

DISEÑO DE PROTOTIPO MECÁNICO QUE APROVECHE LA ENERGÍA CALÓRICA ALMACENADA EN EL ASFALTO DE LAS VÍAS PARA EL BENEFICIO DE LAS VIVIENDAS

MECHANICAL PROTOTYPE DESIGN THAT HARNESSSES THE HEAT ENERGY STORED IN ROAD ASPHALT FOR THE BENEFIT OF HOMES

Autores (Authors): LOPÉZ ANDRADE Juan David, REINA NARVAÉZ Edward Santiago, RINCONES ARELLANO Valeria, SAPUYES ORTÍZ Luis Alejandro.

Facultad (Faculty): de INGENIERÍA

Programa (Program): INGENIERÍA CIVIL

Asesores (Supports): OSCAR RICARDO JURADO ZAMBRANO, DIEGO VALENCIA ENRÍQUEZ

Fecha de terminación del estudio (End of the research): NOVIEMBRE 2024

Modalidad de Investigación (Kind of research): Trabajo de grado

PALABRAS CLAVE

ENERGÍAS ALTERNATIVAS, UTILIZACIÓN DE ENERGÍA, ASFALTO, ENERGÍA TÉRMICA, ENERGÍA REMOVABLE, MATERIALES ADECUADOS.

KEY WORDS

ENERGY ALTERNATIVES, ENERGY UTILIZATION, ASPHALT, THERMAL ENERGY, RENEWABLE ENERGY, SUITABLE MATERIALS.

RESUMEN

Este proyecto de trabajo de grado tiene como objetivo diseñar un prototipo mecánico que aproveche la energía calórica almacenada en el asfalto de las vías para mejorar el suministro energético de las viviendas en la ciudad de San Juan de Pasto. Se realizará un análisis exhaustivo tanto teórico como el experimental sobre el aprovechamiento de esta energía calórica en usos domésticos, así como la selección de materiales y equipos adecuados para la construcción e implementación del prototipo. Este proyecto se enmarca en la necesidad de encontrar fuentes de energía sostenibles y accesibles que contribuyan a reducir la pobreza energética.

ABSTRACT

This undergraduate thesis project aims to design a mechanical prototype that harnesses the thermal energy stored in road asphalt to improve the energy supply

of homes in the city of San Juan de Pasto. A comprehensive theoretical and experimental analysis will be conducted on the use of this thermal energy for domestic purposes, as well as the selection of appropriate materials and equipment for the construction and implementation of the prototype. This project is framed within the need to find sustainable and accessible energy sources that contribute to reducing energy poverty.

CONCLUSIONES

Por medio de la realización del prototipo, se ha demostrado que la diferencia de temperatura obtenida puede ser utilizada de manera funcional en el entorno doméstico, especialmente en actividades cotidianas como el lavado de platos. Una temperatura de 25.43°C, considerada tibia y obtenida como promedio en la ciudad de Pasto (Nariño), no solo facilita la limpieza eficiente de utensilios al disolver restos de comida y grasa sin causar incomodidad, sino que también ofrece beneficios adicionales para la salud. Al ser lo suficientemente cálida para promover una limpieza efectiva, pero sin llegar a temperaturas extremas, ayuda a prevenir enfermedades transmitidas por alimentos al reducir el riesgo de crecimiento bacteriano en los utensilios. Además, esta temperatura resulta ser una opción cómoda y ergonómica para quienes sufren de enfermedades articulares como la artritis, al aliviar la rigidez y reducir la tensión en las articulaciones, mejorando así la comodidad del usuario durante el proceso de lavado. En resumen, el prototipo ofrece una solución eficiente, saludable y accesible para las viviendas.

El estudio teórico y experimental sobre el aprovechamiento de la energía calórica del asfalto permitió determinar que las mezclas asfálticas tienen una gran capacidad de absorber y almacenar el calor en lugares con condiciones de alta radiación solar como San Juan de Pasto y Chachagüí, además se observa que este material mediante los procesos de transferencia de calor como lo es la conducción y radiación puede retener y transferir la energía térmica con facilidad, para poder obtener este análisis se incluyeron la evaluación de factores ambientales los cuales influyen en la eficiencia de este material para poder captar el calor, destacando la temperatura del ambiente de donde se realizaron la toma de datos y su propia conductividad térmica del asfalto. Los resultados de este estudio destacan que el asfalto alcanza temperaturas que lo convierte en un material óptimo para la captación de energía térmica, lo cual lo puede ser aprovechado para usos simples en el hogar, como por ejemplo el calentamiento de agua en días con alta radiación solar.

La selección de materiales para la construcción del prototipo fue un proceso meticuloso que resultó en el uso de cobre para las tuberías, elegido por su excepcional conductividad térmica, resistencia a la corrosión y durabilidad, lo que permite maximizar la eficiencia en la transferencia de calor. El cobre no solo es un excelente conductor, sino que también facilita la manipulación y la instalación, asegurando la integridad del sistema a largo plazo. Por otro lado, se optó por el

agua como fluido de transferencia debido a su alta capacidad calorífica, disponibilidad y bajo costo, lo que garantiza un funcionamiento seguro, ecológico y rentable. El diseño del prototipo integró un serpentín de cobre incrustado en una estructura compactada de asfalto, optimizando el contacto térmico entre el fluido y el pavimento para mejorar la captación y transferencia de energía calórica. El asfalto se escogió una mezcla de granulometría conocida como MDC 10 la cual tiene agregados más pequeños que evitan daños al momento de compactar y dañar el serpentín de cobre. Durante las pruebas en un entorno controlado, el sistema demostró un desempeño satisfactorio, evidenciado por la ausencia de fugas y un flujo continuo y estable del fluido, lo que validó tanto la elección de materiales como el proceso de compactación asfáltica. La estructura del prototipo, al incluir capas de asfalto bien compactadas alrededor del serpentín, contribuyó a un mayor aprovechamiento de la energía térmica captada del entorno, confirmando la eficiencia del diseño propuesto. Los resultados positivos en estas pruebas controladas indican que el prototipo tiene un potencial significativo para aplicaciones prácticas en la transferencia de energía calórica, aunque se recomienda realizar pruebas adicionales en condiciones de campo para evaluar su desempeño bajo variaciones climáticas reales y su capacidad para adaptarse a entornos domésticos, lo que permitiría comprobar su viabilidad a gran escala y su contribución al ahorro energético en sistemas de calefacción doméstica. Así, se concluye que la implementación del cobre y el agua en este sistema innovador representa un avance en el aprovechamiento de fuentes de energía alternativas, destacando la importancia de continuar con estudios que optimicen su rendimiento y adapten su uso en aplicaciones residenciales, lo cual podría tener un impacto positivo tanto en la eficiencia energética como en la reducción de la dependencia de fuentes de energía no renovables.

El prototipo desarrollado demostró un rendimiento aceptable durante las pruebas de laboratorio, especialmente en un entorno controlado donde se utilizó una cámara climatizada que simulaba un ambiente de calor constante. Estas pruebas revelaron que el sistema es capaz de capturar y transferir eficientemente el calor almacenado en el asfalto al fluido que circula por el serpentín, logrando un aumento significativo en la temperatura del fluido de salida, lo cual valida la capacidad del prototipo para convertir el calor residual del pavimento en energía utilizable. Los resultados obtenidos en condiciones controladas son prometedores, ya que evidencian el potencial del prototipo para aprovechar el calor residual de los pavimentos asfálticos como una fuente alternativa de energía térmica, que podría ser aplicada en sistemas de calefacción de agua para viviendas, contribuyendo así al uso de fuentes renovables y la eficiencia energética.

CONCLUSIONS:

Through the development of the prototype, it has been shown that the temperature difference achieved can be functionally utilized in domestic environments, particularly in everyday activities such as dishwashing. A temperature of 25.43°C, considered lukewarm and measured as an average in the city of Pasto (Nariño), not only facilitates efficient cleaning of utensils by dissolving food residues and grease without causing discomfort but also provides additional health benefits. Being sufficiently warm to promote effective cleaning without reaching extreme temperatures, it helps prevent foodborne illnesses by reducing bacterial growth on utensils. Additionally, this temperature is ergonomic and comfortable for individuals with joint diseases such as arthritis, as it alleviates stiffness and reduces tension in the joints, improving the user's comfort during dishwashing. In summary, the prototype offers an efficient, healthy, and accessible solution for households.

The theoretical and experimental study on the use of heat energy from asphalt determined that asphalt mixtures have a high capacity to absorb and store heat in areas with high solar radiation, such as San Juan de Pasto and Chachagüí. This material, through heat transfer processes such as conduction and radiation, can efficiently retain and transfer thermal energy. For this analysis, environmental factors influencing the material's efficiency in capturing heat were evaluated, highlighting ambient temperature and the asphalt's thermal conductivity. The results indicate that asphalt reaches temperatures that make it an optimal material for capturing thermal energy, which can be harnessed for simple household uses, such as heating water on sunny days.

The material selection process for the prototype was meticulous, leading to the use of copper for the piping due to its exceptional thermal conductivity, corrosion resistance, and durability, maximizing heat transfer efficiency. Copper not only ensures excellent thermal performance but also facilitates handling and installation, guaranteeing long-term system integrity. Water was chosen as the transfer fluid because of its high specific heat capacity, availability, and low cost, ensuring safe, eco-friendly, and cost-effective operation.

The prototype design incorporated a copper coil embedded in a compacted asphalt structure to optimize thermal contact between the fluid and the pavement, enhancing the capture and transfer of thermal energy. MDC 10 asphalt mix, known for its smaller aggregates, was selected to prevent damage during compaction and avoid harming the copper coil. Controlled environment tests demonstrated satisfactory system performance, evidenced by the absence of leaks and a continuous, stable fluid flow, validating both material choice and asphalt compaction processes. The compacted asphalt layers around the coil contributed to better utilization of thermal energy captured from the surroundings, confirming the efficiency of the proposed design.

The developed prototype showed acceptable performance during laboratory tests

conducted in a climate-controlled chamber simulating a constant heat environment. These tests revealed the system's ability to efficiently capture and transfer heat stored in the asphalt to the circulating fluid, achieving a significant increase in the fluid's outlet temperature. The results validate the prototype's capacity to convert residual heat from asphalt pavements into usable energy.

RECOMENDACIONES

Se recomienda llevar a cabo estudios de campo para evaluar el desempeño del prototipo bajo condiciones climáticas y ambientales reales, esto permitirá determinar su efectividad en escenarios domésticos reales y adaptar el diseño a variaciones climáticas, garantizando su funcionalidad y durabilidad en aplicaciones residenciales.

Diseñar y probar mezclas asfálticas con mayor capacidad de almacenamiento térmico, mediante la incorporación de aditivos como polímeros, nanoarcillas o materiales con alta conductividad térmica, para mejorar la captación y transferencia de energía calórica

Evaluar la viabilidad de instalar prototipos similares en vías urbanas de alto tráfico, aprovechando el calor generado por la radiación solar y la fricción de los vehículos para alimentar sistemas de iluminación vial o señalización.

Implementar un sistema de almacenamiento térmico para conservar el calor captado por el prototipo y garantizar su disponibilidad durante horarios de baja radiación solar, maximizando su eficiencia en aplicaciones domésticas.

RECOMMENDATIONS

It is recommended to conduct field studies to evaluate the prototype's performance under real climatic and environmental conditions. This will help determine its effectiveness in actual domestic scenarios and adapt the design to climatic variations, ensuring its functionality and durability in residential applications.

Design and test asphalt mixtures with greater thermal storage capacity by incorporating additives such as polymers, nanoclays, or materials with high thermal conductivity to enhance heat capture and transfer efficiency.

Assess the feasibility of installing similar prototypes on high-traffic urban roads, leveraging the heat generated by solar radiation and vehicle friction to power street lighting or signaling systems.

Implement a thermal storage system to retain the heat captured by the prototype, ensuring its availability during periods of low solar radiation and maximizing its efficiency in domestic applications.