



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE SISTEMAS

Optimización de rutas de transporte terrestre interprovincial basado
en el algoritmo de colonia de hormigas usando un sistema web

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
Ingeniero de Sistemas

AUTOR:

Navarro Huaman, Alejandro Israel (orcid.org/0000-0002-6306-5763)

ASESOR:

Mg. Carranza Barrena, Wilfredo Eduardo (orcid.org/0000-0003-0845-1984)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Sistemas de Información y Comunicaciones

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:

Desarrollo económico, empleo y emprendimiento

LIMA – PERÚ

2023

DEDICATORIA

El trabajo de investigación está dedicado principalmente a Dios, por darnos fuerzas e inspirarnos para seguir en este proceso de poder obtener uno de nuestros mayores anhelos en la vida. A mis padres por su amor y sacrificio durante estos años, por confiar y creer en mis expectativas, y así haber conseguido llegar hasta aquí. A aquellas personas que me apoyaron e hicieron que el trabajo se realice con éxito en especial a quienes compartieron y aportaron con sus conocimientos.

AGRADECIMIENTO

Agradecemos en primer lugar a Dios por darnos la oportunidad de tener salud, guiarnos y tener presente a mi familia. A mis padres: Alejandro Navarro Chaupín y Beatriz Huamán Rodríguez, porque siempre estuvieron para brindarnos palabras de apoyo, momentos reconfortantes para continuar y renovar energías. Asimismo, agradecer a nuestra alma máter, Universidad César Vallejo por brindarnos los recursos necesarios para llevar a cabo el desarrollo de nuestra investigación. Adicionar también el agradecimiento de Lic. Luis Escobar Alarcón el cual me apoyo con la información para poder realizar esta investigación. Finalmente, agradecer al asesor Mg. Ing. Carranza Barrena, Wilfredo Eduardo por su apoyo en sus conocimientos que me han guiado en cada etapa de este trabajo de investigación para lograr los resultados esperados.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA.....	II
AGRADECIMIENTO.....	III
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	IV
ÍNDICE DE TABLAS	V
ÍNDICE DE FIGURAS	VI
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	5
III. METODOLOGÍA	16
3.1 Tipo y diseño de investigación	16
3.2 Variables y Operacionalización	16
3.3 Población, muestra y muestreo.....	17
3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos	19
3.5 Procedimientos	20
3.6 Método de análisis de datos	22
3.7 Aspectos éticos	23
IV. RESULTADOS.....	24
V. DISCUSIÓN	37
VI. CONCLUSIONES	41
VII. RECOMENDACIONES	42
REFERENCIAS	
ANEXOS	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Fórmula para sacar la cantidad de distancia recorrida por ruta	17
Tabla 2 Fórmula para sacar la cantidad de tiempo de recorrido por ruta.....	17
Tabla 3. Fórmula para sacar la cantidad de consumo de combustible	17
Tabla 4. Población según tipo de ruta.....	18
Tabla 5. Población según indicador	18
Tabla 6. Pre test de resultados de los Indicadores	24
Tabla 7. Post test de resultados de los Indicadores.....	25
Tabla 8. Prueba de Normalidad en la Cantidad de Distancia Recorrida, Cantidad de Tiempo Recorrido y Cantidad de Consumo de Combustible.....	27
Tabla 9. Prueba de Muestras Emparejadas Cantidad de Distancia Recorrida, Tiempo Recorrido y Consumo de Combustible	29
Tabla 10. Prueba de Normalidad Cantidad de Distancia Recorrida	30
Tabla 11. Prueba de Muestras Emparejadas Cantidad de Distancia Recorrida ..	31
Tabla 12. Prueba de Normalidad Cantidad de Tiempo Recorrido.....	32
Tabla 13. Prueba de Muestras Emparejadas Cantidad de Tiempo Recorrido	33
Tabla 14. Prueba de Normalidad Cantidad de Consumo de Combustible	33
Tabla 15. Prueba de Muestras Emparejadas Cantidad de Consumo de Combustible	35
Tabla 16. Comparación de algoritmos de optimización.	15
Tabla 17. PRUEBA 1	22
Tabla 18. PRUEBA 2	23
Tabla 19. PRUEBA 3	24
Tabla 20. PRUEBA 4	25
Tabla 21. PRUEBA 5	26
Tabla 22. PRUEBA 6	27
Tabla 23. PRUEBA 7	28
Tabla 24. PRUEBA 8	29
Tabla 25. PRUEBA 9	30
Tabla 26. PRUEBA 10	31

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Comparativa Pre y Post test de la Cantidad de Distancia Recorrida....	25
Figura 2. Comparativa Pre y Post test de la Cantidad de Tiempo Recorrido	26
Figura 3. Comparativa Pre y Post test de la Cantidad de Consumo de Combustible	26
Figura 4. Diagrama de Proceso del Algoritmo ACO	14
Figura 5. Diagrama de Proceso del Sistema Web.....	14
Figura 6. Proceso para la realización de un Inventario Vial Básico.....	16
Figura 7. Hoja Vial de las redes viales de la región de Tumbes.....	17
Figura 8. Procesamiento de la data de campo	18
Figura 9. Estadística vial de la región de Tumbes.....	19

RESUMEN

Como finalidad de esta investigación fue determinar la optimización de las rutas del departamento de Tumbes mediante la aplicación del algoritmo ACO (Colonia de Hormigas) el cual logro reducir las cantidades de distancias recorridas, tiempo recorridos y consumo de combustible en el transporte terrestre interprovincial del departamento de Tumbes. Se utilizó la metodología VMO para el desarrollo del algoritmo ACO el cual optimiza la malla topológica generada a partir de los datos obtenidos en campo a través de las actualizaciones de inventarios viales realizadas en el Sistema Nacional de Carreteras, el cual nos ayuda a formar nodos inteligentes el cual consultan y recorren toda la malla tratando de ubicar la ruta más óptima en relación al costo de la distancia desde un Punto A (inicial) hasta un Punto B (final). Finalmente, se concluye que la aplicación de este algoritmo es un método favorable para la optimización de rutas, el cual también es muy versátil al momento de combinar sus parámetros para mejorar y precisar la identificación de la ruta más óptima.

PALABRAS CLAVE: aco, algoritmo, optimización, rutas, colonia de hormigas

ABSTRACT

The purpose of this research was to determine the optimization of the routes of the department of Tumbes through the application of the ACO algorithm (ANT COLONY) which managed to reduce the amounts of distances traveled, time traveled and fuel consumption in the interprovincial land transportation of the department. from Tumbes. The VMO methodology was used for the development of the ACO algorithm which optimizes the topological mesh generated from the data obtained in the field through road inventory updates carried out in the National Highway System, which helps us form intelligent nodes. which consult and traverse the entire mesh trying to locate the most optimal route in relation to the cost of the distance from Point A (initial) to Point B (final). Finally, it is concluded that the application of this algorithm is a favorable method for route optimization which is also very versatile when combining its parameters to improve and specify the identification of the most optimal route.

KEYWORDS: aco, algorithm, optimization, routes, ant colony

I. INTRODUCCIÓN

El transporte terrestre es un pilar fundamental para trasladarse de un lugar a otro, fomentando el crecimiento de la economía a nivel mundial. Para que esta se desarrolle de manera eficiente se debe de tener en cuenta las optimizaciones de rutas, utilizando algoritmos meta heurísticos que beneficie a la planificación de rutas. En particular, el algoritmo ACO es el más sofisticado para el caso del transporte terrestre interprovincial, siendo una de las más importantes para la mejora en la transitabilidad en las vías, asimismo, beneficia en la reducción de accidentes viales, reconocer el estado de las vías para mejorarlas y conectar con diferentes centros poblados que no están incluidos en un Sistema Nacional de Carreteras, logrando la optimización de rutas. (Ali Ghalib *et al.*, 2023).

Actualmente, entre casuísticas internacionales, según la OCHA en su reporte de cifras oficiales de afectación del Niño Costero 2023 en la ciudad de Tumbes, se evidencio en su estadística en colaboración con el COEN (INDECI) 11 km de carreteras impactadas en mal estado el cual conectan diferentes centros poblados. (OCHA, 2023). En la trayectoria del tiempo se ha vivenciado las complicaciones de enrutamiento de automóviles siendo contemplado como una problemática dificultosa en solucionar ante un fenómeno natural. En la propuesta de solución ante este evento, se ha identificado a la aplicación de algoritmos meméticos (MA), que emplea la interacción de intercambio de nodos entre las rutas obteniendo un algoritmo evolutivo, el cual nos genera una ruta eficiente (Tavakkoli y Ziaee, 2020). Por otro lado, se ha considerado que los algoritmos basados en programación lineal, han demostrado ser efectivos para estructurar casos y procesos de optimización en la administración de redes, mapeo de calles o rutas y protocolos de enrutamiento el cual genera la identificación del mejor trayecto. (Hashnayne,2020).

El tráfico y la congestión vehicular, han evolucionado negativamente siendo este un tema fundamental para las autoridades del Estado, para garantizar un nivel óptimo y calidad en la transitabilidad vehicular y peatonal. Del tráfico multimodal surge el problema de la correlación de rutas, la línea común y la variabilidad de herramientas empleadas durante el viaje (Xiang & Quing, 2020). Cabe mencionar

que, a raíz de la persistencia de los problemas en el enrutamiento, este logra influir de manera directa en la naturaleza bidimensional, es decir, el impacto que se origina en el tráfico de peatones y los vehículos que siguen rutas definidas propias del urbanismo, proyecta el origen de los riesgos mortales (Feliciania, et.al 2020).

En el escenario nacional la optimización de rutas se vio envuelto en una gran controversia ante la congestión y tráfico vehicular, identificándose que la causa principal es la existencia masiva y/o descontrolada de los vehículos, donde se ocasiona escenarios limitantes, que desvirtúa la transitabilidad ideal de un transporte médico de emergencia, destinados a atender urgencias vitales y no vitales, realizando un recorrido en un tiempo optimo y favorable para la persona. El tiempo, para la transitabilidad vehicular es un factor fundamental, por lo que, continuamente debería considerarse en la mejora de la optimización de rutas, abarcando significativamente la eficiencia del algoritmo a emplear, para un resultado eficiente en el traslado de un punto a otro (Palacios & Suarez, 2022).

El transporte interprovincial es un tema transversal en el área municipal y gestión de operaciones más aun cuando las carreteras son afectadas por algún fenómeno natural. Cabe mencionar que, la cantidad de vehículos registrados en la región no califica para una notable circulación sobre el mal estado de las carreteras. Por ello, con la aplicación del algoritmo ACO se garantiza el mejoramiento de la planificación de rutas, por lo que se propone potenciar, las distancias de rutas que se dirigen a los terminales en un menor tiempo posible, así como, identificar y considerar las rutas más eficientes que permita aplicar un prototipo de transportes terrestre y un manejo adecuado de la viabilidad vehicular, evitando los accidentes de tránsito y las limitaciones de tiempo impuestas por cada opción de ruta (Hudzaifah et al, 2020).

Otro de los problemas que radicalizan el enrutamiento vial, es que no existe información clasificada las redes viales de la Región Tumbes ni mapas de calor para la identificación de vías congestionadas, o vías impactadas ante un fenómeno natural, ocasionando el retraso de desplazamiento, como se observa en la **Figura 7 (Anexo 10)**, evidenciando que existe una longitud de 506 km en un total de 59 número de rutas vecinales del SINAC. (DS N° 011-2016-MTC).

El consumo de combustible, es un factor destacado durante el recorrido de rutas, ya que, al considerar optimizar el consumo de este, el aspecto ambiental se beneficiaría ante la regularización de los recursos energéticos, que permitirán llevar a cabo la implementación de mejoras y buenas prácticas ambientales, logrando de manera integral la eficiencia en la optimización del recorrido de distancia de rutas (MINEM, 2019).

Debido al panorama actual del Transporte Terrestre Interprovincial se presenta la siguiente problemática general: ¿De qué manera se determina la optimización de rutas basado en el algoritmo ACO en el Transporte Terrestre Interprovincial en el departamento de Tumbes?; y como problemas específicos: (1) ¿Cuál es la cantidad distancia de recorrido mediante la aplicación del algoritmo ACO en el Transporte Terrestre Interprovincial del departamento de Tumbes?; (2) ¿Cuál es la cantidad de tiempo de recorrido mediante la aplicación del algoritmo ACO en el Transporte Terrestre Interprovincial del departamento de Tumbes? y (3) ¿Cuál es la cantidad de consumo de combustible mediante la aplicación del algoritmo ACO en el Transporte Terrestre Interprovincial del departamento de Tumbes?.

En cuanto a la justificación de este proyecto, la presente se justifica teóricamente porque se realizó con la intención de contribuir a la comprensión existente sobre la optimización de rutas aplicado al Transporte Terrestre Interprovincial utilizando algoritmos metaheurísticos como el ACO, como un instrumento para el uso de planificación de rutas el cual es de vital importancia para la inversión pública en la infraestructura vial de parte de las autoridades competentes, cuyos resultados pueden incorporarse a una propuesta porque demostrarían que la optimización de ruta mejorará la gestión óptima del Transporte Terrestre Interprovincial en el tiempo previsto. Se justificó a nivel práctico por la necesidad de optimizar los tiempos de viaje de los vehículos interprovinciales de transporte terrestre obteniendo un itinerario optimizado eligiendo la mejor ruta hacia su destino. El estudio fue metodológicamente justificable porque la optimización de las rutas permite la interacción con las rutas menos conocidas, la mejora de las ya conocidas para obtener un mayor beneficio de ellas, y la elaboración y aplicación de reglas para cada una de las capacidades de la competencia para investigar a través de metodologías científicas, contextos que pueden ser averiguadas por las ciencias,

que pueden ser utilizadas por próximas investigaciones y empresas de transporte de otras regiones. Se justifica socialmente ya que está dirigido a los vehículos interprovinciales de transporte terrestre, el cual podrán obtener información de las rutas más óptimas ante un eventual impacto de algún fenómeno natural o algún cambio efectuado en el Sistema Nacional de Carreteras.

Ante esta situación problemática se propone como objetivo general es: determinar la optimización de rutas basado en el algoritmo ACO en el Transporte Terrestre Interprovincial del departamento de Tumbes; y en los objetivos específicos: (1) Reducir la cantidad de distancia de recorrido en el Transporte Terrestre Interprovincial del departamento de Tumbes ; (2) Reducir la cantidad de tiempo de recorrido en el Transporte Terrestre Interprovincial del departamento Tumbes y (3) Reducir la cantidad del consumo de combustible en el Transporte Terrestre Interprovincial del departamento de Tumbes.

Finalmente, se propuso la siguiente hipótesis general: la optimización de rutas basado en el algoritmo ACO mejorará el Transporte Terrestre Interprovincial del departamento de Tumbes; mientras que las hipótesis específicos propuestos son: (1) El algoritmo ACO reducirá la cantidad de distancia de recorrido en el Transporte Terrestre Interprovincial del departamento de Tumbes; (2) El algoritmo ACO reducirá la cantidad del tiempo recorrido en el Transporte Terrestre Interprovincial del departamento de Tumbes; (3) El algoritmo ACO reducirá la cantidad del consumo de combustible en el Transporte Terrestre Interprovincial del departamento de Tumbes.

II. MARCO TEÓRICO

A continuación, se precisa los estudios sobre la optimización de las planificaciones de rutas de transporte terrestre a través de diferentes algoritmos de optimización. Además, se describe las consecuencias del uso de este algoritmo para el transporte terrestre Interprovincial para optimizar la planificación de rutas.

Avalos (2021), en su tesis tuvo como objetivo demostrar lo útil que es el aplicar el algoritmo ACO en los problemas relacionadas a la planificación de rutas óptimas. Su diseño de estudio es no experimental descriptivo, mediante una revisión bibliográfica de 150 fuentes como población; mientras que el muestreo es 45 artículos estratificados, el muestreo es no probabilístico y el desarrollo de la Metodología Python con PyQt5. Por resultado que al ejecutar el aplicativo se encuentra la ruta más favorable que tiene una longitud de 1860 km, siendo la más óptima para el transportista de carga, la investigación es concluyente con que el algoritmo de optimización de colonia de hormigas (ACO) permite minimizar el recorrido de las unidades de transporte.

Marín (2017), en su tesis desarrollada en la Universidad de México. Tuvo como objetivo optimizar el enjambre mediante partículas evolutivas. Su diseño de estudio es no experimental descriptivo, mediante una revisión bibliográfica de 70 fuentes como población; mientras que el muestreo es 25 artículos estratificados, el muestreo es no probabilístico y el desarrollo de la Metodología Branch and Bound, deducción simplex, Métodos aproximados y Heurísticas. Por resultado gracias a la implementación del framework EPSO ha reducido el número de paradas a 274 en las rutas de transporte Metropolitano en Bucaramanga optimizando tiempos en la estación de las capitales alrededor y la investigación es concluyente con que los modelos de optimización de las colonias de hormigas entre otros, fomentan la descongestión del transporte terrestre durante su recorrido desde el punto inicial al punto de llegada.

Hidalgo (2020), en su tesis tuvo como objetivo optimizar las rutas para una mejor descongestión del tráfico formado por las bicicletas. Su diseño de estudio es no experimental descriptivo, mediante una revisión bibliográfica de 80 fuentes como

población; mientras que el muestreo es 60 artículos estratificados, el muestreo es no probabilístico y el desarrollo de la Metodología Python. Por resultado que reduce índices de descongestión de las bicicletas, optimización de tiempos de espera, disminuciones de restricciones y la investigación es concluyente con que la implementación de los modelos de optimización de las colonias de hormigas en las estaciones de bicicleta redujo los tiempos de espera, tráfico, pérdida de tiempo y llegada oportuna.

Carrillo (2020), en sus tesis tuvo como objetivo minimizar el tiempo mediante el uso del algoritmo de rutas. Su diseño de estudio es no experimental descriptivo, mediante una revisión bibliográfica de 56 fuentes como población; mientras que el muestreo es 45 artículos estratificados, el muestreo es no probabilístico y el desarrollo de la Metodología meta-heurístico. Por resultado que se puede seleccionar la ruta más corta de zonas de estudiantes para reducir velocidades en alta hora punta concurrido por transportes por muestreos reales y la investigación es concluyente con que utilizar e implementar algoritmos meta-heurísticos como ABC, es amigable, optimizando resultados conforme a los estándares esperados.

Benites & Campos (2021), en su artículo de revisión tuvo como objetivo determinar el mejor algoritmo para el mejoramiento del transporte de Lima. Su diseño de estudio es no experimental descriptivo, mediante una revisión bibliográfica de 33 fuentes como población; mientras que el muestreo es 28 artículos estratificados, el muestreo es no probabilístico y el desarrollo de la Metodología OCH y Tabú. Por resultado que los algoritmos de Tabú que se aplican en países de Latinoamérica ha traído grandes beneficios como la descongestión vehicular y la solución a los tiempos de traslado y de llegada de un lugar a otro y la investigación es concluyente con que los algoritmos actualmente se están implementado con mayor intensidad para la descongestión de las largas colas del transporte a nivel Mundial.

Según Tsidignos y Vlastos (2020) en su investigación, tienen como objetivo la exploración de diversas maneras de rediseñar una red estratégica en una ciudad metropolitana a través de, un proceso de análisis multicriterio (MCA). La base de este análisis consiste en cinco pasos la primera, en una revisión actual de percepciones urbanas y transporte; el segundo, al desarrollo de un método que formuló

una nueva vía estratégica de la red aplicándose tres veces; tercero, este posee la base de los conjuntos de multicriterio obtenidos, revelando de esta manera la mejor alternativa; cuarto y quinto se desarrollan lo mencionado anteriormente recreando la implementación específicamente de una carretera de circunvalación exterior, conformada por ruta circunferenciales o regionales. La finalidad de este trabajo de investigación fue mejorar el transporte de una manera sostenible y minimizar el tráfico en la ciudad, a través de una red estratégica.

(Ahmed, Mumford y Kheiri, 2019, p.945) En su investigación evalúan el esfuerzo de un grupo de hiperheurísticas de selección en la casuística de las redes de rutas de buses, con el objetivo de minimizar los costos del periodo de viaje de los usuarios y a su vez los costos de operación. El método de escogencia basado en secuencias mezclando con el procedimiento de aprobación de las grandes crecidas utilizando algoritmos genéticos se consigue un óptimo rendimiento, la finalidad de esta investigación fue identificar resultados mejorados en un tiempo de ejecución mucho más eficiente que las soluciones conocidas presentes.

(Alizadeh, Lejy y Amiri, 2019) En su investigación buscan un reglamento de en-caminamiento que busca la ruta más factible entre el punto de inicio y final. Dado el trayecto no siempre se considera el más óptimo ya que hay siempre diferentes alternativas para llegar al destino fijado con una variante óptima, en este estudio se aplica la metodología con el algoritmo VIKOR, un proceso de toma de decisiones con criterios diferentes y múltiples objetivos, tiene como finalidad identificar la vía más óptima sobre las diferentes rutas y así poder optimizar el tránsito efectuado por la congestión vehicular.

(Amal, Son y Chabchoub, 2018) En su investigación indagan sobre los diferentes tipos de algoritmos de optimización hiperheurísticas, su objetivo es minimizar el recorrido de un grupo de automóviles sobre una malla topológica simulada en un distrito, el cual facilitara el trayecto realizado de parte de los autos optimizando sus viajes. El algoritmo establecido, denominado SGA, es una especie de algoritmo modificado en su código que tiene como estructura principal el algoritmo utilizado en el método de Dijkstra, este desarrollo se realizó utilizando la plataforma GIS. Tienen como finalidad que del montón de soluciones que se pueda generar todas

son rutas eficientes el cual luego son procesadas a través de un algoritmo genético, así llegando a reducir las rutas de viajes establecidas.

(Amiri y Hooshmand, 2020, p.947) En esta investigación, tienen como objetivo el uso del Algoritmo (AODV) que es uno de los más usados en una red VANET, nos dan a conocer que cada vehículo selecciona su colindante más eficaz para establecer comunicación mediante se realizan las iteraciones, por consiguiente, el vehículo de destino hereda los posibles caminos más óptimos y aplica el algoritmo difuso para seleccionar una ruta confiable desde el conjunto de iteraciones realizadas, por lo que concluyen que el algoritmo aplicado reduce el tráfico y la congestión sobre las vías más utilizadas.

(Archetti, Fernández y Huerta-Muñoz, 2018, p.27) En su investigación analizan el problema de las rutas periódicas flexibles para los automóviles el cual consiste en visitar un grupo de clientes considerando un determinado ciclo para satisfacer sus necesidades. Esta es una generalización de la causa de generar caminos periódicos para automóviles donde se ablanda la restricción del horario fijo y la cantidad a entregar por cliente en cada tramo es una variable determinante. Esta flexibilidad explica la importancia de estudiar problemas y desarrollar enfoques de solución efectivos el cual te reduce los tiempos en donde el viajante llega mucho más rápido. En este trabajo se desarrolla una matemática iterativa en dos etapas para resolver los casos mediano y grande del problema.

(Carwalo, Thankappan y Patil, 2017, p.17) En su artículo de revisión tratan de observar la problemática de encaminamiento de autos (VRP) el cual implica minimizar la longitud total de la ruta al llegar a la posición de cada cliente exactamente. Para problemas a gran escala, el uso de un enfoque de agrupación de hormigas puede optimizar la solución. El objetivo principal del método de agrupamiento de partición propuesto es optimizar el tráfico lo que consiste en dividir toda el área en grupos reducidos y considerar las necesidades de nodo de cada vehículo durante la formación del grupo; luego, cada grupo se resuelve como un problema de enrutamiento de automóviles utilizando la optimización de colonias de hormigas.

(Ho et al., 2019, p.01) En su artículo propone un método activo de redireccionamiento de feromonas basado en el tiempo (PTPR) para poder establecer un sistema eficiente de desvío de rutas para vehículos. Nos dice que, a diferencia de los sistemas de navegación basados en feromonas existentes, cada hormiga (automóvil) en el sistema PTPR puede arrojar su feromona en múltiples segmentos de vía, en lugar de segmentos directamente adyacentes, según su ruta. Los resultados muestran que el sistema PTPR propuesto funciona mejor que el sistema de separación de rutas existente al optimizar el tiempo promedio de viaje, el consumo de combustible y aumentar las llegadas de automóviles en un 8,2 %, respectivamente, 2 % y 15,1 % en Woodlands (suburbano) y 28,7 %. El tiempo de cómputo utilizado para desviar cada vehículo también se redujo en un 68,3% y un 92,1% en áreas suburbanas y urbanas, respectivamente, utilizando el LDkSP propuesto por lo que se puede concluir en una optimización del tráfico gracias a las múltiples feromonas arrojadas por el efecto del algoritmo ACO.

(Islam et al., 2019, p.154) En su aporte investigativo propone según la problemática del diseño de rutas no son eficientes hoy, por el cual establece el diseño de algoritmos informáticos para diseñar rutas eficientes para las redes de transporte público. Diseñar una ruta para una red de transporte público es un problema de toma de decisiones con muchos criterios que deben pasar por un gran espacio de análisis para encontrar la mejor solución. Especialmente, para grandes conjuntos de datos, la solución generada por nuestra heurística optimiza el tráfico y dan mejores resultados que otras opciones de optimización, usando algoritmos modernos como el aplicado en esta investigación, el algoritmo de Haz Estocástico.

(Katona, Lénárt y Juhász, 2019, p.243) En su estudio consideran que durante el viaje hay muchos más datos a considerar de la ruta y el viajero debe tomar muchas decisiones complejas, se investigó un algoritmo ACO en paralelo y se realizó un estudio paramétrico en una red real. La nueva característica del documento es el uso de las capacidades de computación paralela de los procesadores para el enrutamiento mediante el algoritmo Colonia de Hormigas el cual tiene como finalidad lograr optimizar el tráfico en todas las redes donde se efectuó el algoritmo planteado.

(Luo, Hou y Yang, 2020) En su investigación se busca entrar en una planificación orbital de superficie de robots móviles, se usó la triangulación de Delaunay para que se pueda modelar el entorno superficial. Mediante esta transformación usando el algoritmo de Dijkstra, configuramos el canal que puede atravesar la urbanización bidimensional de la superficie y resolver la ruta óptima en este canal. Entonces, la transformación inversa de las coordenadas del plano bidimensional en las correspondientes coordenadas de la superficie obtendrá la trayectoria óptima de la superficie. El resultado de la simulación típica, en comparación con el algoritmo tradicional de Dijkstra, es un método eficiente que mejorará la precisión de la vía de optimización del área de superficie en las regiones de planificación de caminos de un solo objeto de un robot y varios robots con varios objetivos.

(Mohammed, Abd Ghani, et al., 2017, p.255) En su artículo de revisión analizan el problema de generación de rutas para vehículos (VRP) el cual tiene muchas aplicaciones en la vida real tanto áreas de transporte de personas y la distribución de productos. Los autobuses recogen a los estudiantes en ocho lugares del campus en dos rutas diferentes y regresan al sitio principal a horas específicas cada día, desde temprano en la mañana hasta el final del horario comercial oficial, bajo las siguientes condiciones: visitará todos los sitios una vez en cada línea y la capacidad de cada autobús es suficiente para todos los estudiantes en cada línea. Se tiene como finalidad que el algoritmo genético propuesto conduce al transporte rápido de los estudiantes a sus ubicaciones, para minimizar los costos de transporte, como el consumo de gasolina y algunos gastos en mantenimiento del vehículo así también optimizar los tiempos de llegada por cada autobús de UNITEN.

(Mohammed, Ghani, et al., 2017, p.232) En su artículo trata de encontrar el resultado de la ruta óptima para el problema de generación de rutas para vehículos VRP mediante el algoritmo del vecino más cercano (KNN). Para lograr la solución VRP óptima con los objetivos que la acompañan, La furgoneta recoge las órdenes desde el punto de partida en el lugar de ejecución en varias rutas y regresa al punto de partida en horarios específicos cada día, desde la mañana hasta el final del horario comercial oficial, con las siguientes condiciones: (1) Minimizar el trayecto y el tiempo de llegada para todos los viajes, llevar a los clientes a su destino más

rápido, (2) Implementar un algoritmo de enrutamiento de vehículos con capacidad posterior al modelo (CVRP) para optimizar las soluciones.

(Ramos, Bazzan y da Silva, 2018, p. 257) En su investigación el problema de selección de ruta, los conductores están interesados en elegir rutas que reduzcan los costos del trayecto entre origen y final. Modelamos esta casuística como un escenario de aprendizaje por refuerzo de múltiples agentes. Aquí, dado que los agentes deben adaptarse a las decisiones de los demás, el objetivo de mitigación se ve como un objetivo en movimiento. El arrepentimiento es una medida de rendimiento bien conocida en dichos entornos y considera qué tan mal se enfoca un agente en comparación con la mejor acción fija en retrospectiva. Nos referimos a tal medida como el acto de arrepentimiento, que puede ser utilizado por los agentes como una señal de refuerzo. Los agentes pueden llegar hacer mucho más eficientes ya que no necesitan saber de ciertos parámetros para poder optimizar costos del trayecto.

(Rehman et al., 2018, p.594) En su artículo de revisión analizan que los últimos años, optimizar las carreteras y los flujos de tráfico ha sido un gran desafío, especialmente en la situación actual donde el 5,5% de la ciudadanía habita en áreas urbanas. Por lo tanto, en este estudio, los autores han propuesto un marco para mejorar la eficiencia del algoritmo Ant Colony Optimization (ACO) para optimizar el tráfico vehicular, es decir, la distribución inteligente del tráfico. Esta investigación tiene como finalidad optimizar eficazmente las rutas y el tráfico de la ciudad para evitar atascos en todos los casos con datos actualizados del tráfico de la ciudad.

(Wiwik Sri Rahayu Ginantra et al., 2019) Utilizan el algoritmo de hormiga para determinar la vía más óptima y así poder reducir los costos y tiempo en los lugares turísticos de Indonesia. Sin embargo, existen varias rutas para llegar a estos puntos turísticos, por lo que los turistas nacionales y los turistas extranjeros que quieran visitar tendrán un poco de dificultad para saber qué ruta tomar para llegar a su destino En general, las hormigas pueden encontrar y descifrar el camino o la ruta más rápida y corta hacia una fuente de alimento desde su nido, según los senderos que cruzan el cual llegan a optimizar los tiempos de llegada a la ruta de destino.

Para continuar del por qué se ha tomado como implementación el algoritmo de Optimización ACO se compara con otros dos algoritmos que son los más usados para la optimización de rutas. **Anexo 6.**

Dado esta comparativa de algoritmos de optimización se llega a una conclusión que de acuerdo al trabajo a efectuar es útil la implementación del algoritmo ACO ya que según las fuentes de información que se manejan del itinerario vial realizado por el MTC a sus redes viales, se tienen parámetros como el estado de la vía, superficie de rodadura, distancia de recorrido por ruta, tiempo de recorrido por ruta por lo que es esencial reconocer en cada iteración que información existe, para poder contemplar al análisis de la elección de la mejor ruta usando las feromonas de cada hormiga.

La teoría de la Complejidad Computacional es descrita, que un suceso computacional es un trabajo que al comienzo es susceptible de ser desarrollada por una computadora, lo que equivale a que el asunto puede llegar a solucionarse con la aplicación mecánica, usualmente lineal, de procedimientos matemáticos, como un algoritmo. (Fuentes, 2020)

En este sentido, es importante comprender las variables de tránsito y congestión que se presentan cuando se corta el tránsito, especialmente en las zonas urbanas. Se necesita resiliencia multidisciplinaria para reducir la congestión y fortalecer los horizontes de vitalidad urbana, lo que incluye la configuración de hábitos de viaje, una mejor provisión de medidas de gestión del tráfico y la conveniencia (gestión de descuentos) y la racionalización de las ciudades. uso de la vía pública (gestión de la demanda). Esto se considera una alternativa a la degradación y reclamar una compensación. Del mismo modo, es importante saber medir el tráfico en tiempo real con Google, que utiliza sólo datos en tiempo real de los usuarios y tiene una hoja de ruta rica para predecir el tráfico experimentado. Google utiliza el aprendizaje automático para aprender cómo se comporta el tráfico durante determinados períodos de tiempo. Para ello, combina patrones históricos de tráfico en las autopistas con mandatos legislativos. En otras palabras, Google sabe que en la empresa X, los vehículos X suelen circular a una determinada velocidad durante determinadas horas del día. Google explica que el tramo de carretera también se tiene en cuenta

a la hora de elegir una ruta. Además de saber si la dirección es asfaltada o asfaltada, también conocen la comprobada panza del asfalto y su regularidad más parecida en ambos, lo que también ayuda a predecir rutas. Todavía dependen de la información requerida por las autoridades locales para conocer los límites de velocidad, los peajes o, en algunas carreteras, las restricciones de tráfico. Esta documentación se combina con documentación de usuario que nos permite saber si hay obra, vía cerrada o cortada, objetos sobre adoquines, etc. Google todavía utiliza la tecnología DeepMind para mejorar las funciones de precisión. Google también está utilizando DeepMind, una farmacia de inteligencia artificial, para mejorar su poder predictivo. Según la empresa, Google ahora puede predecir el tráfico percibido con un 97% de precisión. También afirman que el tráfico ecuménico ha disminuido hasta un 50% desde el inicio de la Covid-19 y que los modelos de aprendizaje automático se han actualizado con los últimos datos para respaldar el cumplimiento de la profecía. Por ello, para implementar este proyecto, se puede pulsar el mismo método de Google, bucear en los datos de los usuarios habituales de las líneas, como taxistas, conductores de automóviles y camioneros, buscar información proporcionada por la Autoridad de Transporte y negociar carreteras y vehículos. quioscos de servicios, además de un paquete tecnológico como Google, que en este caso es DeepMind, que activa un mejor control sobre el poder legislativo dinámico del área de tráfico. (Palacios y Suarez, 2022)

Optimización de rutas: Permite la delineación de las rutas de misión óptimas y, en efecto, la reducción del kilometraje. El septentrion de la optimización de las rutas es el uso eficiente de los recursos y el tiempo, lo que da lugar a rutas más cortas y menos costosas. Los siguientes son algunos de los beneficios que la optimización de la ruta puede proporcionar a un negocio de robos: (1) reducir los gastos logísticos. Si las rutas están optimizadas, los vehículos caminarán excepto durante kilómetros y no consumirán combustible a lo largo del camino. (2) guardar en la sesión de requisitos. Un plan preliminar de las vías pone en primer plano la reunión de los que las diseñan y operan. Con la optimización de la ruta, esta modificación puede automatizarse. (3) más clientes satisfechos Si se optimizan las rutas de transporte, el ratio de rotación de pedidos a legislatura aumentará. (4) Mejorar la gestión de la

flota de camiones. A través de la optimización de la ruta, se evitará el uso innecesario de vehículos. (5) Ser capaz de satisfacer a los compradores. Al reducir la sesión de pago de cada solicitud, será posible aumentar las entregas diarias.

Sobre el uso del Combustible entra en el debate de que si es conveniente utilizar algún artefacto económico una medición de Comando y Control (C&C) se puede considerar estudiar la alternativa más óptima cuando se desea minimizar las emisiones de los automotores. Una medición del C&C como estándar de rentabilidad por galón en los autos exige que las unidades mercantilizadas puedan otorgar una rendición mínima para autorizarse su venta. (TOBON Y VASCO, 2019, p.55).

Para hablar sobre las optimizaciones de la distancia recorrida se necesita tocar el tema de la planificación de rutas dinámica es mucho más complicado y minimiza la distancia/tiempo de recorrido, esto es clave para realizar las entregas que se tienen programadas a tiempo. Los proyectos de planificación de rutas, ingiriendo en el sistema las diferentes variables expuestas y usando varios algoritmos, nos pueden permitir planificar rutas con distintos puntos de control y así poder reducir el tiempo o los kilómetros recorridos. Gracias a esto se puede reducir entre un 10 y 20% en los gastos de transporte (RAGAS, 2018, p. 100).

TERMINOS USADOS EN EL DESARROLLO COMPUTACIONAL

Se tomó algunas referencias para este estudio del algoritmo (ACO), La Optimización del algoritmo ACO está directamente inspirada en funcionar con hormigas exploradoras. El objetivo está en encontrar una solución óptima gracias a la estigmergia. Esta técnica fue realizada por Marco Dorigo en 1992. Al inicio, el entorno esta virgen. Las hormigas virtuales van a recorrer el espacio de manera aleatoria, hasta poder encontrar una solución. La hormiga va a volver a su punto de inicio depositando feromonas. Los demás agentes van a verse influenciados por estas feromonas y van a tener cierta inclinación a seguir el mismo camino. (Mathivet, 2017, p. 358)

Dado la prevalencia de los metaheurística para aproximar la resolución de problemas de optimización en un tiempo determinado, se han perfeccionado políticas que implementan un conjunto de algoritmos con el objetivo de hallar una alternativa

solucionable o viable a la complicación y que tienen como objetivo reducir la cantidad de tiempo necesario para desarrollar software utilizando código existente. Existen marcos de uso gratuito en los que el código fuente es accesible al público y marcos de acceso limitado en los que no todas las funciones son gratuitas o el código fuente no es accesible en Internet. Estos pueden aplicarse y modificarse por el usuario final para resolver dificultades de optimización específicas. (Jiménez, 2019)

VMO (Variable Mesh Optimization/Optimización de malla variable) es una heurística de población con propiedades evolutivas, donde un conjunto de nodos que representan posibles soluciones a un conflicto de optimización domina una bandera que crece dinámicamente y se mueve sobre una superficie de búsqueda evolutiva. Para ello, en cada ciclo se realiza un rico intercambio, donde se crean nuevos nodos hacia los extremos locales, diferentes modos de transporte con mejores especies en diferentes barrios, y un nodo de todo tipo cultural en el extremo común. También rompa los nudos delanteros del barco. Luego se realiza la evolución de la reducción de la red donde los mejores nodos generados en cada iteración se seleccionan como mosaicos genuinos para iteraciones futuras. La formulación ascendente de metaheurística ataca problemas de optimización tanto continuos como discretos. Un conjunto de nodos es el que modela posibles soluciones frente a situaciones que requieren optimización, que crece y se mueve en el espacio. (Puris, 2018).

III. METODOLOGÍA

3.1 Tipo y diseño de investigación

3.1.1 Tipo de Investigación:

El presente proyecto fue de tipo aplicada. La investigación aplicada surge de la praxis social y ocasiona resultados utilizables , pero que no siempre terminan en producción , generalmente por los costos, estos hallazgos son bastante útiles en aplicaciones prácticas. (Schubert, 2017)

La investigación aplicada tiene como objetivo generar conocimiento que pueda aplicarse directamente a problemas sociales o relacionados con la producción. Esto se basa en hallazgos fundamentalmente técnicos de la investigación básica, centrándose en el proceso de conectar la teoría y el producto. (Lozada, 2014)

3.1.2 Diseño de Investigación:

De acuerdo a el proyecto es de diseño experimental según (CONDO Y PAZMIÑO, 2015) es un procedimiento de indagación de exámenes que encuentran la verdad, empleando un estudio matemático, que permita confirmar una hipótesis. (p.25), tiene un diseño experimental ya que se observó el efecto realizado de la variable independiente sobre la variable dependiente.

3.2 Variables y Operacionalización

Optimización de rutas (Variable Dependiente)

Consisten en la recogida de clientes en lugares predeterminados, a los que nos referimos como paradas, que están distribuidos geográficamente en un territorio y donde todos estos clientes tienen un destino común en tiempos reducidos. (Verizon, 2022). La variable dependiente contiene 3 dimensiones Tiempo de recorrido, Distancia de recorrido, Consumo de combustible, la cual posee tres indicadores que son Cantidad de Distancia Recorrida por Ruta (km), Cantidad de Tiempo de Recorrido por Ruta (h), y Cantidad de Consumo de Combustible por Ruta (gal). Asi

mismo, se usara la Escala de la razon continua. La operacionalización a detalle de estas variables se encuentra en el **Anexo 01**.

CDR: Cantidad de Distancia Recorrido Optimizada (km). Se calcula según lo detallado en la tabla 2.

Tabla 1. Fórmula para sacar la cantidad de distancia recorrida por ruta

$$CDR (km) = LongI(km) + LongF(km)$$

CDR: Cantidad de distancia recorrida por ruta (km)
LongI: Longitud total de la ruta inicial
LongF: Longitud total de la ruta final

CTR: Cantidad de Tiempo de Recorrido por Ruta (h). Se calcula según lo detallado en la tabla 3.

Tabla 2 Fórmula para sacar la cantidad de tiempo de recorrido por ruta

$$CTR (h) = \frac{CDR (km)}{Vmax (km/h)}$$

CTR: Cantidad de Tiempo recorrido por ruta
Vmax: Velocidad máxima
CDR: Cantidad de distancia recorrida por ruta

CCC: Cantidad de consumo de combustible (gal). Se calcula según lo detallado en la tabla 4.

Tabla 3. Fórmula para sacar la cantidad de consumo de combustible

$$CCC (gal) = \frac{CDR (km)}{CEC (km/gal)}$$

CCC: Cantidad de Consumo de Combustible por ruta
CEC: Consumo Estándar de Combustible
CDR: Cantidad de distancia recorrida por ruta

3.3 Población, muestra y muestreo

3.3.1 Población

Es el acumulado de unidades que constituyen una sucesión de características propias (Hernández, et al. 2018). Según el D.S. N° 011-2016-MTC se estableció que la región de Tumbes consta con 03 Rutas Nacionales, 10 Rutas Departamentales y 59 Rutas Vecinales.

Se incluyeron todas las rutas de la región de Tumbes por el motivo que cada una de ellas pueden ser seleccionadas tanto Rutas Nacionales, Departamentales y Vecinales para el estudio, este análisis se aplicó en las rutas mencionadas considerando distritos y provincias. Por lo tanto, ni una ruta fue excluida del estudio para el análisis.

Se tuvo como población 72 rutas el cual se detallan en las siguientes tablas según el tipo de ruta e indicador.

Tabla 4. Población según tipo de ruta

Tipo de Ruta	Cantidad	Unidad
Ruta Nacional	03	Rutas
Ruta Departamental	10	Rutas
Ruta Vecinal	59	Rutas
TOTAL	72	Rutas

Tabla 5. Población según indicador

Indicador	Cantidad RVN	Cantidad RVD	Cantidad RVV	Unidad
Cantidad de Tiempo de recorrido (h)	03	10	59	Rutas
Cantidad de Distancia recorrida (km)	03	10	59	Rutas
Cantidad de Consumo de combustible por ruta (km/gal)	03	10	59	Rutas

3.3.2 Muestra

La muestra que se consideró está conformada por el total de la población que equivale a setenta y dos (72) rutas.

3.3.3 Muestreo

El muestreo se tomó de forma selectiva, se seleccionó diez (10) ubicaciones de inicio y final en las provincias y distritos del departamento de Tumbes.

3.3.4 Unidad de Análisis

La unidad de análisis son las rutas Nacionales, Departamentales y Vecinales incluyendo las Provincias y Distritos del departamento de Tumbes.

3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Análisis Documental

El análisis documental es la esencia de la función de la Documentación, tiene como objetivo relacionar el documento con el usuario por medio de una serie de funciones. (COURRIER, 1976, p. 178).

Es el proceso por el cual se recogió la información de datos detallados de cada ruta que conforman el inventario vial de la Red Vial Nacional, Red Vial Departamental y Red Vial Vecinal de la región de Tumbes a través de los inventarios viales realizados el cual están almacenados en una base de datos perteneciente al Ministerio de Transporte y Comunicaciones, en el cual se utilizó como información para complementar los parámetros que requiere el sistema para llegar a optimizar la ruta en cuestión.

Tabla 6. Recolección de datos

DIMENSIÓN	INDICADOR	TÉCNICA	INSTRUMENTO
Distancia de recorrido	Cantidad de Distancia recorrida (km))	Análisis Documental	Ficha de registro
Tiempo de recorrido	Cantidad de Tiempo de recorrido (h)	Análisis Documental	Ficha de registro

Consumo de combustible	Cantidad de Consumo de combustible (gal)	Análisis Documental	Ficha de registro
------------------------	--	---------------------	-------------------

Ficha de registro de datos

Esta técnica es definida como una herramienta que recolecta y reúne datos de investigación de diversas fuentes que posean o no una relación con el estudio (Sutton y Austin, 2015, p.227).

Es el proceso por el cual se registró los datos sobre la Cantidad de Distancia recorrida (km), Cantidad de Tiempo de recorrido (h), y Cantidad de Consumo de combustible (gal)

Confiabilidad

Es la confianza del instrumento hace referencia al grado en el que su implementación continua a la muestra genera resultados similares. (Hernández, et al. 2018).

Se utilizó dos tipos de pruebas para hallar la confiabilidad del instrumento y sus resultados, la prueba de Test de Shapiro Wilk para verificar si los datos cuentan con distribución normal o no normal y la Prueba de T-Student para verificar si la hipótesis es nula o no nula.

3.5 Procedimientos

Procedimiento de recolección de datos

Para realizar el procedimiento de la recolección de la información es necesario acudir al Manual de Inventario Vial del MTC según la RD N.- 09 – 2014 MTC/14 y su incorporación parte IV RD N.- 022 – 2015 MTC/14 en el que existe un formato establecido en el que se explica al detalle del proceso del inventario vial básico.

En el siguiente **Anexo 07 Figura 6** se muestra en un diagrama las fases de este proceso.

FASE 1: Información Preliminar

Se identificó las vías por el cual se realizó el inventario vial empezando por las Redes Vecinales en donde se cuenta con 579 rutas, luego las departamentales el cual consta de 10 rutas y las Nacionales el cual interceptan alrededor de 19 rutas, para ello se evaluó y analizo el diseño de los diagramas con las trayectorias según el DS 011-2016-MTC, en el cual nos va permitir armar las brigadas dependiendo de la longitud total proyectada. Se generó un mapa vial el cual sirvió como guía para realizar el recorrido para el inventario vial básico del Departamento de Tumbes, se muestra en el **Anexo 08 Figura 7**.

FASE 2: Reconocimiento

Para el reconocimiento es necesario contar con la autorización de la autoridad competente en este caso si es una ruta Nacional se coordina con PROVIAS Nacional - MTC si la ruta está en una red concesionada se coordina con la Dirección General de Programas y Proyectos de Transporte, si la ruta pasa por una red departamental es necesario coordinar con el Gobierno Regional de la región de Tumbes y si pasamos por una Red Vial Vecinal se harán las gestiones con las Municipalidades Provinciales o Distritales, para ello luego de establecido la Fase 1 se empezó a configurar el GPS navegador contemplando los parámetros establecidos por la IGN, luego se programó los trabajos realizados por la brigada, se estableció el cronograma de trabajo y se empezó a la movilización del punto inicial; luego de establecerse en el punto inicial se empieza con el recorrido y se levanta la información de puntos fijos, puntos notables y el punto final, para poder cerrar con el itinerario de la ruta recorrida.

FASE 3: Medición en Campo

Ya establecida la brigada en Campo se procedió a la calibración y configuración de los equipos de medición (Odómetro y GPS), se ingresa la información a la laptop de la recolección realizada en la Fase 2 y se procedió a realizar la georreferenciación del Punto Inicial, luego de establecerse los puntos de control o notables se realizó la medición de la longitud de carretera hasta el punto final, en el cual desde el Punto Inicial se empezó con las fotografías y videograbación de toda la trayectoria hasta el Punto Final.

FASE 4: Relevamiento en Campo

La brigada tendrá que revisar la calibración de los equipos y la configuración de los parámetros, se realizó la carga nuevamente de los datos recolectados a la laptop en el cual se empezó a realizar el relevamiento y georreferenciación de los elementos y el estado de la vía con el equipo GPS Submétrico; así también se empezó a tomar fotografías y grabar los elementos y el estado de la vía por donde se está haciendo el recorrido, habiendo culminado el trayecto establecido se procede a realizar el guardado de la información georreferenciada para que esta sea luego trabajada y procesada en Gabinete.

FASE 5: Trabajo en Gabinete

Luego de la recolección de la información en campo se procedió a sistematizar la información georreferenciada y formatos de la vía, para ello se procedió hacer la exportación de los datos crudos o raw data a formatos shape, se identificó y rotuló las fotografías según el registro del itinerario vial, se elaboraron los mapas viales georreferenciados de cada ruta y por último se acoplo la información a los formatos viales, para todo ello la información realizada es almacenada en una base de datos, en el cual se puedan realizar las consultas a través de un aplicativo web. Para conocimiento del trabajo realizado se hace una recopilación de todo el procedimiento establecido para el inventario vial y se desarrolla un resumen ejecutivo e informe final. Se puede observar en el **Anexo 9 figura 8** el procesamiento realizado del Departamento de Tumbes.

3.6 Método de análisis de datos

Para la aplicación se utilizó el software estadístico spss en el que se realizaron las pruebas descritas a continuación:

En primer lugar, Test de Shapiro–Wilk: Se utiliza para comparar la normalidad de un grupo. La hipótesis nula, x_1 como muestra y x_n se dice que provienen de un cuadrado distribuido normalmente. Los autores Samuel Shapiro y Martin Wilk la publicaron en 1965, y se considera una de las publicaciones más poderosas sobre la antinomia de la normalidad. (Hernández, et al. 2018)

En segundo lugar, Prueba t de Student: Si la hipótesis propuesta da un resultado nulo, entonces cualquier competencia con una bolsa de participantes de estudiantes es válida. Este caso se aplica mientras la población evaluada mantiene su orden normal; sin embargo, la convexidad de la muestra es insuficiente para garantizar que la estadística sobre la que se basa la inferencia se distribuya normalmente; por lo tanto, la decisión fiel se basa en un juicio de la disminución típica. (Hernández, et al. 2018)

3.7 Aspectos éticos

El informe de investigación respeta la ética de la privacidad de información el cual fueron utilizados para esta investigación mediante el modelo de consentimiento informado de la UCV.

IV. RESULTADOS

Según los objetivos planteados de esta investigación se realizó el siguiente análisis el cual se lleva a una comparativo de un Pre Test y Post Test, para determinar la optimización de rutas luego de aplicado el algoritmo por lo que va reducir la cantidad de distancia recorrida, el tiempo recorrido y el consumo de combustible.

En la siguiente **Tabla 07** se detalló los resultados del pre – test obtenidos desde el aplicativo web Google Maps haciendo el recorrido entre una ruta inicial y final entre las provincias y distritos del departamento de Tumbes.

Tabla 6. Pre test de resultados de los Indicadores

Nº	Rutas		CDR (km)	CTR (h)	CCC (gal)
	INICIO	FINAL			
1	Zorritos	Casitas	59.10	0.59	5.91
2	Canoas de Punta Sal	Zorritos	84.30	0.84	8.43
3	Canoas de Punta Sal	Casitas	65.60	0.66	6.56
4	San Juan de la Virgen	Tumbes	23.20	0.23	2.32
5	Canoas de Punta Sal	Tumbes	99.90	1.00	9.99
6	Aguas Verdes	San Juan de la Virgen	45.80	0.46	4.58
7	Matapalo	Corrales	59.80	0.60	5.98
8	Matapalo	Papayal	74.10	0.74	7.41
9	San Juan de la Virgen	Papayal	53.10	0.53	5.31
10	Papayal	Casitas	114.00	1.14	11.40
		TOTAL	678.9	6.79	67.89

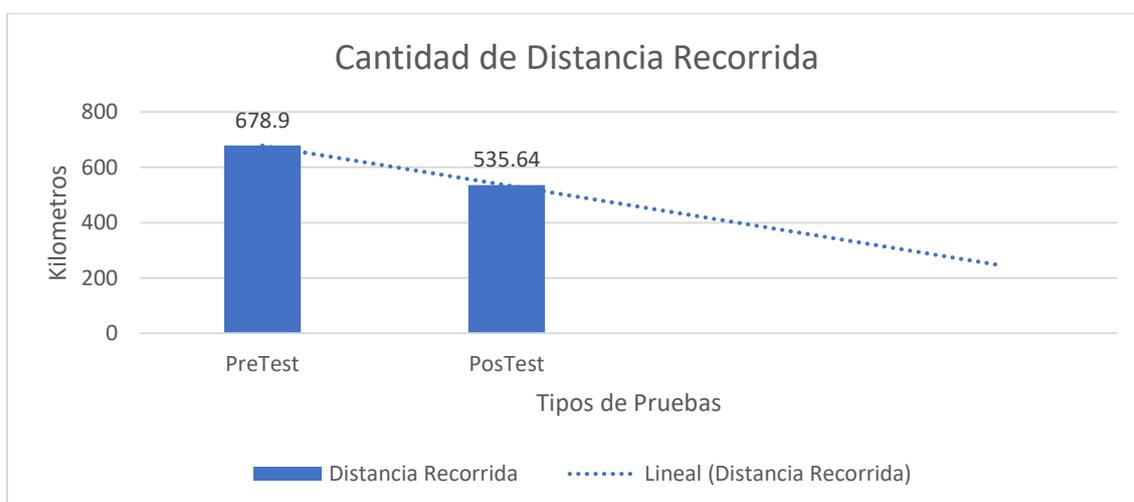
En la siguiente **Tabla 08** se detalló los resultados del post – test luego de aplicar el algoritmo ACO, haciendo el mismo recorrido entre una ruta inicial y final entre las provincias y distritos del departamento de Tumbes.

Tabla 7. Post test de resultados de los Indicadores

Nº	Rutas		CDR (km)	CTR (h)	CCC (gal)
	INICIO	FINAL			
1	Zorritos	Casitas	49.82	0.50	4.98
2	Canoas de Punta Sal	Zorritos	54.27	0.54	5.43
3	Canoas de Punta Sal	Casitas	51.39	0.51	5.14
4	San Juan de la Virgen	Tumbes	15.39	0.15	1.54
5	Canoas de Punta Sal	Tumbes	97.02	0.97	9.70
6	Aguas Verdes	San Juan de la Virgen	38.44	0.38	3.84
7	Matapalo	Corrales	58.08	0.58	5.81
8	Matapalo	Papayal	34.75	0.35	3.48
9	San Juan de la Virgen	Papayal	40.41	0.40	4.04
10	Papayal	Casitas	96.07	0.96	9.61
		TOTAL	535.64	5.34	53.57

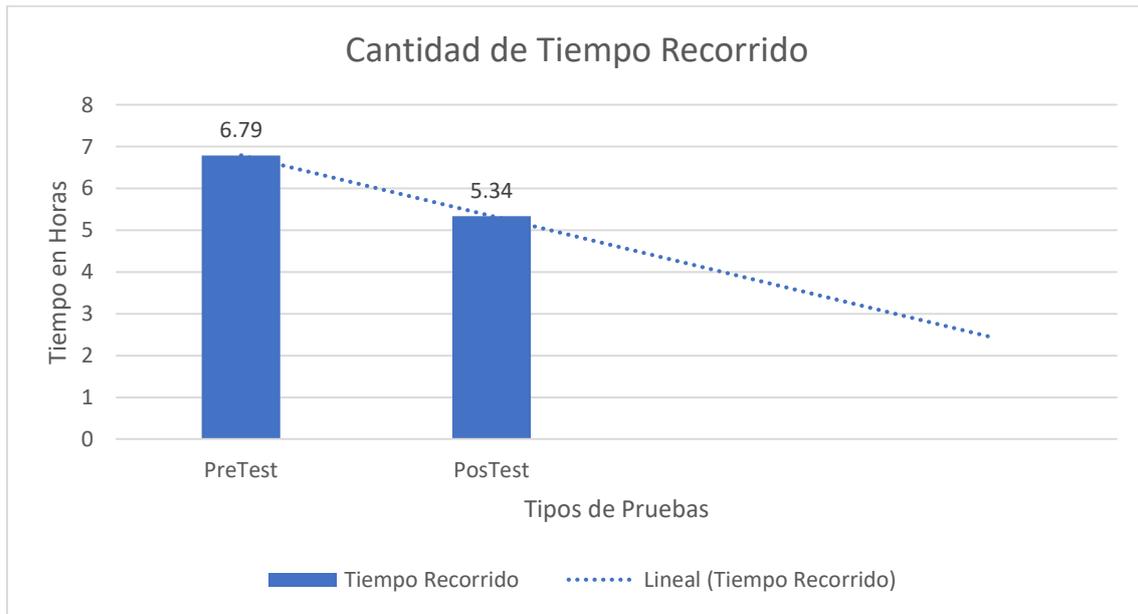
En la siguiente Figura 1 se observa la comparación del Pre Test y Post Test del primer indicador **Cantidad de Distancia Recorrida**, en la cual hay una inclinación de reducción de la cantidad de distancia recorrida sobre las ubicaciones mencionadas en la tabla 7 y 8 luego de aplicado el algoritmo ACO.

Figura 1. Comparativa Pre y Post test de la Cantidad de Distancia Recorrida



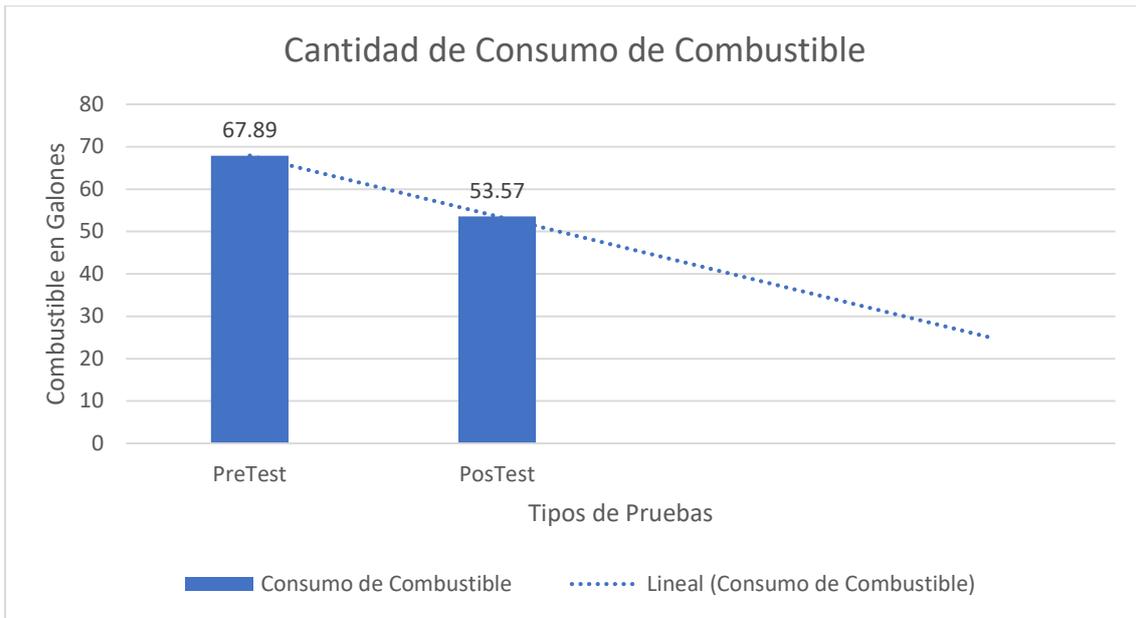
En la siguiente Figura 2 se observa la comparación del Pre Test y Post Test del segundo indicador **Cantidad de Tiempo Recorrido**, en la cual hay una inclinación de reducción de la cantidad del tiempo de recorrido sobre las ubicaciones mencionadas en la tabla 7 y 8 luego de aplicado el algoritmo ACO.

Figura 2. Comparativa Pre y Post test de la Cantidad de Tiempo Recorrido



En la siguiente Figura 3 se observa la comparación del Pre Test y Post Test del tercer indicador **Cantidad de Consumo de Combustible**, en la cual hay una inclinación de reducción de la cantidad del consumo de combustible sobre las ubicaciones mencionadas en la tabla 7 y 8 luego de aplicado el algoritmo ACO.

Figura 3. Comparativa Pre y Post test de la Cantidad de Consumo de Combustible



Estadística Inferencial

Hipótesis General:

La optimización de rutas basado en el algoritmo ACO mejorará el Transporte Terrestre Interprovincial de la Ciudad de Tumbes

Prueba de normalidad

H0: Los parámetros no cuentan con una distribución normal.

H1: Los parámetros cuentan con una distribución normal.

Regla

Donde α : 0.05

Si el valor, p-valor $\leq \alpha$, niega H0

Si el valor, p-valor $> \alpha$, aprueba H1

Tabla 8. Prueba de Normalidad en la Cantidad de Distancia Recorrida, Cantidad de Tiempo Recorrido y Cantidad de Consumo de Combustible

Pruebas de normalidad						
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.

Cantidad de Distancia Recorrida - Pre Test	,134	10	,200*	,980	10	,967
Cantidad de Distancia Recorrida - Post Test	,230	10	,142	,895	10	,195
Cantidad de Tiempo de Recorrido - Pre Test	,134	10	,200*	,980	10	,967
Cantidad de Tiempo de Recorrido - Post Test	,229	10	,146	,894	10	,190
Cantidad de Consumo de Combustible - Pre Test	,134	10	,200*	,980	10	,967
Cantidad de Consumo de Combustible - Post Test	,230	10	,143	,895	10	,195
*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.						
a. Corrección de significación de Lilliefors						

Conclusión

El parámetro P- valor (Sig) es mayor que 0.05, por lo que, se aprueba la hipótesis alterna (H1). La prueba evidenció que los parámetros calculados vienen de una distribución normal.

Prueba T-Student

Hipótesis General:

La optimización de rutas basado en el algoritmo ACO mejorará el Transporte Terrestre Interprovincial del departamento de Tumbes

Hipótesis Estadística:

H0: La optimización de rutas basado en el algoritmo ACO no mejora el Transporte Terrestre Interprovincial del departamento de Tumbes

H1: La optimización de rutas basado en el algoritmo ACO mejora el Transporte Terrestre Interprovincial del departamento de Tumbes

Regla:

Donde α : 0.05

Si el valor, p-valor $\leq \alpha$, niega H0

Si el valor, p-valor $> \alpha$, aprueba H1

Tabla 9. Prueba de Muestras Emparejadas Cantidad de Distancia Recorrida, Tiempo Recorrido y Consumo de Combustible

Prueba de muestras emparejadas									
		Diferencias emparejadas					t	gl	Sig. (bilateral)
		Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
					Inferior	Superior			
P a r 1	Cantidad de Distancia Recorrida - Pre Test - Cantidad de Distancia Recorrida - Post Test	14,32600	11,99473	3,79307	5,74548	22,90652	3,777	9	,004
P a r 2	Cantidad de Tiempo de Recorrido - Pre Test - Cantidad de Tiempo de Recorrido - Post Test	,14490	,11919	,03769	,05964	,23016	3,844	9	,004
P a r 3	Cantidad de Consumo de Combustible - Pre Test - Cantidad de Consumo de Combustible - Post Test	1,43200	1,19750	,37868	,57536	2,28864	3,782	9	,004

Conclusión:

En vista que el p-valor obtenido ($p=0.004 < \alpha=0.05$) en los tres (03) parámetros Cantidad de Distancia Recorrida, Cantidad de Tiempo Recorrido y Cantidad de Consumo de Combustible, por lo que hay pruebas suficientes para negar la

hipótesis nula. Este resultado nos concede aceptar como válida a la hipótesis alterna H1.

Indicador 1: Cantidad de Distancia Recorrida

Prueba de Normalidad

H0: Los datos no cuentan con una distribución normal.

H1: Los datos cuentan con una distribución normal.

Tabla 10. Prueba de Normalidad Cantidad de Distancia Recorrida

Pruebas de normalidad						
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Cantidad de Distancia Recorrida - Pre Test	,134	10	,200*	,980	10	,967
Cantidad de Distancia Recorrida - Post Test	,230	10	,142	,895	10	,195
*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.						
a. Corrección de significación de Lilliefors						

Regla

Donde α : 0.05

Si, $p\text{-valor} < \alpha$, niega H0

Si, $p\text{-valor} > \alpha$, aprueba H1

Conclusión

El parámetro P- valor (Sig) es mayor que 0.05, por lo que, se aprueba la hipótesis alterna (H1). La prueba evidenció que los parámetros calculados de la Cantidad de Distancia Recorrida proceden de una distribución normal.

Prueba T-Student

Hipótesis de Investigación:

El algoritmo ACO reducirá la cantidad de distancia de recorrido por ruta en el Transporte Terrestre Interprovincial del departamento de Tumbes.

Hipótesis Estadística:

H0: El algoritmo ACO no reduce la cantidad de distancia recorrida en el Transporte Terrestre Interprovincial del departamento de Tumbes.

H1: El algoritmo ACO reduce la cantidad de distancia recorrida en el Transporte Terrestre Interprovincial del departamento de Tumbes.

Regla

Donde α : 0.05

Si, p -valor $< \alpha$, niega H0

Si, p -valor $> \alpha$, aprueba H1

Tabla 11. Prueba de Muestras Emparejadas Cantidad de Distancia Recorrida

Prueba de muestras emparejadas									
		Diferencias emparejadas					t	gl	Sig. (bilateral)
		Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
					Inferior	Superior			
P	Cantidad de Distancia Recorrida - Pre Test - Cantidad de Distancia Recorrida - Post Test	14,33	11,99	3,79	5,74	22,91	3,78	9	,004

Conclusión

En vista que el p -valor obtenido es menor que el sig ($p=0.004 < \alpha=0.05$), en el parámetro Cantidad de Distancia Recorrida, por lo que hay pruebas suficientes para negar la hipótesis nula. Este resultado nos concede aceptar como válida a la hipótesis alterna H1.

Indicador 2: Cantidad de Tiempo Recorrido

Prueba de Normalidad

H0: Los datos no cuentan con una distribución normal.

H1: Los datos cuentan con una distribución normal.

Tabla 12. Prueba de Normalidad Cantidad de Tiempo Recorrido

Pruebas de normalidad						
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Cantidad de Tiempo de Recorrido - Pre Test	,134	10	,200 [*]	,980	10	,967
Cantidad de Distancia Recorrida - Post Test	,230	10	,142	,895	10	,195
*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.						
a. Corrección de significación de Lilliefors						

Regla

Donde α : 0.05

Si, $p\text{-valor} < \alpha$, niega H_0

Si, $p\text{-valor} > \alpha$, aprueba H_1

Conclusión

El parámetro P- valor (Sig) es mayor que 0.05, por lo que, se aprueba la hipótesis alterna (H_1). La prueba evidenció que los parámetros calculados de la Cantidad de Tiempo Recorrido proceden de una distribución normal.

Prueba T-Student

Hipótesis de Investigación:

El algoritmo ACO reducirá la cantidad del tiempo recorrido en el Transporte Terrestre Interprovincial del departamento de Tumbes

Hipótesis Estadística:

H_0 : El algoritmo ACO no reduce la cantidad del tiempo recorrido en el Transporte Terrestre Interprovincial del departamento de Tumbes

H_1 : El algoritmo ACO reduce la cantidad del tiempo recorrido en el Transporte Terrestre Interprovincial del departamento de Tumbes

Regla

Donde α : 0.05

Si, $p\text{-valor} < \alpha$, niega H_0

Si, $p\text{-valor} > \alpha$, aprueba H_1

Tabla 13. Prueba de Muestras Emparejadas Cantidad de Tiempo Recorrido

Prueba de muestras emparejadas									
		Diferencias emparejadas					t	gl	Sig. (bilat- eral)
		Media	Desv. Desvi- ación	Desv. Error prome- dio	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
					Infe- rior	Supe- rior			
Par 1	Cantidad de Tiempo de Recorrido - Pre Test - Cantidad de Tiempo de Recorrido - Post Test	,14490	,11919	,03769	,05964	,23016	3,844	9	,004

Conclusión

En vista que el $p\text{-valor}$ obtenido es menor que el sig ($p=0.004 < \alpha=0.05$), en el parámetro Cantidad de Tiempo Recorrido, por lo que hay pruebas suficientes para negar la hipótesis nula. Este resultado nos concede aceptar como válida a la hipótesis alterna H_1 .

Indicador 3: Cantidad de Consumo de Combustible

Prueba de Normalidad

H_0 : Los datos no cuentan con una distribución normal.

H_1 : Los datos cuentan con una distribución normal.

Tabla 14. Prueba de Normalidad Cantidad de Consumo de Combustible

Pruebas de normalidad						
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Cantidad de Consumo de Combustible - Pre Test	,134	10	,200 [*]	,980	10	,967
Cantidad de Consumo de Combustible - Post Test	,230	10	,143	,895	10	,195
*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.						
a. Corrección de significación de Lilliefors						

Regla de decisión

Donde α : 0.05

Si, $p\text{-valor} < \alpha$, rechaza H_0

Si, $p\text{-valor} > \alpha$, Acepta H_1

Conclusión

El parámetro P- valor (Sig) es mayor que 0.05, por lo que, se aprueba la hipótesis alterna (H_1). La prueba evidenció que los parámetros calculados de la Cantidad de Consumo de Combustible proceden de una distribución normal.

Prueba T-Student

Hipótesis de Investigación:

El algoritmo ACO reducirá la cantidad del consumo de combustible en el Transporte Terrestre Interprovincial del departamento de Tumbes.

Hipótesis Estadística:

H_0 : El algoritmo ACO no reduce el consumo de combustible en el Transporte Terrestre Interprovincial del departamento de Tumbes.

H_1 : El algoritmo ACO reduce el consumo de combustible en el Transporte Terrestre Interprovincial del departamento de Tumbes.

Regla de decisión

Donde α : 0.05

Si, p -valor $< \alpha$, rechaza H_0

Si, p -valor $> \alpha$, Acepta H_1

Tabla 15. Prueba de Muestras Emparejadas Cantidad de Consumo de Combustible

Prueba de muestras emparejadas									
		Diferencias emparejadas					t	gl	Sig. (bi-lateral)
		Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
					Inferior	Superior			
Par 1	Cantidad de Consumo de Combustible - Pre Test - Cantidad de Consumo de Combustible - Post Test	1,43200	1,19750	,37868	,57536	2,28864	3,782	9	,004

Conclusión

En vista que el p -valor obtenido es menor que el sig ($p=0.004 < \alpha=0.05$), en el parámetro Cantidad de Consumo de Combustible, por lo que hay pruebas suficientes para negar la hipótesis nula. Este resultado nos concede aceptar como válida a la hipótesis alterna H_1 .

EXPLICACIÓN DE LOS SUPUESTOS EN LOS RESULTADOS

Para los resultados expuestos es necesario mencionar que se está considerando supuestos datos en esta investigación como el caso del estado de la vía se está considerando siempre una vía el cual sea transitable más no que este en buen estado, así también se considera como datos de entrada la elección del tipo de gasolina que en este caso para la investigación se está considerando buses de

transporte interprovincial que en su mayor porcentaje utilizan Diésel, adicionar también que los parámetros del vehículo como la velocidad y el consumo estándar de gasolina puede ser manejo de acuerdo a la información que se obtenga del vehículo.

V. DISCUSIÓN

La aplicación del Algoritmo ACO optimizó las rutas del transporte terrestre interprovincial del departamento de Tumbes reduciendo la cantidad de distancia, el tiempo recorrido y el consumo de combustible. Así mismo, Avalos (2021) en problemática de optimizar las rutas aplicó el algoritmo ACO para hallar la vía más eficiente siendo de 1860 km su nueva trayectoria optimizando la distancia, tiempo y el uso de combustible.

Similarmente Marín (2017) tuvo la misma problemática el cual utilizó el algoritmo ACO mediante partículas evolutivas, utilizó la metodología atado y rama, deducción simplex, funciones aproximados y heurísticas, se utilizó el framework EPSO que luego de implementado el algoritmo compuesto, redujo las paradas a 274 en las rutas de transporte Metropolitano en Bucaramanga llegando a optimizar el tiempo en las estaciones de las capitales alrededor, el cual concluye que la aplicación del algoritmo ACO logra descongestionar el transporte terrestre.

De la misma manera Hidalgo (2020), utilizó la aplicación del algoritmo ACO para una población de bicicletas utilizando una metodología Python para el desarrollo del algoritmo, en la que reduce el índice de descongestión de las bicicletas, optimizando los tiempos de espera, tráfico, pérdida de tiempo y llegada oportuna.

Otros investigadores como Carrillo (2020) se enfocó en reducir los tiempos utilizando algoritmos metaheurísticos como el ABC, utilizó una metodología de desarrollo metaheurístico el cual favoreció en su investigación a unos alumnos de una institución logrando elegir la ruta más corta en hora punta de parte del transporte en general, el cual concluye que la utilización de algoritmos metaheurísticos llega a optimizar el factor tiempo.

No obstante Benites & Campos (2021), tuvo como objetivo determinar el mejor algoritmo para el mejoramiento del transporte terrestre de lima, utilizó la metodología OCH (ACO) y Tabú, como resultado se identificó que la aplicación del algoritmo beneficia la disminución de la congestión vehicular y minimiza los tiempos de traslado y de llegada de un lugar a otro por lo que concluye en que la utilización

de estos tipos de algoritmos optimiza la gestión de rutas para hallar la distancia más corta.

Por otra parte Tsidignos y Vlastos (2020) tuvieron como objetivo la exploración de diversas maneras de rediseñar una red estratégica en una ciudad metropolitana a través de una metodología multicriterio (MCA), el cual consiste en 05 pasos como primera instancia una revisión del panorama actual de la zona urbana y transporte terrestre; como segunda instancia el desarrollo de un método que formule una nueva vía estratégica en la red; tercera instancia se posee la base de los conjuntos multicriterio obtenidos, revelando de esta manera la mejor alternativa; como última instancia tomando los pasos cuarto y quinto se desarrolla lo mencionado con anterioridad simulando la implementación específicamente de una carretera conformada por rutas regionales, esta investigación tuvo como resultado la reducción del tiempo en el tráfico de la ciudad, a través de una red estratégica.

Continuando con los acontecimientos de las investigaciones de autores relacionados a esta investigación Ahmed, Munford y Kheiri (2019) tienen como objetivo rebajar los tiempos de los usuarios y algunos costos de mantenimiento, utilizaron dos metodologías la de selección basado en procesos combinatorios con la aprobación de grandes aglomeraciones aplicaron algoritmos genéticos para obtener el mejor rendimiento en cuanto al cálculo de la reducción del tiempo y este pueda ser más eficiente que las soluciones conocidas actuales.

Del mismo modo Alizadeh, Lejji y Amiri (2019) buscan un método de encaminamiento que busca la ruta más factible entre el punto de inicio y final; en su metodología toma de decisiones de criterio múltiples (MCDM) utilizando el algoritmo VIKOR, como finalidad el algoritmo aplicado bajo la metodología prescrita puede elegir el mejor camino entre las vías disponibles y así poder optimizar el tránsito efectuado por la congestión vehicular.

En cuanto a Amal, Son y Chabchoub (2018) tienen como objetivo reducir las vías de viaje de los vehículos de la junta de residuos sólidos de una comunidad, se utilizó el algoritmo SGA, es una especie de algoritmo modificado en su código que tiene como estructura principal el algoritmo utilizado en el método de Dijkstra, este

desarrollo se realizó utilizando la plataforma GIS, se concluye que el conjunto de soluciones que da el algoritmo, logra reducir las distancias de las vías.

De igual forma Amiri y Hooshmand (2020) tienen como objetivo definir la ruta más óptima en una VANET el cual se utilizó el algoritmo AODV, concluyen que el auto de destino hereda las rutas más confiables y utiliza un algoritmo difuso para diferenciar la ruta óptima entre todas las vías consultadas por que lo te optimiza la ruta sobre el tráfico y congestión, en relación a la distancia, tiempo y combustible.

Asimismo Archetti, Fernández y Huerta-Muñoz (2018), tienen como objetivo llegar en el menor tiempo estipulado para la satisfacción de sus clientes, consideran un cierto ciclo por el cual se trata de determinar la mejor ruta para poder establecerla, se utilizó un método matemático iterativo en dos etapas para generar un algoritmo que pueda ver los casos de mediano y grande referente al problema de encontrar la ruta más óptima.

Al mismo tiempo Carwalo, Thankappan y Patil (2017), tienen como objetivo minimizar la longitud total de una ruta observando el problema de enrutamiento de vehículos (VRP) , utilizan el algoritmo ACO para establecer grupos de control el cual puedan resolver ante el VRP logrando reducir la longitud que hay entre sus diferentes destinos.

Posteriormente Ho et al. (2019) tiene como objetivo optimizar las rutas del tráfico generado propone una metodología de redireccionamiento de feromonas basado en el tiempo (PTPR) para poder establecer un sistema eficiente de desvío de rutas para vehículos, se utilizó el algoritmo ACO para la optimización de rutas, llegando a verificar el tiempo promedio de viaje y el consumo de combustible por lo que se concluye que la utilización del algoritmo determina una mejora en el desplazamiento de los autos de transporte terrestre asu vez también mejora el tiempo de computo que se utiliza para realizar dicha operación.

Katona, Lénárt y Juhász (2019) tienen como objetivo recolectar más datos de la ruta y no solo obtener la información de su distancia, para así poder obtener información más precisa y tener diferentes parámetros para que se pueda considerar al momento de elegir la mejor ruta, se aplicó el algoritmo ACO que asu vez se realizó sobre un estudio paramétrico en una red vial real, se concluyó que

después de aplicar el algoritmo se evidenció la optimización en todas las rutas de la red llegando a mejorar los tiempos y la distancia recorrida.

Por otra parte Rehman et al. (2018), tiene como objetivo optimizar las carreteras y los flujos de tráfico considerando un porcentaje mayor en las áreas urbanas, se aplicó el algoritmo ACO tratando de mejorar su código para que sea más eficiente a través de los parámetros de entrada el cual se concluyó que la aplicación de este algoritmo llega a optimizar las rutas y el tráfico, mejorando los tiempos de llegada y la distancia recorrida.

Asimismo Wiwik Sri Rahayu Ginantra et al. (2019) tiene como objetivo determinar la vía más óptima y poder reducir los costos y tiempo en los lugares turísticos de Indonesia, se aplicó el algoritmo ACO el cual llegó a cumplir el objetivo principal de reducir los costos y determinar la distancia más óptima por lo que se concluye que después de la aplicación del algoritmo, se llegó a optimizar las rutas de los lugares turísticos de Indonesia.

VI. CONCLUSIONES

En la presente investigación, mediante el uso del algoritmo ACO se logró optimizar las rutas del departamento de Tumbes logrando reducir la Distancia Recorrida, Tiempo Recorrido y Consumo de Combustible. Entre los resultados más concluyentes se obtuvo:

1. En la cantidad de Distancia recorrida entre los resultados del pre test y post test se obtuvo una diferencia de 143.26 km, el cual se realizó la simulación sobre las mismas provincias y distritos del departamento de Tumbes, por lo que se concluye que hubo un 23.60% de reducción de la distancia recorrida comparando un antes y después de la implementación del algoritmo ACO, en otras palabras el algoritmo ACO redujo la distancia recorrida del transporte terrestre interprovincial del departamento de Tumbes.
2. En la cantidad de Distancia recorrida entre los resultados del pre test y post test se obtuvo una diferencia de 1.45 horas, el cual se realizó la simulación sobre las mismas provincias y distritos del departamento de Tumbes, por lo que se concluye que hubo un 23.90% de reducción del tiempo de recorrido comparando un antes y después de la implementación del algoritmo ACO, en otras palabras el algoritmo ACO redujo el tiempo recorrido del transporte terrestre interprovincial del departamento de Tumbes.
3. En la cantidad de Distancia recorrida entre los resultados del pre test y post test se obtuvo una diferencia de 14.32 galones de combustible, el cual se realizó la simulación sobre las mismas provincias y distritos del departamento de Tumbes, por lo que se concluye que hubo un 23.57% de reducción del consumo de combustible comparando un antes y después de la implementación del algoritmo ACO, en otras palabras el algoritmo ACO redujo el consumo de combustible del transporte terrestre interprovincial del departamento de Tumbes.

VII. RECOMENDACIONES

1. Considerar la implementación de algoritmos de optimización de rutas sobre mallas topológicas estructuradas en el que los ejes y puntos de trayectorias estén conectados formando nodos de información para que el algoritmo pueda realizar la iteración sobre la ruta y recolectar la información necesaria de acuerdo a los parámetros de recolección considerados.
2. Es necesario combinar el código del algoritmo ACO con otros algoritmos de optimización para mejorar la búsqueda de la ruta óptima sobre la malla topológica implementada.
3. Es vital mantener actualizada la información geoespacial de las rutas mediante los inventarios viales, el cual alimentará a la base de datos con el objetivo de mostrar a través del sistema la geometría de las rutas actualizadas.
4. Adicionar los parámetros de estado de la vía, superficie de rodadura y clasificación de la vía, en el código fuente del algoritmo ACO para llegar a obtener una ruta más óptima el cual reduzca el tiempo, la distancia y el consumo de combustible.
5. Identificar el tipo de vehículo con el cual se hará la simulación para establecer sus parámetros de entrada en el sistema como la velocidad que empleará y el tipo de gasolina que utilizará junto con el consumo estándar de combustible que utiliza por kilometro recorrido.

REFERENCIAS

1. AVALOS CARBONELLI, Johanna Almendra. 2021. Uso del algoritmo de colonia de hormigas para optimizar rutas de entrega o transporte mediante Python. [En línea] 25 de Enero de 2021. https://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12672/17708/Avalos_cj.pdf?sequence=3.
2. AHMED, L., MUMFORD, C. y KHEIRI, A., 2019. Solving urban transit route design problem using selection hyper-heuristics. *European Journal of Operational Research*, vol. 274, no. 2, pp. 545-559. ISSN 03772217. DOI 10.1016/j.ejor.2018.10.022.
3. ALIZADEH, E., LEJJY, K.R. y AMIRI, E., 2019. Improving Routing in Vehicular Ad-hoc Network with VIKOR Algorithm. *9th International Symposium on Telecommunication: With Emphasis on Information and Communication Technology, IST 2018*, no. 978, pp. 337-341. DOI 10.1109/ISTEL.2018.8661130. ç
4. A. A. Ali Ghalib, A. H. Hameed; R. N. Zehaw,2023. Forecasting traffic accidents in Iraq for the planning time series from 2020 to 2025 years by statistical methods. *AIP Conf. Proc.* 2787, 080016 (2023). p28. DOI: <https://doi.org/10.1063/5.0149790>.
5. AMAL, L., SON, L.H. y CHABCHOUB, H., 2018. SGA: spatial GIS-based genetic algorithm for route optimization of municipal solid waste collection. *Environmental Science and Pollution Research*, vol. 25, no. 27, pp. 27569-27582. ISSN 16147499. DOI 10.1007/s11356-018-2826-0.

6. AMIRI, E. y HOOSHMAND, R., 2020. Improved AODV Based on TOPSIS and Fuzzy Algorithms in Vehicular Ad-hoc Networks. *Wireless Personal Communications* [en línea], vol. 111, no. 2, pp. 947-961. ISSN 1572834X. DOI 10.1007/s11277-019-06894-x. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s11277-019-06894-x>.
7. ARCHETTI, C., FERNÁNDEZ, E. y HUERTA-MUÑOZ, D.L., 2018. A two-phase solution algorithm for the Flexible Periodic Vehicle Routing Problem. *Computers and Operations Research*, vol. 99, pp. 27-37. ISSN 03050548. DOI 10.1016/j.cor.2018.05.021.
8. BENITES YARASCA , Alfonso William y CAMPOS VASQUEZ , Neicer. 2021. Optimización del transporte urbano en Lima aplicando los algoritmos genéticos Tabú y Colonia de Hormigas. [En línea] 20 de Junio de 2021. https://laccei.org/LACCEI2021-VirtualEdition/full_papers/FP321.pdf.
9. CARWALO, T., THANKAPPAN, J. y PATIL, V., 2017. Capacitated vehicle routing problem. *2017 2nd International Conference on Communication Systems, Computing and IT Applications, CSCITA 2017 - Proceedings*, pp. 17-21. DOI 10.1109/CSCITA.2017.8066555.
10. CARRILLO PÉREZ, René Alfonzo. 2020. Algoritmo adaptativo para la selección de la ruta más corta. [En línea] 8 de Febrero de 2020. https://rinacional.tecnm.mx/bitstream/TecNM/378/1/TESIS-Algoritmo_adaptativo_para_la_seleccion_de_ruta_mas_corta.MCIMPdf.pdf.
11. COURRIER, Y. *analyse et langage documentaire*. En: *Documentaliste V 01. 13(1976) n° 5-6*, p. 178.
12. CONDO Plaza Luis A., PAZMIÑO Guadalupe José M. *Diseño experimental en el desarrollo del conocimiento científico de las ciencias agropecuarias*. Tomo 1.

Riobamba: Escuela Superior Politécnica del Chimborazo. Instituto de Investigaciones; 2015 99 p. vol: 17 x 24 cm ISBN: 978-9942-21-569-7

13. FIGALY, Alisio. 2019. Algoritmo de Colonia de Hormigas. [En línea] 4 de Diciembre de 2019. <https://baobabsoluciones.es/blog/2019/12/04/algoritmo-aco/>.

14. FUENTES, Miguel. 2020. Dinámica científica y medidas de complejidad. SADAF, 2020, ISBN: 9874670894, 9789874670892, 2020. pp.144.

15. HERNANDEZ SAMPIERI , Roberto y MENDOZA TORRES, Cristhian. 2018. Metodología de la investigación. Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta. Mexico : Mc Graw Hill Education, 2018.

16. HIDALGO, Boix. 2020. Optimización de rutas de distribución de bicicletas entre las estaciones de BiciMAD aplicando el algoritmo de la colonia de. [En línea] 20 de Junio de 2020. <http://openaccess.uoc.edu/webapps/o2/bitstream/10609/117786/7/ahboixTFG062Omemoria.pdf>.

17. HO, M.C., LIM, J.M.Y., SOON, K.L. y CHONG, C.Y., 2019. An improved pheromone-based vehicle rerouting system to reduce traffic congestión. *Applied Soft Computing Journal*, vol. 84, pp. 1-13. ISSN 15684946. DOI 10.1016/j.asoc.2019.105702.

18. HUDZAIFAH, H., RIZANA, A.F., RAMADHAN, F. y IMRAN, A., 2020. Intelligent decision support systems for determining tour bus route with time windows: A metaheuristic approach. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, vol. 830, no. 3. ISSN 1757899X. DOI 10.1088/1757-899X/830/3/032085.

19. ISLAM, K.A., MOOSA, I.M., MOBIN, J., NAYEEM, M.A. y RAHMAN, M.S., 2019. A heuristic aided Stochastic Beam Search algorithm for solving the transit network design problem. *Swarm and Evolutionary Computation* [en línea], vol. 46, no. February, pp. 154-170. ISSN 22106502. DOI 10.1016/j.swevo.2019.02.007. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.swevo.2019.02.007>.
20. INEI. 2022. Flujo vehicular por unidades de peaje. Informe Técnico N° 06 - junio 2022. [En línea] 29 de Junio 2022. [Citado el: 29 de Junio de 2022]. <https://m.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/boletines/06-informe-tecnico-flujo-vehicular-abr-2022.pdf>
21. JIMENEZ CASTELLANO, Isela . 2019. Frameworks basados en metaheurísticas para resolver el problema de la mochila. [En línea] 4 de Marzo de 2019. <https://www.redalyc.org/journal/707/70758484005/>.
22. KATONA, G., LÉNÁRT, B. y JUHÁSZ, J., 2019. Parallel ant colony algorithm for shortest path problem. *Periodica Polytechnica Civil Engineering*, vol. 63, no. 1, pp. 243-254. ISSN 15873773. DOI 10.3311/PPci.12813.
23. LOZADA, José. 2014. Investigación Aplicada: Definición, Propiedad Intelectual e Industria. [En línea] 12 de Diciembre de 2014. <http://cienciamerica.uti.edu.ec/openjournal/index.php/uti/article/view/30>.
24. Logística urbana: Manual para operadores logísticos y administraciones públicas. RAGAS PRAT, IGNASI, 2018. Primera Edición. Barcelona: Marge Books. pp. 100-101. ISBN: 978-84-17313-59-3.
25. LUO, M., HOU, X. y YANG, J., 2020. Surface Optimal Path Planning Using an Extended Dijkstra Algorithm. *IEEE Access*, vol. 8. ISSN 21693536. DOI 10.1109/ACCESS.2020.3015976.

26. MARIN, Leydi. 2017. Modelo de optimización de rutas de transporte urbano en el área Metropolitana de Bucaramanga con VRPTW mediante un algoritmo de optimización por enjambre de partículas evolutivo. Mexico : Santander, 2017.
27. MATHIVET, Virginie. 2017. Inteligencia artificial para desarrolladores: conceptos e implementación en Java. España : ISBN: 9782409006630 2409006639, 2017. pp.358.
28. Multitudes de información eficiente: experimentos y simulaciones sobre la elección de rutas y la toma de decisiones en multitudes de peatones con usuarios de sillas de ruedas. FELICIANIA, claudio , Murakamia, Hisashi y SHIMURA, Kenichiro. 2020. 2020, Elsevier, págs. 484–503.
29. Mecanismos de política económica ambiental: Retos en la prestación del servicio de aseo en grandes Ciudades. TOBON OROZCO DAVID Y VASCO CORREA, CARLOS ANDRES, 2019, Primera Edición. Bogotá D.C.: TSV Comunicación Gráfica S.A.S. pp.55-56. ISBN: 978-958-5526-57-0.
30. MOHAMMED, M.A., ABD GHANI, M.K., HAMED, R.I., MOSTAFA, S.A., AHMAD, M.S. y IBRAHIM, D.A., 2017. Solving vehicle routing problem by using improved genetic algorithm for optimal solution. *Journal of Computational Science* [en línea], vol. 21, pp. 255-262. ISSN 18777503. DOI 10.1016/j.jocs.2017.04.003. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jocs.2017.04.003>.
31. MOHAMMED, M.A., GHANI, M.K.A., HAMED, R.I., MOSTAFA, S.A., IBRAHIM, D.A., JAMEEL, H.K. y ALALLAH, A.H., 2017. Solving vehicle routing problem by using improved K-nearest neighbor algorithm for best solution. *Journal of Computational Science* [en línea], vol. 21, pp. 232-240. ISSN 18777503. DOI 10.1016/j.jocs.2017.04.012. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jocs.2017.04.012>.

32. OSINERGMIN. 2020. Informe de Resultados Consumo y Usos de los Hidrocarburos Líquidos y GLP. Encuesta Residencial de Consumo y Usos de Energía – ERCUE 2019-2020. [En línea] 20 de Junio de 2018. [Citado el: 16 de Octubre del 2023]. <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/2560069/ERCUE%20Hidrocarburos%20%202019-2020.pdf>.
33. OCHA-ROLAC. 2023. Tumbes - Perú: El Niño Costero 2023 - Cifras oficiales de afectación (actualizada al 19/04/2023 y 23/04/2023). [En Línea] 24 de abril del 2023.[Citado el 20 de noviembre del 2023] <https://reliefweb.int/report/peru/tumbes-peru-el-nino-costero-2023-cifras-oficiales-de-afectacion-actualizada-al-19042023-y-23042023>
34. PALACIOS PEÑA, Jim Roberth y SUAREZ REQUENA, Jorge Ricardo . 2022. “Optimización de rutas de vehículos basado en el algoritmo de agrupamiento de colonia de hormigas en el caso de transporte médico y de emergencia en la ciudad de Tumbes 2021.”. [En línea] 12 de Enero de 2022. https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/85186/Palacios_PJR-Suarez_RJR-SD.pdf?sequence=1.
35. PURIS. 2018. Optimización. [En línea] 12 de Junio de 2018. <https://www.redalyc.org/journal/695/69559233017/html/>.
36. RAMOS, G. de O., BAZZAN, A.L.C. y DA SILVA, B.C., 2018. Analysing the impact of travel information for minimising the regret of route choice. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, vol. 88, pp. 257-271. ISSN 0968090X. DOI 10.1016/j.trc.2017.11.011.
37. REHMAN, A., RATHORE, M.M., PAUL, A., SAEED, F. y AHMAD, R.W., 2018. Vehicular traffic optimisation and even distribution using ant colony in smart city environment. *IET Intelligent Transport Systems*, vol. 12, no. 7, pp. 594-601. ISSN 1751956X. DOI 10.1049/iet-its.2017.0308.

38. SCHUBERT, Olga. 2017. Quantitative proteomics: challenges and opportunities in basic and applied research. [En línea] 1 de Junio de 2017. <https://www.nature.com/articles/nprot.2017.040>.
39. SUTTON, Jane y AUSTIN, Zubin. Qualitative Research: Data Collection, Analysis, and Management. Can J Hosp Pharm; 2015 May- Jun; 68(3):226-31. DOI: 10.4212/cjhp.v68i3.1456.
40. Tsigdinos, S., & Vlastos, T. (2020). Exploring ways to determine an alternative strategic road network in a metropolitan city: A multi-criteria analysis approach. IATSS Research. DOI:10.1016/j.iatssr.2020.06.002.
41. Un algoritmo memético para un problema de enrutamiento de vehículos con backhauls. TAVAKKOLI, Raul, SAREMI, Angel y ZIAEE, Saul. 2020. 2020, Elsevier, págs. 2-3.
42. Un enfoque de asignación de tráfico para multimodal Redes de transporte teniendo en cuenta la capacidad Restricciones y correlaciones de rutas. XIANG , Jia y QUING, Yu. 2020. 2020, Acces, págs. 10-14.
43. Una propuesta de algoritmo basado en programación lineal para resolver Arc Problemas de enrutamiento. HASHNAYNE , Ahmed. 2020. 2020, Modern Education and computer Sciense Press^o, págs. 61-70.
44. VERIZON. 2022. ¿Qué es Optimización de Rutas? [En línea] 12 de Mayo de 2022. <https://www.verizonconnect.com/mx/glosario/que-es-optimización-de-ruta/>.
45. WIWIK Sri Rahayu Ginantra, N.L., TAUFIQURRAHMAN, T., WIDI BHAWIKA, G., BAGUS ARY INDRA ISWARA, I. y WANTO, A., 2019. Determination

of the Shortest Route Towards the Tourist Destination Area Using the Ant Algorithm. *Journal of Physics: Conference Series*, vol. 1339, no. 1. ISSN 17426596. DOI 10.1088/1742-6596/1339/1/012038.

ANEXOS

ANEXO 1. MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala
ALGORITMO AGRUPAMIENTO DE COLONIA DE HORMIGAS (VI)	La Optimización de Colonia de Hormigas está directamente inspirada en funcionar con hormigas exploradoras. El objetivo está en encontrar una solución óptima gracias a la estigmergia. (MATHIVET, 2017, p. 358)	El algoritmo ACO o colonia de hormigas mejorará la optimización de rutas.			
OPTIMIZACIÓN DE RUTA DE TRANSPORTE TERRESTRE INTERPROVINCIAL (VD)	Permite la delineación de las rutas de misión óptimas y, en efecto, la reducción del kilometraje. (JIMENEZ, 2019)	La optimización de rutas mejorará a través del algoritmo ACO o colonia de hormigas	Distancia Recorrida	$CDR (km) = LongI(km) + LongF(km)$ <p style="text-align: center;">CDR: Cantidad de distancia recorrida</p>	razón
			Tiempo Recorrido	$CTR (h) = \frac{CDR (km)}{Vmax (km/h)}$ <p>CTR: Cantidad de tiempo recorrido Vmax: Velocidad máxima CDR: Cantidad de distancia recorrida</p>	razón
			Consumo de Combustible	$CCC (gal) = \frac{CDR (km)}{CEC (km/gal)}$ <p>CCC: Cantidad de Consumo de Combustible CEC: Consumo Estándar de Combustible CDR: Cantidad de distancia recorrida</p>	razón

ANEXO 2

FICHA 2. CÁLCULO DE CANTIDAD DE DISTANCIA RECORRIDA

FICHA 2. CÁLCULO DE CANTIDAD DE DISTANCIA RECORRIDA			
MOTIVO DE INVESTIGACIÓN	Hallar la Cantidad de Distancia Recorrida		
EMPRESA DE INVESTIGACIÓN	Ministerio de Transportes y Comunicaciones		
INVESTIGADOR	Alejandro Israel Navarro Huamán		
FECHA		ASESOR	Carranza Barrena, Wilfredo Eduardo
VARIABLE	Optimización de Rutas	INDICADOR	Cantidad de distancia recorrida (km)
TIPO DE PRUEBA	PRE TEST		
FORMULA	$CDR(km) = LongI(km) + LongF(km)$		

Nº	Rutas		CDR (km)
	INICIO	FINAL	
1			
2			
3			
4			
5			

CDR: Cantidad de Distancia Recorrida por Ruta

ANEXO 3

FICHA 3. CÁLCULO DE CANTIDAD DE TIEMPO RECORRIDO MAXIMO POR RUTA

FICHA 3. CÁLCULO DE CANTIDAD DE TIEMPO RECORRIDO			
MOTIVO DE INVESTIGACION	HALLAR LA CANTIDAD DE TIEMPO RECORRIDO		
EMPRESA DE INVESTIGACION	MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES		
INVESTIGADOR	ALEJANDRO ISRAEL NAVARRO HUAMAN		
FECHA		ASESOR	Carranza Barrena, Wilfredo Eduardo
VARIABLE	Optimización de Rutas	Indicador	Cantidad de Tiempo de Recorrido (h)
TIPO DE PRUEBA	PRE TEST		
FORMULA	$CTR (h) = \frac{CDR (km)}{Vmax (km/h)}$		

Nº	Rutas		Vmax (km/h)	CDR (km)	CTR (h)
	INICIO	FINAL			
1					
2					
3					
4					
5					

Vmax: Velocidad Máxima

CDR: Cantidad de Distancia Recorrida

CTR: Cantidad de Tiempo de Recorrido

ANEXO 4

FICHA 4. CÁLCULO DE CANTIDAD DE CONSUMO DE COMBUSTIBLE

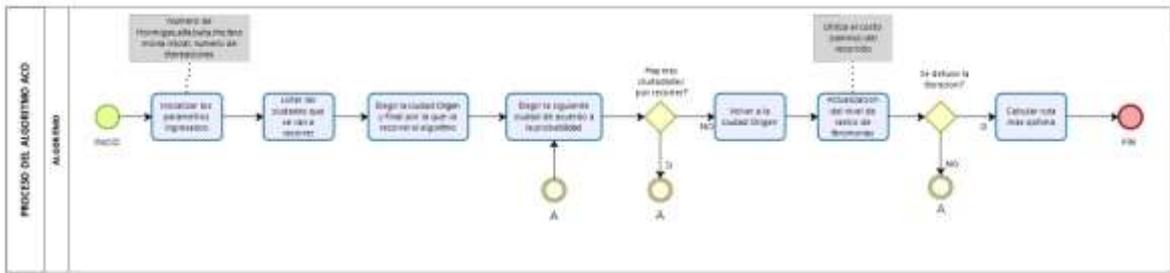
FICHA 4. CÁLCULO DE CANTIDAD DE CONSUMO DE COMBUSTIBLE			
MOTIVO DE INVESTIGACIÓN	Hallar la Cantidad de Consumo de Combustible		
EMPRESA DE INVESTIGACIÓN	Ministerio de Transportes y Comunicaciones		
INVESTIGADOR	Alejandro Israel Navarro Huamán		
FECHA		ASESOR	Carranza Barrena, Wilfredo Eduardo
VARIABLE	Optimización de Rutas	INDICADOR	Cantidad de Consumo de Combustible (gal)
TIPO DE PRUEBA	PRE TEST		
FORMULA	$CCC (gal) = \frac{CDR (km)}{CEC (km/gal)}$		

Nº	Rutas		CEC (gal)	CDR (km)	CCC (gal)
	INICIO	FINAL			
1					
2					
3					
4					
5					

CEC: Consumo Estándar de Combustible
CDR: Cantidad de Distancia Recorrida
CCC: Cantidad de Consumo de Combustible

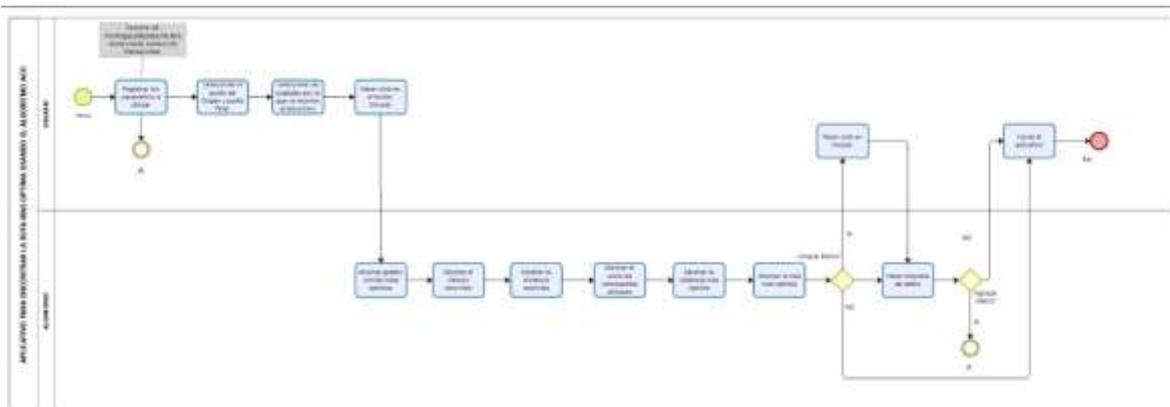
ANEXO 5

Figura 4. Diagrama de Proceso del Algoritmo ACO



Fuente: Elaboración propia

Figura 5. Diagrama de Proceso del Sistema Web



Fuente: Elaboración Propia

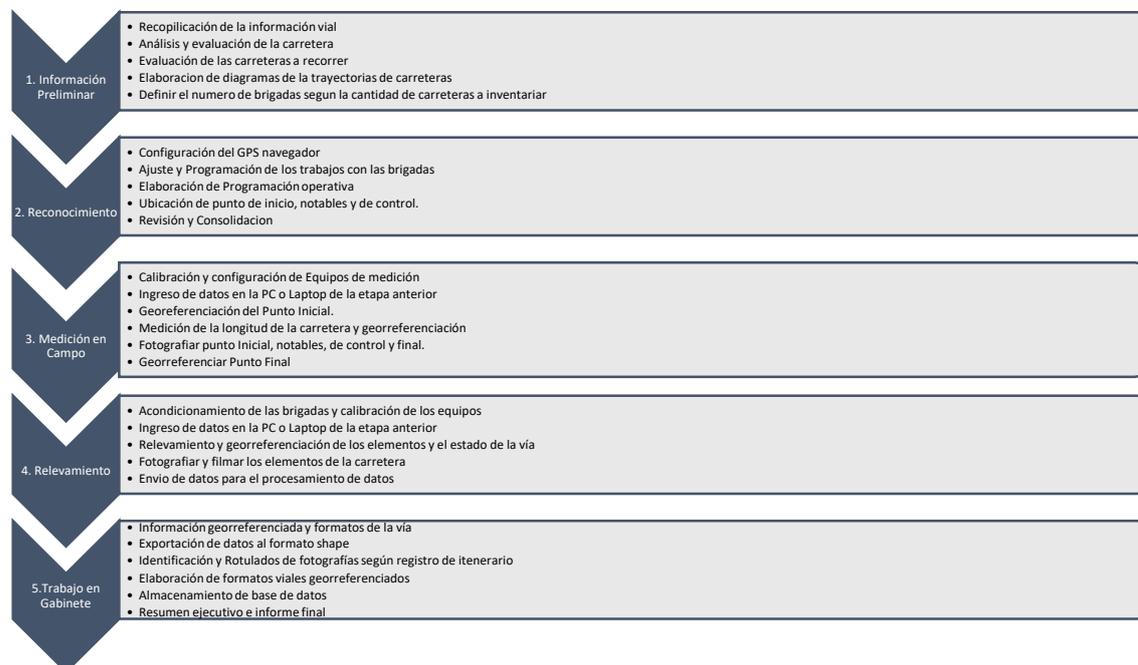
ANEXO 6

Tabla 16. Comparación de algoritmos de optimización.

ALGORITMOS DE OPTIMIZACIÓN	TÉCNICA	EFECTO	CARACTERÍSTICAS
OPTIMIZACIÓN DE COLONIA DE HORMIGAS (OCH)	Es una metaheurística basada en el comportamiento de las colonias de hormigas para dar solución a problemas de optimización combinatoria.	Optimiza la ruta alojando feromonas en cada iteración	<ul style="list-style-type: none"> • Elitist Ant System (EAS): por cada alojamiento de feromonas la mejor ruta planteada por el momento también aloja feromonas en su trayecto. • Max-Min Ant System (MMAS): Hay un límite de feromonas alojar [tmin, tmax] y únicamente la mejor elección de ruta en cada iteración aloja feromonas. Todas las arcadas empiezan con una feromona inicial de tmax, y cuando se ha gasificado llegando a un valor de tmin, vuelve comenzar como tmax. • Rank-based Ant System (AS-rank): Se separan las respuestas atendiendo a su generosidad y abundancia de feromonas alojadas es proporcional al valor, de tal manera las hormigas que llegaron a tener una mejor iteración alojan más cantidad de feromonas.
GENÉTICOS	Es una técnica de inteligencia artificial inspirada en la idea de que el que sobrevive es el que está mejor adaptado al medio.	Reduce tiempos de llegada eligiendo la ruta más corta	<ul style="list-style-type: none"> • Inicialización (generación aleatoria de una población inicial). • Variación (operadores de cruce y mutación). • Evaluación (aptitud [fitness] de cada individuo). • Selección (selección probabilística).
DIJKSTRA	Es un algoritmo para la determinación del camino más corto dado un vértice origen al resto de vértices en un grafo con pesos en cada arista.	Hace que la ruta sea más eficiente de acuerdo a los costos o pesaje por nodo.	<ul style="list-style-type: none"> • Es un algoritmo greedy. • Trabaja por etapas, y toma en cada etapa la mejor solución sin considerar consecuencias futuras. • El óptimo encontrado en una etapa puede modificarse posteriormente si surge una solución mejor.

ANEXO 7

Figura 6. Proceso para la realización de un Inventario Vial Básico



Fuente: Manual de Inventarios Viales – MTC

ANEXO 8

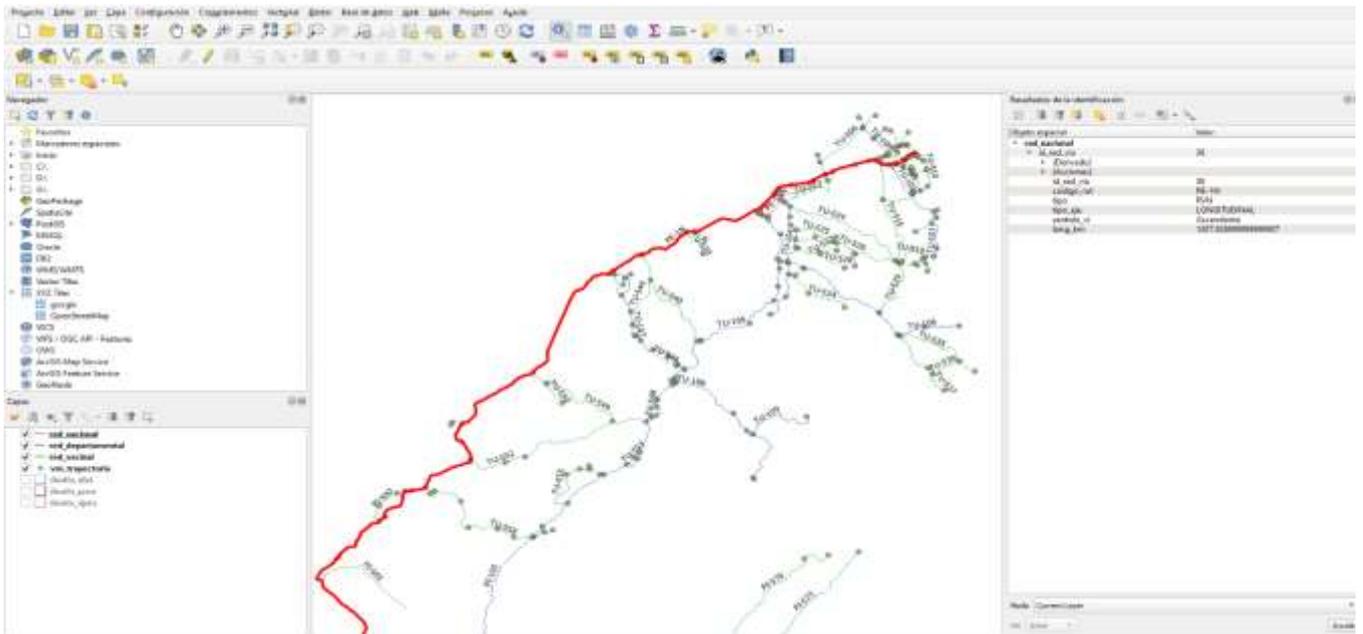
Figura 7. Hoja Vial de las redes viales de la región de Tumbes



Fuente: Ministerio de Transporte y Comunicaciones

ANEXO 9

Figura 8. Procesamiento de la data de campo

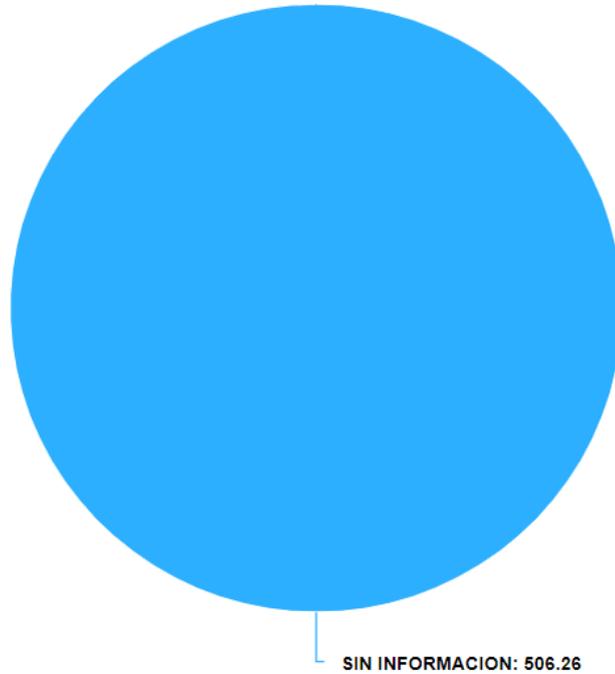


Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones

ANEXO 10

Figura 9. Estadística vial de la región de Tumbes

Superficie de Rodadura (RVV - TUMBES) ☰
Longitud Total: 506.260



Fuente: Ministerio de Transporte y Comunicaciones

ANEXO 11

CONSENTIMIENTO INFORMADO



Consentimiento Informado

Título de la investigación: Optimización de Rutas de Transporte Terrestre Interprovincial basado en el Algoritmo de Colonia de Hormigas usando un Sistema Web
Investigador: Alejandro Israel Navarro Human

Propósito del estudio

Le invitamos a participar en la investigación titulada "Optimización de Rutas de Transporte Terrestre Interprovincial basado en el Algoritmo de Colonia de Hormigas usando un Sistema Web", cuyo objetivo es optimizar las rutas de transporte interprovincial del departamento de Tumbes. Esta investigación es desarrollada por estudiantes de pre grado de la carrera profesional de Ingeniería de Sistemas, de la Universidad César Vallejo del campus Lima Norte, aprobado por la autoridad correspondiente de la Universidad y con el permiso de la coordinación de Inventario Vial y Derecho de Vía de la Dirección de Disponibilidad de Predios del MTC.

Describir el impacto del problema de la investigación.

En consideración al impacto del problema de la investigación se está tomando un factor principal el cual es localizar o identificar la ruta mas optima considerando las distancias entre cada región, provincia o distrito.

Procedimiento

Si usted decide participar en la investigación se realizará lo siguiente (enumerar los procedimientos del estudio):

Se realizará una encuesta o entrevista donde se recogerán datos personales y algunas preguntas sobre la investigación titulada: "Optimización de Rutas de Transporte Terrestre Interprovincial basado en el Algoritmo de Colonia de Hormigas usando un Sistema Web".

1. Esta encuesta o entrevista tendrá un tiempo aproximado de 05 minutos y se realizará en las Oficinas de la Coordinación de Inventario Vial de la Dirección de Disponibilidad de Predios del MTC.

Las respuestas al cuestionario o guía de entrevista serán codificadas usando un número de identificación y, por lo tanto, serán anónimas.



Participación voluntaria

Puede hacer todas las preguntas para aclarar sus dudas antes de decidir si desea participar o no, y su decisión será respetada. Posterior a la aceptación no desea continuar puede hacerlo sin ningún problema.

Riesgo

Indicar al participante la existencia que NO existe riesgo o daño al participar en la investigación. Sin embargo, en el caso que existan preguntas que le puedan generar incomodidad. Usted tiene la libertad de responderlas o no.

Beneficios

Se le informará que los resultados de la investigación se le alcanzará a la institución al término de la investigación. No recibirá ningún beneficio económico ni de ninguna otra índole. El estudio no va a aportar a la salud individual de la persona, sin embargo, los resultados del estudio podrán convertirse en beneficio de la salud pública.

Confidencialidad

Los datos recolectados deben ser anónimos y no tener ninguna forma de identificar al participante. Garantizamos que la información que usted nos brinda es totalmente Confidencial y no será usada para ningún otro propósito fuera de la investigación. Los datos permanecerán bajo custodia del investigador principal y pasado un tiempo determinado serán eliminados convenientemente.

Problemas o preguntas:

Si tiene preguntas sobre la investigación puede contactar con el Investigador Navarro Human, Alejandro Israel email: alejandro.navarro.2956@bomaf.com y Docente asesor Carranza Banena, Wilfredo Eduardo email: w.carranzaba@ucvvirtual.edu.pe

Consentimiento

Después de haber leído los propósitos de la investigación autorizo participar en la investigación antes mencionada.


Alejandro Israel Navarro Human

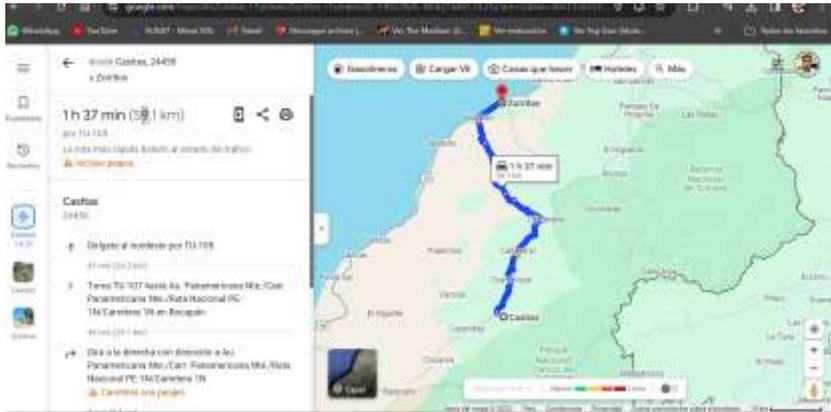
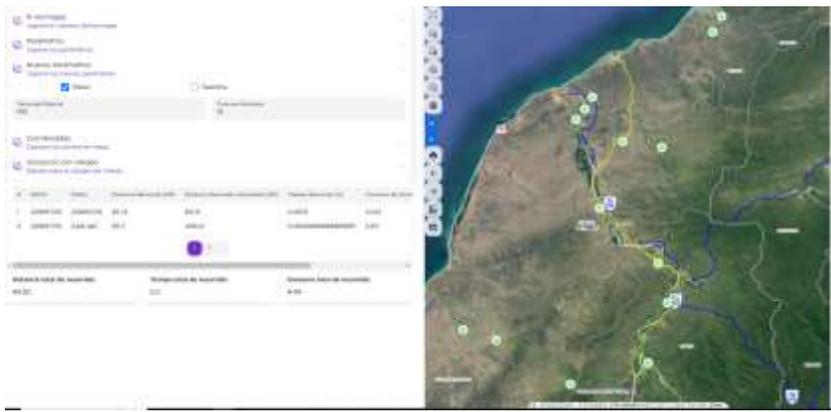

DR. WILFREDO EDUARDO CARRANZA BANENA
Docente asesor del desarrollo,
asistencia de investigación vial y otros

Lima, 11 de diciembre del 2022

ANEXO 13

EVIDENCIA DE LAS PRUEBAS DE SIMULACIÓN DE LA DATA

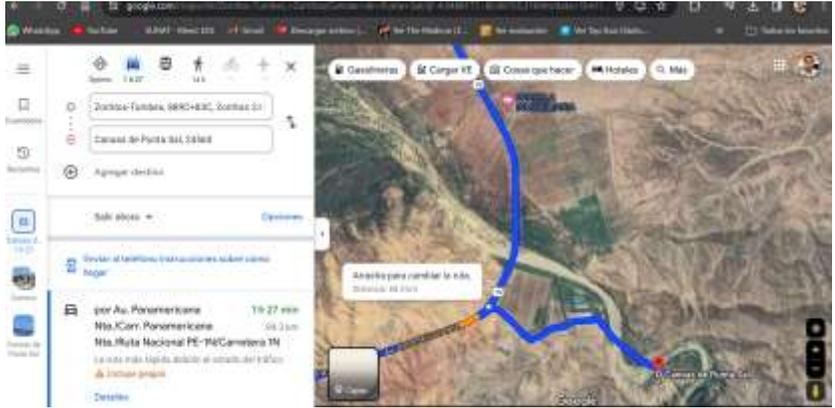
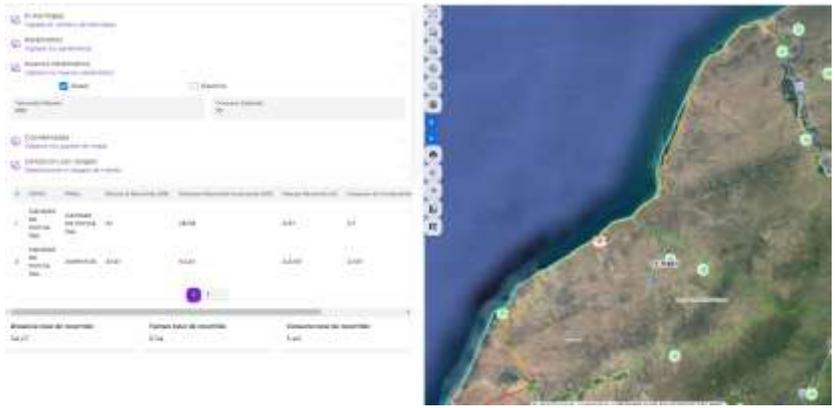
Tabla 17. PRUEBA 1

GOOGLE MAPS	ALGORITMO ACO																											
	 <table border="1"><thead><tr><th>ID</th><th>Nombre</th><th>Categoría</th><th>Estado</th><th>Superficie</th><th>Volumen</th><th>Altura</th><th>Temperatura</th><th>Humedad</th></tr></thead><tbody><tr><td>1</td><td>ALGORITMO ACO</td><td>ALGORITMO ACO</td><td>ALGORITMO ACO</td><td>ALGORITMO ACO</td><td>ALGORITMO ACO</td><td>ALGORITMO ACO</td><td>ALGORITMO ACO</td><td>ALGORITMO ACO</td></tr><tr><td>2</td><td>ALGORITMO ACO</td><td>ALGORITMO ACO</td><td>ALGORITMO ACO</td><td>ALGORITMO ACO</td><td>ALGORITMO ACO</td><td>ALGORITMO ACO</td><td>ALGORITMO ACO</td><td>ALGORITMO ACO</td></tr></tbody></table>	ID	Nombre	Categoría	Estado	Superficie	Volumen	Altura	Temperatura	Humedad	1	ALGORITMO ACO	2	ALGORITMO ACO														
ID	Nombre	Categoría	Estado	Superficie	Volumen	Altura	Temperatura	Humedad																				
1	ALGORITMO ACO	ALGORITMO ACO	ALGORITMO ACO	ALGORITMO ACO	ALGORITMO ACO	ALGORITMO ACO	ALGORITMO ACO	ALGORITMO ACO																				
2	ALGORITMO ACO	ALGORITMO ACO	ALGORITMO ACO	ALGORITMO ACO	ALGORITMO ACO	ALGORITMO ACO	ALGORITMO ACO	ALGORITMO ACO																				

ANEXO 14

EVIDENCIA DE LAS PRUEBAS DE SIMULACIÓN DE LA DATA

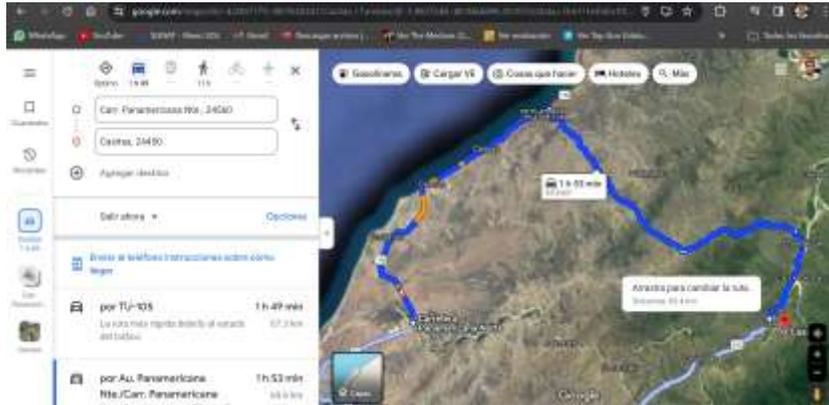
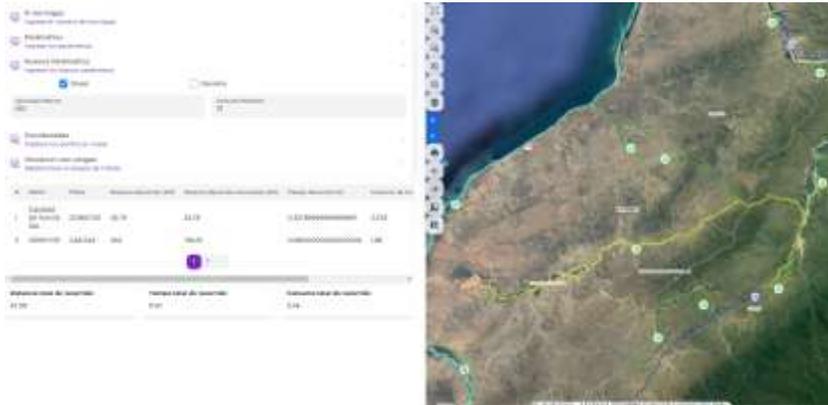
Tabla 18. PRUEBA 2

GOOGLE MAPS	ALGORITMO ACO																		
 <p>The screenshot shows the Google Maps interface with a route planned between two locations. The starting point is 'Zumbales-Tumbales, 9890+83C, Zumbales, DO' and the destination is 'Casaca de Punta Sal, 38168'. The map displays a blue route through a hilly, brownish landscape. A text box on the map reads 'Intenta para cambiar la ruta. Detén el ruta'. The left sidebar shows search history and a search for 'per Au, Panamericana' with a result for 'Wta,Carri, Panamericana'.</p>	 <p>The screenshot shows the ALGORITMO ACO interface. On the left is a data table with columns for 'Lugar', 'Fecha', 'Estado de la actividad', 'Actividad', 'Estado de la actividad', and 'Comentarios'. The table contains two rows of data. On the right is a map showing a route along a coastline with a large body of water.</p> <table border="1"><thead><tr><th>Lugar</th><th>Fecha</th><th>Estado de la actividad</th><th>Actividad</th><th>Estado de la actividad</th><th>Comentarios</th></tr></thead><tbody><tr><td>Casaca de Punta Sal</td><td>18/08/2023</td><td>Completada</td><td>Actividad de campo</td><td>Completada</td><td></td></tr><tr><td>Casaca de Punta Sal</td><td>19/08/2023</td><td>Completada</td><td>Actividad de campo</td><td>Completada</td><td></td></tr></tbody></table>	Lugar	Fecha	Estado de la actividad	Actividad	Estado de la actividad	Comentarios	Casaca de Punta Sal	18/08/2023	Completada	Actividad de campo	Completada		Casaca de Punta Sal	19/08/2023	Completada	Actividad de campo	Completada	
Lugar	Fecha	Estado de la actividad	Actividad	Estado de la actividad	Comentarios														
Casaca de Punta Sal	18/08/2023	Completada	Actividad de campo	Completada															
Casaca de Punta Sal	19/08/2023	Completada	Actividad de campo	Completada															

ANEXO 15

EVIDENCIA DE LAS PRUEBAS DE SIMULACIÓN DE LA DATA

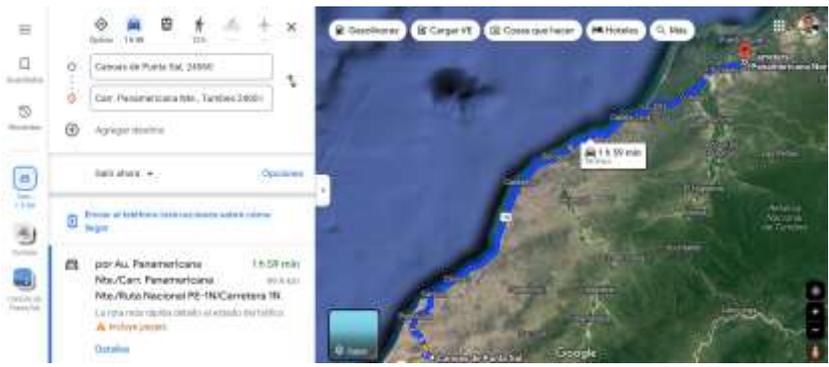
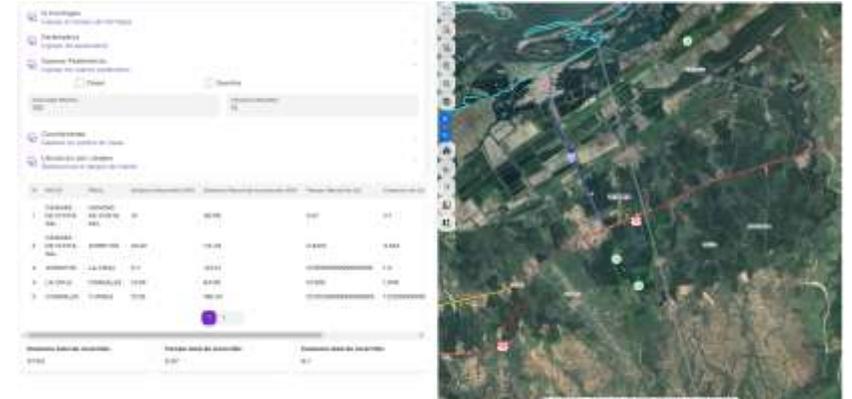
Tabla 19. PRUEBA 3

GOOGLE MAPS	ALGORITMO ACO																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
	 <table border="1"><thead><tr><th>Algoritmo</th><th>Valor</th><th>Unidad</th><th>Descripción</th><th>Valor</th><th>Unidad</th></tr></thead><tbody><tr><td>1</td><td>0.0000000000000000</td><td>0.00</td><td>0.0000000000000000</td><td>0.00</td><td>0.00</td></tr><tr><td>2</td><td>0.0000000000000000</td><td>0.00</td><td>0.0000000000000000</td><td>0.00</td><td>0.00</td></tr><tr><td>3</td><td>0.0000000000000000</td><td>0.00</td><td>0.0000000000000000</td><td>0.00</td><td>0.00</td></tr><tr><td>4</td><td>0.0000000000000000</td><td>0.00</td><td>0.0000000000000000</td><td>0.00</td><td>0.00</td></tr><tr><td>5</td><td>0.0000000000000000</td><td>0.00</td><td>0.0000000000000000</td><td>0.00</td><td>0.00</td></tr><tr><td>6</td><td>0.0000000000000000</td><td>0.00</td><td>0.0000000000000000</td><td>0.00</td><td>0.00</td></tr><tr><td>7</td><td>0.0000000000000000</td><td>0.00</td><td>0.0000000000000000</td><td>0.00</td><td>0.00</td></tr><tr><td>8</td><td>0.0000000000000000</td><td>0.00</td><td>0.0000000000000000</td><td>0.00</td><td>0.00</td></tr><tr><td>9</td><td>0.0000000000000000</td><td>0.00</td><td>0.0000000000000000</td><td>0.00</td><td>0.00</td></tr><tr><td>10</td><td>0.0000000000000000</td><td>0.00</td><td>0.0000000000000000</td><td>0.00</td><td>0.00</td></tr><tr><td>11</td><td>0.0000000000000000</td><td>0.00</td><td>0.0000000000000000</td><td>0.00</td><td>0.00</td></tr><tr><td>12</td><td>0.0000000000000000</td><td>0.00</td><td>0.0000000000000000</td><td>0.00</td><td>0.00</td></tr><tr><td>13</td><td>0.0000000000000000</td><td>0.00</td><td>0.0000000000000000</td><td>0.00</td><td>0.00</td></tr><tr><td>14</td><td>0.0000000000000000</td><td>0.00</td><td>0.0000000000000000</td><td>0.00</td><td>0.00</td></tr><tr><td>15</td><td>0.0000000000000000</td><td>0.00</td><td>0.0000000000000000</td><td>0.00</td><td>0.00</td></tr><tr><td>16</td><td>0.0000000000000000</td><td>0.00</td><td>0.0000000000000000</td><td>0.00</td><td>0.00</td></tr><tr><td>17</td><td>0.0000000000000000</td><td>0.00</td><td>0.0000000000000000</td><td>0.00</td><td>0.00</td></tr><tr><td>18</td><td>0.0000000000000000</td><td>0.00</td><td>0.0000000000000000</td><td>0.00</td><td>0.00</td></tr><tr><td>19</td><td>0.0000000000000000</td><td>0.00</td><td>0.0000000000000000</td><td>0.00</td><td>0.00</td></tr><tr><td>20</td><td>0.0000000000000000</td><td>0.00</td><td>0.0000000000000000</td><td>0.00</td><td>0.00</td></tr><tr><td>21</td><td>0.0000000000000000</td><td>0.00</td><td>0.0000000000000000</td><td>0.00</td><td>0.00</td></tr><tr><td>22</td><td>0.0000000000000000</td><td>0.00</td><td>0.0000000000000000</td><td>0.00</td><td>0.00</td></tr><tr><td>23</td><td>0.0000000000000000</td><td>0.00</td><td>0.0000000000000000</td><td>0.00</td><td>0.00</td></tr><tr><td>24</td><td>0.0000000000000000</td><td>0.00</td><td>0.0000000000000000</td><td>0.00</td><td>0.00</td></tr><tr><td>25</td><td>0.0000000000000000</td><td>0.00</td><td>0.0000000000000000</td><td>0.00</td><td>0.00</td></tr><tr><td>26</td><td>0.0000000000000000</td><td>0.00</td><td>0.0000000000000000</td><td>0.00</td><td>0.00</td></tr><tr><td>27</td><td>0.0000000000000000</td><td>0.00</td><td>0.0000000000000000</td><td>0.00</td><td>0.00</td></tr><tr><td>28</td><td>0.0000000000000000</td><td>0.00</td><td>0.0000000000000000</td><td>0.00</td><td>0.00</td></tr><tr><td>29</td><td>0.0000000000000000</td><td>0.00</td><td>0.0000000000000000</td><td>0.00</td><td>0.00</td></tr><tr><td>30</td><td>0.0000000000000000</td><td>0.00</td><td>0.0000000000000000</td><td>0.00</td><td>0.00</td></tr><tr><td>31</td><td>0.0000000000000000</td><td>0.00</td><td>0.0000000000000000</td><td>0.00</td><td>0.00</td></tr><tr><td>32</td><td>0.0000000000000000</td><td>0.00</td><td>0.0000000000000000</td><td>0.00</td><td>0.00</td></tr><tr><td>33</td><td>0.0000000000000000</td><td>0.00</td><td>0.0000000000000000</td><td>0.00</td><td>0.00</td></tr><tr><td>34</td><td>0.0000000000000000</td><td>0.00</td><td>0.0000000000000000</td><td>0.00</td><td>0.00</td></tr><tr><td>35</td><td>0.0000000000000000</td><td>0.00</td><td>0.0000000000000000</td><td>0.00</td><td>0.00</td></tr><tr><td>36</td><td>0.0000000000000000</td><td>0.00</td><td>0.0000000000000000</td><td>0.00</td><td>0.00</td></tr><tr><td>37</td><td>0.0000000000000000</td><td>0.00</td><td>0.0000000000000000</td><td>0.00</td><td>0.00</td></tr><tr><td>38</td><td>0.0000000000000000</td><td>0.00</td><td>0.0000000000000000</td><td>0.00</td><td>0.00</td></tr><tr><td>39</td><td>0.0000000000000000</td><td>0.00</td><td>0.0000000000000000</td><td>0.00</td><td>0.00</td></tr><tr><td>40</td><td>0.0000000000000000</td><td>0.00</td><td>0.0000000000000000</td><td>0.00</td><td>0.00</td></tr><tr><td>41</td><td>0.0000000000000000</td><td>0.00</td><td>0.0000000000000000</td><td>0.00</td><td>0.00</td></tr><tr><td>42</td><td>0.0000000000000000</td><td>0.00</td><td>0.0000000000000000</td><td>0.00</td><td>0.00</td></tr><tr><td>43</td><td>0.0000000000000000</td><td>0.00</td><td>0.0000000000000000</td><td>0.00</td><td>0.00</td></tr><tr><td>44</td><td>0.0000000000000000</td><td>0.00</td><td>0.0000000000000000</td><td>0.00</td><td>0.00</td></tr><tr><td>45</td><td>0.0000000000000000</td><td>0.00</td><td>0.0000000000000000</td><td>0.00</td><td>0.00</td></tr><tr><td>46</td><td>0.0000000000000000</td><td>0.00</td><td>0.0000000000000000</td><td>0.00</td><td>0.00</td></tr><tr><td>47</td><td>0.0000000000000000</td><td>0.00</td><td>0.0000000000000000</td><td>0.00</td><td>0.00</td></tr><tr><td>48</td><td>0.0000000000000000</td><td>0.00</td><td>0.0000000000000000</td><td>0.00</td><td>0.00</td></tr><tr><td>49</td><td>0.0000000000000000</td><td>0.00</td><td>0.0000000000000000</td><td>0.00</td><td>0.00</td></tr><tr><td>50</td><td>0.0000000000000000</td><td>0.00</td><td>0.0000000000000000</td><td>0.00</td><td>0.00</td></tr></tbody></table>	Algoritmo	Valor	Unidad	Descripción	Valor	Unidad	1	0.0000000000000000	0.00	0.0000000000000000	0.00	0.00	2	0.0000000000000000	0.00	0.0000000000000000	0.00	0.00	3	0.0000000000000000	0.00	0.0000000000000000	0.00	0.00	4	0.0000000000000000	0.00	0.0000000000000000	0.00	0.00	5	0.0000000000000000	0.00	0.0000000000000000	0.00	0.00	6	0.0000000000000000	0.00	0.0000000000000000	0.00	0.00	7	0.0000000000000000	0.00	0.0000000000000000	0.00	0.00	8	0.0000000000000000	0.00	0.0000000000000000	0.00	0.00	9	0.0000000000000000	0.00	0.0000000000000000	0.00	0.00	10	0.0000000000000000	0.00	0.0000000000000000	0.00	0.00	11	0.0000000000000000	0.00	0.0000000000000000	0.00	0.00	12	0.0000000000000000	0.00	0.0000000000000000	0.00	0.00	13	0.0000000000000000	0.00	0.0000000000000000	0.00	0.00	14	0.0000000000000000	0.00	0.0000000000000000	0.00	0.00	15	0.0000000000000000	0.00	0.0000000000000000	0.00	0.00	16	0.0000000000000000	0.00	0.0000000000000000	0.00	0.00	17	0.0000000000000000	0.00	0.0000000000000000	0.00	0.00	18	0.0000000000000000	0.00	0.0000000000000000	0.00	0.00	19	0.0000000000000000	0.00	0.0000000000000000	0.00	0.00	20	0.0000000000000000	0.00	0.0000000000000000	0.00	0.00	21	0.0000000000000000	0.00	0.0000000000000000	0.00	0.00	22	0.0000000000000000	0.00	0.0000000000000000	0.00	0.00	23	0.0000000000000000	0.00	0.0000000000000000	0.00	0.00	24	0.0000000000000000	0.00	0.0000000000000000	0.00	0.00	25	0.0000000000000000	0.00	0.0000000000000000	0.00	0.00	26	0.0000000000000000	0.00	0.0000000000000000	0.00	0.00	27	0.0000000000000000	0.00	0.0000000000000000	0.00	0.00	28	0.0000000000000000	0.00	0.0000000000000000	0.00	0.00	29	0.0000000000000000	0.00	0.0000000000000000	0.00	0.00	30	0.0000000000000000	0.00	0.0000000000000000	0.00	0.00	31	0.0000000000000000	0.00	0.0000000000000000	0.00	0.00	32	0.0000000000000000	0.00	0.0000000000000000	0.00	0.00	33	0.0000000000000000	0.00	0.0000000000000000	0.00	0.00	34	0.0000000000000000	0.00	0.0000000000000000	0.00	0.00	35	0.0000000000000000	0.00	0.0000000000000000	0.00	0.00	36	0.0000000000000000	0.00	0.0000000000000000	0.00	0.00	37	0.0000000000000000	0.00	0.0000000000000000	0.00	0.00	38	0.0000000000000000	0.00	0.0000000000000000	0.00	0.00	39	0.0000000000000000	0.00	0.0000000000000000	0.00	0.00	40	0.0000000000000000	0.00	0.0000000000000000	0.00	0.00	41	0.0000000000000000	0.00	0.0000000000000000	0.00	0.00	42	0.0000000000000000	0.00	0.0000000000000000	0.00	0.00	43	0.0000000000000000	0.00	0.0000000000000000	0.00	0.00	44	0.0000000000000000	0.00	0.0000000000000000	0.00	0.00	45	0.0000000000000000	0.00	0.0000000000000000	0.00	0.00	46	0.0000000000000000	0.00	0.0000000000000000	0.00	0.00	47	0.0000000000000000	0.00	0.0000000000000000	0.00	0.00	48	0.0000000000000000	0.00	0.0000000000000000	0.00	0.00	49	0.0000000000000000	0.00	0.0000000000000000	0.00	0.00	50	0.0000000000000000	0.00	0.0000000000000000	0.00	0.00
Algoritmo	Valor	Unidad	Descripción	Valor	Unidad																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
1	0.0000000000000000	0.00	0.0000000000000000	0.00	0.00																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
2	0.0000000000000000	0.00	0.0000000000000000	0.00	0.00																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
3	0.0000000000000000	0.00	0.0000000000000000	0.00	0.00																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
4	0.0000000000000000	0.00	0.0000000000000000	0.00	0.00																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
5	0.0000000000000000	0.00	0.0000000000000000	0.00	0.00																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
6	0.0000000000000000	0.00	0.0000000000000000	0.00	0.00																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
7	0.0000000000000000	0.00	0.0000000000000000	0.00	0.00																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
8	0.0000000000000000	0.00	0.0000000000000000	0.00	0.00																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
9	0.0000000000000000	0.00	0.0000000000000000	0.00	0.00																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
10	0.0000000000000000	0.00	0.0000000000000000	0.00	0.00																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
11	0.0000000000000000	0.00	0.0000000000000000	0.00	0.00																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
12	0.0000000000000000	0.00	0.0000000000000000	0.00	0.00																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
13	0.0000000000000000	0.00	0.0000000000000000	0.00	0.00																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
14	0.0000000000000000	0.00	0.0000000000000000	0.00	0.00																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
15	0.0000000000000000	0.00	0.0000000000000000	0.00	0.00																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
16	0.0000000000000000	0.00	0.0000000000000000	0.00	0.00																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
17	0.0000000000000000	0.00	0.0000000000000000	0.00	0.00																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
18	0.0000000000000000	0.00	0.0000000000000000	0.00	0.00																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
19	0.0000000000000000	0.00	0.0000000000000000	0.00	0.00																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
20	0.0000000000000000	0.00	0.0000000000000000	0.00	0.00																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
21	0.0000000000000000	0.00	0.0000000000000000	0.00	0.00																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
22	0.0000000000000000	0.00	0.0000000000000000	0.00	0.00																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
23	0.0000000000000000	0.00	0.0000000000000000	0.00	0.00																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
24	0.0000000000000000	0.00	0.0000000000000000	0.00	0.00																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
25	0.0000000000000000	0.00	0.0000000000000000	0.00	0.00																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
26	0.0000000000000000	0.00	0.0000000000000000	0.00	0.00																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
27	0.0000000000000000	0.00	0.0000000000000000	0.00	0.00																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
28	0.0000000000000000	0.00	0.0000000000000000	0.00	0.00																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
29	0.0000000000000000	0.00	0.0000000000000000	0.00	0.00																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
30	0.0000000000000000	0.00	0.0000000000000000	0.00	0.00																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
31	0.0000000000000000	0.00	0.0000000000000000	0.00	0.00																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
32	0.0000000000000000	0.00	0.0000000000000000	0.00	0.00																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
33	0.0000000000000000	0.00	0.0000000000000000	0.00	0.00																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
34	0.0000000000000000	0.00	0.0000000000000000	0.00	0.00																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
35	0.0000000000000000	0.00	0.0000000000000000	0.00	0.00																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
36	0.0000000000000000	0.00	0.0000000000000000	0.00	0.00																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
37	0.0000000000000000	0.00	0.0000000000000000	0.00	0.00																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
38	0.0000000000000000	0.00	0.0000000000000000	0.00	0.00																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
39	0.0000000000000000	0.00	0.0000000000000000	0.00	0.00																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
40	0.0000000000000000	0.00	0.0000000000000000	0.00	0.00																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
41	0.0000000000000000	0.00	0.0000000000000000	0.00	0.00																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
42	0.0000000000000000	0.00	0.0000000000000000	0.00	0.00																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
43	0.0000000000000000	0.00	0.0000000000000000	0.00	0.00																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
44	0.0000000000000000	0.00	0.0000000000000000	0.00	0.00																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
45	0.0000000000000000	0.00	0.0000000000000000	0.00	0.00																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
46	0.0000000000000000	0.00	0.0000000000000000	0.00	0.00																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
47	0.0000000000000000	0.00	0.0000000000000000	0.00	0.00																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
48	0.0000000000000000	0.00	0.0000000000000000	0.00	0.00																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
49	0.0000000000000000	0.00	0.0000000000000000	0.00	0.00																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
50	0.0000000000000000	0.00	0.0000000000000000	0.00	0.00																																																																																																																																																																																																																																																																																																														

ANEXO 17

EVIDENCIA DE LAS PRUEBAS DE SIMULACIÓN DE LA DATA

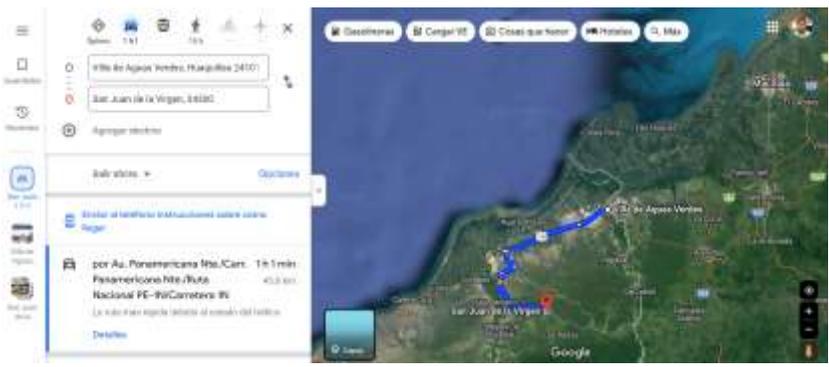
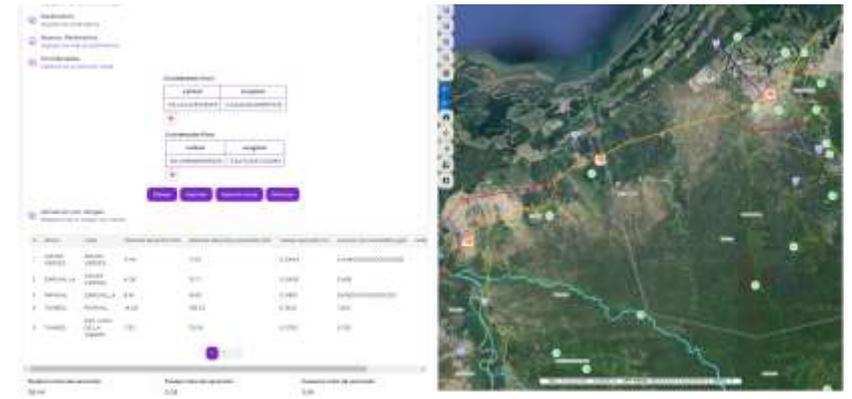
Tabla 21. PRUEBA 5

GOOGLE MAPS	ALGORITMO ACO																																				
	 <table border="1"><thead><tr><th>Orden</th><th>Inicio</th><th>Fin</th><th>Distancia (km)</th><th>Tiempo (min)</th><th>Velocidad (km/h)</th></tr></thead><tbody><tr><td>1</td><td>24900</td><td>24900</td><td>0.00</td><td>0:00</td><td>0.00</td></tr><tr><td>2</td><td>24900</td><td>24900</td><td>0.00</td><td>0:00</td><td>0.00</td></tr><tr><td>3</td><td>24900</td><td>24900</td><td>0.00</td><td>0:00</td><td>0.00</td></tr><tr><td>4</td><td>24900</td><td>24900</td><td>0.00</td><td>0:00</td><td>0.00</td></tr><tr><td>5</td><td>24900</td><td>24900</td><td>0.00</td><td>0:00</td><td>0.00</td></tr></tbody></table>	Orden	Inicio	Fin	Distancia (km)	Tiempo (min)	Velocidad (km/h)	1	24900	24900	0.00	0:00	0.00	2	24900	24900	0.00	0:00	0.00	3	24900	24900	0.00	0:00	0.00	4	24900	24900	0.00	0:00	0.00	5	24900	24900	0.00	0:00	0.00
Orden	Inicio	Fin	Distancia (km)	Tiempo (min)	Velocidad (km/h)																																
1	24900	24900	0.00	0:00	0.00																																
2	24900	24900	0.00	0:00	0.00																																
3	24900	24900	0.00	0:00	0.00																																
4	24900	24900	0.00	0:00	0.00																																
5	24900	24900	0.00	0:00	0.00																																

ANEXO 18

EVIDENCIA DE LAS PRUEBAS DE SIMULACIÓN DE LA DATA

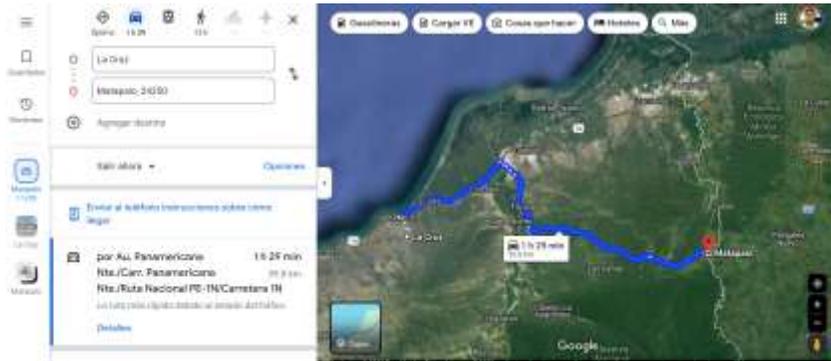
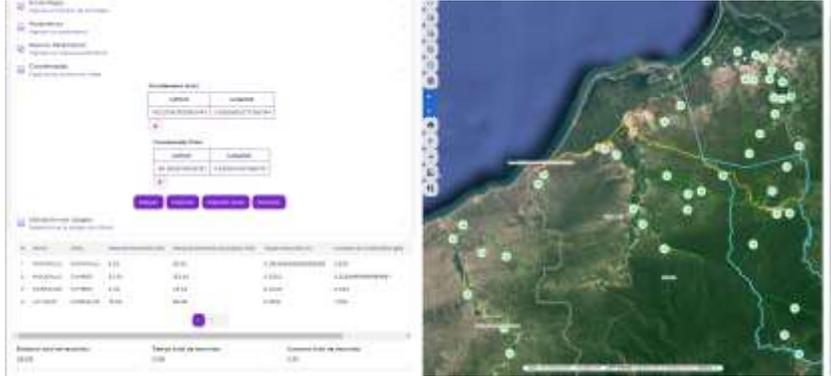
Tabla 22. PRUEBA 6

GOOGLE MAPS	ALGORITMO ACO																														
 <p>The screenshot shows the Google Maps interface with a route highlighted in blue. The starting point is 'Vila de Aguiar (município, Piauí) 2400' and the destination is 'San Juan de la Virgen, 64800'. The map shows a coastal area with a large body of water and a road network. The Google logo is visible at the bottom of the map area.</p>	 <p>The screenshot displays the ALGORITMO ACO software interface. On the left, there is a control panel with various settings and buttons. On the right, a map shows a route with several points marked. Below the map, there is a data table with the following content:</p> <table border="1"><thead><tr><th>Orden</th><th>Nombre</th><th>Coordenadas (X, Y)</th><th>Altitud (m)</th><th>Superficie (m²)</th><th>Perímetro (m)</th></tr></thead><tbody><tr><td>1</td><td>San Juan de la Virgen</td><td>64800</td><td>100</td><td>10000</td><td>2000</td></tr><tr><td>2</td><td>San Juan de la Virgen</td><td>64800</td><td>100</td><td>10000</td><td>2000</td></tr><tr><td>3</td><td>San Juan de la Virgen</td><td>64800</td><td>100</td><td>10000</td><td>2000</td></tr><tr><td>4</td><td>San Juan de la Virgen</td><td>64800</td><td>100</td><td>10000</td><td>2000</td></tr></tbody></table> <p>At the bottom of the interface, there are summary statistics: 'Número de puntos: 4', 'Superficie total: 40000 m²', and 'Perímetro total: 8000 m'.</p>	Orden	Nombre	Coordenadas (X, Y)	Altitud (m)	Superficie (m²)	Perímetro (m)	1	San Juan de la Virgen	64800	100	10000	2000	2	San Juan de la Virgen	64800	100	10000	2000	3	San Juan de la Virgen	64800	100	10000	2000	4	San Juan de la Virgen	64800	100	10000	2000
Orden	Nombre	Coordenadas (X, Y)	Altitud (m)	Superficie (m²)	Perímetro (m)																										
1	San Juan de la Virgen	64800	100	10000	2000																										
2	San Juan de la Virgen	64800	100	10000	2000																										
3	San Juan de la Virgen	64800	100	10000	2000																										
4	San Juan de la Virgen	64800	100	10000	2000																										

ANEXO 19

EVIDENCIA DE LAS PRUEBAS DE SIMULACIÓN DE LA DATA

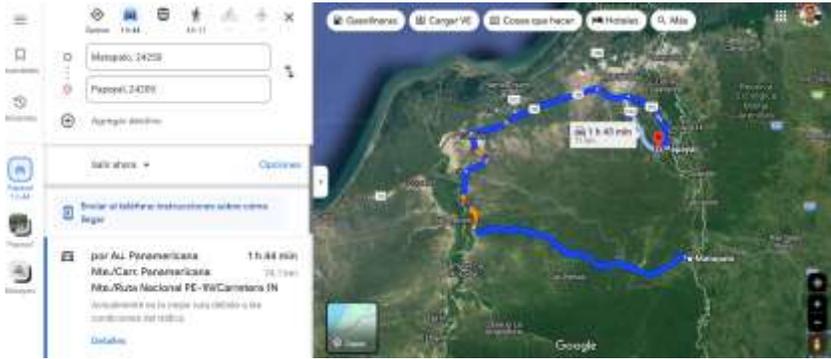
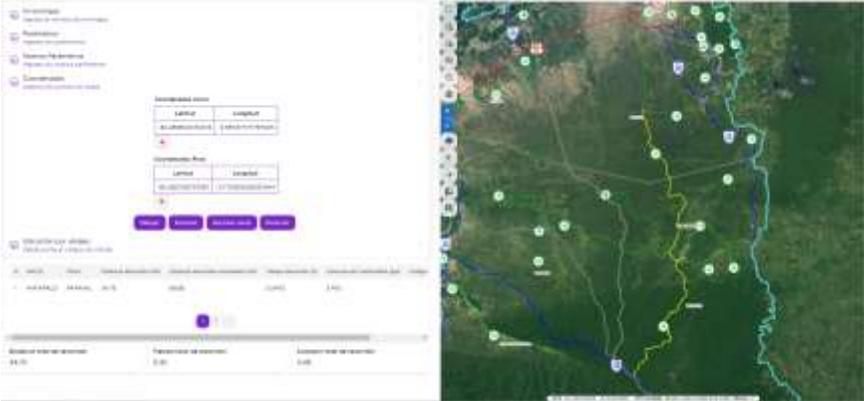
Tabla 23. PRUEBA 7

GOOGLE MAPS	ALGORITMO ACO																																			
 <p>The screenshot shows the Google Maps interface. The search bar at the top contains 'La Olla' and 'Matipac, 34250'. A blue route is plotted on the map, starting from La Olla and ending at Matipac. The estimated travel time is 1h 25 min. The sidebar on the left shows the route details, including the route name 'por Av. Panamericana Rta./Car. Panamericana Rta./Rta Nacional PS-1N/Carretera 1N' and the estimated travel time of 1h 25 min.</p>	 <p>The screenshot shows the ALGORITMO ACO interface. The main area displays a map with a network of nodes and edges. The sidebar on the left contains settings for the algorithm, including 'Algoritmo de ACO', 'Número de iteraciones', 'Número de hormigas', and 'Constante de evaporación'. Below the map, there is a table with the following data:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>N.</th> <th>Inicio</th> <th>Fin</th> <th>Distancia</th> <th>Costo</th> <th>Valor de ACO</th> <th>Valor de ACO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>Matipac</td> <td>La Olla</td> <td>12.5</td> <td>100</td> <td>1.25</td> <td>1.25</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>Matipac</td> <td>La Olla</td> <td>12.5</td> <td>100</td> <td>1.25</td> <td>1.25</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>Matipac</td> <td>La Olla</td> <td>12.5</td> <td>100</td> <td>1.25</td> <td>1.25</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>Matipac</td> <td>La Olla</td> <td>12.5</td> <td>100</td> <td>1.25</td> <td>1.25</td> </tr> </tbody> </table> <p>At the bottom of the table, there are summary statistics: 'Número de iteraciones: 100', 'Valor de ACO: 1.25', and 'Valor de ACO: 1.25'.</p>	N.	Inicio	Fin	Distancia	Costo	Valor de ACO	Valor de ACO	1	Matipac	La Olla	12.5	100	1.25	1.25	2	Matipac	La Olla	12.5	100	1.25	1.25	3	Matipac	La Olla	12.5	100	1.25	1.25	4	Matipac	La Olla	12.5	100	1.25	1.25
N.	Inicio	Fin	Distancia	Costo	Valor de ACO	Valor de ACO																														
1	Matipac	La Olla	12.5	100	1.25	1.25																														
2	Matipac	La Olla	12.5	100	1.25	1.25																														
3	Matipac	La Olla	12.5	100	1.25	1.25																														
4	Matipac	La Olla	12.5	100	1.25	1.25																														

ANEXO 20

EVIDENCIA DE LAS PRUEBAS DE SIMULACIÓN DE LA DATA

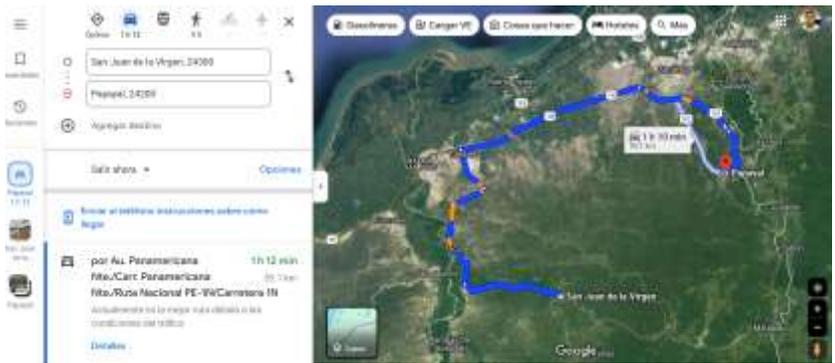
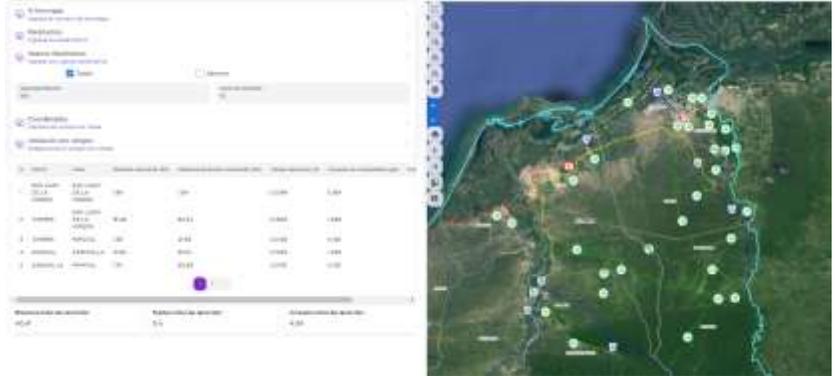
Tabla 24. PRUEBA 8

GOOGLE MAPS	ALGORITMO ACO
	

ANEXO 21

EVIDENCIA DE LAS PRUEBAS DE SIMULACIÓN DE LA DATA

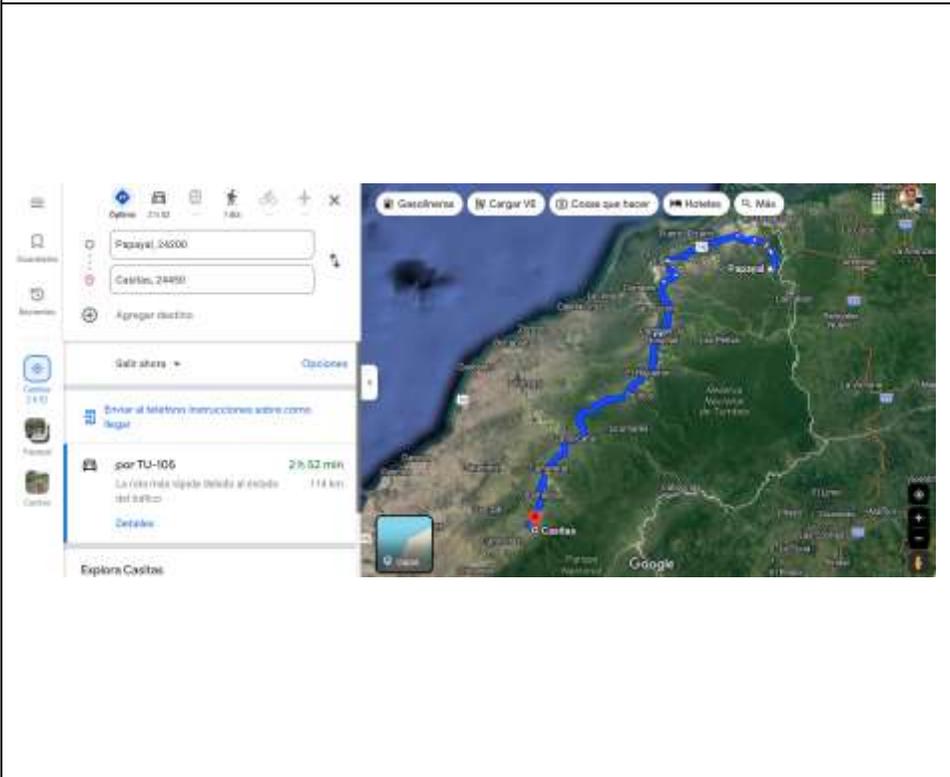
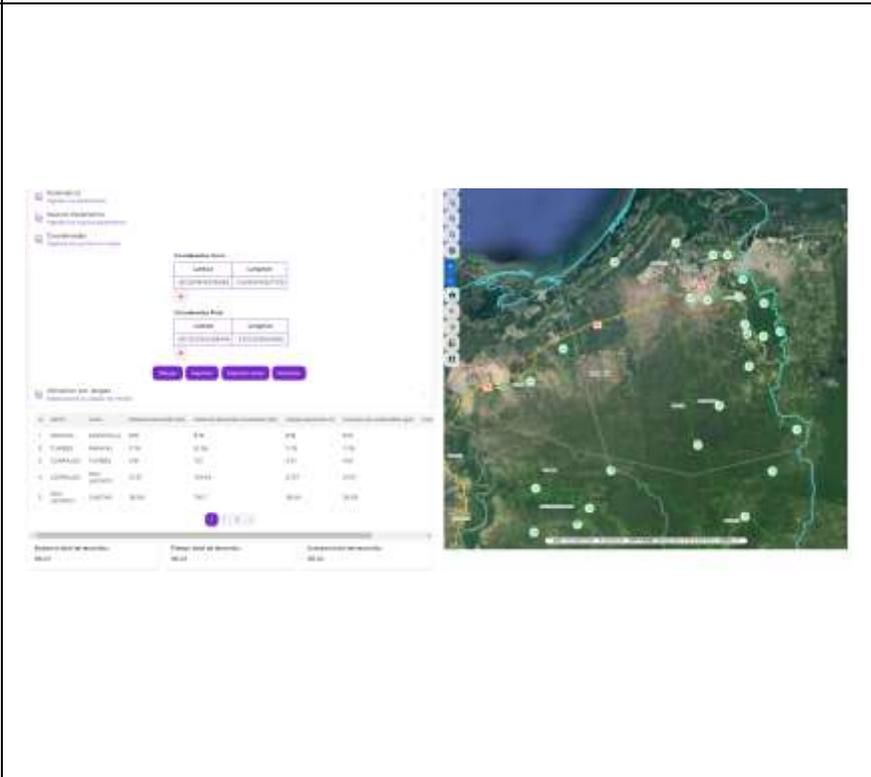
Tabla 25. PRUEBA 9

GOOGLE MAPS	ALGORITMO ACO																														
	 <table border="1"><thead><tr><th>ID</th><th>Nombre</th><th>Código</th><th>Latitud</th><th>Longitud</th><th>Altitud</th></tr></thead><tbody><tr><td>1</td><td>San Juan de los Rios</td><td>1001</td><td>00.000</td><td>-78.000</td><td>1000</td></tr><tr><td>2</td><td>Puyo</td><td>1002</td><td>00.000</td><td>-78.000</td><td>1000</td></tr><tr><td>3</td><td>San Juan de los Rios</td><td>1003</td><td>00.000</td><td>-78.000</td><td>1000</td></tr><tr><td>4</td><td>Puyo</td><td>1004</td><td>00.000</td><td>-78.000</td><td>1000</td></tr></tbody></table> <p>Máxima elevación: 4500 Elevación de origen: 500 Elevación de destino: 4000</p>	ID	Nombre	Código	Latitud	Longitud	Altitud	1	San Juan de los Rios	1001	00.000	-78.000	1000	2	Puyo	1002	00.000	-78.000	1000	3	San Juan de los Rios	1003	00.000	-78.000	1000	4	Puyo	1004	00.000	-78.000	1000
ID	Nombre	Código	Latitud	Longitud	Altitud																										
1	San Juan de los Rios	1001	00.000	-78.000	1000																										
2	Puyo	1002	00.000	-78.000	1000																										
3	San Juan de los Rios	1003	00.000	-78.000	1000																										
4	Puyo	1004	00.000	-78.000	1000																										

ANEXO 22

EVIDENCIA DE LAS PRUEBAS DE SIMULACIÓN DE LA DATA

Tabla 26. PRUEBA 10

GOOGLE MAPS	ALGORITMO ACO																														
	 <table border="1"><thead><tr><th>Inicio</th><th>Fin</th><th>Distancia</th><th>Velocidad</th><th>Tiempo estimado</th></tr></thead><tbody><tr><td>1. CASITAS</td><td>24450</td><td>114</td><td>114</td><td>114</td></tr><tr><td>2. CASITAS</td><td>24450</td><td>114</td><td>114</td><td>114</td></tr><tr><td>3. CASITAS</td><td>24450</td><td>114</td><td>114</td><td>114</td></tr><tr><td>4. CASITAS</td><td>24450</td><td>114</td><td>114</td><td>114</td></tr><tr><td>5. CASITAS</td><td>24450</td><td>114</td><td>114</td><td>114</td></tr></tbody></table>	Inicio	Fin	Distancia	Velocidad	Tiempo estimado	1. CASITAS	24450	114	114	114	2. CASITAS	24450	114	114	114	3. CASITAS	24450	114	114	114	4. CASITAS	24450	114	114	114	5. CASITAS	24450	114	114	114
Inicio	Fin	Distancia	Velocidad	Tiempo estimado																											
1. CASITAS	24450	114	114	114																											
2. CASITAS	24450	114	114	114																											
3. CASITAS	24450	114	114	114																											
4. CASITAS	24450	114	114	114																											
5. CASITAS	24450	114	114	114																											



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE SISTEMAS**

Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, CARRANZA BARRENA WILFREDO EDUARDO, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA DE SISTEMAS de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA NORTE, asesor de Tesis titulada: "OPTIMIZCION DE RUTAS DE TRANSPORTE TERRESTRE INTERPROVINCIAL BASADO EN EL ALGORITMO DE COLONIA DE HORMIGAS USANDO UN SISTEMA WEB", cuyo autor es NAVARRO HUAMAN ALEJANDRO ISRAEL, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 9.00%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la Tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

LIMA, 18 de Diciembre del 2023

Apellidos y Nombres del Asesor:	Firma
CARRANZA BARRENA WILFREDO EDUARDO DNI: 09179094 ORCID: 0000-0003-0845-1984	Firmado electrónicamente por: WCARRANZABA el 18-12-2023 13:39:04

Código documento Trilce: TRI - 0699658