



Universidad
Señor de Sipán

**FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y
URBANISMO**

**ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA
TESIS**

**TERMOECONOMÍA DEL AISLANTE TÉRMICO DE
LANA DE ROCA Y FIBRA DE CALCIO PARA
REDUCIR PÉRDIDAS ENERGÉTICAS EN
SECADORES DESECANTES**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO
MECÁNICO ELECTRICISTA**

Autor:

**Bach. Landazuri Rodrigo Mark Anthony
ORCID <https://orcid.org/0000-0002-5311-9262>**

Asesor:

**MSc: Rojas Coronel Ángel Marcelo
ORCID <https://orcid.org/0000-0002-2720-9707>**

Línea de investigación:

**Tecnología e innovación en desarrollo de la construcción y la
industria en un contexto de sostenibilidad**

Sublínea de investigación:

**Innovación y tecnificación en ciencia de los materiales, diseño e
infraestructura**

Pimentel - Perú

2024

**TERMOECONOMÍA DEL AISLANTE TÉRMICO DE LANA DE ROCA Y
FIBRA DE CALCIO PARA REDUCIR PÉRDIDAS ENERGÉTICAS EN
SECADORES DESECANTES**

Aprobación del Jurado

Dra. GASTIABURU MORALES SILVIA YVONE

Presidenta del Jurado de Tesis

Mtro. VIVES GARNIQUE JUAN CARLOS

Secretario del Jurado de Tesis

MSc. ROJAS CORONEL ANGEL MARCELO

Vocal del Jurado de Tesis

20% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe

- ▶ Bibliografía
- ▶ Texto mencionado
- ▶ Coincidencias menores (menos de 8 palabras)

Fuentes principales

- 19%  Fuentes de Internet
- 2%  Publicaciones
- 14%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

No se han detectado manipulaciones de texto sospechosas.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.



DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD

Quien(es) suscribe(n) la DECLARACIÓN JURADA, soy(somos) **Egresado** del Programa de Estudios de **Ingeniería Mecánica Eléctrica** de la Universidad Señor de Sipán S.A.C, declaro(amos) bajo juramento que soy(somos) autor(es) del trabajo titulado:

TERMOCANOMÍA DEL AISLANTE TÉRMICO DE LANA DE ROCA Y FIBRA DE CALCIO PARA REDUCIR PÉRDIDAS ENERGÉTICAS EN SECADORES DESECANTES

El texto de mi trabajo de investigación responde y respeta lo indicado en el Código de Ética del Comité Institucional de Ética en Investigación de la Universidad Señor de Sipán, conforme a los principios y lineamientos detallados en dicho documento, en relación con las citas y referencias bibliográficas, respetando el derecho de propiedad intelectual, por lo cual informo que la investigación cumple con ser inédito, original y autentico.

En virtud de lo antes mencionado, firman:

Landazuri Rodrigo Mark Anthony	DNI: 75006830	
--------------------------------	---------------	---

Pimentel, 13 de enero de 2025

Dedicatoria

A mi querida madre, cuyo amor infinito, dedicación y sacrificio han sido la columna vertebral de mi vida. Gracias por ser mi mayor apoyo y por enseñarme a nunca rendirme, incluso en los momentos más difíciles. Este logro no hubiera sido posible sin tu constante aliento y ejemplo de fortaleza. Cada paso en este camino está marcado por tu sabiduría y tu cariño incondicional. Dedico esta tesis a ti, con todo mi amor y profunda gratitud.

A mi querido padre, cuyo amor y enseñanzas permanecen vivos en mi corazón. Aunque ya no estés físicamente presente, tu sabiduría, sacrificio y apoyo incondicional continúan guiando cada uno de mis pasos. Este trabajo es un reflejo de tus valores y de todo lo que me enseñaste. Gracias por haber sido mi inspiración y mi mayor ejemplo de integridad y dedicación. Te extraño cada día y este logro está dedicado a ti, con todo mi amor y gratitud.

A mis queridos hermanos, compañeros inseparables de aventuras y desafíos. Gracias por su incondicional apoyo, por las risas compartidas y por estar siempre a mi lado en los momentos difíciles. Su amistad y amor han sido fundamentales en mi vida y en la realización de este trabajo.

A mis profesores y mentores, quienes con su paciencia y sabiduría me guiaron a lo largo de este camino académico. Gracias por inspirarme y por compartir su vasto conocimiento.

Finalmente, a todas aquellas personas que, de una u otra manera, contribuyeron a la realización de este trabajo. Su apoyo y contribuciones han sido invaluable.

Agradecimiento

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a todas las personas que me acompañaron y apoyaron en el desarrollo de esta tesis.

En primer lugar, a mis padres, por su amor incondicional, por creer en mí y por brindarme el apoyo necesario para alcanzar mis objetivos académicos y personales.

A mi asesor de tesis, Ing. Ángel Marcelo Rojas Coronel, por su guía, paciencia y valiosas aportaciones a lo largo de esta investigación. Su conocimiento y dedicación han sido fundamentales para la realización de este trabajo.

A los profesores de la Universidad Señor de Sipán, quienes con su enseñanza y orientación han contribuido significativamente a mi formación académica y profesional.

Finalmente, agradezco a todos aquellos que de una u otra manera colaboraron en la realización de esta tesis, ya sea directa o indirectamente. Su ayuda y apoyo han sido esenciales para alcanzar este logro.

INDICE DE FIGURAS.....	9
INDICE DE TABLAS.....	11
I. INTRODUCCIÓN	15
1.1. Realidad Problemática.....	15
1.2. Formulación del Problema.....	19
1.3. Hipótesis.....	19
1.4. Objetivos.	19
1.5. Teorías Relacionada al tema	20
II. MATERIALES Y MÉTODOS.....	29
2.1. Tipo y diseño de investigación.....	29
2.2. Variables, Operacionalización.	29
2.3. Población de estudio, muestra, muestreo y criterios de selección	32
2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad.	32
2.5. Procedimientos de análisis de datos.	35
2.6. Criterios éticos.....	36
III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	37
3.1. Resultados.....	37
3.2. Discusión.....	73
IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	75

4.1. Conclusiones	75
4.2. Recomendaciones	75
V. REFERENCIAS.....	76
VI. ANEXOS.....	78

INDICE DE FIGURAS.

Figura. 1 Una tasa de café caliente no se pondrá más caliente en una habitación más fría.	21
Figura. 2 Ajuste de signos para la salida de calor por convección	23
Figura. 3. Gradiente de la conductividad de algunas aleaciones.....	24

INDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1 – Balance de Energía.....	20
Ecuación 2 – Cambio de Energía	21
Ecuación 3 – Ley de Fourier	22
Ecuación 4 – Ley de Fourier con gradiente	23
Ecuación 5 – Conductividad Térmica	24
Ecuación 6 – Resistencia Térmica por conducción	25
Ecuación 7 – Resistencias térmicas conductivas en paredes curvas.....	25
Ecuación 8 – Resistencia por conducción en paredes curvas	25
Ecuación 9 – Resistencia térmica por convección con gradiente	25
Ecuación 10 – Resistencia térmica por convección	25
Ecuación 11 – Resistencia térmica por convección en paredes curvas	26
Ecuación 12 – Resistencia térmica por convección de una placa curva	26
Ecuación 13 – Resistencia térmica por radiación.....	26
Ecuación 14 – Resistencia térmica por radiación a superficies de menor tamaño	26
Ecuación 15 – Resistencia térmica por radiación superpuesta.....	27
Ecuación 16 – Resistencia térmica por convección - radiación	27
Ecuación 17 – Sumatoria de resistencias térmicas.....	27
Ecuación 18 – Resistencia de convección radiación en paredes curvas	27
Ecuación 19 – Resistencia Total en paredes curvas.....	27
Ecuación 20 – Resistencia total expresada	28
Ecuación 21 – Resistencia total en paredes curvas.....	28
Ecuación 22 – Resistencia térmica global	28
Ecuación 23 – Resistencias térmicas global en paredes curvas	28

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Conductividad térmica de materiales industriales	23
Tabla 2. Parámetros generales para el cálculo de la pérdidas.	37
Tabla 3. Número de Reynolds y Prant.....	38
Tabla 4. Coeficiente de convección interior	38
Tabla 5. Parámetros de temperatura promedio.....	39
Tabla 6. Propiedades del aire a temperatura ambiente.	39
Tabla 7. Factores para la Ec. Hilpert.....	40
Tabla 8. Número de Nusselt.....	40
Tabla 9. Coeficiente de convección exterior	41
Tabla 10. Coeficiente de radiación exterior	41
Tabla 11. Coeficiente de convección - radiación	42
Tabla 12. Coeficiente global de transferencia de calor	42
Tabla 13. Pérdidas de calor a través de l papel	43
Tabla 14. Determinación de la temperatura exterior	43
Tabla 15. Cálculo de pérdida de calor por metro.....	44
Tabla 16. Cálculo de temperatura de salida	44
Tabla 17. Pérdidas de calo totales.....	45
Tabla 18. Parámetros generales de cálculo – modelo 2	45
Tabla 19. Cálculo del Número de Reynolds y Prant.....	46
Tabla 20. Cálculo del coeficiente de convección interior.....	47
Tabla 21. Cálculo de temperatura promedio	47
Tabla 22. Propiedades del aire para la temperatura promedio.....	48
Tabla 23. Factores para la constante de Hilpert.....	48
Tabla 24. Cálculo para el Número de Nusselt	49
Tabla 25. Cálculo del coeficiente de convección exterior	49
Tabla 26. Cálculo del coeficiente de radiación exterior	50
Tabla 27. Cálculo de Coeficiente convección – radiación para el modelo 2.....	50
Tabla 28. Cálculo del coeficiente global de transferencia de calor	51
Tabla 29. Cálculo de las pérdidas de calor a través de la pared	51
Tabla 30. Calculo de temperatura exterior.....	52
Tabla 31. Cálculo de pérdidas de calor por metro.....	52
Tabla 32. Cálculo de la temperatura de salida	53
Tabla 33. Cálculo de las pérdidas totales del modelo 2.	53
Tabla 34. Parámetros generales de cálculo – modelo 3	54

Tabla 35. Número de Reynolds y Prant.....	55
Tabla 36. Coeficiente de convección interior.....	55
Tabla 37. Cálculo de temperatura promedio	56
Tabla 38. Propiedades del aire para la temperatura promedio.....	56
Tabla 39. Factores para la constante de Hilpert.....	56
Tabla 40. Cálculo para el número de Nusselt.....	57
Tabla 41. Cálculo del coeficiente de convección exterior	57
Tabla 42. Cálculo del coeficiente de radiación exterior.....	58
Tabla 43. Cálculo del coeficiente convección-radiación – modelo 3.....	58
Tabla 44. Cálculo del coeficiente global de transferencia de calor	59
Tabla 45. Cálculo de pérdidas de calor a través de la pared	59
Tabla 46. Cálculo de la temperatura exterior.....	60
Tabla 47. Cálculo de pérdidas de calor por metro.....	60
Tabla 48. Cálculo de temperatura de salida	61
Tabla 49. Cálculo de pérdida de calor total para el modelo 3.....	61
Tabla 50. Parámetros de cálculo para el modelo 4, sistema de aislamiento por capas de lana de roca y fibra de calcio.....	62
Tabla 51. Cálculo del número de Reynolds y Prant	63
Tabla 52. Cálculo del coeficiente de convección interior.....	63
Tabla 53. Cálculo de la temperatura promedio.....	64
Tabla 54. Propiedades del aire para la temperatura promedio.....	64
Tabla 55. Factores de la constante de Hilpert	65
Tabla 56. Cálculo del número de Nusselt	65
Tabla 57. Cálculo del coeficiente de convección exterior	66
Tabla 58. Cálculo del coeficiente de radiación exterior	66
Tabla 59. Cálculo del coeficiente de convección - radiación.....	67
Tabla 60. Cálculo del coeficiente global de transferencia de calor	67
Tabla 61. Cálculo de la pérdida de calor a través de la pared.....	68
Tabla 62. Cálculo de la temperatura exterior.....	68
Tabla 63. Cálculo de la pérdida de calor por metro.....	69
Tabla 64. Cálculo de la temperatura de salida	69
Tabla 65. Cálculo de pérdidas de calor totales del modelo 4.....	70
Tabla 66. Costo total de la inversión del modelo 3.....	70
Tabla 67. Análisis económico – TIR y VAN	72
Tabla 68. Periodo de amortización de la Inversión	73

Resumen

La presente investigación tiene por objetivo general reducir las pérdidas energéticas por transferencia de calor de unos secadores desecantes usando aislamientos térmicos de lana de roca y fibra calcio en diferentes modelos (cabe resaltar que para este análisis se trabajó con el espesor de 50.8 milímetros comercial de estos aislamientos) y Realizar la evaluación económica del mejor modelo planteado de reducción de pérdidas.

El desarrollo de este análisis de investigación es de tipo cuantitativo, ya que este método se caracteriza por medir las cantidades numéricas a través de instrumentos de medición los cuales se evaluarán en valores monetarios. Los resultados de esta investigación indican según el análisis realizado que los modelos 1, 2, 3 y 4; el modelo 1 es el análisis de perdidas sin aislamiento térmico, los cuales 2, 3 y 4 cuentan con un espesor total de 50.8 mm de aislamiento térmico, estas pérdidas vienen cuantificadas de la siguiente forma según el modelo planteado, modelo 1 con 2,210.3 W, modelo 2 con 277.7 W, modelo 3 con 264.4 W y modelo 4 con 280.3 W, quedando como mejor modelo planteado el modelo con aislamiento de lana de roca.

Los resultados obtenidos a través de los cálculos realizados nos permiten seleccionar el mejor modelo planteado que es el modelo 3, este modelo nos da unas pérdidas de 264.4 W con respecto al modelo 1 sin aislamiento de 2,210.3 W, haciendo la monetización de estas pérdidas nos da un ahorro de 3717.41 soles/año, esta conversión se dio a través de la tarifa MT3 que cuenta con un precio de 0.30 soles por cada kW-h consumido. Esta propuesta del modelo 3, implica una inversión de 21,799.77 soles con un tiempo de recuperación de 6 años y un VAN de S/. 9,848.40 y una TIR de 16%

Palabras Clave: perdidas energéticas, ahorro energético, aislamiento térmico, secadores desecantes.

Abstract

The present research report has the general objective of reducing energy losses due to heat transfer in desiccant dryers using thermal insulation made of rock wool and calcium fiber in different models (it should be noted that for this analysis the commercial thickness of 50.8 millimeters of these insulations was used) and to carry out the economic evaluation of the best proposed model for loss reduction.

The development of this research analysis is of a quantitative type, since this method is characterized by measuring numerical quantities through measuring instruments which will be evaluated in monetary values. The results of this research indicate according to the analysis carried out that models 1, 2, 3 and 4; Model 1 is the analysis of losses without thermal insulation, of which 2, 3 and 4 have a total thickness of 50.8 mm of thermal insulation, these losses are quantified as follows according to the proposed model, model 1 with 2,210.3 W, model 2 with 277.7 W, model 3 with 264.4 W and model 4 with 280.3 W, leaving as the best proposed model the model with rock wool insulation.

The results obtained through the calculations carried out allow us to select the best proposed model, which is model 3, this model gives us losses of 264.4 W with respect to model 1 without insulation of 2,210.3 W, monetizing these losses gives us a saving of 3,717.41 soles/year, this conversion was given through the MT3 rate that has a price of 0.30 soles for each kW-h consumed. This proposal for model 3, involves an investment of 21,799.77 soles with a payback time of 6 years and a NPV of S/. 9,848.40 and an IRR of 16%.

Key Word:.. energy losses, energy savings, thermal insulation, desiccant dryers.

I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad Problemática.

Hoy en día, el mundo desarrolla nuevas tecnologías, como consecuencia de esta situación el consumo energético va en aumento. Actualmente se trabaja al límite con los recursos energéticos, esto está promoviendo a que la humanidad haga uso correcto de sus recursos actuales con una mayor eficiencia. Y como es de razón se busca el mejor procedimiento para obtener, mantener y generar ganancias y esto conlleva a reducir las pérdidas energéticas debido a la transferencia de calor.

La termo economía se ha desarrollado con el objetivo principal de identificar primero y luego reducir los costos de la energía producida por las plantas de energía industrial. Más recientemente, el mismo enfoque formalizado en la teoría del costo de exergía ha sido reconocido como una herramienta útil también en un campo más amplio, como la simbiosis industrial y la evaluación de la sostenibilidad. [1]

Los diferentes métodos para analizar el tiempo de vida de un aislante térmico pueden ser muy considerables, pero al existir demasiados su metodología de algunos estudios no puede ser la adecuada entonces los resultados no serían fiables para mantener su credibilidad como método científico. [2]

La Empresa Distribuciones Rodrigo S.A.C., se dedica a la producción y distribución de gases industriales como el oxígeno, argón, CO₂, nitrógeno, mezcla, etc., posee en la actualidad una planta criogénica de oxígeno industrial – medicinal con una capacidad instalada de 130 m³/h en la sección de llenado. En la sección de los secadores desecantes (proceso Sky), que son dos tanques purificadores de aire, que trabajan a altas temperaturas para poder elaborar este proceso.

Empresa Distribuciones Rodrigo S.A.C. posee un proceso SKY que cuenta con algunas deficiencias en energéticas en el mismo. Por ejemplo, el uso de un aislante térmico

deficiente. Por lo tanto, se ejecutará un análisis de dos aislantes térmicos para reducir las pérdidas energéticas.

Trabajos Previos. [3] Con un creciente énfasis en los materiales de construcción ecológicos, los paneles de cemento con lana de roca y hebras de madera (WRCB) ofrecen una solución prometedora debido a su composición de fibras de madera renovables y aglutinante cementicio. Este estudio profundiza en el intrincado equilibrio entre la absorción acústica, el aislamiento térmico y la rentabilidad de los WRCB, todos los cuales son factores cruciales que dan forma al confort interior, la eficiencia energética y la viabilidad económica de las construcciones. Los WRCB que incorporan hebras de madera, cemento Portland, lana de roca y cloruro de calcio se fabricaron en varios espesores (20-60 mm) y densidades (400, 500 y 600 kg/m³). Los WRCB exhibieron valores promedio de absorción acústica (SAA) y conductividad térmica efectiva (Keff) que oscilaron entre 0,28 y 0,56 y 0,285-0,381 W/(mK), respectivamente. Estos resultados resaltaron la notable SAA y Keff de los paneles, mostrando su potencial como materiales de construcción sostenibles.

[4] Analizaron el rendimiento de la lana de roca con diferentes niveles de contenido de humedad y temperatura utilizándolo como aislante de tuberías calientes dando a entender que el rendimiento térmico del material aislante en condiciones húmedas se ve afectado por temperatura, densidad y grado de contenido de humedad. Además, las pérdidas de calor pueden diferir dependiendo del fabricante del material aislante, debido a las diferencias en el proceso de fabricación. La conductividad térmica de los materiales aislantes se determina principalmente en muestras de losas planas de acuerdo con el método de placa caliente protegida. En el rango investigado, el aumento máximo de pérdidas de calor fue de 1,9 veces en la tubería calentada a temperatura de 45 °C y un contenido de humedad del 6% y el aumento mínimo de las pérdidas de calor fue de 1,3 veces la temperatura de la tubería calentada de 45 °C, 65 °C y un contenido de humedad del 2%.

[2] En cuanto a los resultados observados, el análisis muestra que los materiales líderes del mercado EPS, lana de roca y lana de vidrio son muy similares en su impacto y son más amigables con el medio ambiente que XPS y PUR y otras soluciones no renovables. La celulosa parece ser ambientalmente preferible a otras soluciones y basado en energías renovables los materiales tienden a ser menos impactantes, pero no tienen que ser como se muestran. Si uno intenta una clasificación de materiales basada en la literatura, la celulosa y el cáñamo parecen ser los mejores materiales seguidos por EPS con un ligero margen sobre la lana de vidrio y luego lana de roca, con XPS, PUR y corcho como los materiales menos ecológicos. Este destaca que no todos los materiales “verdes” son necesariamente buenos para el ambiente y analizarlos con LCA.

[5] Hizo una investigación de las cuales un análisis de ellos fue la que presentó mejor desempeño fue la que tuvo un contenido en peso de 75.29% esmalte blanco y 24.71% dióxido de titanio. Puede conseguir una reducción de la temperatura media de la superficie exterior de hasta 9,5 °C en el mismo edificio, y una reducción de temperatura de aproximadamente 3,85 °C en la superficie del lado interior no revestido. En términos de relación peso-área, el indicador para esta lámina fue de 11,22 Kg/m². No es recomendable utilizar una proporción del 50% porque la caída de temperatura encontrada para esta mezcla fue menor y el indicador peso-área fue mayor. El carbonato de calcio contribuye a mejorar la reflexión de las soluciones de dióxido de titanio debido a su capacidad reflectante, producida por su blancura y pureza. La mezcla de estos materiales permite una caída de temperatura de entre 8,21 °C y 6,72 °C en comparación con un revestimiento sin recubrimiento. superficie. Los estudios futuros deberían evaluar la microestructura de estos materiales, incluir nuevos materiales biodegradables y la modificación de las nanopartículas de dióxido de titanio para generar un efecto superhidrofóbico y evaluar su efecto en la superficie la temperatura.

[6] Como resultado, las muestras optimizadas de relación FCS/HSA 90/10 después de las pruebas de TS poseían un TC de 0,35 y 0,28 W/mK para 100 y 250 °C,

respectivamente. Sin embargo, a 250 °C, el trimetilsililo grupos de HMDS sufrieron degradación hidrotérmica, seguida de trimetilsililo libre disolución alcalina del aerogel de sílice y desarrollo de una microestructura porosa con grandes cavidades en lugar de la HSA disuelta. Esto resultó en una pérdida de fuerza del 43% en comparación con las muestras fabricadas a 100 y 175 °C. Teniendo en cuenta la degradación hidrotermal de los grupos trimetilsililo hidrofóbicos presentes en las superficies de aerogel de sílice a 250 °C. El compuesto 90/10 FCS/HSA CaP tiene potencial para ser utilizado como cemento de pozos térmicamente aislante y resistente a choques térmicos en un rango de temperatura media (~100 a 175 °C) geotérmica sistemas de almacenamiento de energía. La resistencia a la compresión de más de 7 MPa para este peso ligero el compuesto persistió después de tres pruebas de TS a 175 °C.

[7] La adición de la fibra de vidrio corta al sello de vidrio BCAS materiales dificultaron el proceso de densificación. La presencia de fibras de vidrio mejoró la tenacidad a la fractura por indentación significativamente del material del sello, al mismo tiempo que reduce la dureza y la resistencia a la compresión. El CTE del compuesto los materiales del sello de vidrio podrían adaptarse bien a través del control de composición y/o proceso de cristalización y el ablandamiento de la temperatura del sello se incrementó a medida que la fibra de vidrio se elevando, dando como resultado el desarrollo de sellos con una mayor temperatura de trabajo. Se concluyó que los sellos de vidrio BCAS con solo 5% en peso de fibra de vidrio mostró una mejor tenacidad a la fractura por indentación sin ningún efecto perjudicial asociado con las demás propiedades mecánicas y térmicas. Los sellos compuestos exhibieron el rendimiento de sellado adecuado bajo las condiciones de trabajo SOFC a 750 °C. El rendimiento de los sellos compuestos durante un largo período bajo el funcionamiento de la celda de combustible las condiciones requieren más investigaciones.

Justificación e Importancia del Estudio.

Justificación Tecnológica. Con una selección óptima del aislante térmico que vienen siendo utilizados en otros continentes de forma eficiente ya que cuentan con una nueva tecnología la cual puede ser utilizada en los intercambiadores de calor y con esto se disminuirá las pérdidas energéticas en el proceso mencionado

Justificación Ambiental. La realización de esta investigación nos permitirá averiguar cómo evitar pérdidas por disipación de calor hacia el medio ambiente en los intercambiadores de calor y así proponer un aislante óptimo para mejorar la eficiencia térmica, esto conlleva a la disminución de la contaminación térmica emitida al medio ambiente.

Justificación Económica. La selección optima del aislante nos ayudara a mejorar la eficiencia térmica en el proceso de controlar los niveles de temperatura lo cual generaría un ahorro económico en la facturación de consumo eléctrico.

1.2. Formulación del Problema

¿Cómo determinar la termo economía de aislante térmico que minimizará las pérdidas energéticas en los intercambiadores de calor en la planta criogénica Distribuciones Rodrigo S.A.C.?

1.3. Hipótesis

Es factible analizar desde el punto de vista térmico y económico de la lana de roca y fibra de calcio para reducir pérdidas energéticas en secadores desecantes.

1.4. Objetivos.

Objetivo General

- ✓ Analizar la termo economía de los aislantes térmicos lana de roca y fibra de calcio para reducir pérdidas energéticas en secadores desecantes.

Objetivos Específicos

- ✓ Determinar las pérdidas energéticas sin aislamiento térmico.
- ✓ Determinar las pérdidas energéticas utilizando las combinaciones de lana de roca y fibra de calcio.
- ✓ Evaluar la termo-economía de las combinaciones de capas según el ahorro energético.

1.5. Teorías Relacionada al tema

Primera Ley de la Termodinámica

La primera ley de la termodinámica establece que la energía no se puede crear ni destruir durante un proceso; sólo puede cambiar de forma. Por lo tanto, cada cantidad de energía por pequeña que sea debe justificarse durante un proceso. [8]

Balance de Energía

De acuerdo con el análisis anterior, el principio de conservación de la energía se expresa como: el cambio neto (aumento o disminución) de la energía total del sistema durante un proceso es igual a la diferencia entre la energía total que entra y la energía total que sale del sistema durante el proceso.

$$\left(\begin{array}{c} \text{Energía total que entra} \\ \text{al sistema} \end{array} \right) - \left(\begin{array}{c} \text{Energía total que sale} \\ \text{del sistema} \end{array} \right) = \left(\begin{array}{c} \text{Cambio de Energía} \\ \text{del sistema} \end{array} \right)$$

$$E_{\text{entrada}} - E_{\text{salida}} = \Delta E_{\text{sistema}}$$

Ecuación 1 – Balance de Energía

Cambio de Energía de un sistema

Para determinar el cambio de energía de un sistema durante un proceso se requiere evaluar la energía del sistema al principio y al final del proceso y encontrar su diferencia.

$$\Delta E_{\text{sistema}} = E_{\text{final}} - E_{\text{inicial}}$$

Ecuación 2 – Cambio de Energía

Segunda Ley de Newton

Una experiencia común es que una taza de café caliente que se deja en una habitación que está más fría termine por enfriarse. Este proceso satisface la primera ley de la termodinámica porque la cantidad de energía que pierde el café es igual a la cantidad que gana el aire circundante. Considere ahora el proceso inverso: café caliente que se vuelve incluso más caliente en una habitación más fría como resultado de la transferencia de calor desde el aire. Se sabe que este proceso nunca se lleva a cabo; sin embargo, hacerlo no violaría la primera ley siempre y cuando la cantidad de energía que pierde el aire sea igual a la cantidad que gana el café.



Figura. 1 Una taza de café caliente no se pondrá más caliente en una habitación más fría.

A partir de estos argumentos resulta claro que los procesos van en cierta dirección y no en la dirección contraria

La primera ley de la termodinámica no restringe la dirección de un proceso, pero satisfacerla no asegura que en realidad ocurra el proceso. Esta falta de adecuación de la primera ley para identificar si un proceso puede tener lugar se remedia introduciendo otro principio general, la segunda ley de la termodinámica. Más adelante se muestra que el proceso inverso analizado antes viola la segunda ley de la termodinámica. Esta violación se detecta fácilmente con la ayuda de una propiedad llamada entropía.

Sin embargo, el uso de la segunda ley de la termodinámica no se limita a identificar la dirección de los procesos, también afirma que la energía tiene calidad, así como cantidad. La segunda ley de la termodinámica se usa también para determinar los límites teóricos en el desempeño de sistemas de ingeniería de uso ordinario, como máquinas térmicas y refrigeradores.

Ley de Fourier

Conducción de Calor

Al existir una desigualdad de temperatura dentro de un cuerpo es donde el calor fluirá de manera gradual de la zona de mayor temperatura a la de menor temperatura. Esta relación matemática se aplica en la Ley de Fourier representada por la siguiente ecuación:

$$q = -k * A * \frac{dT}{dx} = [W]$$

Ecuación 3 – Ley de Fourier

Aquí, dT/dx es el gradiente de temperatura, esto es, la pendiente de la curva en un diagrama T-x, ósea la razón de cambio de T con respecto a la ubicación x. El calor es conducido en la dirección de la T decreciente y el gradiente de temperatura se vuelve negativo al crecer x. El signo negativo garantiza que la transferencia de calor en la dirección de x positiva sea una cantidad positiva. El área A de transferencia siempre es normal a la dirección de transferencia. [9].

El signo negativo es producto de la segunda ley de la termodinámica, que necesita que el flujo de calor debe recorrer de la zona más caliente a la más fría. [10].

Además, bajo condiciones estables, podemos derivar la ecuación de la ley de Fourier, donde se obtiene que la rapidez a la que se transfiere la energía a través del cuerpo se expresa en la siguiente ecuación:

$$q_r = -kA \frac{dT}{dr} = 0$$

Ecuación 4 – Ley de Fourier con gradiente

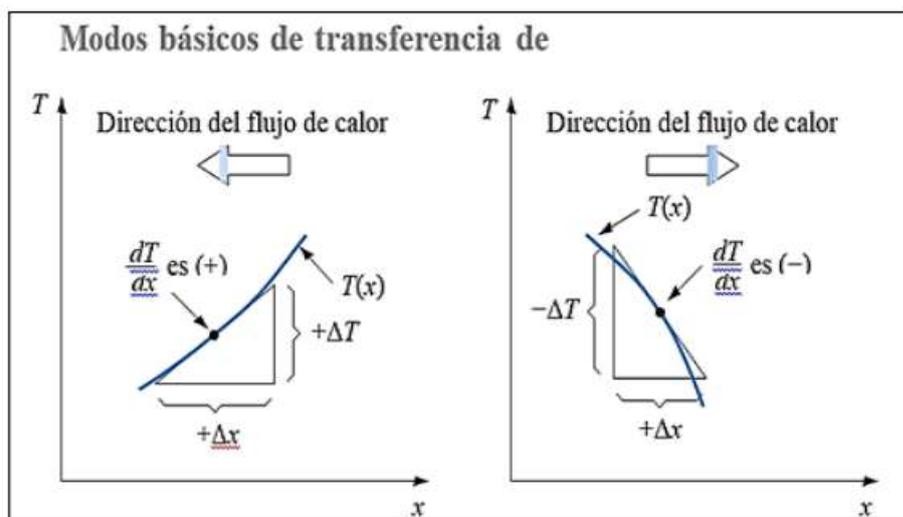


Figura. 2 Ajuste de signos para la salida de calor por convección

Fuente: Fundamentos de Transferencia de calor. (Incropera)

Tabla 1. Conductividad térmica de materiales industriales

Material	Conductividad térmica a 300 K (540 °R)	
	W/m K	Btu/h ft °F
Cobre	399	231
Aluminio	237	137
Acero al carbono, 1% C	43	25
Vidrio	0.81	0.47
Plásticos	0.2–0.3	0.12–0.17
Agua	0.6	0.35
Etileno glicol	0.26	0.15
Aceite para motores	0.15	0.09
Freón (líquido)	0.07	0.04
Hidrogeno	0.18	0.10
Aire	0.026	0.02

Fuente: Fundamentos de Transferencia de calor. (Incropera)

Conductividad Térmica

Es la habilidad intrínseca de algunos materiales que está relacionada con su capacidad de conducir y de acuerdo con la ley de Fourier, la conductividad térmica está representada por la siguiente ecuación:

$$k = \frac{\frac{dq}{A}}{\left(\frac{dT}{dx}\right)} = \left[\frac{W/m^2}{K/m} \right] = \left[\frac{W}{K * m} \right]$$

Ecuación 5 – Conductividad Térmica

Resistencia Térmica

Si existe una transferencia calor de un fluido a un objeto solido se crea una reacción de oposición, esta fuerza es llamada resistencia térmica que se opone al paso de calor.

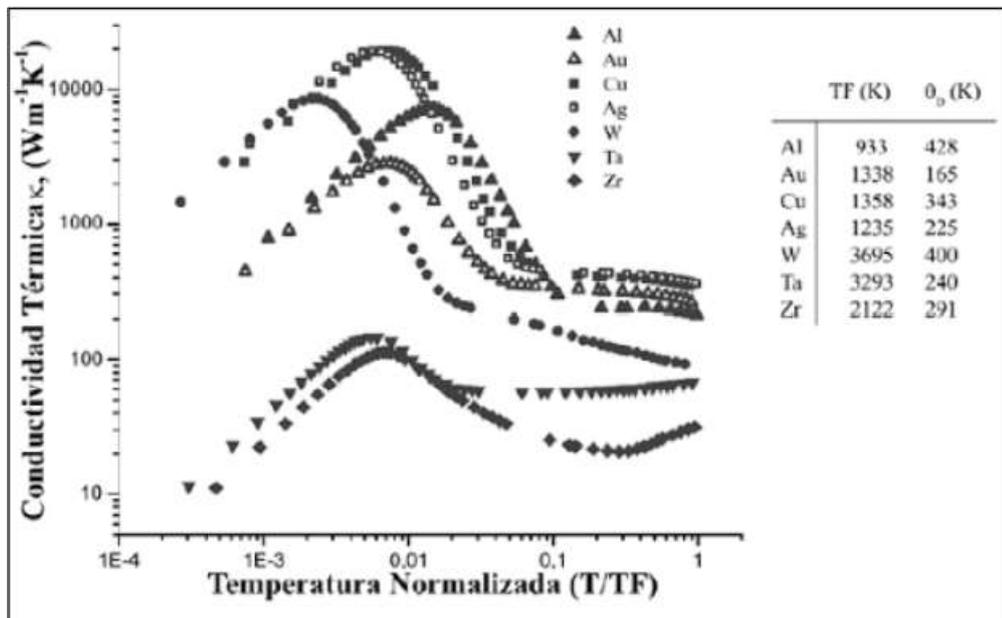


Figura. 3. Gradiente de la conductividad de algunas aleaciones.

Fuente: Fundamentos de Transferencia de calor. (Incropera)

Resistencia Térmica por conducción

El intercambio de calor por conducción es la conocida ecuación de Fourier, en ella se considera que la densidad de flujo de calor por unidad de área es proporcional a la diferencia de temperaturas en la dirección perpendicular al área considerada:

$$q/A = -k \frac{dT}{dn}$$

Resistencias térmicas conductivas en paredes curvas

En una situación particular al caso de una capa cilíndrica en que sus superficies tengan una diferencia de temperaturas:

$$q/H = \frac{\Delta T}{\ln\left(\frac{r_{ext}}{r_{int}}\right)/2\pi k}$$

Donde se determina la resistencia térmica por conducción de una pared curva:

$$R_{cond_cilindrica} = \ln\left(\frac{r_{ext}}{r_{int}}\right)/2\pi k$$

Resistencia térmica por convección

Es el proceso de transferencia calor, se produce en un número mayor de casos entre un fluido o un gas con un cuerpo compacto.

$$q_c = -h_{fluido} \frac{\partial T}{\partial y}, \text{ en } y = 0$$

Donde q_c representa el calor por conducción que es producto del coeficiente de calor por convección del fluido por las diferencias de temperaturas

La transferencia de calor del líquido caliente de la parte más baja del recipiente a lo restante, es también llamada convección natural o convección libre. Si se produce cualquier otro acto de enfriamiento, provocada por un agente externo, el proceso es llamado convección forzada. Este proceso es detallado por una ecuación que asimila la ecuación de conducción y es dada por la ley de enfriamiento de Newton:

$$q = h_{conv} A (\Delta T)$$

Dada la proporción se conoce como coeficiente de convección, h. Este representa una variación en función del tipo y cantidad de movimiento que presenta el fluido, e incluso la diferencia de temperaturas pared – fluido ($T_w - T_\infty$).

Resistencia térmica de convección en paredes curvas

Esta determinación proviene de la ecuación 2 en el posible caso de una capa cilíndrica y que se ubique una diferencia de temperaturas entre la superficie y el fluido:

$$\frac{q}{H} = \frac{\Delta T}{\frac{1}{2\pi h_{conv}}}$$

Ecuación 11 – Resistencia térmica por convección en paredes curvas

Donde se obtiene la resistencia térmica por convección de una placa curva:

$$R_{conv_cilindrica} = \frac{1}{2\pi h_{conv}}$$

Ecuación 12 – Resistencia térmica por convección de una placa curva

Resistencia térmica por radiación

La ecuación que predomina el intercambio de calor por radiación es conocida como Stefan-Boltzman, la cual consiste que la densidad de un flujo de calor por unidad de área es proporcional a la resta elevada a la cuarta potencia de las temperaturas (°K) entre superficies.

$$q/A = C(TK^4_{sup1} - TK^4_{sup2})$$

Ecuación 13 – Resistencia térmica por radiación

En el caso de que la superficie estudiada sea menor tamaño que las de su entorno, la anterior ecuación se simplifica a:

$$q/A = \varepsilon\sigma(TK^4_{sup1} - TK^4_{sup2})$$

Ecuación 14 – Resistencia térmica por radiación a superficies de menor tamaño

Donde, σ es la constante de Stefan-Boltzman ($5,67 \cdot 10^{-8} \text{ W/m}^2\text{-K}^4$) y ϵ es el coeficiente de emisión de la superficie estudiada, la cual es tomada de forma general dentro de un rango de 0.8 – 0.9.

Una aproximación para reducir la expresión anterior para volverla lineal es tomando en cuenta que, desconociendo las temperaturas superficiales de las superficies, será suponerla igual a la temperatura del aire, por tanto, la ecuación queda reducida a:

$$q/A = h_{rad}(\Delta T)$$

Ecuación 15 – Resistencia térmica por radiación superpuesta

Resistencias térmicas por convección - radiación

Cuando ambos sistemas de intercambio son significativos, el calor intercambiado desde la superficie del elemento a su entorno tendrá dos contribuciones, una convectiva y otra radiante:

$$q/A = h_{conv}(\Delta T) + h_{rad}(\Delta T) = h_{convrad}(\Delta T)$$

Ecuación 16 – Resistencia térmica por convección - radiación

$$h_{convrad} = h_{conv} + h_{rad}$$

Ecuación 17 – Sumatoria de resistencias térmicas

Resistencia de convección – radiación para paredes curvas

$$R_{conv_rad_cilindrica} = \frac{1}{2\pi h_{conv_rad}}$$

Ecuación 18 – Resistencia de convección radiación en paredes curvas

Resistencia Total en paredes curvas

Esta impermeabilidad térmica se desarrolla en paredes curvas y esféricas, que en su interior contiene láminas de superficie planas con múltiples capas. [11]

$$Q = \frac{T_{\infty,1} - T_{\infty,2}}{R_{total}}$$

Ecuación 19 – Resistencia Total en paredes curvas

Donde: R_{total} : Resistencia térmica total, representada como:

$$q/H = \frac{T_{int} - T_{ext}}{\frac{1}{2\pi r_{int} h_{conv,INT}} + \sum \frac{\ln(r_{i+1}/r_i)}{2\pi L k_i} + \frac{1}{2\pi r_{ext} h_{conv,rad,ext}}}$$

Ecuación 20 – Resistencia total expresada

$$q/H = \frac{T_{int} - T_{ext}}{R_{total,cilindricas}}$$

Ecuación 21 – Resistencia total en paredes curvas

Resistencia térmica global. Coeficiente global de transferencia de calor

En cada configuración analizada se puede dar un paso simplificado a la contribución de las diferentes capas de material y la existencia de convección y radiación en una resistencia térmica global del sistema, y su inversa definir el coeficiente global de transferencia de calor, así:

$$q/H = \frac{T_{int} - T_{ext}}{R_{total,cilindricas}} = U_{cilindrica} * 2\pi r (T_{int} - T_{ext})$$

Ecuación 22 – Resistencia térmica global

$$U_{cilindrico} = \frac{1}{2\pi r R_{total,cilindricas}} = \frac{1/2\pi r}{\frac{1}{2\pi r_{int} h_{conv,int}} + \sum_{\text{capas material}} \frac{\ln(r_{i+1}/r_i)}{2\pi k_i} + \frac{1}{2\pi r_{ext} h_{conv,rad,ext}}}$$

Ecuación 23 – Resistencias térmicas global en paredes curvas

II. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Tipo y diseño de investigación.

Tipo de Investigación

La presente investigación es de tipo descriptiva, ya que nos va a permitir detallar el fenómeno tal como es y cómo como se manifiesta, nos va a permitir especificar las propiedades termo económicas del material de estudio.

La presente investigación es de tipo cuantitativa ya que va a permitir la recopilación de datos referentes a la capacidad térmica de los aislantes térmicos de estudio, permitiendo analizar los resultados desde el punto de vista de la termo economía.

Diseño de la investigación

La presente investigación es de tipo cuasi experimental, ya que nos va permitir insertar un estímulo a un grupo y después aplicar una medición de una variable, permitiéndonos observar cual es el nivel del grupo en esta variable.

Los resultados obtenidos del análisis técnico económico de los aislantes térmicos mencionados, lo cual permitirá su aplicación en proyectos futuros.

2.2. Variables, Operacionalización.

Variable Independiente

Proporción lana de roca y fibra de calcio

Variable Dependiente

Aislante Térmico

2.2.1. Operacionalización de Variables.

Variable	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Instrumento	Escala de Medición
Compuesto Lana de Roca – Fibra de Calcio		Se emplea una mezcla de lana de roca y fibra de calcio en diversas proporciones	Parámetros de estudio	Masa de fibra de Calcio. Masa de lana de roca	Ficha de registro de peso	Kg. %
Capacidad de aislamiento térmico	Capacidad que tiene un cuerpo para oponerse al paso del calor.	Evaluar la temperatura en la cara en contacto con la fuente de calor y en el lado opuesto del aislante térmico, para diferentes	Parámetros de análisis	Temperatura Espesor Coeficiente de conductividad térmica	Ficha de Registro de datos.	°C. mm W/m ² °C

		relaciones de mezcla y diferentes espesores.				
--	--	---	--	--	--	--

2.3. Población de estudio, muestra, muestreo y criterios de selección

Población

Diversos aislantes térmicos en la industria.

Muestra

Aislante térmico conformado por lana de roca y fibra de calcio

- Modelo 1

Diámetro: 380 mm (tubería)

Combinación: sin aislamiento

- Modelo 2

Diámetro: 380 mm (tubería)

Combinación: una capa de fibra de calcio de 2"

- Modelo 3

Diámetro: 380 mm (tubería)

Combinación: una capa de lana de roca de 2"

- Modelo 4

Diámetro: 380mm (tubería)

Combinación: una capa de lana de roca de 1" + una capa de fibra de calcio de 1"

2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad.

2.4.1. Técnicas de Recolección de Datos

La observación

Con la presente técnica es el principal fundamento de toda investigación, ya que nos va a permitir observar el fenómeno, tomar información y registrarla para luego poder realizar el análisis correspondiente, permitiéndonos la toma del mayor número de datos posible.

Análisis Documentario

La presente técnica consiste en la identificación, el recojo y el análisis de documentos relacionados con la investigación o contexto estudiado, en este caso el comportamiento térmico de diversos materiales.

2.4.2. Instrumentos de Recolección de Datos.

Ficha de Observación

La ficha de observación permitirá el registro de los datos de las diferentes temperaturas para diversas mezclas de lana de roca y fibra de calcio.

Consta de 02 partes, en la primera parte se registra los datos del responsable de la medición, la fecha en que está haciendo la toma de datos. En la segunda parte se registra las temperaturas tomando en cuenta el espesor de la pared y el porcentaje de cada uno de los elementos de la mezcla.

Ficha de Análisis documentario.

Esta ficha consta de 03 partes, en la primera se tiene el registro de quien toma el dato, la fecha y hora que ha tomado el dato, en la segunda parte permite el registro de la ubicación de la cual se ha tomado dicho dato, como un artículo de alguna revista, libro, página web u otro medio de donde se tomó el dato, en la tercera parte se registra un resumen de los datos que ha obtenido.

2.4.3. Validez y Confiabilidad

Validez

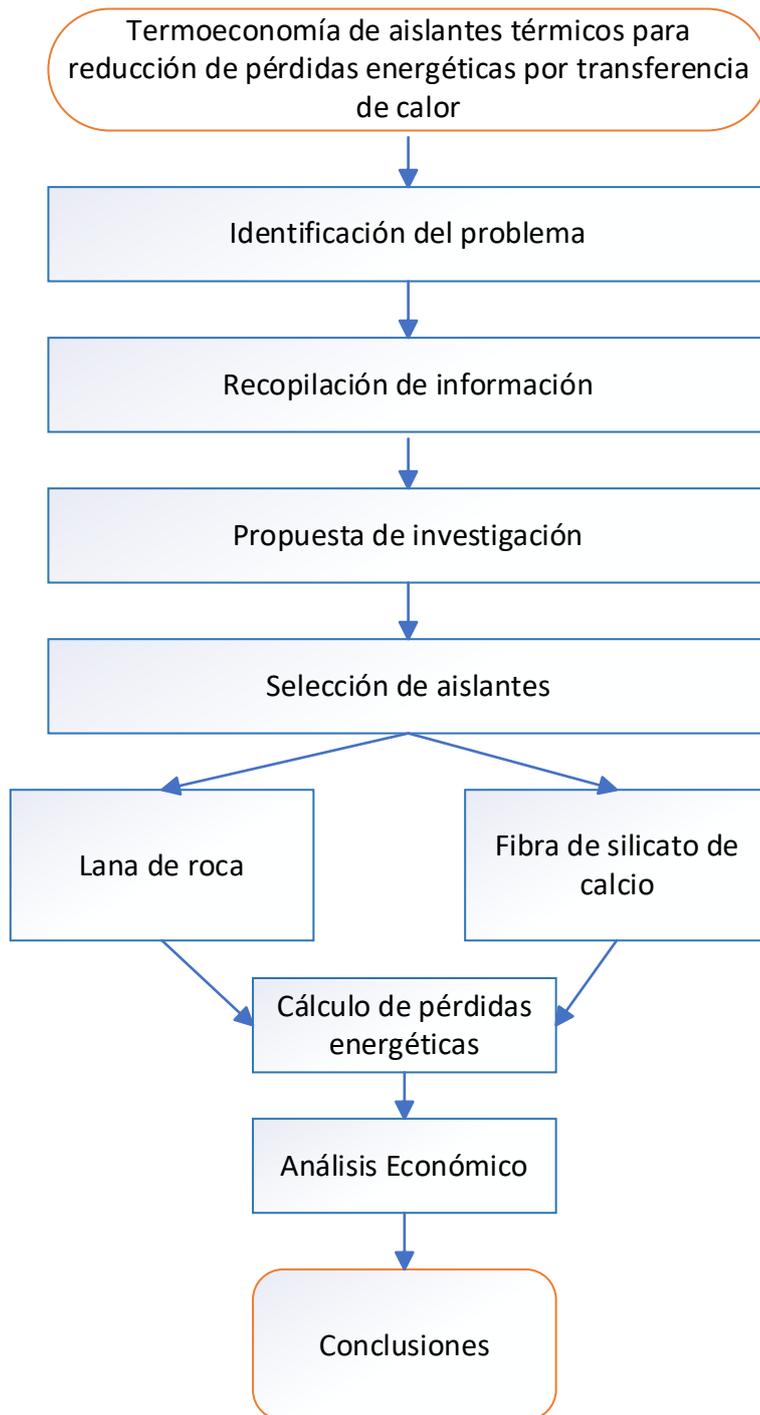
En la presente investigación se asegura la validez del contenido de ellos instrumentos mediante la revisión de expertos en el campo de energía, a través de la relevancia del instrumento sugiriendo ajustes de ser necesario.

Se va a evaluar la validez del constructo a través de la comparación de las mediciones de las variables y conceptos establecidos en la literatura científica.

Confiabilidad

La confiabilidad de los instrumentos está garantizada a través de la consistencia y estabilidad en la recolección de datos, con análisis de consistencia interna garantizando la confiabilidad de los instrumentos y procedimientos.

2.5. Procedimientos de análisis de datos.



2.6. Criterios éticos

En todos los métodos de la actividad científica deben encaminarse en base a los principios generales y principios específicos establecidos en los Art. 5 y Art. 6 en el Código de Ética en Investigación de la USS. S.A.C.

Para los trabajos de investigación en seres humanos se debe aplicar la Declaración de Helsinki y el Reporte Belmont, además del asentimiento o consentimiento informado de ser el caso, que serán evaluados por el Comité Institucional de Ética en Investigación.

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Resultados

3.1.1. Determinar las pérdidas energéticas sin aislamiento térmico.

Tabla 2. Parámetros generales para el cálculo de las pérdidas.

Entradas de datos			
Aire	Fluido que fluye dentro de la tubería.		
G	Tasa de flujo	780	m ³ /hora
ρ	Densidad	1.23	kg/m ³
μ	Viscosidad	0.0000185	Pa-s
k	Conductividad térmica	0.025	W/m ² K
c	Capacidad calorífica	1006	J/kg-K
T1	Temperatura del fluido que ingresa a la tubería	280	°C
Parámetros de tubería			
d _i	diámetro interno	380	milímetro
d _e	diámetro exterior	390	milímetro
L	longitud del secador	10	metro
k _p	conductividad térmica del secador	45	W/m ² -K
e	emitancia de la tubería o cubierta de aislamiento	0.8	
Condiciones ambientales (la tubería está al aire libre)			
T4	temperatura del aire	18	°C
w	Velocidad del viento	5	m/s

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 1, se puede visualizar los datos que nos van a permitir el análisis para determinar las pérdidas energéticas por transferencia de calor.

Tabla 3. Número de Reynolds y Prant

Densidad (kg/m³)	Viscosidad (Pa*s)	Diámetro (mm)	Velocidad (m/s)	Numero de Reynolds	Numero de Prant
1.23	1.85*10 ⁻⁵	380	1.91	48,267	0.7

Fuente: Elaboración propia.

Para lograr determinar el Numero de Reynolds, se utilizan diferentes parámetros de diseño de cálculo, con lo cual se obtiene un resultado de 48,267.00, este valor obtenido nos indica que se trata de un flujo turbulento, además del valor del Número de Prant de 0.7.

Tabla 4. Coeficiente de convección interior

Numero de Reynolds	Numero de Prant	Coef. de conductividad del fluido (W/m-K)	Diámetro (mm)	Coef. de convección interna (W/m²-K)
48,267	0.7	0.025	380	8

Ecuación 11

Fuente: elaboración propia.

En la tabla anterior se puede observar el resultado de la convección interna, obtenida a través de los parámetros establecidos, logrando obtener un resultado de 8 W/m²-K

Tabla 5. Parámetros de temperatura promedio

Temperatura ambiente (°C)	Temperatura asumida (°C)	Temperatura media (°C)
18	17.894	17.947

Podemos observar el resultado de la temperatura promedio asumida, se considera el valor de la temperatura promedio de 17,894oC tomando en consideración que se encuentra bajo sombra y a una altura con respecto del cielo raso de 3 metros.

Tabla 6. Propiedades del aire a temperatura ambiente.

Propiedades del aire a temperatura promedio			
masa		29	kg*mol ⁻¹
	peso molecular del aire		1
Paire	presión de aire	100	kPa
kaire	Conductividad térmica del aire	0.0252	W/m-K
caire	Capacidad calorífica del aire (tratar como constante)	1006	J/kg-K
daire	Densidad del aire (tratar como gas perfecto)	1.21	kg/m ³
vaire		1.85* ¹⁰ -	
	Viscosidad dinámica del aire	5	Pa-s

Fuente: elaboración propia

En cuadro anterior se muestra el aire a la temperatura promedio asumida.

Tabla 7. Factores para la Ec. Hilpert

Factores para la ecuación de Hilpert		
Re	B	norte
0.4	0.891	0.33
4	0.821	0.385
40	0.615	0.466
4000	0.174	0.615
40000	0.0239	0.805

Los factores de Hilper, se basan en rangos dependiendo del tipo de flujo o resultado obtenido de la ecuación de número de Reynolds.

Tabla 8. Número de Nusselt

Número de Reynolds condición temperatura promedio	Ecuación de Hilpert - B	Ecuación de. NuHilpert - n	Número de Nusselt
131,346	0.0239	0.805	315

El resultado obtenido a través de la ecuación del Número de Nusselt, resultado obtenido a través de los nuevos parámetros promedios asumidos, siendo este de 315

Tabla 9. Coeficiente de convección exterior

Numero de Nusselt	Coef. de conductividad del aire (W/m-K)	Diámetro exterior (m)	Coef. de convección exterior (W/m²-K)
315	0.0252	0.195	20.36

Ecuación 11

El resultado obtenido para el coeficiente de convección exterior, este nos da un resultado de 20.36 W/m²-K.

Tabla 10. Coeficiente de radiación exterior

Coef. De Stefan-Boltzman (W/m²-K⁴)	Emitancia de la tubería	Temperatura ambiental asumida (K)	Temperatura Ambiente (K)	Coef. de radiación exterior (W/m²-K)
5.67*10 ⁻⁸	0.8	290.894	291	4.48

Ecuación 13

Se muestra el resultado obtenido para el coeficiente de radiación exterior, este nos da un resultado de 4.48 W/m²-K.

Tabla 11. Coeficiente de convección - radiación

Coef. de convección exterior (W/m²-K)	Coef. de radiación exterior (W/m²-K)	Coef. de convección - radiación (W/m²-K)
20.36	4.48	24.84

Se muestran la adición de los coeficientes de convección exterior y el coeficiente de radiación exterior, dando así el resultado de 24.84 W/m²-K para el coeficiente de convección - radiación exterior.

Tabla 12. Coeficiente global de transferencia de calor

Radio interior (m)	Radio exterior (m)	Coef. de convección interior (W/m²-K)	Coef. de conductividad térmica de la tubería (W/m²-K)	Coef. de convección - radiación (W/m²-K)	Coef. global de transferencia de calor (W/m²-K)
0.19	0.195	8	0.45	24.84	5.7

Ecuación 22

El resultado del coeficiente global de transferencia de calor, dando un resultado de 5.7 W/m²-K.

Tabla 13. Pérdidas de calor a través de la tubería

Temperatura del fluido (°C)	Temperatura ambiente (°C)	Coef. global de transferencia de calor (W/m²-K)	Pérdidas de calor (W/m²)
280	18	5.7	1,804.00

Se muestra el resultado obtenido para las pérdidas por transferencia de calor por metro cuadrado, este resultado obtenido es 1,804.00 W/m² para el modelo sin aislamiento térmico.

Tabla 14. Determinación de la temperatura exterior

Temperatura Ambiente (°C)	Pérdidas de calor (W/m²)	Coef. de convección - radiación (W/m²-K)	Temperatura exterior (°C)
18	1,804.00	24.84	90.65

En la tabla se muestra el cálculo para la temperatura exterior de la tubería, la cual muestra una temperatura de 90.63°C, a esta temperatura exterior se está perdiendo una energía calorífica, que puede aprovechar montando un sistema de aislamiento térmico.

Tabla 15. Cálculo de pérdida de calor por metro

Pérdidas de calor (W/m²)		Diámetro exterior (m)	Pérdidas de calor por metro (W/m)
1,804.00		0.195	2,210.30

En la tabla anterior se muestran las pérdidas de calor por cada metro lineal de tubería sin aislamiento térmico, este resultado obtenido es de 2,210.30 W/m, para una tubería de acero al carbono con diámetro de 0.195 m.

Tabla 16. Cálculo de temperatura de salida

Temperatura del fluido (°C)	Perdidas de calor por metro (W/m)	Longitud de la tubería (m)	Tasa de flujo (m³/h)	Densidad (kg/m³)	Capacidad calorífica del fluido (J/kg-K)	Temperatura de salida (°C)
280	2,210.30	10	780	1.23	1,006	197.6

En la tabla anterior se muestran el resultado de la temperatura de salida del fluido de trabajo, este nos da un resultado de 197.6°C, que comparado al primer dato de entrada que la temperatura de trabajo es de 280°C, nos encontramos con una pérdida de 82.4 °C de temperatura de trabajo lo cual dificulta al calentamiento del secador purificador de aire, bajo estas condiciones, se podría afirmar que la purificación total para la producción de

oxígeno líquido no sería la adecuada y se estaría produciendo oxígeno de baja pureza, y no se estaría dando los 130 m³/h que tiene la planta por manual de instrucciones, si no aproximadamente unos 80 a 95 m³/h, que baja el rendimiento de esta; ya que el secador demoraría más en alcanzar su temperatura normal de trabajo que se encuentra desde los 245°C hasta los 280°C (como temperatura máxima de salida).

Tabla 17. Pérdidas de calor totales

Pérdidas de calor (W)		Pérdidas totales (kW)
2,210.30		2.2103

En la tabla anterior se muestra el resultado de pérdidas de calor totales en kW, estas pérdidas nos permitirán realizar el análisis económico de todo el sistema.

3.1.2. Cálculos de pérdidas de calor para el modelo 2 con aislamiento térmico de fibra de calcio

Tabla 18. Parámetros generales de cálculo – modelo 2

Entradas de datos			
Aire	Fluido que fluye dentro de la tubería.		
G	Tasa de flujo	780	m ³ /hora
ρ	Densidad	1.23	kg/m ³
μ	Viscosidad	0.0000185	Pa-s
k	Conductividad térmica	0.025	W/m ² K

c	Capacidad calorífica	1006	J/kg-K
T1	Temperatura del fluido que ingresa a la tubería	280	C
Parámetros de tubería			
di	diámetro interno	380	milímetro
de	diámetro exterior	390	milímetro
L	longitud de la tubería	10	metro
kp	conductividad térmica de la tubería	45	W/m2-K
e	emitancia de la tubería o cubierta de aislamiento	0.8	
Parámetros de aislamiento			
it	espesor del aislamiento	50.8	milímetro
ki	conductividad térmica del aislamiento	0.037	W/m2-K
Condiciones ambientales (la tubería está al aire libre)			
T4	temperatura del aire	18	C
w	Velocidad del viento	5	m/s

Fuente: elaboración propia

En la tabla anterior se muestran los parámetros de análisis para determinar las pérdidas energéticas por transferencia de calor del modelo 2 – con aislamiento térmico de fibra de calcio.

Tabla 19. Cálculo del Número de Reynolds y Prant

Densidad (kg/m ³)	Viscosidad (Pa*s)	Diámetro (mm)	Velocidad (m/s)	Numero de Reynolds	Numero de Prant
1.23	1.85*10 ⁻⁵	380	1.91	48,267	0.7

En la tabla anterior se muestra que para determinar el Numero de Reynolds, se usan diferentes parámetros de cálculo, en base a ello se obtiene un resultado de 48,267.00, lo cual indica que es un flujo turbulento; además del valor del Número de Prant de 0.7.

Tabla 20. Cálculo del coeficiente de convección interior

Numero de Reynolds	Numero de Prant	Coef. de conductividad del fluido (W/m-K)	Diámetro (mm)	Coef. de convección interna (W/m²-K)
48,267	0.7	0.025	380	8

Ecuación 11

Fuente: elaboración propia.

En la tabla anterior se muestra el resultado del coeficiente de convección interna, obtenido a través de los parámetros establecidos, obteniendo un resultado de 8 W/m²-K.

Tabla 21. Cálculo de temperatura promedio

Temperatura ambiente (°C)	Temperatura asumida (°C)	Temperatura media (°C)
18	17.894	17.947

Fuente: elaboración propia.

En la tabla se muestra el resultado de una temperatura promedio, se asume 17.894 °C, ya que está bajo sombra y a una altura de 3 metros del cielo raso.

Tabla 22. Propiedades del aire para la temperatura promedio

Propiedades del aire a temperatura promedio			
mas a	peso molecular del aire	29	kg*mol ⁻¹
Pair e	presión de aire	100	kPa
kaire	Conductividad térmica del aire	0.0252	W/m-K
caire	Capacidad calorífica del aire (tratar como constante)	1006	J/kg-K
daire	Densidad del aire (tratar como gas perfecto)	1.21	kg/m ³
vaire	Viscosidad dinámica del aire	1.85*10 ⁻⁵	Pa-s

Fuente: elaboración propia.

En la tabla se muestran las propiedades del aire a la temperatura promedio asumida

Tabla 23. Factores para la constante de Hilpert

Factores para la ecuación de Hilpert		
Re	B	norte
0.4	0.891	0.33
4	0.821	0.385
40	0.615	0.466
4000	0.174	0.615
40000	0.0239	0.805

Fuente: elaboración propia.

Los factores para la ecuación de Hilpert, están basados en rangos dependiendo el tipo de flujo o el resultado obtenido de la ecuación del Número de Reynolds.

Tabla 24. Cálculo para el Número de Nusselt

Número de condición promedio	Reynolds - temperatura	Ecuación de Hilpert - B	Ecuación de Hilpert - n	Número de Nusselt
	165,563	0.0239	0.805	380

En la tabla anterior se muestra el resultado obtenido a través de la ecuación del Número de Nusselt, resultado obtenido a través de los nuevos parámetros promedios asumidos, siendo este de 380.

Tabla 25. Cálculo del coeficiente de convección exterior

Numero de Nusselt	Coef. de conductividad del aire (W/m-K)	Diámetro exterior (m)	Coef. de convección exterior (W/m²-K)
380	0.0252	0.2458	19.46

Ecuación 11

En la tabla se muestra el resultado obtenido para el coeficiente de convección exterior, este nos da un resultado de 19.46 W/m²-K.

Tabla 26. Cálculo del coeficiente de radiación exterior

Coef. De Stefan-Boltzman (W/m ² -K ⁴)	Emitancia de la tubería	Temperatura ambiental asumida (K)	Temperatura Ambiente (K)	Coef. de radiación exterior (W/m ² -K)
5.67*10 ⁻⁸	0.8	290.894	291	4.48

Ecuación 13

En la tabla anterior se muestra el resultado obtenido para el coeficiente de radiación exterior, este nos da un resultado de 4.48 W/m²-K.

Tabla 27. Cálculo de Coeficiente convección – radiación para el modelo 2

Coef. de convección exterior (W/m ² -K)	Coef. de radiación exterior (W/m ² -K)	Coef. de convección - radiación (W/m ² -K)
19.46	4.48	23.94

Ecuación 12

En la tabla anterior se muestran la adición de los coeficientes de convección exterior y el coeficiente de radiación exterior, dando así el resultado de 23.94 W/m²-K para el coeficiente de convección - radiación exterior.

Tabla 28. Cálculo del coeficiente global de transferencia de calor

Radio interior (m)	Radio exterior (m)	Radio exterior con aislamiento (m)	Coef. de transferencia de calor del aislante (W/m ² -K)	Coef. de convección interior (W/m ² -K)	Coef. de conductividad térmica de la tubería (W/m ² -K)	Coef. de convección - radiación (W/m ² -K)	Coef. global de transferencia de calor (W/m ² -K)
0.19	0.195	0.2458	0.037	8	0.45	23.94	0.6

Ecuación 22

En la tabla se muestra el resultado del coeficiente global de transferencia de calor, dando un resultado de 0.6 W/m²-K.

Tabla 29. Cálculo de las pérdidas de calor a través de la pared

Temperatura del fluido (°C)	Temperatura ambiente (°C)	Coef. global de transferencia de calor (W/m ² -K)	Pérdidas de calor (W/m ²)
280	18	0.6	179.8

En la tabla anterior, se puede observar el resultado obtenido para las pérdidas por transferencia de calor por metro cuadrado, este resultado obtenido es 179.80 W/m² para el modelo 2 – fibra de calcio.

Tabla 30. Cálculo de temperatura exterior

Temperatura Ambiente (°C)	Pérdidas de calor (W/m ²)	Coef. de convección - radiación (W/m ² -K)	Temperatura exterior (°C)
18	179.8	23.94	25.51

En la tabla anterior se muestra el cálculo para la temperatura exterior de la tubería, la cual muestra una temperatura de 25.51°C, a esta temperatura exterior se está perdiendo una energía calorífica, que puede aprovecharse montando un sistema de aislamiento térmico.

Tabla 31. Cálculo de pérdidas de calor por metro

Pérdidas de calor (W/m ²)	Diámetro exterior (m)	Pérdidas de calor por metro (W/m)
179.8	0.2458	277.7

En la tabla anterior se muestran las pérdidas de calor por cada metro lineal de tubería sin aislamiento térmico, este resultado obtenido es de 277.7 W/m, para una tubería de acero al carbono con diámetro de 0.2458 m incluyendo el aislamiento térmico de 50.8 mm de espesor.

Tabla 32. Cálculo de la temperatura de salida

Temperatura del fluido (°C)	Perdidas de calor por metro (W/m)	Longitud de la tubería (m)	Tasa de flujo (m ³ /h)	Densidad (kg/m ³)	Capacidad calorífica del fluido (J/kg-K)	Temperatura de salida (°C)
280	277.7	10	780	1.23	1,006	269.6

En la tabla anterior se muestran el resultado de la temperatura de salida del fluido de trabajo, este nos da un resultado de 269.6°C, que comparado al primer dato de entrada que la temperatura de trabajo es de 280°C, nos encontramos con una pérdida de 10.4 °C de temperatura de trabajo lo cual se podría asumir que no afectaría de manera sustancial ya que la temperatura de 269.6°C se encuentra dentro de los rangos de la temperatura de trabajo (249°C a 280°C).

Tabla 33. Cálculo de las pérdidas totales del modelo 2.

Pérdidas de calor por metro (W/m)	Pérdidas totales (kW)
277.7	0.2777

En la tabla anterior se muestra el resultado de pérdidas de calor en kW, estas pérdidas serán asumidas para un posterior valor monetario para el análisis final.

3.1.3. Cálculo de pérdidas de calor para el modelo 3 – con aislamiento térmico de lana de roca

Tabla 34. Parámetros generales de cálculo – modelo 3

Entradas de datos			
Aire	Fluido que fluye dentro de la tubería.		
G	Tasa de flujo	780	m3/hora
ro	Densidad	1.23	kg/m3
mu	Viscosidad	0.0000185	Pa-s
k	Conductividad térmica	0.025	W/m2K
c	Capacidad calorífica	1006	J/kg-K
T1	Temperatura del fluido que ingresa a la tubería	280	C
	Parámetros de tubería		
di	diámetro interno	380	milímetro
de	diámetro exterior	390	milímetro
L	longitud de la tubería	10	metro
kp	conductividad térmica de la tubería	45	W/m2-K
e	emitancia de la tubería o cubierta de aislamiento	0.8	
	Parámetros de aislamiento		
it	espesor del aislamiento	50.8	milímetro
ki	conductividad térmica del aislamiento	0.035	W/m2-K
	Condiciones ambientales (la tubería está al aire libre)		
T4	temperatura del aire	18	C
w	Velocidad del viento	5	m/s

En la tabla se muestran los parámetros de análisis para determinar las pérdidas energéticas por transferencia de calor del modelo 3 – con aislamiento térmico de lana de roca.

Tabla 35. Número de Reynolds y Prant

Densidad (kg/m ³)	Viscosidad (Pa*s)	Diámetro (mm)	Velocidad (m/s)	Número de Reynolds	Número de Prant
1.23	1.85*10 ⁻⁵	380	1.91	48,267	0.7

En la tabla se muestra que para determinar el Numero de Reynolds, se usan diferentes parámetros de cálculo, en base a ello se obtiene un resultado de 48,267.00, lo cual indica que es un flujo turbulento; además del valor del Número de Prant de 0.7.

Tabla 36. Coeficiente de convección interior

Numero de Reynolds	Numero de Prant	Coef. de conductividad del fluido (W/m-K)	Diámetro (mm)	Coef. de convección interna (W/m ² -K)
48,267	0.7	0.025	380	8

Ecuación 11

En la tabla se muestra el resultado del coeficiente de convección interna, obtenido a través de los parámetros establecidos, obteniendo un resultado de 8 W/m²-K.

Tabla 37. Cálculo de temperatura promedio

Temperatura ambiente (°C)	Temperatura asumida (°C)	Temperatura media (°C)
18	17.894	17.947

En la tabla anterior se muestra el resultado de una temperatura promedio, se asume 17.894 °C, ya que está bajo sombra y a una altura de 3 metros del cielo raso.

Tabla 38. Propiedades del aire para la temperatura promedio.

Propiedades del aire a temperatura promedio			
masa	peso molecular del aire	29	kg*mol ⁻¹
Paire	presión de aire	100	kPa
kaire	Conductividad térmica del aire	0.0252	W/m-K
caire	Capacidad calorífica del aire (tratar como constante)	1006	J/kg-K
daire	Densidad del aire (tratar como gas perfecto)	1.21	kg/m ³
vair	Viscosidad dinámica del aire	1.85*10 ⁻⁵	Pa-s

Tabla 39. Factores para la constante de Hilpert

Factores para la ecuación de Hilpert		
Re	B	norte
0.4	0.891	0.33
4	0.821	0.385
40	0.615	0.466
4000	0.174	0.615
40000	0.0239	0.805

Los factores para la ecuación de Hilpert, están basados en rangos dependiendo el tipo de flujo o el resultado obtenido de la ecuación del Número de Reynolds.

Tabla 40. Cálculo para el número de Nusselt

Número de Reynolds - condición temperatura promedio	Ecuación de Hilpert - B	Ecuación de Hilpert - n	Número de Nusselt
165,563	0.0239	0.805	380

En la tabla se muestra el resultado obtenido a través de la ecuación del Número de Nusselt, resultado obtenido a través de los nuevos parámetros promedios asumidos, siendo este de 380.

Tabla 41. Cálculo del coeficiente de convección exterior

Numero de Nusselt	Coef. de conductividad del aire (W/m-K)	Diámetro exterior+aisl. (m)	Coef. de convección exterior (W/m ² -K)
380	0.0252	0.2458	19.46

Ecuación 11

En la tabla se muestra el resultado obtenido para el coeficiente de convección exterior, este nos da un resultado de 19.46 W/m²-K.

Tabla 42. Cálculo del coeficiente de radiación exterior

Coef. De Stefan-Boltzman (W/m ² -K ⁴)	Emitancia de la tubería	Temperatura ambiental asumida (K)	Temperatura Ambiente (K)	Coef. de radiación exterior (W/m ² -K)
5.67*10 ⁻⁸	0.8	290.894	291	4.48

Ecuación 13

En la tabla se muestra el resultado obtenido para el coeficiente de radiación exterior, este nos da un resultado de 4.48 W/m²-K.

Tabla 43. Cálculo del coeficiente convección-radiación – modelo 3

Coef. de convección exterior (W/m ² -K)	Coef. de radiación exterior (W/m ² -K)	Coef. de convección - radiación (W/m ² -K)
19.46	4.48	23.94

Ecuación 16

En la tabla se muestran la adición de los coeficientes de convección exterior y el coeficiente de radiación exterior, dando así el resultado de 23.94 W/m²-K para el coeficiente de convección - radiación exterior.

Tabla 44. Cálculo del coeficiente global de transferencia de calor

Radio interior (m)	Radio exterior (m)	Radio exterior con aislamiento (m)	Coef. de transferencia de calor del aislante (W/m ² -K)	Coef. de convección interior (W/m ² -K)	Coef. de conductividad térmica de la tubería (W/m ² -K)	Coef. de convección - radiación (W/m ² -K)	Coef. global de transferencia de calor (W/m ² -K)
0.19	0.195	0.2458	0.035	8	0.45	23.94	0.5

Ecuación 16

En la tabla se muestra el resultado del coeficiente global de transferencia de calor, dando un resultado de 0.6 W/m²-K.

Tabla 45. Cálculo de pérdidas de calor a través de la pared

Temperatura del fluido (°C)	Temperatura ambiente (°C)	Coef. global de transferencia de calor (W/m ² -K)	Pérdidas de calor (W/m ²)
280	18	0.5	171.2

En la tabla se muestra el resultado obtenido para las pérdidas por transferencia de calor por metro cuadrado, este resultado obtenido es 171.20 W/m² para el modelo 3 – lana de roca.

Tabla 46. Cálculo de la temperatura exterior

Temperatura Ambiente (°C)	Pérdidas de calor (W/m ²)	Coef. de convección - radiación (W/m ² -K)	Temperatura exterior (°C)
18	171.2	23.94	25.15

En la tabla se muestra el cálculo para la temperatura exterior de la tubería, la cual muestra una temperatura de 25.15°C.

Tabla 47. Cálculo de pérdidas de calor por metro

Pérdidas de calor (W/m ²)	Diámetro exterior (m)	Pérdidas de calor por metro (W/m)
171.2	0.2458	264.4

En la tabla se muestran las pérdidas de calor por cada metro lineal de tubería sin aislamiento térmico, este resultado obtenido es de 264.4 W/m, para una tubería de acero al carbono con diámetro de 0.2458 m incluyendo el aislamiento térmico de 50.8 mm de espesor.

Tabla 48. Cálculo de temperatura de salida

Temperatura del fluido (°C)	Pérdidas de calor (W)	Longitud de la tubería (m)	Tasa de flujo (m ³ /h)	Densidad (kg/m ³)	Capacidad calorífica del fluido (J/kg-K)	Temperatura de salida (°C)
280	27 7.7	10	7 80	1. 23	1,0 06	270. 1

En la tabla se muestran el resultado de la temperatura de salida del fluido de trabajo, este nos da un resultado de 270.1°C, que comparado al primer dato de entrada que la temperatura de trabajo es de 280°C, nos encontramos con una pérdida de 10.4 °C de temperatura de trabajo lo cual se podría asumir que no afectaría de manera sustancial ya que la temperatura de 270.1°C se encuentra dentro de los rangos de la temperatura de trabajo (249°C a 280°C).

Tabla 49. Cálculo de pérdida de calor total para el modelo 3

Pérdidas de calor por metro (W/m)	Pérdidas totales (kW)
264.4	0.2644

En la tabla se muestra el resultado de pérdidas de calor en kW, estas pérdidas serán asumidas para un posterior valor monetario para el análisis final.

3.1.4. Cálculo de pérdidas de calor para el modelo 4 – sistema de aislamiento por capas de lana de roca y fibra de calcio

Tabla 50. Parámetros de cálculo para el modelo 4, sistema de aislamiento por capas de lana de roca y fibra de calcio

Entradas de datos			
Aire	<i>Fluido que fluye dentro de la tubería.</i>		
G	Tasa de flujo	780	m3/hora
ro	Densidad	1.23	kg/m3
mu	Viscosidad	0.0000185	Pa-s
k	Conductividad térmica	0.025	W/m2K
c	Capacidad calorífica	1006	J/kg-K
T1	Temperatura del fluido que ingresa a la tubería	280	C
	<i>Parámetros de tubería</i>		
di	diámetro interno	380	milímetro
do	diámetro exterior	390	milímetro
L	longitud de la tubería	10	metro
kp	conductividad térmica de la tubería	45	W/m2-K
e	emitancia de la tubería o cubierta de aislamiento	0.8	
	<i>Parámetros de aislamiento</i>		
it	espesor del aislamiento1	25.4	milímetro
ki	conductividad térmica del aislamiento1	0.037	W/m2-K
it2	espesor del aislamiento2	25.4	milímetro
ki2	conductividad térmica del aislamiento2	0.035	W/m2-K
	<i>Condiciones ambientales (la tubería está al aire libre)</i>		
T4	temperatura del aire	18	C
w	Velocidad del viento	5	m/s

En la tabla anterior se muestran los parámetros de análisis para determinar las pérdidas energéticas por transferencia de calor del modelo 4 – con aislamiento térmico por capas de lana de roca y fibra de calcio.

Tabla 51. Cálculo del número de Reynolds y Prant

Densidad (kg/m ³)	Viscosidad (Pa*s)	Diámetro (mm)	Velocidad (m/s)	Número de Reynolds	Número de Prant
1.23	1.85*10 ⁻⁵	380	1.91	48,267	0.7

En la tabla anterior se muestra que para determinar el Numero de Reynolds, se usan diferentes parámetros de cálculo, en base a ello se obtiene un resultado de 48,267.00, lo cual indica que es un flujo turbulento; además del valor del Número de Prant de 0.7.

Tabla 52. Cálculo del coeficiente de convección interior

Número de Reynolds	Número de Prant	Coef. de conductividad del fluido (W/m-K)	Diámetro (mm)	Coef. de convección interna (W/m ² -K)
48,267	0.7	0.025	380	8

Ecuación 11

En la tabla se muestra el resultado del coeficiente de convección interna, obtenido a través de los parámetros establecidos, obteniendo un resultado de 8 W/m²-K.

Tabla 53. Cálculo de la temperatura promedio

Temperatura ambiente (°C)	Temperatura asumida (°C)	Temperatura media (°C)
18	17.894	17.947

En la tabla se muestra el resultado de una temperatura promedio, se asume 17.894 °C, ya que está bajo sombra y a una altura de 3 metros del cielo raso.

Tabla 54. Propiedades del aire para la temperatura promedio.

Propiedades del aire a temperatura promedio			
masa	peso molecular del aire	29	kg*mol ⁻¹
Paire	presión de aire	100	kPa
kaire	Conductividad térmica del aire	0.0252	W/m-K
caire	Capacidad calorífica del aire (tratar como constante)	1006	J/kg-K
daire	Densidad del aire (tratar como gas perfecto)	1.21	kg/m ³
vaire	Viscosidad dinámica del aire	1.85*10 ⁻⁵	Pa-s

En la tabla se muestran las propiedades del aire a la temperatura promedio asumida.

Tabla 55. Factores de la constante de Hilpert

Factores para la ecuación de Hilpert		
Re	B	norte
0.4	0.891	0.33
4	0.821	0.385
40	0.615	0.466
4000	0.174	0.615
40000	0.0239	0.805

Los factores para la ecuación de Hilpert, están basados en rangos dependiendo el tipo de flujo o el resultado obtenido de la ecuación del Número de Reynolds.

Tabla 56. Cálculo del número de Nusselt

Número de Reynolds - condición temperatura promedio	Ecuación de Hilpert - B	Ecuación de Hilpert - n	Número de Nusselt
165,563	0.0239	0.805	380

En la tabla anterior se muestra el resultado obtenido a través de la ecuación del Número de Nusselt, resultado obtenido a través de los nuevos parámetros promedios asumidos, siendo este de 380.

Tabla 57. Cálculo del coeficiente de convección exterior

Número de Nusselt	Coef. de conductividad del aire (W/m-K)	Diámetro exterior+aisl. (m)	Coef. de convección exterior (W/m ² -K)
380	0.0252	0.2458	19.88

Ecuación 11

En la tabla anterior se muestra el resultado obtenido para el coeficiente de convección exterior, este nos da un resultado de 19.88 W/m²-K.

Tabla 58. Cálculo del coeficiente de radiación exterior

Coef. De Stefan-Boltzman (W/m ² -K ⁴)	Emitancia de la tubería	Temperatura ambiental asumida (K)	Temperatura Ambiente (K)	Coef. de radiación exterior (W/m ² -K)
5.67*10 ⁻⁸	0.8	290.894	291	4.48

Ecuación 15

En la tabla anterior se muestra el resultado obtenido para el coeficiente de radiación exterior, este nos da un resultado de 4.48 W/m²-K.

Tabla 59. Cálculo del coeficiente de convección - radiación

Coef. de convección exterior (W/m ² -K)	Coef. de radiación exterior (W/m ² -K)	Coef. de convección - radiación (W/m ² -K)
19.88	4.48	24.35

Ecuación 16

En la tabla se muestran la adición de los coeficientes de convección exterior y el coeficiente de radiación exterior, dando así el resultado de 24.35 W/m²-K para el coeficiente de convección - radiación exterior.

Tabla 60. Cálculo del coeficiente global de transferencia de calor

Radio interior (m)	Radio exterior (m)	Radio con aislamiento (m)	Coef. de transferencia de calor de las capas (W/m ² -K)	Coef. de convección interior (W/m ² -K)	Coef. de conductividad térmica de la tubería (W/m ² -K)	Coef. de convección - radiación (W/m ² -K)	Coef. global de transferencia de calor (W/m ² -K)
0.19	0.195	0.2458	0.035 - 0.037	8	0.45	24.35	0.54

Ecuación 22

En la tabla anterior se muestra el resultado del coeficiente global de transferencia de calor, dando un resultado de 0.54 W/m²-K.

Tabla 61. Cálculo de la pérdida de calor a través de la pared.

Temperatura del fluido (°C)	Temperatura ambiente (°C)	Coef. global de transferencia de calor (W/m ² -K)	Pérdidas de calor (W/m ²)
280	18	0.54	176.8

En la tabla anterior se muestra el resultado obtenido para las pérdidas por transferencia de calor por metro cuadrado, este resultado obtenido es 176.80 W/m² para el modelo 4 – aislamiento térmico por capas de lana de roca y fibra de calcio.

Tabla 62. Cálculo de la temperatura exterior

Temperatura Ambiente (°C)	Pérdidas de calor (W/m ²)	Coef. de convección - radiación (W/m ² -K)	Temperatura exterior (°C)
18	176.8	23.94	25.26

En la tabla se muestra el cálculo para la temperatura exterior de la tubería, la cual muestra una temperatura de 25.26°C.

Tabla 63. Cálculo de la pérdida de calor por metro

Pérdidas de calor (W/m ²)	Diámetro exterior (m)	Pérdidas de calor por metro (W/m)
176.8	0.2458	280.3

En la tabla anterior se muestran las pérdidas de calor por cada metro lineal de tubería sin aislamiento térmico, este resultado obtenido es de 280.3 W/m, para una tubería de acero al carbono con diámetro de 0.2458 m incluyendo el aislamiento térmico de 25.4 mm de espesor de cada aislante.

Tabla 64. Cálculo de la temperatura de salida

Temperatura del fluido (°C)	Perdidas de calor (W)	Longitud de la tubería (m)	Tasa de flujo (m ³ /h)	Densidad (kg/m ³)	Capacidad calorífica del fluido (J/kg-K)	Temperatura de salida (°C)
280	280.3	10	780	1.23	1,006	269.5

En la tabla anterior se muestran el resultado de la temperatura de salida del fluido de trabajo, este nos da un resultado de 269.5°C, que comparado al primer dato de entrada que la temperatura de trabajo es de 280°C, nos encontramos con una pérdida de 10.4 °C de temperatura de trabajo lo cual se podría asumir que no afectaría de manera sustancial ya que la temperatura de 269.5°C se encuentra dentro de los rangos de la temperatura de trabajo (249°C a 280°C).

Tabla 65. Cálculo de pérdidas de calor totales del modelo 4

Pérdidas de calor (W)		Pérdidas totales (kW)
280.3		0.2803

En la tabla anterior se muestra el resultado de pérdidas de calor en kW, estas pérdidas serán asumidas para un posterior valor monetario para el análisis final.

Tabla 66 – Resumen de los resultados obtenidos

Modelo	Pérdidas	Unidad
1 - Sin Aislamiento	2,210.30	W
2 - Capa de fibra de calcio	277	W
3 - Capa de Lana de roca	264.4	W
4 - Capa de fibra de calcio + lana de roca	280.3	W

Tabla 67 – Comparación de ahorro energético

	Consumo kW	Tiempo de Calentamiento h	# Veces al día	Mes	Año	Tarifa MT4	Soles/año
Sin pérdidas	24	3	3	30	12	0.3	23328
Modelo 1	26.2103	3.25	3	30	12	0.3	27599.4459
Modelo 3	24.2644	3	3	30	12	0.3	23882.04

Tabla 68. Costo total de la inversión del modelo 3

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	TOTAL
Rollo de alambre	Rollo 50 m	2	75.99	151.98
Lana de roca	m2	17	497.41	8455.97
Recubrimiento	m2	18	143.99	2591.82
Transporte de materiales	- -	2	650	1300
Mano de Obra	- -	1	2500	2500
Equipo técnico	- -	1	3500	3500
Herramientas y equipos	- -	1	1800	1800
Gastos imprevistos	- -	--	1500	1500
TOTAL				21799.77

La tabla anterior muestra los costos totales de la inversión del modelo 3, según datos técnicos es el mejor modelo para la reducción de pérdidas energéticas según el análisis realizado, los costos incluyen IGV.

Tabla 69. Análisis económico – TIR y VAN

	Modelo 3 - Lana de Roca
K TASA DE INTERES	10%
PERIODOS	20
INVERSIÓN	21,799.77
INGRESOS	3,717.41
VAR	9,848.37
TIR	16%

Al realizar el análisis del proyecto modelo 3 – Lana de roca nos indica que, en el supuesto de realizar la inversión en un sistema de aislamiento térmico de lana de roca, se generaría un VAN de 9,848.37 Nuevos soles, y una TIR de 16%, lo que nos indica que nuestro proyecto es totalmente viable.

Tabla 70. Periodo de amortización de la Inversión

	Modelo 3 - Lana de roca
INVERSIÓN	21,799.77
INGRESOS ANUALES POR AHORROS ENERGÉTICOS	3,717.41
PLAZO DE AMORTIZACIÓN (AÑOS)	6

La tabla nos muestra que el periodo de amortización del modelo 3 – Lana de roca, la recuperación de la inversión se recuperara alrededor de 6 años..

3.2. Discusión

La presente investigación que se enmarca en el estudio de la termo economía de la lana de roca y fibra de calcio, donde se analizar la pérdida energética en secadores desecantes, se ha hecho el análisis de cuatro (04) propuestas de combinaciones de los aislantes antes mencionados.

El primer modelo se analiza las pérdidas de calor en las tuberías sin aislante térmico, teniendo una pérdida de energía de 1804 W/m², el modelo dos se analiza las pérdidas de calor utilizando el aislante térmico de fibra de calcio teniendo una pérdida de calor de 179,8 W/m², el modelo tres considera el uso de lana de roca como aislante térmico teniendo una pérdida de 171,12 W/m², el modelo cuatro es una combinación de lana de roca y fibra de calcio, teniendo una pérdida de energía de 176,8 W/m².

Estos valores tienen relación con los datos técnicos de los aislantes, de acuerdo a los estudios realizados con los cual podemos indicar que los hallazgos en esta investigación subrayan la relevancia y aplicabilidad del uso de aislantes térmico para que los sistemas de transferencia de calor por tuberías sean lo más eficiente posibles.

IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. Conclusiones

- ✓ Se determinaron las pérdidas energéticas sin el uso de un aislamiento térmico (modelo 1), estas pérdidas energéticas fueron de 2,210.3 W, lo cual nos hace una pérdida de 4271.4459 soles/año a través de estas pérdidas energéticas.
- ✓ Las pérdidas a través de las combinaciones se fueron nombrando modelo 2 – aislamiento de fibra de calcio, este nos da unas pérdidas energéticas de 277 W, para el modelo 3 – aislamiento de Lana de roca, este nos da unas pérdidas energéticas de 264.4 W, y para el modelo 4 – aislamiento térmico por capas de lana de roca y fibra de calcio, este nos da unas pérdidas de 280.3 W, por lo tanto podemos afirmar el modelo 3 – aislamiento de lana de roca, nos da un ligero mejor rendimiento para este proyecto.
- ✓ Se determino la inversión total de este proyecto el cual cuenta con una inversión de S/. 21,799.77.
- ✓ Se realizó el análisis económico según el estudio obtenido, lo cual es mas factible el modelo 3, de esta investigación ya que es totalmente viable, otorgando un periodo de amortización de 6 años.

4.2. Recomendaciones

Se sugiere a proyectos futuros que le brinden la continuidad a este trabajo de investigación, complementándolo con el uso de equipos especializados para tener una mayor certeza de los datos obtenidos.

Se recomienda el a la comunidad de investigación científica, sobre estos proyectos se tomen más a profundidad por su aporte analítico, que favorece al desarrollo eficiente de estos procesos.

V. REFERENCIAS

- [1] M. Reini y C. Melchiorre, «The future of thermoeconomics: From industrial cost minimization toward cumulative resources accounting and sustainability assessment,» vol. 307, nº 132591, 2024.
- [2] S. Fuchsl, F. Rheude y H. Röder, «Life cycle assessment (LCA) of thermal insulation materials: A critical review,» *Cleaner Materials*, p. 14, 2022.
- [3] N. Hemmati, R. Mirzaei, P. Soltani, U. Berardi, M. J. S. Mozafari, H. Edalat, E. Rezaieyan y E. Taban, «Acoustic and thermal performance of wood strands-rock wool-cement composite boards as eco-friendly construction materials,» *Construction and Building Materials*, nº 13795, p. 445, 2024.
- [4] A. Hayrullin, I. Habibullina y V. Iliyn, «Experimental study pipe insulation heat losses with moisture ingress,» *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, p. 6, 2022.
- [5] A. R. Toscano, J. C. M. Herazo, D. Á. Arias y R. R. Restrepo, «Evaluation of TiO₂ and CaCO₃ in fiber cement roof tiles for reducing the thermal load building,» *The 3rd Internacional Workshop of Innovation and technologies (IWIT2022)*, pp. 627-632, 9-11 Agosto 2022.
- [6] T. Sugama y T. Pyatina, «Thermally Insulating, Thermal Shock Resistant Calcium Aluminate Phosphate Cement Composites for Reservoir Thermal Energy Storage,» *Materials*, 12 Septiembre 2022.

- [7] P. S. Kermani, M. Ghatee y J. T. S. Irvine, «Characterization of a barium-calcium-aluminosilicate glass/fiber glass composite seal for intermediate temperature solid oxide fuel cells,» *Cerámica y Vidrio*, p. 11, 17 Mayo 2022.
- [8] G. Yunus A., B. Michel A y K. Mehmet, *Termodinaca*, México, D.F.: McGRAW-HILL/INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V, 2019.
- [9] D. d. F. -. UNS, «Termodinamica - Transferencia de Calor,» Buenos Aires, 2017.
- [10] F. Kreith, R. M. Manglick y M. S. Bohn, *Principios de la Transferencia de Calor*, Séptima ed., México: Cengage Learning Editores S.A., 2012.
- [11] Y. A. Cengel, *TRANSFERENCIA DE CALOR Y MASA*, Tercera ed., México: Graw Hill, 2007.

VI. ANEXOS



Ficha técnica

Manta Lana Mineral De Roca

Código: SF-051 (230)	Versión: 2	Revisión: 02/08/2018
----------------------	------------	----------------------

Descripción:

Son aislamientos de fibra de lana mineral hechas de roca basáltica y escoria. Esta combinación resulta en un producto incombustible con un punto de fusión de aproximadamente 2150 ° F (1177 ° C), lo que le da excelente resistencia al fuego.

Principales calificadores de aplicación:

- Flexibilidad
- Incombustibilidad
- Baja absorción de humedad
- Puede ser fabricada / laminada
- Resistente al fuego
- Excelente resistencia térmica
- No se pudre ni mantener los bichos
- No promueve el crecimiento de hongos o moho
- Productos libre de CFC y HCFC y el proceso
- Hecho de material natural y reciclado

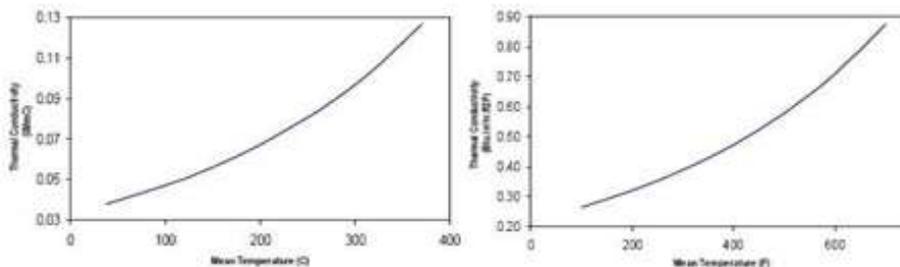
Propiedades:

Es repelente al agua, material permeable al vapor es una solución flexible, ligera, resistente al fuego y al sonido absorbente.

Usos:

Es adecuado para su uso en industrias petroquímica, plantas de generación de energía, calderas, hornos, torres y equipos de secado.

Conductividad Térmica



Cra. 51B N° 12 Sur 77 PBX (034) 444 18 04 – 3147891636

www.sissa.com.co



Especificaciones:

Parámetros técnicos		
Propiedades	Unidad	Vapor
Densidad	Kg /m ³	60-80-90 100
Conductividad térmica (70°C)	W/(m*K)	≤0.038
Temperatura Máxima de Servicio	°C	650
Temperatura de Contracción térmica bajo carga	°C	400
Contracción lineal	%	<2
Tasa de volumen de absorción de humedad	%	≤0.02
Tasa Hidrofóbica	%	≥99
Rendimiento de combustión	Clase A1, No combustible	-

Rendimiento Acústico:

ASTM C423 CO-EFFICIENTS AT FREQUENCIES							
Thickness	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	NRC
1.5"	0.15	0.47	0.98	1.06	1.02	1.02	0.90
2.0"	0.28	0.68	1.14	1.13	1.06	1.07	1.00
3.0"	0.62	1.03	1.20	1.10	1.08	1.10	1.10
4.0"	1.07	1.01	1.07	1.06	1.07	1.06	1.05



FICHA DE PRODUCTO

CONTRIBUCIÓN A LA CERTIFICACIÓN
EDIFICIO SOSTENIBLE (CES)
www.certificadocertifico.cl



Luis Carrasco
Jefe Área Técnica
Dirección: Aguilera 1357, piso 13 - Santiago, Chile
Teléfono: 800 386 2001

email: lcarra@volcan.cl
luc@volcan.cl

Año: 2009

TIPO DE PRODUCTO

LANA MINERAL AISLAN

Lana mineral fabricada mediante fusión, en un horno de pulirón, compuesto de una mezcla de dióxido de silicio, a una temperatura aproximada de 1.500°C. Alargos fibras y abundante escoria, consolidado por fibras minerales lástas estables, que se aglomeran para formar coqueositas, flocos y celos predefinidos, que forman su interior aire quieto.

Uso

Aislante térmico para el aprovechamiento de energía en procesos industriales, aislación térmica de viviendas, edificios comerciales, servicios y como absorbente del sonido en acondicionamiento acústico ambiental.

Características

- Aislación térmica: Baja conductividad térmica de 0,038 a 0,040 W/m°C a 20 °C.
- Absorbente acústico: Debido a su superficie rugosa y porosa, contribuyendo al acondicionamiento acústico ambiental, debido a la estructura de la asociación de celos.
- Ininflamabilidad: No pierde sus características físicas con el paso del tiempo, es ignífuga, químicamente resistente, no cambia ni resquebraja en agua. No conduce electricidad y es resistente a ácidos, álcalis, ni otros (inferior a 100 ppm).
- Incombustible.

PRODUCTOS

COLCHONETA LIBRE

Panel flexible sin revestimiento, de fácil instalación debido a su gran flexibilidad. Conformado con lana mineral, de dimensiones predefinidas y de baja densidad.



Uso

En edificaciones habitacionales, como aislante térmico y absorbente acústico en techos de hormigón, celos, lástas, bloques y muros.

Presentación

Tipo	Espesor (mm)	Ancho (m)	Largo (m)	Unidad de Empaque
Colchoneta Libre	40	0,5	1,2	m ²
	50	0,5	1,2	m ²
	60	0,5	1,2	m ²
	80	0,5	1,2	m ²
	100	0,5	1,2	m ²

(*) A pedido.

Propiedades Colchoneta Libre espesor 40mm

Resistencia Térmica (R): 0,94 (m²K/W)
Coeficiente de transmitancia térmica (U): 1,06 (W/m² K)
Conductividad Térmica (λ): 0,040 (W/mK), de acuerdo a certificado 711.901 de IDESA

Propiedades Colchoneta Libre espesor 50mm

Resistencia Térmica (R): 1,22 (m²K/W)
Coeficiente de transmitancia térmica (U): 0,82 (W/m² K)
Conductividad Térmica (λ): 0,040 (W/mK), de acuerdo a certificado 711.901 de IDESA

Propiedades Colchoneta Libre espesor 60mm

Resistencia Térmica (R): 1,43 (m²K/W)
Coeficiente de transmitancia térmica (U): 0,70 (W/m² K)
Conductividad Térmica (λ): 0,040 (W/mK), de acuerdo a certificado 711.901 de IDESA

Propiedades Colchoneta Libre espesor 80mm

Resistencia Térmica (R): 1,9 (m²K/W)
Coeficiente de transmitancia térmica (U): 0,53 (W/m² K)
Conductividad Térmica (λ): 0,040 (W/mK), de acuerdo a certificado 711.901 de IDESA

Propiedades Colchoneta Libre espesor 100mm

Resistencia Térmica (R): 2,30 (m²K/W)
Coeficiente de transmitancia térmica (U): 0,43 (W/m² K)
Conductividad Térmica (λ): 0,040 (W/mK), de acuerdo a certificado 711.901 de IDESA

COLCHONETA PAPEL UNA CARA

Panel flexible con una lámina de papel kraft impermeabilizado, además en uno de sus caras, adecuado como barrera de vapor, que evita condensaciones de superficie.



Uso

Como aislación térmica y acústica en techos de hormigón, celos, lástas, bloques y muros, especialmente en ambientes húmedos.

Presentación

Tipo	Espesor (mm)	Ancho (m)	Largo (m)	Unidad de Empaque
Colchoneta Papel Una Cara	40	0,5	1,2	m ²
	50	0,5	1,2	m ²
	60	0,5	1,2	m ²
	80	0,5	1,2	m ²
	100	0,5	1,2	m ²

(*) A pedido.

Propiedades Colchoneta Libre espesor 40mm

Resistencia Térmica (R): 0,94 (m²K/W)
Coeficiente de transmitancia térmica (U): 1,06 (W/m² K)
Conductividad Térmica (λ): 0,040 (W/mK), de acuerdo a certificado 711.901 de IDESA

Propiedades Colchoneta Libre espesor 50mm

Resistencia Térmica (R): 1,22 (m²K/W)
Coeficiente de transmitancia térmica (U): 0,82 (W/m² K)
Conductividad Térmica (λ): 0,040 (W/mK), de acuerdo a certificado 711.901 de IDESA

Propiedades Colchoneta Libre espesor 60mm

Resistencia Térmica (R): 1,43 (m²K/W)
Coeficiente de transmitancia térmica (U): 0,70 (W/m² K)
Conductividad Térmica (λ): 0,040 (W/mK), de acuerdo a certificado 711.901 de IDESA

Propiedades Colchoneta Libre espesor 80mm

Resistencia Térmica (R): 1,9 (m²K/W)
Coeficiente de transmitancia térmica (U): 0,53 (W/m² K)
Conductividad Térmica (λ): 0,040 (W/mK), de acuerdo a certificado 711.901 de IDESA

ASPECTOS TÉCNICOS

LABORATORIOS
SOLUCIONES Y MÁS



LABORATORIO
DE ACÚSTICA



LABORATORIO
DE MATERIALES



Este producto ha sido certificado por el Comité de Certificación de Edificios Sostenibles (CES) de Chile, otorgando el nivel de certificación sostenible de Edificio Sostenible (ES) 100.

Este producto ha sido certificado por el Comité de Certificación de Edificios Sostenibles (CES) de Chile, otorgando el nivel de certificación sostenible de Edificio Sostenible (ES) 100.

Este producto ha sido certificado por el Comité de Certificación de Edificios Sostenibles (CES) de Chile, otorgando el nivel de certificación sostenible de Edificio Sostenible (ES) 100.

luc@volcan.cl
ventas@certificadocertifico.cl



FICHA DE PRODUCTO

CONTRIBUCIÓN A LA CERTIFICACIÓN
EDIFICIO SUSTENTABLE (CES)

www.volcan.cl



Los Cerros
Jefe Ana Tercera
Dirección Aguilera 1357, piso 10 - Santiago, Chile
Teléfono: 600.262000

email: informa@volcan.cl
info@volcan.cl

Abril 2021

Procedimiento Colchrometa Línea superior 200mm.
Resistencia Térmica (R): 2,30 (m²W/K)
Coeficiente de transmitancia térmica (U): 0,43 (W/m² K)
Conductividad Térmica (λ): 0,040 (W/mK), de acuerdo a certificado 711.807 de IDEM

COLCHRONETA PAPEL DOS CARAS

Papel flexible compuesto de celulosa de fibras minerales, con laminas de papel kraft adheridas en ambas caras. Sólo uno de estas laminas es papel impregnado con la cual actúa como barrera de vapor evitando condensaciones de superficie, lo otro cara es de papel kraft para aportar mayor resistencia mecánica a la colchrometa y facilitar su manipulación.



Usos

Aislación térmica y acústica de losas de hormigón, de las falsas, bóvedas y muros, especialmente en ambientes húmedos.

Presentación

Tipo	Espesor (mm)	Ancho (m)	Largo (m)	Unidad de entrega
Colchrometa	80	0,2	1,2	m ²
Papel 2 caras	80	0,2	1,2	m ²

Procedimiento Colchrometa Papel de caras superior 20mm.
Resistencia Térmica (R): 1,13 (m²W/K)
Coeficiente de transmitancia térmica (U): 0,88 (W/m² K)
Conductividad Térmica (λ): 0,041 (W/mK), de acuerdo a certificado 711.807 de IDEM

Procedimiento Colchrometa Papel de caras superior 40mm.
Resistencia Térmica (R): 1,80 (m²W/K)
Coeficiente de transmitancia térmica (U): 0,55 (W/m² K)
Conductividad Térmica (λ): 0,041 (W/mK), de acuerdo a certificado 711.807 de IDEM

Las indicaciones de uso entregadas por Volcan están basadas en su experiencia y conocimiento. Los productos funcionan siempre que se cumplen las condiciones de almacenamiento, manipulación y aplicación entregadas por el fabricante. Por lo tanto, Volcan no se hace responsable del mal funcionamiento de sus productos debido a su uso bajo condiciones diferentes a las indicadas en las instrucciones.

Para información técnica de instalación, almacenamiento, fichas de seguridad, certificaciones, etc de este producto consulte al proveedor en www.volcan.cl o asistencia técnica 600.262.000

DESCRIPCIÓN

Volcan es una empresa líder en soluciones constructivas que generan habitabilidad, confort, eficiencia y sustentabilidad. Su propósito es hacer posible un mejor estándar de vida para las personas, en cada espacio donde habitamos, en este y las próximas generaciones.

El portafolio de soluciones constructivas Volcan está conformado por soluciones para fachadas y divisiones interiores, como Volcanías para distintos usos, Volcanías, Almacentamientos Sliding y Volcanías Dual y papel de regalo; soluciones para techumbres y divisiones, como lasjas acústicas, membranas, baldos y ductos; soluciones para aislamiento térmico, acústico, eléctrico y eficiencia energética, como lana de vidrio Akaboglass, lana mineral Avalor, Soroques y Rapiroc; soluciones para terminaciones perfectas como Yeso Volcan marshall y proyectado; resinas, compuestos, juntas, esquistos Luvellite, Volcanid, Volcanbond y Homenajes Pro y soluciones para protección pasiva al fuego como compartimentación, sellado de juntas y protección de estructuras resistentes. Adicionalmente, Volcan ofrece servicios de asesoría técnica que responden a las diversas necesidades de sus clientes.

Así también, la gestión ambiental responsable, cuidados del entorno y de los recursos naturales, constituyen una prioridad estratégica para Volcan. Por este motivo, el año 2014 crean el área de "Sostenibilidad" encargada de registrar, controlar y aprender de todos los incidentes que implican impactos ambientales, además de iniciar y consolidar el programa transversal "Volcan Sustentable", compuesto por planes que se ejecutan de acuerdo a todos los ámbitos de gestión ambiental, con el objetivo de configurar una gestión sustentable de recursos, emisiones, uso de la energía, uso del recurso hídrico, niveles de ruido, control de aguas lluvias, entre otros temas para lograr, finalmente, un desarrollo ambiental responsable con el entorno.

Actualmente, Volcan cuenta con un Sistema de Gestión de la Calidad conforme con la Norma ISO 9001:2015 (https://www.volcan.cl/volcan/iso_9001.pdf), Sistema de Gestión Ambiental conforme con la Norma ISO 14001:2015 (<https://www.volcan.cl/volcan/iso14001.pdf>) y con un Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo (SHOAS) 18001:2007 (<https://www.volcan.cl/volcan/iso18001.pdf>)



Además, desde el 2018 Volcan ha desarrollado su Reporte de Sostenibilidad, donde se han abordado los principales desafíos sostenibles de la organización, tales como el análisis de sus fuentes prácticas e investigación a grupos de interés internos y externos. Este documento se desarrolla en base a los lineamientos entregados por Global Reporting Initiative (GRI) en su más reciente versión.



Este reporte representa el inicio de una nueva era en Volcan, donde por no ser sólo existe preocupación por la solución a los problemas de sus clientes, sino que también existe una preocupación por todo nuestro entorno y sus comunidades. La última versión del Reporte de Sostenibilidad, así como los gráficos, se encuentran disponibles para descargar en: <https://www.volcan.cl/volcan-de-sostenibilidad>

ASPECTOS TEMÁTICOS

RECURSOS HUMANOS
ECONOMÍA



RELAZIONAMENTO
SOCIETARIO



INCAICAMENTO
SOCIETARIO



El GBC Chile es un organismo sin fines de lucro que promueve el uso de materiales y productos sostenibles en la construcción, a través de sus certificaciones.

Los aspectos temáticos de gestión y desempeño que aparecen en esta sección corresponden a aquellos aspectos de mayor relevancia para los stakeholders de la organización, de acuerdo a los estándares de la norma ISO 26000 y de acuerdo a los requisitos de la Ley 20.611 que establece la transparencia y el acceso a la información pública.

info@volcan.cl
contacto@certificacionvolcan.cl



Industrial Insulation Group, LLC

A Collier/Johnson Masville John Whelan

AISLAMIENTOS PARA TUBERÍAS Y EQUIPOS

Thermo-12® Gold

AISLAMIENTO PARA TUBERÍAS Y EQUIPOS

DESCRIPCIÓN

Thermo-12 Gold es un aislante pre-formado en medias cañas para tuberías y bloques, resistente al maltrato y las altas temperaturas, con excepcional resistencia estructural y su composición de silicato de calcio hidratado permite que se use en sistemas que operan hasta 650°C (1200°F). Es inorgánico, incombustible, libre de asbestos y cumple o supera los requisitos de propiedades físicas y térmicas de la norma ASTM C533, Tipo 1. Thermo-12 Gold tiene integrado **XOX**, una distintiva fórmula y proceso que inhibe corrosión a superficies externas de tuberías y equipos.

VENTAJAS

- Excelente resistencia a daños, aumentando la vida útil del sistema.
- Inhibe la corrosión a el acero de carbono, y a tuberías y equipo de acero inoxidable.
- Consistente desempeño térmico a 650°C (1200°F).
- Aislamiento incombustible.
- Resistencia estructural protege contra daño al aislamiento y recubrimiento.
- Libre de Asbesto, Mercurio y Plomo.
- No contiene aglutinantes orgánicos; No hay pérdida a la integridad del aislamiento debido a la combustión del aglutinante.
- Amplia selección de tamaños y formas.

APLICACIONES

Thermo-12 Gold es el producto de preferencia para aplicaciones a alta temperatura en tuberías y equipos debido a su resistencia, baja conductividad térmica, duración y desempeño de la inhibición de la corrosión. Thermo-12 Gold se recomienda especialmente para las industrias petroquímicas y de electrogeneración donde las tuberías y equipos operan hasta 650°C (1200°F). Las propiedades de inhibición de la corrosión de **XOX** no se disminuyen con calentamiento-enfriamiento, y la protección contra la corrosión continuará durante la vida del producto. Thermo-12 Gold no se quema y se puede usar para protección contra fuego en algunas aplicaciones. Por favor visite nuestra página web www.iig-llc.com, para obtener específica información de aplicación.

PREVENCIÓN DE INCENDIOS

Características de Quemado Superficial. Cuando se prueba a conformidad con las normas ASTM E 84, NFPA 255, y UL 723, el aislante Thermo-12 Gold tiene un índice de 0/0 en propagación de llama y desarrollo de humo.

No Combustible. Cuando se prueba a conformidad con la norma ASTM E136 según definido por NFPA 255 y NFPA 101.

INFORMACIÓN ADICIONAL Y MSDS

Por favor visite nuestro sitio web www.iig-llc.com.



Thermo-12® Gold

Limite de Temperatura Operativa: 650°C (1200°F)

FORMAS Y TAMAÑOS DISPONIBLES

Diámetro de Tubería		Tipo de Thermo-12 Gold
pulg.	mm	
1/2-24	15-600	Preformado en medias cañas para Tubería
20-37	500-925	Segmentos Cuádruples
38-52	950-1300	Segmentos Hexagonales (Sólo en la planta de Rawdon)
30 mínimo	750 mínimo	Bloque Ranurado [12 pulg. (305 mm) de ancho] [18 pulg. (457 mm) de ancho (sólo en la planta de Mesa)]
Superficies Planas		Bloque Plano [6", 12" y 18" de ancho] [152 mm, 305 mm y 457 mm de ancho]

El aislante Thermo-12 Gold para tuberías es producido en tramos de 36 pulg. (914 mm) y está disponible en espesores de 1 pulg. (25 mm) a 6 pulg. (150 mm) en incrementos de 1/2 pulg. (13 mm). Espesores mayores se pueden suministrar en doble capa.

El aislante de bloque plano Thermo-12 Gold mide 12 pulg. (305 mm) de ancho y 36 pulg. (914 mm) de largo, y está disponible en espesores de 1 pulg. (25 mm) a 4 pulg. (100 mm) en incrementos de 1/2 pulg. (13 mm). Anchos no estándar de 18 pulg. (457 mm), 24 pulg. (610 mm) y 36 pulg. (914 mm) se pueden obtener mediante una consulta de precio para producto especial.

GUIA DE APLICACIONES PARA BLOQUE RANURADO

Diámetro Mínimo			
Espesor de Aislante		Ranura Triple	
pulg.	mm	pulg.	mm
1 1/2	38	30	762
2	51	40	1016
2 1/2	64	50	1270
3	76	60	1524
3 1/2	89	70	1778
4	102	80	2032



www.iig-llc.com

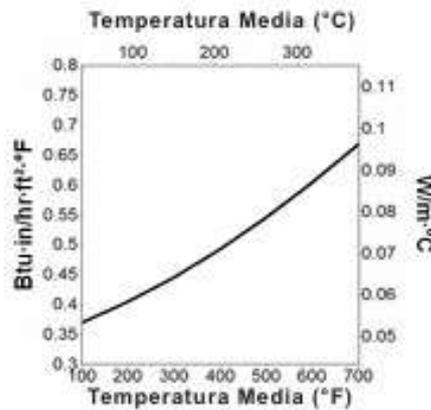
La mejor de soluciones en su lugar de trabajo y mundo más seguro.

IIG-1005 07-10 (SUSTITUYE 06-09)

Thermo-12[®] Gold

AISLAMIENTO PARA TUBERÍAS Y EQUIPOS

CONDUCTIVIDAD TÉRMICA *



Medio Temperatura	°C	38	93	149	204	260	316	371
	°F	100	200	300	400	500	600	700
Btu-in/hr-ft²-F		.37	.41	.45	.49	.55	.60	.67
W/m-°C		.653	.658	.664	.671	.679	.687	.696

* Aislante Thermo-12 Gold en medias cañas y bloque cuando se prueba a conformidad con las normas ASTM C177, ASTM C518 y ASTM C335.

CERTIFICACIÓN DE PRODUCTO

Al pedir materiales con el fin de cumplir alguna especificación gubernamental o cualquier otra especificación publicada, debe indicarse dicha condición en la orden de compra. Para las regulaciones gubernamentales y otras especificaciones publicadas se requieren pruebas específicas del lote, y se prohíbe certificar el cumplimiento después de embarque. Pueden haber cargos adicionales asociados con las pruebas para conformidad con las especificaciones. Por favor refiérase a IG-CSP-3 para los Cargos Y Procedimientos de Certificación. Consulte con el Servicio al Cliente para información adicional.

CERTIFICACIÓN ISO 9000

Thermo-12 Gold es diseñado, manufacturado, y probado en nuestras propias instalaciones, que son certificadas e inspeccionadas con rigurosas normas de calidad de la serie ISO 9000 (ANSI/ASQ 90). Esta certificación, junto con periódico de auditoría independiente de terceros para el cumplimiento, es su garantía de que este producto ofrece una alta calidad constante.

Industrial Insulation Group, LLC es una sociedad conjunta de Cabot/Johns Manville. IG fabrica Min Wool-1200[®] fibra mineral prensada en tuberías, bloque y una variedad de otros aislamientos, Thermo-12[®] Gold aislamiento de silicato de calcio en tuberías y bloques, Placas incombustibles Super Firestop[®], Spunle WR-1200[®] perlita expandida en tuberías y bloques, adhesivos de alta temperatura, y cemento aislante para acabado.

IG
Industrial Insulation Group, LLC
A Cabot/Johns Manville Joint Venture
2100 LINE STREET • BRUNSWICK, GA 31520

IG-3005 07-10 (SUSTITUYE 06-09)

CONFORMIDAD CON LAS ESPECIFICACIONES

ASTM C165 Resistencia a la Compresión	> 690kPa (100 lb/pulg ²) para producir 5% de compresión
ASTM C203 Resistencia a la Flexión	> 450kPa (50 lb/pulg ²)
ASTM C302 Promedio de Densidad (En Seco)	> 230kg/m ³ (14 lb por pie ³)
ASTM C356 Encogimiento Lineal	Menos de 2.0% después de 24 horas de inmersión a 650°C (1200°F)
ASTM C421 Resistencia a la Abrasión % de Pérdida de Peso por Agitación Rotatoria	Después de 10 min.: <20% Después de 20 min.: <40%
ASTM C447 Temperatura Máxima de Servicio	650°C (1200°F)
ASTM C533, Especificación de Material Tipo I	Pasa
ASTM C665 Compatibilidad al Acero	Pasa-Inhíbe
ASTM C795/C871/C692 Corrosividad	Pasa-Inhíbe
ASTM C1338 Resistencia a Hongos	Pasa
ASTM C1617 Corrosividad	Pasa-Inhíbe
ASTM E84 Características de quemado superficial	Propagación de Llama -0 Desarrollo de Humo -0
ASTM E119 Prueba de Fuego en Edificios	Pasa
ASTM E136 Incombustibilidad	Pasa
BS 476 PARTE II	Pasa
CAN/ULC S-102 Características de Combustión de la Superficie	Propagación de Llama -0 Desarrollo de Humo -0
MEA (aceptación de materiales y equipo) en la Ciudad de New York	436-88-M
ISO 8143 Especificación de Materiales	Pasa
MIL-I-24264 Especificación Militar	Pasa
MIL-I-2781F a 650°C (1200°F) (Tubería) Especificación Militar	Pasa
MIL-I-2819F Clase 2 a 650°C (1200°F) (Bloque) Especificación Militar	Pasa
Guía Regulatoria del NRC 1.36 (Comisión de Regulación Nuclear)	Pasa
NFPA 255 Características de Combustión de la Superficie	Propagación de Llama -0 Desarrollo de Humo -0
UL 1709 Prueba de Fuego a Hidrocarburos	Clasificada (Vea el Documento, IG TB805)

Las propiedades físicas y químicas representan valores de promedio típico, obtenidos en acuerdo a los métodos de prueba aceptados y están sujetos a variaciones de fabricación normales. Se prepararon como un servicio técnico y están sujetos a cambio sin previo aviso. Las referencias a los índices numéricos de propagación de llama y desarrollo de humo generado no reflejan el peligro que representan estos materiales si manejar otro material bajo condiciones de incendio real. Para obtener información actualizada, consulte con la Oficina de Ventas. **Todos los productos de Industrial Insulation Group se venden bajo la Garantía Limitada y Restricción de Recursos de IIG.** Para obtener una copia de la Garantía Limitada y Restricción de Recursos de IIG, solicítela por correo electrónico a info@iig-llc.com.

VENTAS, INFORMACIÓN DE PRODUCTOS
Y ASISTENCIA TÉCNICA
[800] 866-3234

www.iig-llc.com

© 2010 Industrial Insulation Group.
Impreso en los Estados Unidos.

AUTORIZACIÓN PARA EL RECOJO DE INFORMACIÓN

Chiclayo, 12 de mayo de 2022

Quien suscribe:

Sr. Marlon Javier Ramírez Olano

Gerente General – Distribuciones Rodrigo SAC

AUTORIZA: Permiso para recojo de información pertinente en función del proyecto de investigación,

denominado: Termo economía del Aislante Térmico de Lana de roca y Fibra de Calcio para reducir pérdidas energéticas en secadores desecantes

Por el presente, el que suscribe, señor (a, ita), MARLON JAVIER RAMIREZ OLANO, representante legal de la empresa: DISTRIBUCIONES RODRIGO SAC. , AUTORIZO al estudiante: MARK ANTHONY LANDAZURI RODRIGO, identificado con DNI N° 75006830, estudiante de la Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica Eléctrica, y autor del trabajo de investigación denominado “Termoeconomía del aislante térmico de lana de roca y fibra de calcio para reducir pérdidas energéticas en secadores desecantes”, al uso de dicha información que conforma el expediente técnico así como hojas de memorias, cálculos entre otros como planos para efectos exclusivamente académicos de la elaboración de tesis de Pregrado, enunciada líneas arriba de quien solicita se garantice la absoluta confidencialidad de la información solicitada.

Atentamente.


DISTRIBUCIONES RODRIGO S.A.C.
M. Javier Ramírez Olano
GERENTE GENERAL

Gerente General



**ACTA DE CONTROL DE REVISIÓN DE
SIMILITUD DE LA INVESTIGACIÓN**

Código:	F3.PP2-PR.02
Versión:	02
Fecha:	18/04/2024
Hoja:	1 de 1

Yo, **Silvia Yvone Gastiaturú Morales**, coordinador de investigación del Programa de Estudios de Ingeniería Mecánica Eléctrica, he realizado el control de originalidad de la investigación, el mismo que está dentro de los porcentajes establecidos para el nivel de Pregrado, según la Directiva de similitud vigente en USS; además certifico que la versión que hace entrega es la versión final de la Tesis titulado: **TERMOCONOMÍA DEL AISLANTE TÉRMICO DE LANA DE ROCA Y FIBRA DE CALCIO PARA REDUCIR PÉRDIDAS ENERGÉTICAS EN SECADORES DESECANTES**, elaborado por el (los) Bachiller(es):

LANDAZURI RODRIGO MARK ANTHONY

Se deja constancia que la investigación antes indicada tiene un índice de similitud del **20%**, verificable en el reporte final del análisis de originalidad mediante el software de similitud TURNITIN.

Por lo que se concluye que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio y cumple con lo establecido en la Directiva sobre índice de similitud de los productos académicos y de investigación vigente.

Pimentel, 31 de enero de 2025

Dra. Gastiaturú Morales Silvia Yvone

Coordinador de Investigación

DNI N° 16481433