $\alpha = 0,05$

Tabla 19

Prueba de comparación múltiple de Duncan para la temperatura a la quinta hora

O.M.	Termo	Promedio (°C)	Significación
1	5: Testigo	60,333	a
2	4: 50 g A + 250 g EO (SM)	53,000	b
3	2: 300 g A + 0 g EO	50,567	b
4	3 : 150 g A + 150 g EO (M)	48,833	b c
5	1 : 150 g A + 150 g EO (SM)	45,700	c

EO: estiércol de ovino SM: sin mezclar A: aserrín M: mezclado

Decisión: Se rechaza Ho

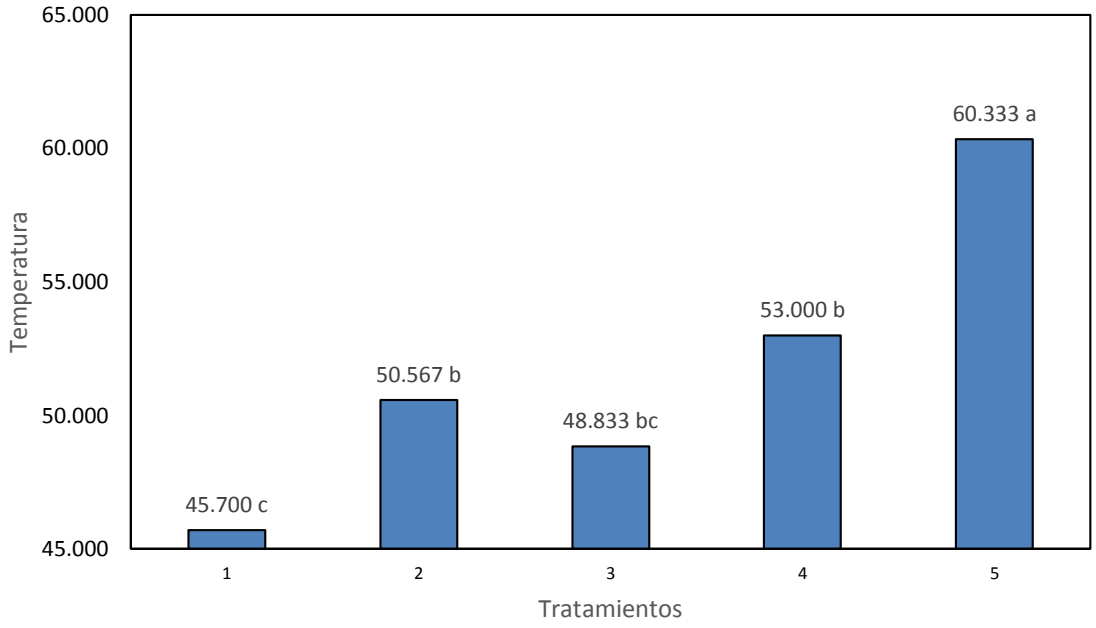

Figura 20*.* Promedios de temperatura de los tratamientos a la quinta hora

5.2.1.7 Evaluación de la temperatura a las seis horas

Decisión: de acuerdo con la tabla 20, a las seis horas se rechaza la Ho, porque $p < 0,05$; los datos analizados no se distribuyen normalmente. Se procedió a realizar la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis.

Prueba de hipótesis:

Ho: La temperatura es igual en los cinco tratamientos.

Ha: al menos un tratamiento es diferente de los demás.

Nivel de significación $\alpha = 0,05$

Tabla 20

Prueba de Kruskal-Wallis para la temperatura a las seis horas

Termos	**Promedio (°C)**	**GL**	**H**	**P valor**
1: 150 g A + 150 g EO (SM)	41,133±0,503	4	13,233	0,0102
2: 300 g A + 0 g EO	43,300±0,529			
3: 150 g A + 150 g EO (M)	44,433±1,201			
4: 50 g A + 250 g EO (SM)	49,900±1,453			
5: Testigo	57,200±1,735			

Decisión: la prueba de Kruskall-Wallis indica que existe significación estadística entre los promedios de tratamientos.

Tabla 21

Prueba de significación de medias de temperatura a las seis horas

O.M.	Termo	Promedio (°C)	Significación
1	5: Testigo	57,200	a
2	4: 50 g A + 250 g EO (SM)	49,900	a b
3	3: 150 g A + 150 g EO (M)	44,433	a b c
4	2: 300 g A + 0 g EO	43,300	b c
5	1: 150 g A + 150 g EO (SM)	41,133	c

EO: estiércol de ovino SM: sin mezclar A: aserrín M: mezclado

Decisión: se rechaza Ho.

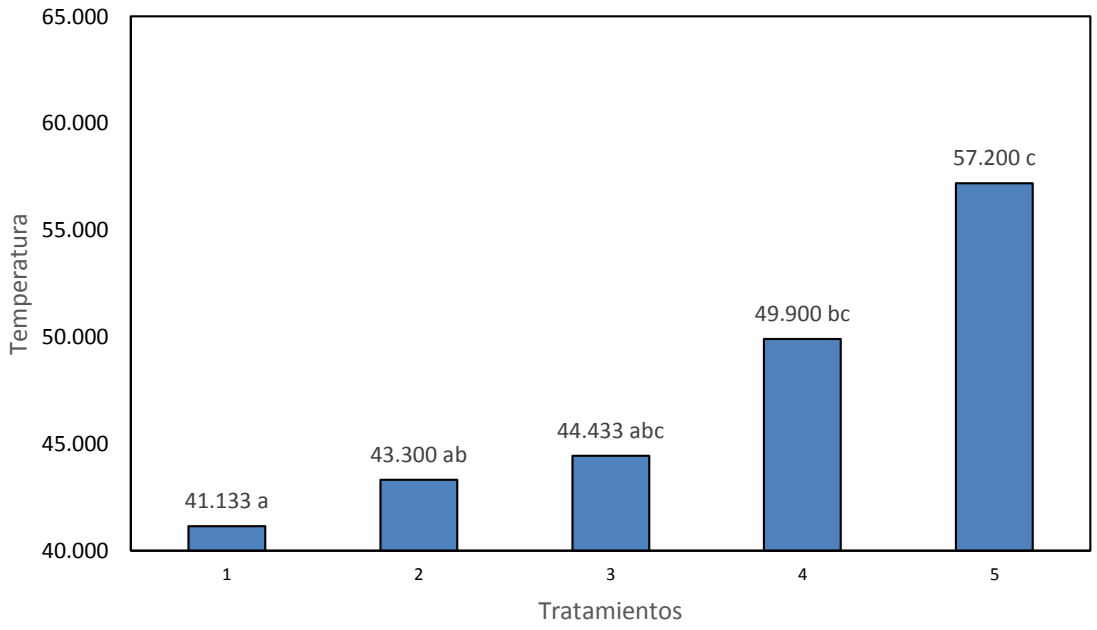

Figura 21. Promedios de temperatura de los tratamientos a la sexta hora.

5.2.2 Correlación y regresión

Tabla 22

Correlación y regresión del tiempo transcurrido y la temperatura con los tratamientos en estudio (termos)

Variables	r	r^2	Prob.
Termo 1: X = tiempo (horas) Y = temperatura	-0,9871	0,9744	<0,0001
Regresión:	Y = 74,3250 – 5,7893 X		
Termo 2: X = tiempo (horas) Y = temperatura	-0,9861	0,9725	<0,0001
Regresión:	Y = 74,7964 – 5,2464 X		
Termo 3: X = tiempo (horas) Y = temperatura	-0,9789	0,9583	<0,0001
Regresión:	Y = 73,6821 – 5,1179 X		
Termo 4: X = tiempo (horas) Y = temperatura	-0,9903	0,9807	<0,0001
Regresión:	Y = 75,5929 – 4,5357 X		
Termo 5: X = tiempo (horas) Y = temperatura	-0,9939	0,9878	<0,0001
Regresión:	Y = 76,9375 – 3,4214 X		

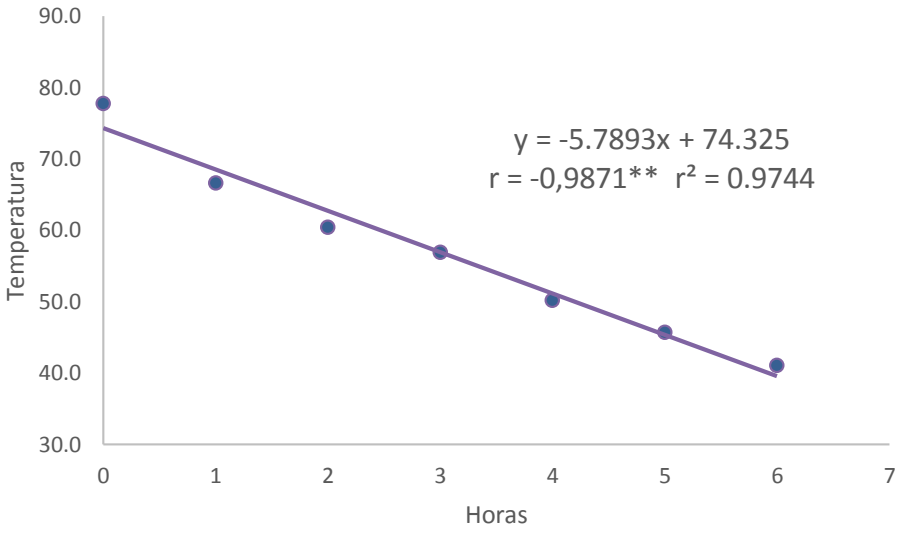

Figura 22. Regresión y correlación entre tiempo transcurrido (horas) y temperatura del termo 1.

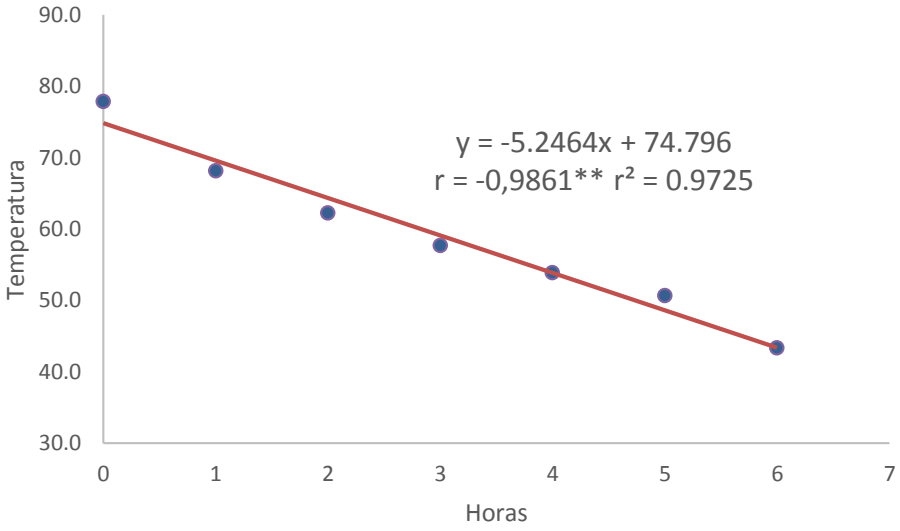

Figura 23. Regresión y correlación entre tiempo transcurrido (horas) y temperatura del termo 2.

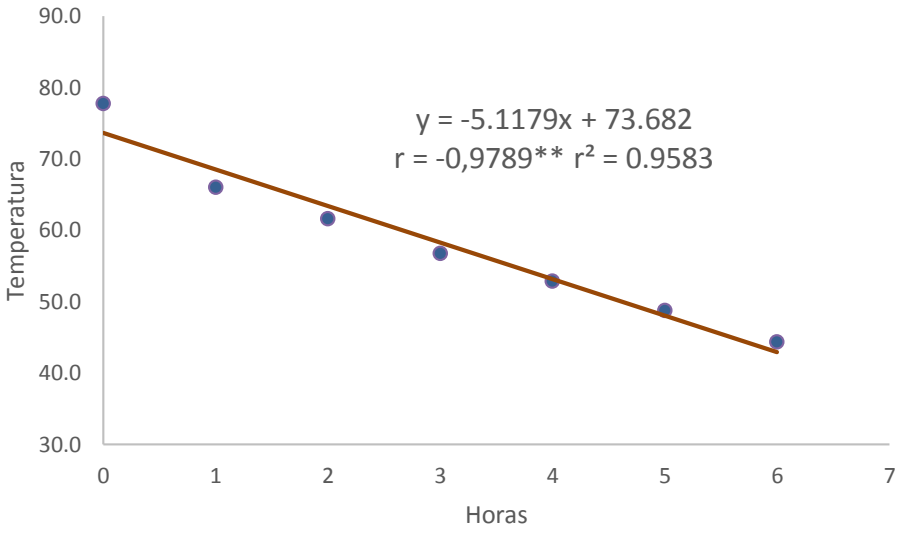

Figura 24. Regresión y correlación entre tiempo transcurrido (horas) y temperatura del termo 3.

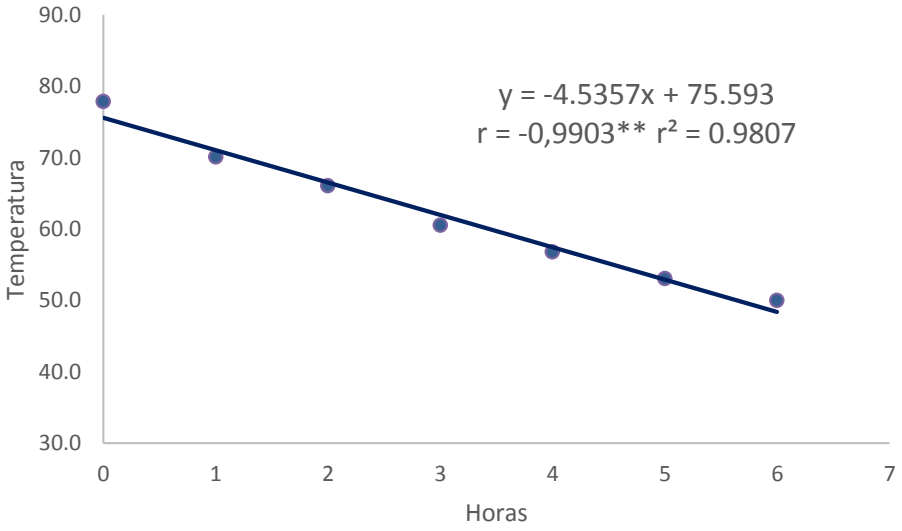

Figura 25. Regresión y correlación entre tiempo transcurrido (horas) y temperatura del termo 4.

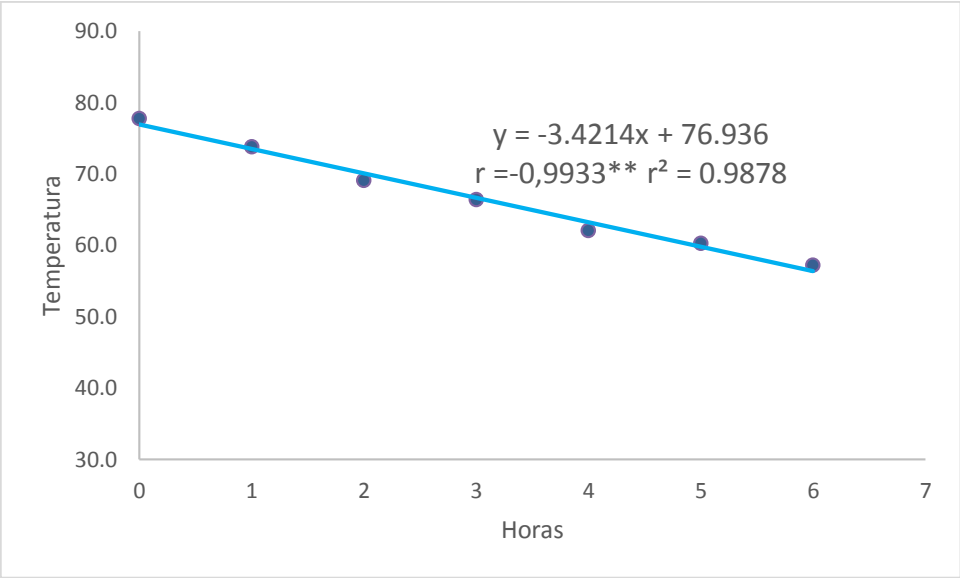

Figura 26. Regresión y correlación entre tiempo transcurrido (horas) y temperatura del termo 5.

5.3 Discusión de Resultados

5.3.1 Diseño y construcción

La propuesta del diseño de un equipo térmico portátil utilizó como materiales, aquellos disponibles en la zona, como son las botellas de vidrio, las latas de conserva de durazno y como aislantes térmicos al estiércol de ovino y el aserrín, tratando de encontrar una alternativa para la conservación de la temperatura en recipientes que utilizan los estudiantes del lugar, pero que no estarían al alcance económico de los padres de familia.

Después de preparar los materiales, se diseñó el equipo, considerando en la parte interior el contenedor de agua caliente, los aislantes que lo recubren y el revestimiento, cada uno de ellos con insumos naturales, tal como se presenta en la Figura 5.

Una vez establecido el diseño, se procedió a la construcción, utilizando diferentes proporciones de materiales aislantes, tanto de aserrín como de estiércol de ovino, utilizando como testigo un termo que se encuentra en el mercado local, tal como se presenta en la tabla 3.

5.3.2 Variación de la temperatura

La variación de la temperatura a la primera hora muestra a los tratamientos N. 5 (testigo), 4 (50 g aserrín + 250 g estiércol de ovino sin mezclar) y 2 (300 g Aserrín), en los tres primeros lugares, sin diferencias entre sí, con temperaturas de 73,88°C; 70°C y 88,10°C, respectivamente. Estos datos se presentan en la tabla 11 y figura 16.

Esto demuestra, inicialmente, que está actuando el proceso de convección, al perder temperatura el líquido contenido en los cinco tratamientos (34), pero a la vez, se observa que los materiales de origen vegetal (aserrín) y animal (estiércol), se comportan como buenos aislantes térmicos (5), al conservar la temperatura de los líquidos calientes.

La evaluación realizada a la segunda hora después de instalado el experimento no presenta diferencias significativas entre los tratamientos en estudio (termos), variando la temperatura entre 69,067°C y 60,367°C.

A la tercera hora, de transcurrido el experimento, la medición de la temperatura presenta diferencias estadísticas significativas, siendo los tratamientos 5 (testigo) y 4 (50 g aserrín + 250 g estiércol de ovino sin mezclar), con promedios de 66,367°C y 60,500°C respectivamente, los que ocupan los dos primeros lugares en orden de mérito, sin diferencias estadísticas entre sí y superiores estadísticamente a los demás tratamientos. Estos datos se presentan en la tabla 15 y Figura 18.

En estos resultados se observa el efecto de los aislantes térmicos utilizados, como son el aserrín y el estiércol de ovino, estando este último en mayor proporción, pero sin mezclar ambos componentes, este efecto se debe a la naturaleza del material que tiene compuestos de lignina y celulosa principalmente.

La evaluación a la cuarta hora presenta al tratamiento 5 (testigo) en primer lugar en orden de mérito, con un valor promedio de temperatura de 62,067°C, superando significativamente a los demás tratamientos, los cuales aparecen en el orden siguiente: 4, 2, 3 y 1; estando en el último lugar el tratamiento con iguales proporciones de aserrín y estiércol de ovino sin mezclar, lo cual facilitaría la

conductividad térmica y no preservaría la temperatura del líquido contenido en este recipiente. Los datos se presentan en la tabla 17 y Figura 19.

A la quinta hora de evaluación de la temperatura en los tratamientos ensayados, se observa que el tratamiento 5 (testigo) ocupa el primer lugar en orden de mérito con un promedio de 60,333°C, superando significativamente a los demás tratamientos, ocupando el último lugar el tratamiento 1, manteniendo solo una temperatura promedio de 45,7°C.

La evaluación final de la temperatura de los tratamientos, a las seis horas de transcurrido el experimento, presentó a los tratamientos 5 (testigo), 4 (50 g aserrín + 250 g estiércol de ovino, sin mezclar) y 3 (150 g aserrín + 150 g estiércol de ovino, mezclados), en los tres primeros lugares en orden de mérito, sin diferencias significativas entre sí, con valores promedio de 57,2°C, 49,9°C y 44,433°C, superando a los tratamientos 2 (300 g aserrín) y 1 (150 g aserrín + 150 g estiércol de ovino, sin mezclar). Los datos se presentan en la tabla 21, Figura 21.

5.3.3 Correlación y regresión

El análisis de correlación presenta significación estadística entre las horas de evaluación (X) y los valores de temperatura (°C). Esta correlación es negativa, debido a que conforme se incrementan las horas, la temperatura del líquido en el termo disminuye. Estos datos se presentan en la tabla 20.

El análisis de regresión, de cada uno de los tratamientos (termos), permite observar que por cada incremento de una hora en el tiempo de permanencia del líquido caliente en le termo, este disminuye en 3,4214°C para el tratamiento 5 (testigo), 4,5357°C para el tratamiento 4 (50 g aserrín + 250 g estiércol ovino sin mezclar), y 5,1179°C para el tratamiento 3 (150 g aserrín + 150 g estiércol ovino, mezclado).

Considerando que estos tratamientos (5, 4, y 3), se encuentran en los tres primeros lugares, sin diferencias significativas entre sí, se puede elegir cualquiera de ellos para conservar la temperatura de los líquidos, demostrándose el efecto de aislante térmico del aserrín (residuo vegetal) y estiércol de ovino (residuo animal), sin mezclar y mezclados, en diferentes proporciones. El tratamiento 4 tiene 83% de

estiércol de ovino y 17% de aserrín, sin mezclar; mientras que el tratamiento 3 tiene 50% de estiércol de ovino y 50% de aserrín, ambos mezclados.

CONCLUSIONES

1. Los recursos naturales disponibles en Yaureccan, como aserrín y estiércol de ovino, por su carácter de aisladores térmicos, se constituyen en una alternativa disponible para conservar la temperatura de líquidos de consumo humano.

2. Los tratamientos 5 (testigo), 4 (50 g aserrín + 250 g estiércol de ovino, sin mezclar) y 3 (150 g de aserrín + 150 g de estiércol de ovino, mezclados), lograron mantener la temperatura del líquido en un periodo de seis horas, sin diferencias significativas entre sí, logrando temperaturas finales de 57,2°C, 49,9°C y 44,433°C respectivamente, después de seis horas.

3. Por cada hora de transcurrido el tiempo después de llenado el recipiente, los tratamientos 5 (testigo), 4 (50 g aserrín + 250 g estiércol ovino sin mezclar), y 3 (150 g aserrín + 150 g estiércol ovino, mezclado), disminuyen la temperatura del líquido en 3,4214°C, 4,5357°C y 5,1179°C, respectivamente, sin diferencias significativas entre sí.

TRABAJOS FUTUROS

1. Realizar análisis de los residuos vegetales y animales utilizados en la construcción de recipientes térmicos portátiles.
2. Optimizar el diseño propuesto con otros materiales, de costos módicos y que sean accesibles. Se sugiere emplear heces de otros animales (Cuy, vaca, etc.) como aislante térmico.
3. Se propone una innovadora forma de elaborar papel ecológico a partir de estiércol de ganado ovino, con lo cual se aprovechan las fibras que el animal consumió y digirió. Aprovechando este desecho del ganado ovino se forma una materia prima similar al producto que se obtiene en las plantas procesadoras de papel. El estiércol de ovino no solo se puede emplear como aislante térmico, también sería una alterativa a la industria papelera.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda realizar el mantenimiento del recipiente térmico rustico portátil para bebidas en climas fríos, para mantener el confort térmico.
2. Se recomienda emplear estiércol de ovino seco, para evitar posibles olores que generan las heces.
3. Se sugiere emplear una capa de aserrín seco para mitigar algunos olores que generen las heces de ovino.
4. Se recomienda emplear el estudio en otros departamentos, con la finalidad de solucionar en parte los problemas de enfermedades respiratorias que causan a los estudiantes por la ingesta de bebidas frías.
5. Se sugiere que para otras investigaciones se empleen estiércol de otros animales y comprar el mantenimiento de temperatura de recipientes térmicos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. EL COMERCIO. Huancavelica soportará las temperaturas más bajas del invierno. [https://elcomercio.pe/peru/huancavelica/huancavelica-soportara-temperaturas-bajas-invierno-371853] 13 de junio del 2015.
2. HUINCHO, G. Diagnóstico de los factores limitantes en el desarrollo agropecuario del distrito de Huayllay Grande, Angaraes, Huancavelica. Tesis (Título Profesional de Ingeniero Agrónomo). Universidad Nacional de Huancavelica, Perú. 2013.
3. ZAMBRANO. E. y YUPANQUI, C. Diseño y construcción de un equipo para la determinación de la conductividad térmica de alimentos sólidos mediante el método de Fitch modificado. Tesis (Título de Ingeniero en Industrias Alimentarias). Universidad Nacional del Centro del Perú. Huancayo, Perú. 2016.
4. PULGARIN A., Gómez, A. y Rojas, O. Diseño de un sistema de control de temperatura y vaciado semiautomático de chocolate. Tesis (Título de Tecnólogo en Mecatrónica). Facultad de Tecnologías. Universidad Tecnológica de Pererira. Pereira, Colombia, 2015
5. SALAS, F. Diseño y construcción de un equipo con modelo matemático para calcular la capacidad calorífica de alimentos líquidos. Tesis (Maestro en Ciencias con mención en Ingeniería Química). Universidad Nacional de Ingeniería. Lima, Perú. 2014.
6. VELÁSQUEZ, M. Materiales aislantes sostenibles. Tesis (Título en Edificación) Universidad de Extremadura. Departamento de Materiales de Construcción. Extremadura, España. 2015.
7. TORTOSA, G., ALBURQUERQUE, J., AIT-BADDI, G., CEGARRA, J. The production of commercial organic amendments and fertilisers by composting of two-phase olive mill waste (“alperujo”). *Journal of Cleaner Production*, 26, 48-55. 2012.
8. FAO. Estadística de ovejas y cabras (en línea), CR. Consultada 8 de febrero del 2019. Disponible en http://www.fao.org. 2005.

9. CORDERO, R. Módulo de producción de ovejas. San José. Costa Rica. UNED. 2008.

10. DICKSON, L. Manual de producción de caprinos y ovinos. Centro de Investigación agrícola del Estado de Lara, Venezuela. 220 p. ISBN 980-318-191-2. 2005.

11. SALAS, E.; M. Ramírez. Impacto ambiental del manejo de desechos sólidos ordinarios en una comunidad rural. Revista Tecnología en marcha 19 (3):9-16. 2006.

12. IDEA. Guía Técnica para el diseño y cálculo del aislamiento térmico de conducciones, aparatos y equipos. Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía. Madrid, España. ISBN 978-84-96680-08-1. 2007.

13. AGUILAR, J. Rediseño y Construcción de un medidor de conductividad térmica para aislantes térmicos. Tesis (Título de Ingeniero Mecánico Electricista). Universidad Nacional Autónoma de México. México D.F. 2008.

14. FREGOSO-MADUEÑO, J.N.; J.R. Goche-Télles; J.G. Rutiaga-Quiñones; R.F. Gonzáles-Laredo; M. Bocanegra-Salazar; J.A. Chávez-Simental. Alternative use of sawmill industry waste. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente,* 23(2), 243-260. 2017.

15. LUNA, F. CÓRDOVA, L. GIL, P. & ROMERO, B. Effect of agroforestry residues partially biodegraded by Pleurotus ostreatus (Pleurotaceae) on tomato seedlings development. *Acta Biológica Colombiana,* 18(2), 365-374. 2013.

16. PINEDA, J., SÁNCHEZ, F., Ramírez, A., Castillo, A., Valdez, L., & Moreno, E. Aserrín de pino como sustrato hidropónico. I: Variación en características físicas durante cinco ciclos de cultivo*. Revista Chapingo Serie Horticultura*, 18(1), 95-111. 2012.

17. RAVIV, M. The future of composts as ingredients of growing media. ISHS *Acta Horticulturae*, 891, 19-32. 2011.

18. MARTÍNEZ, Y., FERNÁNDEZ, R., ALVAREZ, D., GARCÍA, M., & RODRÍGUEZ, R. Perspectivas para la utilización del aserrín en la producción de tableros

madera plástico con propiedades ignífugos. *Revista Avences,* 14(2), 120-129. 2012.

19. MATEO, J., BONIFACIO, R, PÉREZ, S, MOHEDANO, L., & CAPULÍN, J. Producción de *Cedrela odorata* L. en sustrato a base de aserrín crudo en sistema tecnificado en Tecpan de Galeana, Guerrero, México. *Ra Ximhai,* 7(1), 123-132. 2011.
20. MALDONADO, K., ALDRETE, A., LÓPEZ, J., VAQUERA, H., & CETINA, M. Producción de *Pinus greggii* Engelm. En mezclas de sustrato con hidrogel y riego, en vivero. *Agrociencia*, 45(3), 389-398. 2011.
21. WOOLF, D., AMONETTE, J., STREET-PERROTT, F., LEHMANN, J. & JOSEPH, S. Sustainable biochar to mitigate global climate change. *Nature communications,* 1, 56. 2010.
22. MATEO-Sánchez, J.M., Cobos-Peralta, M.A., Trinidad-Santos, A., Cetina-Alcalá, V. & Vargas-Hernández, J. Aislamiento de bacterias ruminales degradadoras de aserrín. *Agrociencia*, 36(5), 523-529. 2002.
23. GUERRA, C., Pérez, M., Cobos, M., & Montañez, O. Use the pino sawdust (*Pinus patula*) as a fiber source in lamb finishing rations. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 2, 667-673. 2010.
24. GUERRA, C., MONTAÑEZ, O., LEY, A., REYES, J., GÓMEZ, J., MARTÍNEZ, J., & PINTO, R. Alternative sources of biber in complete diets for sheep in intensive fattening. *Quehacer Científico en Chiapas,* 10(1), 3-8. 2015.
25. GARCÍA, R., PIZARRO, C., LAVÍN, A., & BUENO J. Spanish biofuels hetaing value estimation. Part I: Ultimate analysis data. *Fuel*, 117, 1130-1138. 2014.
26. VEGA, D., FERNÁNDEZ, M., ORTIZ, L., & CORRAL, J. Caracterización bioenergética de los residuos de cosecha de las principales especies forestales del noroeste de España. *Información Tecnológica*, 26(4), 3-12. 2015.
27. MOYA, C., OSES, R., POBLETE, H. & VALENZUELA, L. Efectos del contenido de harina de corteza y madera de *Pinus radiata* sobre la biodegradación

acelerada de compuestos madera-plástico. *Maderas, Ciencia y Tecnología*, 16(1), 37-48. 2014.

28. KUANG, X., KUANG, R., ZHENG, X., & WANG, Z. Mechanical properties and size stabolity of wheat Straw and recycled LDPE composites coupled by waterborne coupling agents. *Carbohydrate Polymers,* 80(3), 927-933. 2010.
29. OTTO, A., & WILDE, V. Sesqui, di, and triterpenoids as chemosystematic markers in extant conifers-A review. *The Botanical Review*, 67(2), 141-238. 2001.
30. KUBO, I., MUROI, H., & KUBO, A. Structural functions of antimicrobial long-chain alcohols and phenols. *Bioorganic & Medicinal Chemistry*, 3(7), 873-880. 1995.
31. AGUILAR, J. Rediseño y construcción de un medidor de conductividad térmica para aislantes térmicos. Tesis (Título Profesional de Ingeniero Mecánico Electricista. Universidad Nacional Autónoma de México. México D.F., México 2008.
32. NAVARRETE, J. y Olivares, A. Aislación térmica en celulosa proyectada, estudio comparativo con otros sistemas. Tesis (Título Profesional de Universitario de Técnico en Construcción. Universidad Técnica Federico Santa María. Sede Concepción Rey Balduino de Bélgica. Chile. 2014.
33. GEANKOPLIS C. Procesos de transporte y principios de procesos de separación. 4ta. Edición, México, Grupo Patria Cultural. 2006.
34. KERN D. Procesos de transferencia de calor. 32ª reimpresión, México, Grupo Patria Cultural, ISBN 968-26-1040-0. 2001.
35. INCROPERA F.P. y DeWitt D.P. Fundamentos de transferencia de calor. 4ta. Edición, México, Prentice-Hall, ISBN 970-17-0170-4. 1999.
36. PITTS D. y SISSOM L. Transferencia de calor. 1ra. Edición. Bogotá-Colombia. McGraw-Hill. ISBN 402-153-39. 1980.
37. GUERRA S., V. y Londoño, C. Análisis del Termo. Santiago de Cali. 2014.

38. VOGT, J. Calor y Frío. *Enciclopedia de Salud y Seguridad en el trabajo*. Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales. Madrid, España. ISBN 84-8417-047-0. 1998.

39. STEEL R. y Torrie, J. Bioestadística: principios y procedimientos. Segunda edición. McGrawHill. Madrid, España. ISBN 968-451-495-6. 1985.

ANEXOS

ANEXO 1. DATOS ORIGINALES DE LA EVALUACIÓN EXPERIMENTAL

Tabla 23

Primera prueba de medición de temperatura. Fecha: 14-15/10/2018.

Tiempo (horas)	**Termo 1**	**Termo 2**	**Termo 3**	**Termo 4**	**Testimonio**	**Hora**
0	76,4	76,4	76,4	76,4	76,4	6:32 PM
1	65,6	63,8	62,3	66,5	70,2	7:32 PM
2	57,2	53,4	55,5	62,3	67,9	8:34 PM
3	54,4	50,8	52,4	56,5	65,9	9:29 PM
4	48,7	48,6	50,4	53,8	63,2	10:32 PM
5	43,6	45,8	48,0	50,6	61,5	11:35 PM
6	41,6	43,9	45,6	48,4	58,7	12:29 PM

Tabla 24

Segunda prueba de medición de temperatura. Fecha: 19-20/10/2018.

Tiempo (horas)	**Termo 1**	**Termo 2**	**Termo 3**	**Termo 4**	**Testimonio**	**Hora**
0	78,2	78,2	78,2	78,2	78,2	8:17 PM
1	68,6	70,4	69,1	71,2	76,0	9:17 PM
2	63,9	66,0	65,5	67,5	70,8	10:19 PM
3	59,8	61,3	60,4	62,1	67,7	11:17 PM
4	50,6	56,1	55,3	57,8	62,9	12:16 PM
5	46,6	52,3	49,8	53,6	60,9	01:14 AM
6	40,6	42,9	44,5	50,0	57,6	02:12 PM

Tabla 25

Tercera prueba de medición de temperatura. Fecha: 27/10/2018.

Tiempo (horas)	**Termo 1**	**Termo 2**	**Termo 3**	**Termo 4**	**Testimonio**	**Hora**
0	78,7	78,7	78,7	78,7	78,7	8:17 PM
1	65,6	70,1	66,7	72,3	75,2	9:17 PM
2	60,0	67,1	63,9	68,2	68,5	10:19 PM
3	56,5	60,6	57,7	62,9	65,5	11:17 PM
4	51,3	56,8	52,9	58,5	60,1	12:16 PM
5	46,9	53,6	48,7	54,8	58,6	01:14 AM
6	41,2	43,1	43,2	51,3	55,3	02:12 PM

ANEXO 2. ANÁLISIS DE VARIANCIA DE LA REGRESIÓN

Tabla 26

Análisis de regresión de las horas transcurridas y temperatura en el termo 1

F. de V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc.	Sign.
Regresión	1	938,44	938,44	190,32	<0,0001
Error	5	24,65	4,93		
Total	6	963,10			

Tabla 27

Análisis de regresión de las horas transcurridas y temperatura en el termo 2

F. de V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc.	Sign.
Regresión	1	770,70	770,70	176,63	<0,0001
Error	5	21,82	4,36		
Total	6	792,52			

Tabla 28

Análisis de regresión de las horas transcurridas y temperatura en el termo 3

F. de V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc.	Sign.
Regresión	1	733,39	733,39	114,93	<0,0001
Error	5	31,91	6,38		
Total	6	765,29			

Tabla 29

Análisis de regresión de las horas transcurridas y temperatura en el termo 4

F. de V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc.	Sign.
Regresión	1	576,04	576,04	253,70	<0,0001
Error	5	11,35	2,27		
Total	6	587,39			

Tabla 30

Análisis de regresión de las horas transcurridas y temperatura en el termo 4

F. de V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc.	Sign.
Regresión	1	327,77	327,77	403,52	<0,0001
Error	5	4,06	0,81		
Total	6	331,83			

Anexo 3. Construcción del equipo rústico portátil

Figura 27. Diámetro de la lata

Figura 28. Diámetro del envase final

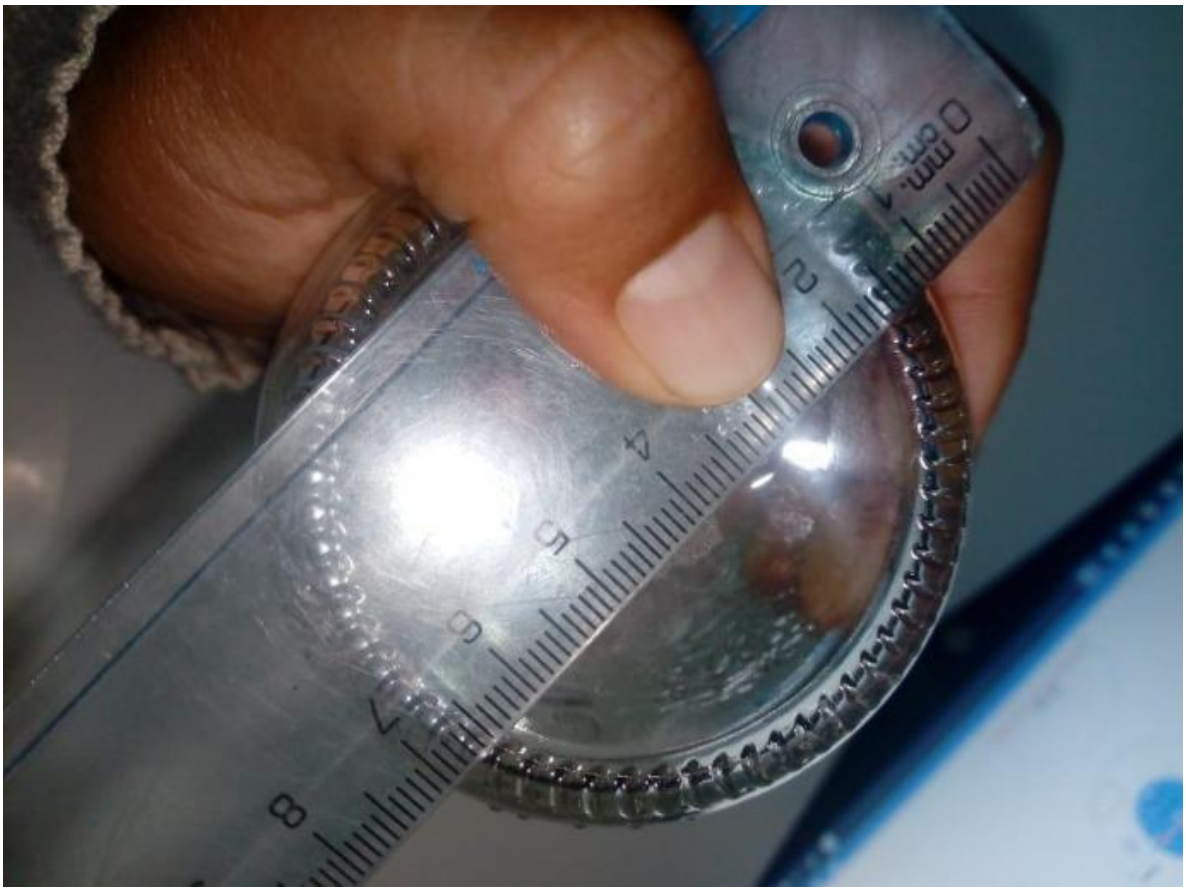

Figura 29. Diámetro de la botella

Figura 30. Unión de las latas

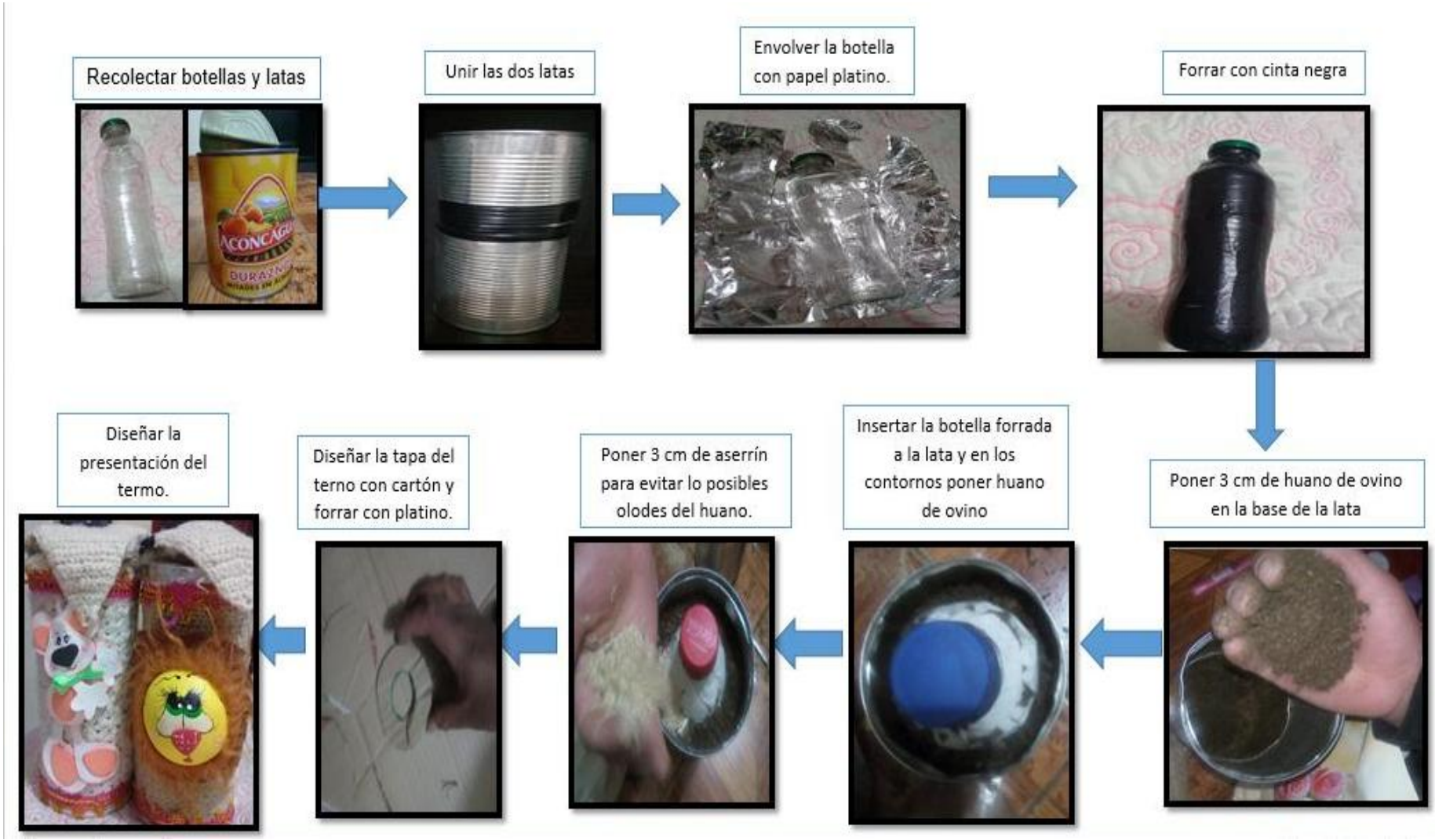
Recolectar botellas y latas
Unir las dos latas
Envolver la botella con papel platino.
Forrar con cinta negra
Poner 3 cm de huano de ovino en la base de la lata
Insertar la botella forrada a la lata y en los contornos poner huano de ovino
Poner 3 cm de aserrín para evitar lo posibles olodes del huano.
Diseñar la tapa del terno con cartón y forrar con platino.
Diseñar la presentación del termo.

Figura 31. Proceso para el diseño del recipiente térmico

Figura 32. Trazabilidad del recipiente térmico hermético.

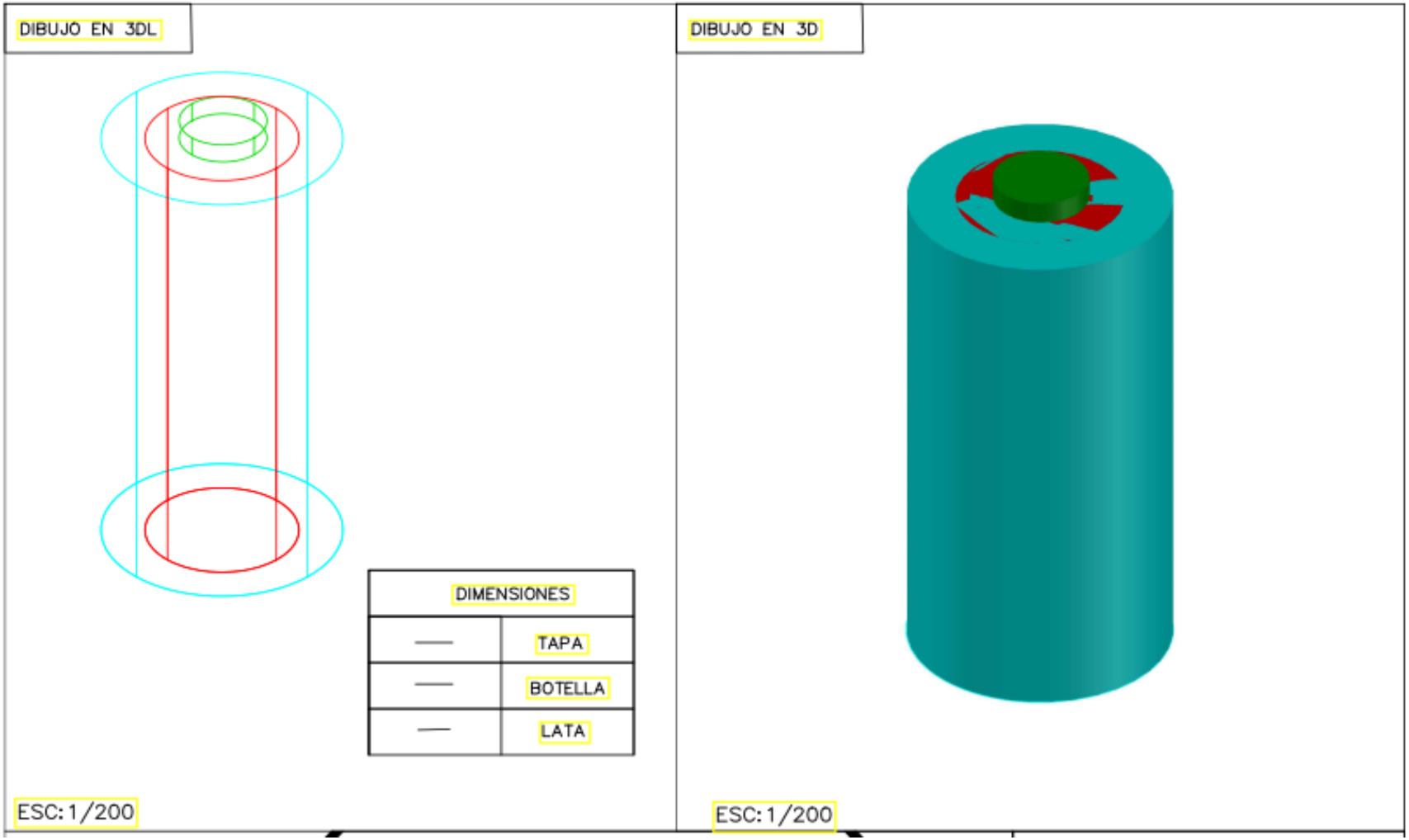

Figura 33. Dibujo en 3d del recipiente térmico hermético

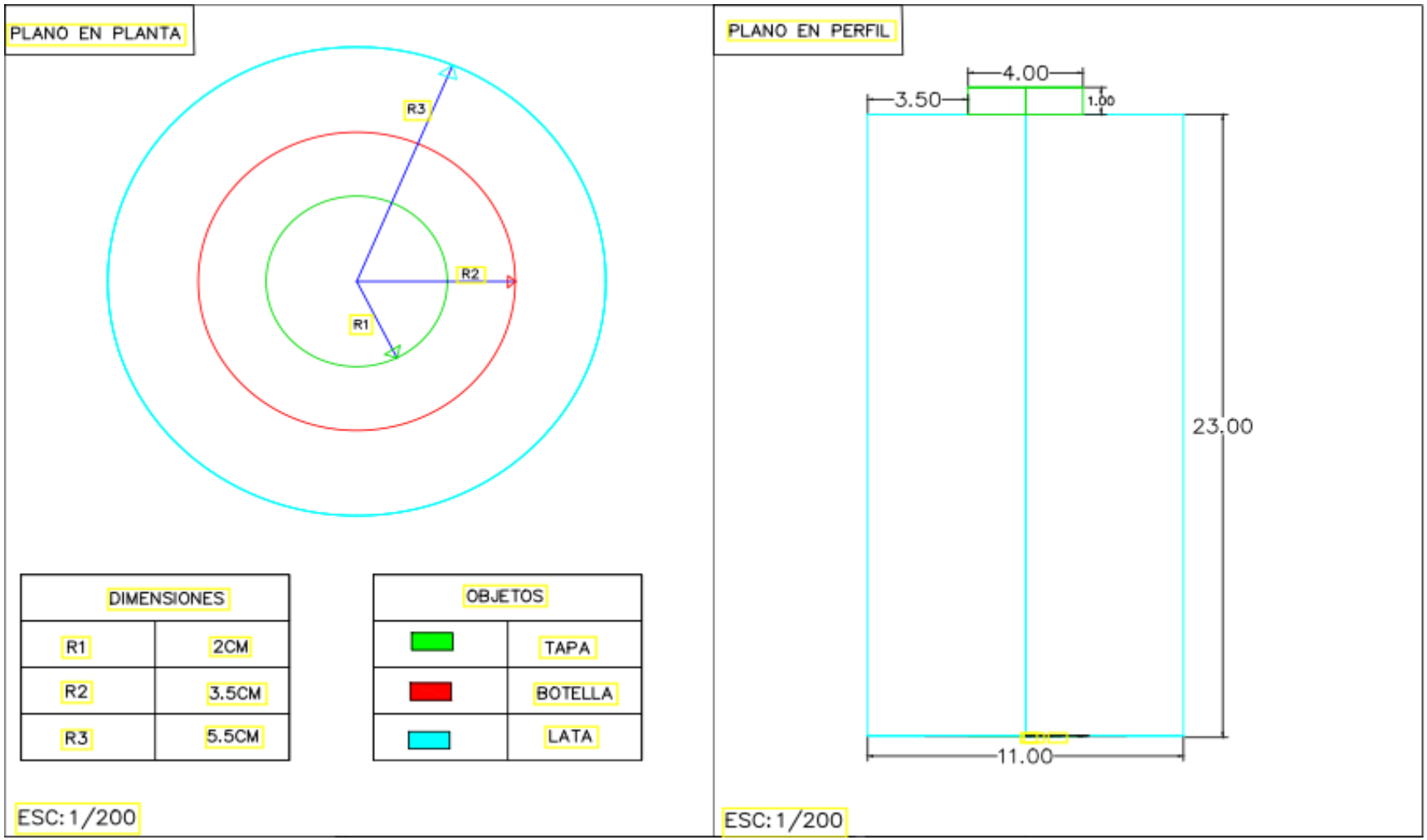

Figura 34. Dimensiones de planta y vista del recipiente térmico hermético