



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

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

**“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 Piura 2021.”**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
Ingeniero de Sistemas**

**AUTORES:**

Palacios Peña, Jim Roberth (ORCID: 0000-0001-5658-1068)

Suarez Requena, Jorge Ricardo (ORCID: 0000-0002-6385-9790)

**ASESOR:**

Mg. More Valencia, Rubén Alexander (ORCID: 0000-0002-7496-3702)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Sistemas de Información y Comunicaciones.

PIURA - PERÚ

2022

## **DEDICATORIA:**

Dedicamos el presente trabajo hacia nuestras familias, quienes siempre fueron nuestro mayor apoyo en todo momento y durante todo este tiempo de angustia, sorpresas, dolor, felicidades y tristezas, a nuestro amigos y colegas que compartimos la afición y pasión por la misma carrera profesional, los cuales de una u otra manera nos animaron en el día a día, ofreciéndonos su apoyo en los momentos más críticos.

**AGRADECIMIENTO:**

Nos gustaría agradecer en estas limitadas líneas la ayuda que muchas personas y colegas nos han brindado durante el proceso de investigación y redacción del presente trabajo. En primer lugar, quisiéramos agradecer a nuestros padres que nos han ayudado y apoyado incondicionalmente. A todos nuestros amigos, vecinos y futuros colegas en la vida profesional y laboral que nos ayudaron de una manera desinteresada, les damos las gracias infinitas por toda su ayuda y buena voluntad.

## **ÍNDICE DE CONTENIDO**

RESUMEN	2
ABSTRACT	3
I. INTRODUCCIÓN:	5
II. MARCO TEÓRICO:	9
III. METODOLOGÍA:	23
3.1. Tipo y diseño de investigación:	23
3.2. Variables y operacionalización:	25
3.3. Población, muestra y muestreo:	27
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos:	30
3.5. Procedimientos:	30
3.6. Método de análisis de datos:	31
3.7. Aspectos éticos:	34
IV. ASPECTOS ADMINISTRATIVOS:	35
4.1. Recursos y Presupuesto	35
4.2. Financiamiento:	35
REFERENCIAS:	36
ANEXOS:	39

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Variable – Optimización de rutas	40
Tabla 2: Indicadores	41
Tabla 3: Cantidad de personas dentro de una ambulancia	42
Tabla 4: Rutas y tiempos de centros de salud	43

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Fórmula Shapiro-Wilk	44
Figura 2: Fórmula para las variables	45
Figura 3: Fórmula de signos de Wilcoxon	46
Figura 4: Pseudocódigo	47
Figura 5: Fórmula del algoritmo	48
Figura 6: Ruta de punto de inicio y punto final	49
Figura 7: Fórmula t de student	50
Figura 8: Tiempo antes y después	51
Figura 9: Resultado t de student (tiempo)	52
Figura 11: Prueba t de student (Combustible)	53
Figura 10: Combustible antes y después	54

## RESUMEN

El presente proyecto, tiene como uno de los objetivos, llevar a la práctica, la optimización de rutas de vehículos, el cual se fundamenta con el desarrollo de un algoritmo de agrupamiento de colonia de hormigas en el caso de transporte médico y de emergencia. El desarrollo de organización de rutas de este tipo de instituciones del ámbito médico es de nivel manual, y su causante de éxito en primer lugar es la experiencia con la que cuenta los conductores de las unidades de emergencia, quienes realizan a diario sus recorridos por la ciudad de Piura, en segundo lugar la experiencia que cuenta el planificador de las rutas, es por ello que la primera dificultad presentada es la aglomeración de los vehículos en horas puntas, el tiempo de semáforos, y las largas distancias que deben recorrer las unidades para llegar a su punto final. Partiendo de la problemática identificada, se presenta una solución, la cual parte estudiando cada uno de los planes de rutas con las que cuenta cada una de estas instituciones, ya sea, postas médicas, clínicas y hospitales, y analizar cómo actúan frente a una emergencia que amerite la movilidad de las mismas. Con el fin de plantear una solución, en base de algoritmos, que permitan determinar la ruta más óptima de recorrido de las unidades. En primer lugar, se elige el algoritmo el cual se basa en Colonia de Hormigas, seguidamente con la ayuda de procesos matemáticos, el cual se ajustará al algoritmo y al modelo de negocio requerido para así ser implementado, y es con ello que se realizarán pruebas de manera que se evidencien la mejora en la problemática presentada. El principal de los beneficios que se esperan, es la reducción de la distancia, y consigo reducción de costos y una mejor calidad del servicio de salud vital, que hoy en día es muy requerida.

Palabras clave: Optimización de rutas, algoritmo de colonia de hormigas, optimización de algoritmos, metaheurística, diseño de rutas.

## **ABSTRACT**

One of the objectives of this project is to carry out the practice, the optimization of vehicle routes, which is based on the development of an ant colony grouping algorithm in the case of medical and emergency transport. The development of route organization of this type of institutions in the medical field is manual, and its cause of success in the first place is the experience with the account of the drivers of the emergency units, who carry out a daily their tours of the city of Piura, secondly the experience that the route planner has, that is why the first difficulty presented is the crowding of vehicles at rush hours, the time of traffic lights, and the long distances that the units must travel to get there. to its end point.

Starting from the identified problem, a solution is presented, which starts by studying each of the route plans that each of these institutions has, be it medical posts, clinics and hospitals, and analyzing how they act in an emergency. that merits their mobility. In order to propose a solution, based on algorithms, to determine the most optimal route of travel of the units. In the first place, the algorithm is chosen which is based on Colonia de Hormigas, then with the help of mathematical processes, which will adjust to the algorithm and the business model required to be implemented, and that is why tests will be carried out. so that the improvement in the problem presented is evident. The main of the benefits that are expected, is the reduction of the distance, and I get cost reduction and a better quality of the vital health service, which today is highly required.

Keywords: Route optimization, ant colony algorithm, algorithm optimization, metaheuristics, route design.



## I. INTRODUCCIÓN:

Hoy en día vivimos una legislatura muy compleja debido a la coyuntura sanitaria universal ocasionada por el Covid-19, lo cual ocasiona que una emergencia que requiera verter a un centro terapeuta se actual en cualquier momento, y se requiera implicar a un estoico de una manera rápida y oportuno, con el fin de filípica catalogar un ánimo. De igual manera el transporte toma importancia cuando una persona tiene la necesidad de desplazarse en su vehículo particular de una manera rápida para llegar a su destino, es allí donde surge una gran interrogante: "¿Cuál es la ruta más óptima para llegar pronto a mi destino?".

El problema principal planteado en este informe radica en el embotellamiento o tráfico generado por el gran número de vehículos lo cual imposibilita y/o limita la reacción rápida de transporte médico de emergencia para poder socorrer lo antes posible a gente en situaciones lamentables. Según estudios los 10 primeros minutos luego de un accidente son los más vitales y que deciden la vida o muerte de los agraviados, ya que es el tiempo que debería demorar una ambulancia o vehículo de emergencia en llegar al lugar del accidente, recoger al herido y llevarlo hacia el centro médico más cercano. Muchas veces estas situaciones ponen en aprietos a los conductores de ambulancias y los paramédicos que viajan en la misma, además tienen la impresión de feto y estrés al no poder apoyar a asamblea a los agraviados de un incidente, esto asimismo ocasiona que los mismos busquen una opción rápida para poder manar de este entorno y presentarse a plazo al lugar del percance. "La señal y la equivocación de entrenamiento vial no nos permite entrar en forma apta a una urgencia. Nos embarga la sorpresa de no poder ayudar en momentos en que queremos becar. Es por carencia de noción de la masa que no sabe que una unidad en recorrido puede salvar vidas", cuenta el Dr. Víctor Melgarejo Rodríguez, médico de ambulancias SAMU, muchas veces se han encontrado con escenas como que el

carril auxiliar para emergencias esté bloqueado por vehículos particulares y de transporte público.

La calidad y la atención de los pacientes se ven afectados por el factor tiempo que es determinante en la respuesta a una emergencia, ya sea por el tráfico que afecta diariamente la ciudad, aunque este no sea tan aglomerado comparado con ciudades como Lima, algún hecho inesperado como otro accidente o colisión automovilística, un evento natural, antrópico intencional o no intencional que retrasa el desplazamiento de las ambulancias hacia el lugar que deben acudir. El recurso urbanístico que se puede distinguir en la entrada de Piura ha influenciado a que se desarrolle tal problemática, visto que se encuentra en un recurso de expansión que es cada vez más rápido, ocupando la circunscripción demográfica, mostrando una fealdad entre el crecimiento atención y las vías que existen en la villa, lo cual termina dañando esto la profesión de los vehículos de urgencia. También, se debe añadir la circunstancia de que, contra las pocas vías, hay un gran número de vehículos transitando en la aldea y muchos de los conductores de esos vehículos por falta de jurisprudencia y letras ciudadana no dan antelación en la parodia de ambulancias. Se plantea el hacer la optimización de rutas que conducen en dirección a centros médicos como hospitales, clínicas, postas médicas y etcétera. De esta forma asignando rutas más óptimas para que ambulancias y demás vehículos o transportes médicos puedan descoyuntar de este entorno problemático del bloqueo y poder reunirse en el benjamín tiempo posible constreñido por cada alternativa de ruta.

Nuestra solución para este conflicto de exuberancia en la aldea es la optimización de rutas basado en el cálculo de unión o todavía llamado “algoritmo de colonia de hormigas” que es una técnica probabilística para arreglar problemas computacionales que pueden reducirse a buscar los mejores caminos o rutas en grafos. El presente algoritmo fue planteado por Dorigo en el año 1992, el primer cálculo nació frente a un dilema por analizar el recorrido que presenta un grafo, por el

desplazamiento de las hormigas, las cuales buscan su camino ya sea por una urbanización o un naciente de alimentos. El nivel de concepto original, se ha hecho muy diverso, el cual presenta un extenso número de problemáticas, y como efecto han traído una diversidad de formas por parte de las hormigas. El tema nace del análisis del aprovechamiento de los alimentos que nos brindan las hormigas, para el cual surgen habilidades que permiten que las hormigas busquen el camino hacia su objetivo en este caso su alimento. El primer estudio se denomina, Ant System, el cual tiene como finalidad detectar el hamiltoniano más corto del grafo terminado. Dicho algoritmo está desarrollado en un grupo de hormigas, las cuales figuran un desplazamiento distinto entre las ciudades. Se podría librar que ya existen aplicaciones que realizan esta representación de optimización de rutas, tales como Waze o el más sabido "Google Maps", que este último es quien tiene una edén más gigante respecto a sus resultados, no obstante consideramos que a semejanza de este, en este proyecto podemos ofrendar documentación más exacta con respecto a las rutas y vías que existen en la entrada de Piura, dado que si bien es alguno que Google Maps tiene documentación de diversos países, esto mismo hace que su documentación no sea tan precisa como la que se podría consagrar usuarios de las mismas rutas y nativos de la misma entrada de Piura que circulan día a día por la ciudad. Estos mismo podrían brindarnos documentación sobre rutas escondidas, callejones, horizontes rápidas y demás vías las cuales Google Maps no tiene en cuenta dado que este está centrado más a una información de rutas más urbanizado, sin embargo, un asiento como Piura tiene diversas vías las cuales pueden ser usadas de horizontes rápidas para vehículos en situaciones de urgencia que es en lo que se centra este programa.

Con respecto a la justificación del presente proyecto hemos obtenido las siguientes justificaciones: Justificación teórica; esta investigación se justificó teóricamente ya que se realiza con el propósito de aportar al conocimiento existente sobre la optimización de rutas, como

instrumento de evaluación del logro de competencias de diseño y mapeo de rutas, cuyos resultados podrán sistematizarse en una propuesta, ya que se estaría demostrando que la optimización de rutas mejora la gestión óptima del transporte y el tiempo. Justificación práctica; esta investigación se justificó de manera práctica ya que existe la necesidad de ahorrar el tiempo de transporte en los vehículos de emergencia y también mejorar el nivel de uso de rutas. Justificación metodológica; el estudio se justificó metodológicamente ya que la optimización de rutas permite interactuar con rutas no muy conocidas, mejorar las ya conocidas para poder tener un mayor beneficio de estas y además la elaboración y aplicación de las rúbricas para cada una de las capacidades de la competencia de indaga mediante métodos científicos, situaciones que pueden ser investigadas por la ciencia, que podrán ser utilizados en otros trabajos de investigación y en otras instituciones educativas. Justificación social; el estudio se justificó socialmente ya que está orientado a los conductores de vehículos de emergencia (como ambulancias) permitiendo que estos tengan un mejor y mayor conocimiento de las rutas que les hará más fácil y rápido llegar al centro médico como al lugar de la emergencia emergida.

Hemos planteado la siguiente pregunta general de investigación: ¿Cómo la optimización de rutas de vehículos basado en el algoritmo de agrupamiento de colonia de hormigas se aplica al caso de transporte médico y de emergencia Piura 2021? Para el cuál hemos planteado el siguiente objetivo general: Implementar la optimización de rutas de vehículos basado en el algoritmo de agrupamiento de colonia de hormigas en el caso de transporte médico y de emergencia Piura 2021.

También se plantearon las siguientes preguntas específicas de investigación: ¿Que tiempos se evalúan entre el centro médico y el lugar de la emergencia?; ¿Como obtener rutas más cortas de camino?; ¿Cuál es el diseño de modelo de optimización? A las cuales se les han planteado los siguientes objetivos específicos de manera correspondiente: Evaluar el tiempo de transcurso entre el centro

médico y lugar de la emergencia para atender de mejor manera al paciente; Analizar rutas más cortas de camino al realizar un mapeo de las mismas; Diseñar el modelo de optimización acorde a las necesidades planteadas en la investigación.

Se ha llegado a la hipótesis de que, al implementar una optimización de rutas para situaciones de emergencia, los vehículos involucrados (en este caso, las ambulancias) podrán atender más rápidamente las emergencias y a las víctimas involucradas en la misma.

## **II. MARCO TEÓRICO:**

Se han redactado los siguientes antecedentes:

Jorge Reza (Universidad Autónoma del Estado de México, 2016). Optimización de rutas para distribución de una empresa fabricante de jugos: La compañía cuenta con 9 distintos centros de disposición en el país Federal y su área Metropolitana operando con un número de 236 rutas, las cuales cubren esta región, cada una de las rutas debe recorrer grandes distancias para dar el servicio a los establecimientos del canal de curiosidad, también se tiene el verificado que varias rutas entran en la misma región (están traslapadas). Se requiere hacer una optimización de las rutas conjuntas en el centro de distribución denominado "La finca", que permita que las rutas lleguen al exceptuado al 70% de sus compradores, su objetivo específico se realiza utilizando como herramientas: los sistemas de documentación geográfica y modelos de optimización astral, que les permita llevar a cabo el desarrollo en un lapsus raquítrico de sesión (culminante 6 meses) con resultados garantizados. Como aséptico deudo se tiene el "Implementar una metodología hacia la optimización de rutas de orden en una entidad fabricante de jugos, utilizando herramientas de persona como son los sistemas de documentación geográfica y modelos de una optimización espacial". La decisión del dechado (representación objetivo) nos dio como resultado un trayecto de todo el sistema de: 5,257km frente a 8,261km que teníamos originalmente, presente tenemos una parquedad en kilómetros recorridos de 3,004km

lo que representa una reducción de un 36%. Esta economía ya se contemplan las 6 rutas nuevas que se comprensión en el centro de orden.

Leidy Marín, Sixto Meléndez (Universidad Industrial de Santander, 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: El patrón aséptico de este proyecto es el planteamiento de una pauta que optimice las rutas de impulso para el área metropolitana de Bucaramanga. Para el desarrollo de este programa se estudiará el aprieto de ruteo de vehículos con ventanas de sesión, que consiste en planificar un equipo posible de rutas para un óleo de vehículos homogénea, que salen y llegan a diferentes depósitos. Así que lo indeterminado será encontrar una escena de rutas que minimicen las distancias, tiempos de recorridos y el acatamiento de las ventanas de lapso. Se han creado diferentes métodos para solucionarlos, dando lugar a dos clases exactos y aproximados, tales como: Métodos exactos, Branch and Bound, deducción simplex, Métodos aproximados y Heurísticas. El resultado obtenido al implementar el framework EPSO fue que el número de nodos "paradas" son de 274 por las cuales pasan las rutas petroncales del sistema Metrolínea distribuidas a lo dadivoso de Bucaramanga y área metropolitana y una sinagoga delimitado en la estación de transferencia de Metrolínea Provenza.

Elizabeth Tataje, Marycely Montenegro (Universidad Ricardo Palma, 2015). Optimización de rutas de transporte en la distribución física de equipos celulares de un operador logístico en la ciudad de Lima-Perú: La desazón que se ha logrado captar, guarda relación frente a la escasa optimización de rutas en el avance que tiene el reparto de equipos móviles de los operadores logísticos. Según presenta Anaya y Polanco (2007), presenta: El estar vulnerables a un robo o distribución física, es una de las vulnerabilidades con más presencia en las empresas, y temas de mucho debate, lo cual implica dificultad

en el servicio que se exige. Frente al nivel que implica el desarrollo, el análisis presenta un diseño hogareño explicativo (cuantitativo según el caso), debido a lo que usa diferentes simulaciones y hace diferentes estudios cuantitativos ayudados también por la estadística. Para identificar la tenacidad, se propone un diseño de tipo Pre experimental, con el tipo de muestras apareadas y confronta en dos etapas (ayer y más tarde).

Boix Hidalgo Ana (Universidad Oberta de Catalunya, 2020). El algoritmo de la colonia de hormigas se utiliza para optimizar la ruta de distribución de bicicletas entre las estaciones de BiciMAD: el norte descartado es optimizar la dirección de reemplazo de bicicletas entre las estaciones de servicio de BiciMAD. Por esta razón, se eligió desarrollar el algoritmo de optimización de la urbanización de hormigas, porque el algoritmo ha demostrado su eficiencia para errores en problemas de optimización de rutas similares. La implementación de esta solución, así como otras soluciones alternativas que no se basan en este algoritmo, se utilizará para evaluar su eficiencia a través de representaciones, que ya son muy grandes en Python. Los archivos CSV correspondientes a todas las estaciones BiciMAD se incluirán como un conjunto de pruebas hasta el mes de junio de 2018. Se plantearon las siguientes soluciones: (1) hostigamiento de dirección infierno; Se proponen las siguientes soluciones: (1) Acoso desde dirección del infierno; se propone una operación alegre o ingenua en la que solo se consideran los reclamos de bicicletas en cada estación para lograr una nueva solución al martirio. (2) Limitaciones de factibilidad y procedimientos de optimización: el propósito de este desarrollo relacionado con la decisión 1 es disminuir las restricciones de la implementación de elecciones estrictas y reemplazar sitios futuros con opciones basadas en trayectorias de feromonas en modificaciones futuras Votación aleatoria. (3) Sorpresa de feromonas, en el primer borrador las hormigas pueden visitar el sitio y depositar feromonas por donde

pasan, luego de la segunda ronda son atraídas por el grupo de feromonas acumulado en cada terminal.

Carrión Miguel, Candela Luis, Zapata Roxani, Bazán José (Universidad Nacional de Piura, 2020). Optimización de las rutas para la intervención de pozos de petróleo: El desarrollo nace frente a una propuesta un proyecto, que tenga como finalidad intervenir cada uno de los pozos petroleros, por medio de rutas optimas de los equipos denominados SWAB en empresas las cuales se dedican netamente a estas operaciones. (1) Función matemática del aprieto; La definición de los caminos válidos, limita la unión de una extracción entre sí mismo, lo cual se sanciona con una osadía muy amplia de los recursos de la pendiente de distancia o tiempos. (2) Obtención de los datos; Los datos son obtenidos mediante las coordenadas de las diferentes ubicaciones de los pozos, y a su vez, los cuales son obtenidos vía GPS de cada uno de las cavidades incorporando al terraplén. (3) cambio del reglamento para el algoritmo etapa 1 (k-means); Este vivido, obliga a optimizar los resultados del primer período corrigiendo las desviaciones por en lo alto, o por abajo de lo aprobado. (4) desarrollo de la carta para el algoritmo etapa 2 (algoritmo Gencasto); Cuando la señal del aglutinamiento es mayor de 300, significa que la agrupación excede la vigencia decisivo llevadero y debe apiolar pozos de la trocha. (5) exploración de consistencia de los datos proporcionados por el algoritmo; Los datos obtenidos para el algoritmo, debe contar con unas especificaciones de segregación y normalidad según sean requeridos. Del producto obtenido, su investigación y debate, se llegaron a diferentes conclusiones sobre el desarrollo de algoritmos: (1) El desarrollo de estudios de dos tipos (clústerin y AG), es una de las respuestas de las problemáticas para el plan de rutas según el tipo de aspectos de los SWAB. (2) En la primera fase de las operaciones de cada clúster, se evidencia que las soluciones no son factibles ya que sobrepasan las vigencias tolerables. (3) En la segunda etapa se ha mejorado la primera etapa, modificando las desviaciones fuera de la validez álgida sufrida, y dichos clústeres que no requieren estudio



quedan nulos o vacíos. (4) Se han logrado ahorros básicos en términos de combustible, accidentes laborales y arrendamiento de equipos para las instituciones dedicadas al éxtasis.

Mackiver Yonatan Hermitaño (Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo, 2019). Optimización de rutas usada para la recolección de residuos sólidos con el uso de contenedores aplicando el algoritmo denominado colonia de hormigas en la ciudad de Huaraz: En este estudio, el neutral es cronometrar las distancias las cuales se generan a partir del diseño de rutas realizado para el recojo e implementación de un proyecto computacional para el diseño de rutas del recojo de desechos con uso de contenedores en la población de Huaraz utilizando el lenguaje de programación Mosel Ive 2019. Se obtuvieron los siguientes resultados: la reclamo de los restos sólidos en los contenedores (cantidad de restos sólidos) que se almacena en cada uno de los contenedores, que es una imprevisto constante, y a lo más es de 30 m<sup>3</sup>, concordante con la validez considerado por el vehíojete recaudador que dispone la ayuntamiento Provincial de Huaraz; las distancias (o en otros casos legislatura o costes) entre cada uno de los contenedores ubicados, e incluso con el sinagoga de vehículos recolectores, se calculó en cojín al uso del Autocad-2017; se muestran algunas proscenio con la información necesaria para la decisión del aprieto de convento de basura sólidos de los contenedores ubicados en la zona núcleo de la ciudad de Huaraz; en cuanto a la competencia de los vehículos recolectores de restos sólidos para el servicio de la convento de desperdicios sólidos, en media es para 30 toneladas o metros cúbicos.

Bolaños Ricardo, Correo Carlos, Echeverri Mauricio (Universidad Tecnológica de Pererira, 2009). Optimización por colonia de hormigas aplicada al problema de planeamiento de la transmisión: Según la publicación muestra un razonamiento de Optimización por colonia de Hormigas para mandar el subproblema de inversión existente interiormente del conflicto de Planeamiento de la prosperidad de la radiodifusión de Sistemas Eléctricos de brío. El activo de

programación de rutas es decidido a través de magnate estructuración. Cimentación de alternativas de alternativa: la proposición presentada se acopla sencillamente a la técnica de optimización por colonia de hormigas porque la función del sistema de potencia como un grafo; el tesón computacional, realizado por la lógica de optimización, es mínimo debido al beneficio de documentación determinística proporcionada por los índices de sensibilidad, la cual orienta el desarrollo de búsqueda de la hormiga.

Álvarez Patricia, Calderón Carlos, Calderón Guillermo (Universidad Nacional de Colombia, 2013). Route's optimization of urban public transportation: Este artículo amago el proceso de optimización de rutas de raptó público guardia basado en las técnicas de estudio de operaciones. Este conato en la orla del cambio y mérito de la planificación del arranque socorro colectivo, sus etapas, diseño y modelos. Se presenta el diseño de las redes sobre las rutas de buses adonde se muestran las generalidades y antecedentes de los modelos de optimización aptos para el sistema de transporte subsidio colectivo. Se desarrolla un prototipo sobre la optimización minimizando transbordos y se discuten sus resultados de entente a la teoría planteada.

Mendoza Carlos, Szaran Eduardo (Universidad Nacional de Asunción, 2018). Enrutamiento de microfluidos en biochips digitales. Un enfoque basado en colonia de hormigas multiobjetivas: Los biochips digitales de microfluidos (DMFB) se usan para llevar a cabo ensayos biológicos concurrentemente, tales como prospección de ADN, reconocimiento de sustancias, hallazgo de drogas, detección in-situ y en lapso enérgico de toxinas, y agentes patógenos. Se propone una heurística basada en optimización por colonia de hormigas, que optimiza en disposición lexicográfico la interferencia entre gotas, la legislatura mundial de excursión y el número de celdas utilizadas. Los resultados experimentales indican que el ofrecimiento es promisorio al mejorar los resultados de un encargo del vivido de la pericia basado en colonia de hormigas. En los casos de aptitud de ruteo de heterogeneidad alta,

las hormigas presentan un problema con relación a las decisiones a amplio decenio. En este encargo la hormiga seleccionada maneja información de hasta dos unidades de ensamblajes futuras, y además a veces la documentación es considerada visto que la hormiga solo supone la posible actividad de las demás gotas; por tanto, es inhábil de aceptar decisiones que podrían beneficiarla más avance. La hormiga de manera obligatoria debe ser capaz de ver en gran medida más que dos unidades de tiempo y aprender que una posibilidad mayor eludiría varios conflictos.

Solís Jesús (Universidad de Sevilla, 2017). La aplicación del algoritmo de la colonia de hormigas en el problema de la ruta de distribución con destinos en movimiento: Varias variantes del problema de optimización de rutas han sido materia de exploración en el campo de la indagación de operaciones durante décadas. Este dilema incluye la lista de productos para varios compradores que poseen una flota, lo que incluye entregar la menor cantidad posible de entregas. La incertidumbre del proyecto flagrante es la decisión de enfrentar estos problemas, llamados TSPMD y VRPMD ("problema del vendedor ambulante en el destino móvil" y "problema de la ruta del vehículo en el destino móvil", respectivamente), donde el cliente tiene una ubicación geográfica. El momento del repertorio es diferente. Cada cliente permanece en un lugar durante un período de tiempo, aprende como una cerca material y se instala en otro lugar más tarde. Por tanto, el fallo del problema servirá para tener en cuenta esta actual restricción adicional que conduce a una aparente reparación de la atención al cliente, ya que permite flexibilidad en el movimiento de mercancías y se adapta mejor a las necesidades de los compradores. La madurez de la secuencia elegida para esta decisión es engañosa: (1) Se ha buscado explícitamente combinar las características del algoritmo ACO con las características sobresalientes de la metaheurística GRASP, el mismo algoritmo de amistad y codicia: Date prisa. Al crear soluciones que no garantizan la aceptabilidad y corregirlas posteriormente, se aumenta la velocidad de cálculo. (2) El hecho de

que cada cliente esté representado por dos nodos en la carga significa que hay nodos que no participarán en la solución.

Changxi Ma, Wei Hao, Fuquan Pan, Wang Xiang (School of Traffic and Transportation, Lanzhou Jiaotong University, Lanzhou, China - 2018). Optimización robusta multiobjetivo de rutas de detección y distribución de carreteras para materiales peligrosos basada en una red neuronal y un algoritmo genético: optimizar la dirección del robo de materiales peligrosos es uno de los pasos básicos para garantizar la compostura del éxtasis de los materiales. El compendio de optimización puede ser una amenaza para la compostura si el aspecto del pavimento no se termina antes de que se optimice el camino de estructuración. El cálculo utiliza una táctica mejorada para completar la transacción de votación, aplica métodos de cambio cruzado de comparación chovinista e intercambio de un solo orto para finalizar la transacción de desviación y mutación, y utiliza una deducción simple para desarrollar soluciones óptimas de Pareto. Cada vehículo debe regresar al centro de pedidos después de terminar el bobinado de disposición. La incertidumbre de la documentación de datos en la optimización de la ruta de eliminación de materiales peligrosos se refiere a la incertidumbre del intervalo de impulso y al peligro de puesta en marcha porque los tomadores de decisiones consideran varios factores de influencia cuando los errores son causados por métodos de premonición y herramientas de penetración. Estudiamos la Agencia de Comercialización y Abastecimiento de Materiales de Zhengzhou Ember, que está a cargo de esparcir explosivos para las 15 minas de brasas en piedra de Zhengzhou Coal Group, como Dragon, Cui Miao, Lu Gou, etc. La empresa utiliza una dialéctica de coestructuración en la que un vehículo puede dar servicio a múltiples puntos.

Minghui Ma, Shidong Liang (Automobile Engineering College, Shanghai University of Engineering Science, Shanghai, China - 2018). Un enfoque de optimización para el control de tráfico coordinado de la red de autopistas y la guía de ruta: la congestión del tráfico en la red de autopistas se vuelve más notoria en las sociedades modernas,

introduciendo pertrechos negativos para un cambio sostenible del Healthy Start System (ITS), como la disminución en el nivel de subvención del servicio de arranque y el aumento de los costes de tráfico. La obstrucción se puede trasladar a la tangente presidente levantado y a la red vial relacionada, si el VSL centinela y / o el tentador de declive en la dirección de la vinculación se aplica sólo durante los períodos alcotana. Diseñamos una relación de análisis numérico para aprovechar los cambios en el tiempo de viaje general ganado al ser cortado de la vigilancia coordinada (CC) propuesta en esta responsabilidad y la guardia privada (IC) en investigaciones previas, ver, en dos casos: con cuellos de botella o regiones fusionadas. Cuando el riesgo de tráfico de umbral es relativamente grande, ambos cuellos de embarcación se activan en ambas carreteras.

Mikael Frisk, Annie Jonsson, Stefan Sellman, Patrik Flisberg, Mikael Rönqvist, Uno Wennergren (Department of Physics, Chemistry and Biology (IFM), Linköping University - 2018). Optimización de rutas como instrumento para mejorar el bienestar animal y la economía en la logística previa al sacrificio: este crecimiento ha tenido un impacto destacado en la atmósfera de escena, la felicidad tonta y el comercio mundial. En Suecia, la fábrica de carne produce 133.100 toneladas de carne de coperacha, 233.500 toneladas de carne del Golfo y 5.100 toneladas de carne de ovino y de año nuevo al año, lo que representa más de tres millones de transportes de animales desde las granjas hasta los mataderos y el ano. Las distancias de impulso cortas tienen ventajas obvias, como menores costos y emisiones seguras. Otra alma incluye la dirección para mejorar la abundancia tonta en la logística previa a la reparación. Además, las distancias de transporte de animales más cortas reducen el número de lesiones animales, mientras que las distancias más largas utilizan la susceptibilidad a las enfermedades y los resultados de baja satisfacción. En este análisis, hemos desgastado un estereotipo de optimización y datos de arranque de rectificación animal de un año para analizar dos circunstancias estresantes clave: la sesión de recorrido del animal y la durabilidad del

recorrido en diferentes escenarios. Los escenarios se enfocan especialmente en i) la durabilidad de la ventana de tiempo de planificación, ii) el piggyback de distancias y tiempo de viaje, iii) la reducción de paradas de recolección y iv) el encuentro de hurto condicionado al ancho de cada ruta.

Con respecto a nuestras teorías y enfoques conceptuales tenemos lo siguiente:

¿Cómo manejar variables de tráfico y congestionamiento?: La obturación del tráfico, especialmente en las ciudades urbanizadas, es una realidad cada vez más difundida en toda la sociedad. Los grandes y crecientes costos de legislatura e importación vehicular que ella implica plantean el justa de originar formas y actitudes para enfrentarla. Para reducir el congestionamiento soez escolta y asegurar un nadie de sostenibilidad de los niveles de vitalidad urbanos, urge una tenacidad multidisciplinario que incluya el progreso de los hábitos de mudanza, la conveniencia de mejor suministro y medidas de administración de tránsito (manejo del descuento), así como de racionalización del uso de las vías públicas (manejo de la demanda). Se ve como una opción a la descuento y demanda de arrebatamiento.

¿Cómo poder saber a tiempo real el tráfico?: Google no utiliza tan solo datos de los usuarios en plazo real, tiene un adinerado del proceder de las carreteras para hacer predicciones del tráfico vivido del tráfico. Para agorar cómo se va a comportar el tráfico en ciertos periodos de tiempo, Google utiliza el entrenamiento automático. Para ello, combina los patrones de tráfico históricos de las carreteras a lo dadivoso de la legislatura. es decir, Google sabe que, en X firme, entre ciertas horas, suelen pasear X vehículos a determinada velocidad. Google deja claro que, a la hora de elegir la ruta, asimismo tiene en cuenta el segmento de vía. fuera de saber si la dirección pavimentada o si es de pavimento, saben la acreditada barriguita que tiene el adoquinado y cuán regular es que se pare más en una o en otra, lo que asimismo báculo a augurar las rutas. todavía se valen de los datos autorizados de los gobiernos

locales para saber los límites de apresuramiento, peajes o saber si algunas carreteras están restringidas al tráfico.

Esta documentación se combina con la de los usuarios, que es la que positivamente permite saber si hay alguna obra, carril cerrado o colapsado, objetos en adoquinado y demás. Google todavía se pueblerino de tecnología de DeepMind para mejorar las capacidades de agüero; De la misma suerte, Google utiliza tecnología de DeepMind, una botica de IA, para mejorar las capacidades de predicción. Según la compañía, actualmente Google puede predecir con un 97% de vaticinio el vivido del tráfico. Cuentan también que, desde el inicio de la pandemia del COVID-19, notaron hasta un 50% de acortamiento del tráfico ecuménico y que los modelos de aprendizaje automático han sido actualizados con los datos más recientes para sustentar la concreción en el augurio. Por lo que para llevar a cabo este proyecto se podría exprimir el mismo método de google, ensimismarse información de usuarios permanente de rutas como taxistas, transportistas y camioneros, rebuscar información brindada por municipio de transportes e además consultar en peajes y casetas de cuidadores vehiculares, además de la báculo de tecnología como la que usa google que en este eventualidad es DeepMind para activo un mejor guarda a legislatura dinámico del tráfico recinto.

Optimización de rutas: Permite el constreñir rutas de misión óptimas, en efecto, de el estrechamiento de kilometraje. El septentrión de la optimización de rutas es el uso valioso de los medios y de la sesión, logrando rutas más cortas y económicas. Entre las ventajas que la optimización de rutas puede aportar a una corporación de robo destacan las siguientes: (1) economizar en costes logísticos. Si las rutas están optimizadas, los vehículos caminarán a excepción de kilómetros, y por lo baza consumirán a excepción de carburante. (2) ahorrar en sesión de obligación. Un plan prontuario de las rutas toma altamente reunión de quien las diseña y de quienes las llevan a sirga. Mediante la optimización de rutas se podrá motorizar este cambio. (3)

compradores más satisfechos. Si se optimiza las rutas de transporte se mejorará la ratio de giro de pedidos a legislatura. (4) administrar mejor la flota de camiones. Mediante la optimización de rutas se eludirá usar más vehículos de los necesarios. (5) Poder seguir conformidad con los compradores. Reduciendo la sesión de pagaré de cada solicitud será imaginario ganar más entregas cada día.

Meta heurística: Las metaheurísticas poblacionales han sido las más aplicadas a la opción del TSP (agobio del pasajero de comercio). Estos algoritmos trabajan sobre un clan de soluciones potenciales, llamamiento billete, y realizan la prospección de la extensión de caza a través del vacuno y facultad entre las soluciones potenciales.

VMO (Variable Mesh Optimization/Optimización de malla variable) Es una meta-heurística poblacional con características evolutivas donde un equipo de nodos que representan soluciones potenciales a un conflicto de optimización, manera una lancha (billete) que dinámicamente crece y se desplaza por la superficie de persecución (evoluciona). Para ello, se realiza un cambio de prosperidad en cada ciclo, donde se generan nuevos nodos en dirección a los extremos locales (nodos de la chalupa con mejor especie en distintas vecindades) y el extremo común (nodo conseguido de mejor calaña en todo el recurso crecido); al igual que a romper de los nodos fronteras de la lancha. luego se realiza un desarrollo de contracción de la malla, adonde los mejores nodos resultantes en cada iteración son seleccionados como lancha auténtica para la iteración venidero. La formulación descendiente de la arco-heurística babucha tanto los problemas de optimización continuos como los discretos. (PURIS, y otros, 2018). Un conjunto de nodos es Aquello que modela posibles soluciones versus situaciones que requieran optimización, formando así, que crece y se traslada al espacio de batida.

Metaheurística de búsqueda tabú: La persecución tabú hace el uso de dos fases: refuerzo y diferenciación. El primero reforzó la valla en torno



a la mejor solución. El segundo se centra en los otros subespacios de la nueva búsqueda. Después de un conjunto de acciones, se puede determinar una mejor acción como candidato para reemplazar una decisión efectiva. Para el exterior, la llamada ley de la codicia se implementa para eliminar las sospechas y facilitar la acción. Inicie la estrategia de actualización y diferencia para completar la estrategia de engarzado de rango (o reenlace de ruta), que interconecta buenas soluciones. (monte, y otros, 2018). Intensificación y diversificación son dos de las estrategias que usa la caza de Tabú. El primero es agravar el seguimiento de la mejor decisión. El segundo se centra en distintos subespacios para nuevas investigaciones. después de un repertorio de tareas, puede hallar una mejor tarea para reemplazar su alternativa existente.

El algoritmo de agrupamiento de KbaC basado en la colonia de hormigas: Es una lógica de exploración de aglomeración competente. El cliché corporal del cálculo manoseado en la asociación de minería de datos es el proceder de desbroce y acoso de mantenimiento de los hormigueros. Este comportamiento puede desentenderse de que la feromona guíe el acto y la autoridad de la hormiga de ojeo, formando un mecanismo de feedback positiva, que tiene cierta explicación y celeridad. (DING, y otros, 2020). La operación basada en colonia de hormigas, usa un lugar común fisiológico que es muy deteriorado para la minería de datos, realiza una limpieza y búsqueda en cojín a la nutrición de los hormigueros, esto hace que sea un algoritmo de agrupación valioso. Es por ello que frase comportamiento de las hormigas ayude a ser más ideal y ágil el cálculo guiándose de las direcciones y mecanismos que tomen las hormigas.

Algoritmo de Clustering o agrupamiento: La unión se refiere a la división (agrupación) de objetos con el frío de gestar asociados homogéneos internamente y heterogéneos entre grupos. Esto significa que los objetos de un clan partidista difieren cumplidamente de los objetos clasificados en otros grupos. La concentración es un

importante utensilio explicativa para los profesionales, ya que nos permite expresar una tira de estructuras ocultas, generalmente valiosas, en los conjuntos de datos. (Dorado, y otros, 2019). La concentración es un principio de grupos similares en el interior de un conjunto y la división de objetos con el fin de originar asociados heterogéneos entre sí. en otras palabras, un clan autónomo de objetos es arreglado distinto de los objetos agrupados. Un algoritmo de agrupamiento es un procedimiento estadístico multivariado que tiene como objetivo agrupar o clasificar los elementos de un espacio de datos en grupos compactos, separados y homogéneos llamados grupos o clases. En particular, los algoritmos de agrupación no supervisados tienen como objetivo descubrir la composición de las clases o agrupaciones a las que pertenecen los elementos sin tener información previa sobre la estructura de los datos. Este agrupamiento debe garantizar que el grado de asociación natural sea alto entre los miembros del mismo grupo y bajo entre los miembros de diversos grupos (Leal, 2019). Un algoritmo de agrupamiento, es aquel que utiliza procedimientos estadísticos multivariado, que agrupan o clasifican, los datos en grupos o clases.

Algoritmo genético: Los AG's se han estudiado con éxito en problemas de ojeo y optimización. Gran parte de este éxito se debe a su aptitud para explotar la información acumulada sobre un emplazamiento de seguimiento, y así encargar las siguientes búsquedas cerca de los mejores subespacios. Ésta es su patria enjundia, principalmente en espacios grandes, complejos y parcialmente definidos donde las técnicas clásicas de seguimiento no son apropiadas. (JIMÉNEZ, y otros, 2020). La tenacidad de un GA a una preocupación de optimización requiere la definición de un extracto de representación (binario, energético, estandarización, entre otros) de los recursos de soluciones. Una potencial posibilidad se codifica a través de un vector llamado cromosoma, y cada una de las variables de diseño corresponde a una tajada de este vector (gen). mientras, se deben definir los operadores genéticos utilizados en el recurso de evolución

(transformación) de la plaza y los parámetros genéticos que condicionan el empeño de los operadores. La convexidad de la villa debe ser definido por el usuario. (VILLALBA, 2020).

La Hiperheurística: Las hiperheurísticas tienen como imparcial patriarca el tributo de soluciones generalizadas a los problemas, en sede de listar a los mejores resultados, entonces, lo que se persigue es incrementar la totalidad de los métodos. La forma en que una hiperheurística lazarillo el reconocimiento de una opción consiste en contratar indicadores de desempeño que están relacionados con el funcionamiento de las heurísticas de bajo nivel, GA (Genetic Algorithm), SA (Simulated Annealing/recocido desleal) y ACO (Ant Colony Optimization). (RODRIGUEZ, y otros, 2017). El equitativo superior de la hiperheurística no es rebuscar los mejores resultados, estrella simplificar una opción natural al aprieto. En segunda sede, el propúbicado es acrecentar la generalidad del dialéctico.

### **III. METODOLOGÍA:**

#### **III.1. Tipo y diseño de investigación:**

**Tipo de investigación:** Esta investigación es aplicada debido a que se fija el interés en la aplicación de los conocimientos teóricos o determinada situación concreta. Se busca conocer cómo hacer la optimización de rutas, para actuar ante las situaciones de emergencias en las que se enfoca el proyecto y de esta manera poder transformar los conocimientos científicos en tecnología.

La investigación aplicada busca la generación de conocimiento con aplicación directa a los problemas de la sociedad o el sector productivo. Esta se basa fundamentalmente en los hallazgos tecnológicos de la investigación básica, ocupándose del proceso de enlace entre la teoría y el producto (Lozada José, 2014).

Para Murillo (2008), la investigación aplicada recibe el nombre de “investigación práctica o empírica”, que se caracteriza porque busca la aplicación o utilización de los conocimientos adquiridos, a

la vez que se adquieren otros, después de implementar y sistematizar la práctica basada en investigación.

La investigación aplicada nos puede conducir a conocimientos científicos básicos importantes. Por los años 50 hubo la necesidad de encontrar combustibles altamente energéticos para cohetes. Tanto los Estados Unidos como la URSS invirtieron muchos millones de dólares en el estudio de los boranos, como posible combustible (Ceroni Galloso, 2010).

**Diseño de investigación:** El presente proyecto presenta un nivel investigación de tipo no experimental, descriptiva comparativa, debido a que se utilizarán los métodos de análisis para poder implementar la optimización de rutas y lograr caracterizar nuestro objeto de estudio en las situaciones de emergencia en la que se basa el proyecto señalando las características y prioridades. Es aquel que se realiza sin manipular deliberadamente variables. Se basa fundamentalmente en la observación de fenómenos tal y como se dan en su contexto natural para después analizarlos (Dzul Escamilla, 2010).

La educación está pasando una dificultad, variedad de transformaciones, junto con la aparición de nuevos fenómenos educativos, que necesita de nuevos modelos de investigación para afrontar con garantías las problemáticas complejas del presente y las que se plantearán en un futuro cercano (Galán Gómez & Pagán-Maldonado & Ponce Rivera, 2018).

Las encuestas no experimentales son encuestas realizadas sin manipulación deliberada de las variables de investigación. En este tipo de investigaciones, los sujetos no están expuestos a condiciones o estímulos, son observados en el medio natural, dependiendo del enfoque de la investigación. (Maldonado Gámez, 2016).

### III.2. Variables y operacionalización:

Fórmula para sacar el costo del combustible por ruta:

$$K/Y = Z$$

$$Z * L = X$$

$$G/L = M$$

$$M * X = P$$

K = Kilómetros recorridas en la ruta.

Y = Rendimiento del vehículo por galón.

Z = Primer resultado.

L = Litros por galón (aprox. 3.75L).

X = Cantidad de combustible usado en la ruta.

G = Costo de combustible por galón.

M = Costo de combustible por litro.

P = Costo de combustible por rutas.

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala de medición
Optimización de rutas	Las rutas de transporte de pasajeros consisten en la recogida de los clientes en puntos prefijados, que llamamos paradas, distribuidas geográficamente a lo largo de un territorio y donde todos estos clientes tienen un punto de destino común prefijado. (Aguado & Jiménez, 2014)	La eficiencia de la optimización dependerá de la distribución geográfica que se tenga, con el fin de llegar a los puntos con un coste. Se medirá a través del recorrido de un punto a otro, los tiempos de semáforos, el nivel de congestión vehicular, con el instrumento denominado fichas de registro. Se medirá con cuestionarios a partir del análisis de los conocimientos de cada uno de los encargados de las unidades de emergencia.	Tiempo de recorrido	Tiempo de recorrido por ruta (h)	Razón
			Distancia de recorrido	Distancia de rutas en (Km)	
			Consumo de combustible	Costo de combustible por unidad de emergencia (Galones)	

Tabla 1: Variable – Optimización de rutas

### III.3. Población, muestra y muestreo:

Tabla 2: Indicadores

Indicador	Población	Muestra	Marco muestral	Unidad de muestreo	Unidad de análisis	Variable de estudio	Escala de medición
Niveles de capacidad de transporte	Conjunto de vehículos de transporte que se encuentren en situación de emergencia	Vehículos y medios de transporte en casos de emergencia (Ambulancias)	Vehículos que se encuentren en estado de emergencia	Vehículos de transporte que puedan servir de ayuda en situación de emergencia	Vehículo en situación de emergencia	Capacidad de transporte	Razón continua
Nivel de control y análisis de rutas	Conjunto de rutas a optimizar	Rutas de uso frecuente en situaciones de emergencia	Rutas que serán optimizadas mediante el algoritmo y vehículos que serán los usuarios de dichas rutas	Rutas y vehículos médicos	Vehículos que brindan servicio médico	Control y análisis de rutas	Razón continua
Capacidad de conocimiento y aplicación de ruta	Rutas a optimizar y choferes que	Conductores de ambulancias (paramédicos)	Rutas las cuales se encuentran dentro del proceso de optimización y	Rutas y choferes	Choferes que se desplazan por las rutas a optimizar	Conocimiento y aplicación de rutas	Razón continua

	conocen las rutas		choferes que usan dichas rutas				
Eficiencia de aplicación del algoritmo	Algoritmos de agrupación (colonia de hormigas)	Algoritmos de heurísticas	Algoritmos que se encuentren dentro de la categoría de agrupación	Algoritmos de agrupación	Algoritmo de colonia de hormigas	Aplicación de algoritmo	Discreta

La muestra es una muestra por conveniencia para los vehículos en situaciones de emergencia y vehículos que brinden el servicio médico como las ambulancias, cuyo número estudiado de estos vehículos serán quince (15). Los centros médicos han sido separados por niveles, en el primer nivel se encuentran los hospitales, puesto que son los centros médicos con más capacidad para atender a pacientes, son la opción más común a la cual se acude en una emergencia. El segundo nivel lo hemos asignado a las clínicas debido a que, al ser un centro médico privado, no todos pueden acceder o hacerse ver en estos centros médicos, sin embargo, están bien implementadas para poder solventar las emergencias que se les presente. En el tercer y último nivel encontramos a las postas médicas, las cuales son más comunes en los pueblos jóvenes que por lo general se encuentran algo retiradas de la ciudad, estos centros médicos no se encuentran muy bien implementados y generalmente solo cuentan con lo básico para solventar algunas emergencias que no son de una alta gravedad, están más accesibles al público en general ya que se encuentran en un mayor número en comparación a clínicas u hospitales. Dentro de la ciudad de Piura se encuentran diversos centros médicos, pero para esta muestra solo se han tomado en cuenta 10 de estos centros médicos que consideramos los mejor implementados para solventar las emergencias y los más cercanos para atender dichas emergencias.



**Personas dentro de la ambulancia en situación de emergencia:** En este cuadro mostramos las personas que se encuentran en una ambulancia al momento de acudir a una emergencia.

*Tabla 3: Cantidad de personas dentro de una ambulancia*

<b>Personas dentro de la ambulancia para la emergencia</b>	<b>Cantidad</b>
Chofer	1
Paramédico	1
Asistente o enfermera	1 (dependiendo la emergencia pueden ser más)
Paciente	1 (en caso existan más pacientes por atender, se solicita otra ambulancia)
Familiar del paciente	1 (no se permite más de un acompañante en la ambulancia)
<b>TOTAL</b>	<b>5</b>

#### **III.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos:**

Se ha considerado como técnicas e instrumentos de recojo de datos como hacer rutas de prueba para recolectar datos detallados de cada ruta, encuestas y preguntas a los conductores de las ambulancias, fichas de registro, comparación entre datos y detalle entre la simulación de Google maps y los datos recolectados en la ruta de prueba en un vehículo particular. La observación participante se puede realizar de manera inversa a la anterior. El observador mediante la aplicación de acciones previamente planeadas puede iniciar su ejercicio de observación (Martínez Luis, 2007).

La tecnología de encuestas se usa ampliamente como programa de investigación porque puede adquirir y procesar datos de manera rápida y eficiente. En el ámbito de la salud, se han realizado numerosas encuestas con esta tecnología, como muestran los 294 artículos de la base de datos Medline Express, las encuestas de descriptores de 1997-2000 y español. (Campos Donado, 2002).

#### **III.5. Procedimientos:**

Se realizó un recorrido de pruebas de 4 rutas trazadas en un vehículo particular dónde se registró y recolectó datos como el kilometraje, tiempo de demora, cantidad de semáforos, entre otros. También se encuestó y realizó preguntas a un conductor de ambulancias del Hospital Cayetano Heredia dónde se pudo recolectar una mayor información para la realización del proyecto. En este sentido, Murillo (1999) señaló que “el mundo virtual que recorre nuestros monitores mientras indagamos por Internet no solo nos acerca al centro de documentación o facilita la comunicación con otros investigadores, sino que también abre un amplio abanico de posibilidades. Esto sin duda cambiará nuestro ritual de investigación. Toda investigación, sin importar su espacio de actuación, requiere de una búsqueda, lectura, interpretación y

apropiación de información relacionada con el tema objeto de estudio, es decir de un marco teórico referencial (Gómez Sánchez, 2006). Para la recolección de datos en centros como hospitales y postas médicas, no se tuvo mayor dificultad debido a que las ambulancias se encuentran en parte exterior del hospital para acudir a la emergencia, solo nos acercamos a los conductores de las ambulancias para poder consultarle si es que desea brindarnos la información requerida para nuestra investigación, en cambio para los centros como clínicas, se tuvieron ciertas restricciones debido a que el área de las ambulancias se encuentran en un garaje interno y había que pedir permiso a los agentes de seguridad, los cuales tenían que autorizar el ingreso, sin embargo, si los conductores se encontraban ocupados o en una situación incómoda, no dejaban ingresar a nadie.

### III.6. Método de análisis de datos:

**Test de Shapiro–Wilk:** Se usa con el fin de comparar la normalidad de una agrupación. Se dice, que la hipótesis nula,  $x_1$  como muestra, y  $x_n$ , procede de una plaza que por lo general es distribuida. Su publicación se realizó en 1965 por los autores Samuel Shapiro y Martin Wilk, dicha publicación se estima como una de las más potentes de la antinomia de normalidad.

El estadístico del cuestionario es:

$$W = \frac{(\sum_{i=1}^n a_i x_{(i)})^2}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$$

Figura 1: Formula Shapiro-Wilk

Dónde:

- $x_{(i)}$  (con  $i$  como identificador) es aquel número que se posiciona en el  $i$ -ésimo lugar de la muestra a estudiar (mayor y menor como disposición de la muestra);
- $\bar{x} = (x_1 + \dots + x_n) / n$  es la media muestral;

- El cálculo de las variables ( $a_i$ ):

$$(a_1, \dots, a_n) = \frac{m^T V^{-1}}{(m^T V^{-1} V^{-1} m)^{1/2}}$$

Figura 2: Formula para las variables

Donde

$$m = (m_1, \dots, m_n)^T$$

Siendo  $m_1, \dots, m_n$  son la utilidad principios del estadístico que fue ordenado, de variables al azar independiente e igualitario distribuidas, muestreadas de distribuciones normales.  $V$  es la matriz de covarianzas de ese estadístico de orden.

La normalidad se evidencia comparando los estimadores que presenta la varianza  $\sigma^2$ :

- El primero es no paramétrico al numerador y
- El segundo paramétrico, que se le denomina varianza muestral, ha dicho denominador.

**Prueba t de Student:** es todo tipo de competición que tiene tiene un organismo t de Student si la hipótesis da como resultado nulo es correcta. Dicho caso aplica siempre y cuando la población evaluada continúa su orden normal, sin embargo, la convexidad muestral es demasiado pequeña como para que el estadístico en el que está basada la inferencia esté normalmente distribuido, utilizándose un enjuiciamiento del declive t-estadístico en sede de la decisión fiel. Es de segunda jugada en investigación discriminante. Las dos muestras de las pruebas-t, para evidenciar el desorden entre las medias, pueden ser en pares o parejas. Las pruebas-t, a las que se les denomina pareadas, contienen mucho más nivel estadístico, a diferencia de las apareadas, cuando ambas tienen similitud, con respecto a los "factores vocerío", que por lo general dependen de ellas frente a la pertenencia a los añadidos que se diferencian. Frente a una perspectiva distinta, las pruebas-t de tipo

apareadas, presentan una disminución de los pesos de los factores maraña, frente a un análisis de observación de las pruebas.

- **Desapareada:** Mayormente conocidas como independientes, se usan con el fin de obtener 2 grupos como mínimo de muestras que por lo general son aleatorias, con el fin de seccionar las poblaciones que serán evaluadas. Propinemos un ejemplo, el cual presenta un estudio a grupos familiares, donde se reclutan 100 individuos. Seguidamente se dividen ambos grupos, 50 para terapia y 50 para observación. Partiendo del ejemplo se obtienen dos muestras que dependen de ellas mismas, y se utilizan de forma desapareada.
- **Apareada:** Son aquellas que, por lo general, residen en muestras con valores idénticos a las muestras estadísticas. Partiendo de un ejemplo común, que los grupos familiares sean estudiados en dos etapas de tratamiento (antes y después). Una prueba que se basa en coincidencias de muestras, brinda como resultado final una muestra desapareada, la cual posteriormente es usada con el fin de formar una muestra apareada.

La prueba de t de Student tiene diversos cálculos, tales como:

- Prueba t para muestra única.
- Pendiente de una regresión lineal.
- Prueba t para dos muestras independientes.
- Prueba t dependiente para muestras apareadas.

**Prueba de los rangos con signo de Wilcoxon:** La vivencia de los rangos con raya de Wilcoxon es una encuesta no paramétrica para memorizar el cargo situación de dos muestras relacionadas y evaluar si existen diferencias entre ellas. Se utiliza como posibilidad a la oposición t de Student cuando no se puede conllevar la

normalidad de dichas muestras. Debe su notoriedad a Frank Wilcoxon, que la publicó en 1945. Es una indagación no paramétrica de función de dos muestras relacionadas y por lo bazu no necesita una disposición específica. Usa más acertadamente el rango ordinal del repentino fidedigno. Se utiliza para concomitar dos mediciones relacionadas y cronometrar si la diferencia entre ellas se debe a la riqueza o no (en esta última fortuna, que la discrepancia sea estadísticamente significativa). Se utiliza cuando el perenne cabalístico es graneado empero no se presupone ninguna categoría de estructuración partidista.

Entonces, el estadístico de la prueba de los signos de Wilcoxon,  $W^+$ , es:

$$W^+ = \sum_{z_i > 0} R_i,$$

Figura 3: Formula de signos de Wilcoxon

Es decir, la suma del rango  $R_i$  correspondiente al valor positivo de  $z_i$ . La distribución de las estadísticas  $W^+$  se puede consultar en la tabla para determinar si se acepta la hipótesis nula.

### III.7. Aspectos éticos:

Se revisó y respetó el código de ética con el que cuenta la Universidad César Vallejo, por lo cual hemos llegado a relatar los siguientes aspectos éticos:

- **Respeto por las personas en su integridad y autonomía:** Al momento de realizar las encuestas a los conductores de las ambulancias, se respetó la decisión de si deseaban o no brindar la información, en ningún momento se les originó una situación incómoda.
- **Búsqueda del bienestar:** La idea del proyecto es ayudar en gran medida a los involucrados en las emergencias para que

puedan atender de manera más rápida éstas mismas antes de que suceda una tragedia.

- **Justicia:** Se trató de igual condición a los conductores de ambulancias de distintos centros médicos.
- **Honestidad:** Todos los datos recolectados están plasmados con transparencia dentro del informe, al igual que el nombramiento de los autores de los cuales se ha recogido información.

#### IV. RESULTADOS:

El problema del enrutamiento de vehículos o VRP se centra en la tarea de distribución. Una variante común de VRP es la dificultad de enrutar vehículos entrenados o CVRP, donde el número de clientes representados por  $(V_1, \dots, V_n)$  debe ser tomado en cuenta por el almacén central, que generalmente se identifica como el punto  $V_0$ . Cada ambulancia,  $V_i$  maneja una demanda resultante  $Q_i$  y tiene un presupuesto de viaje  $D_{ij}$  entre dos conductores para cada par de conductores  $(i, j)$ .

Una gran cantidad de vehículos con capacidad  $Q$  brindan servicios a los clientes. El objetivo del CVRP es encontrar un conjunto de rutas para reducir el tiempo total de viaje mientras se observan las siguientes restricciones:

1. Cada ambulancia solo atenderá una emergencia a la vez.
2. Cada vehículo tendrá un inicio y fin, siendo el fin en el centro médico.
3. Las necesidades de respuesta a emergencias del vehículo no deben exceder su capacidad.

El CVRP tiene relación con el ya mencionado agente viajero o TSP también conocido como subproblema, por lo que se convierte en un problema tipo NP-Duro. En la práctica, el VRP uno de los más complicados de desarrollar ya que consta de dos situaciones: el primero es un problema de tipo inpacking, su objetivo es realizar un conjunto de rutas para cada emergencia. Posteriormente, para cada ruta creada, se debe encontrar la ruta más óptima para manejar todas las situaciones de

emergencia asignadas a cada ruta, lo que significa resolver un problema tipo TSP.

Debido a la naturaleza y dificultad de la incertidumbre, no es factible utilizar métodos precisos para instancias de CVRP grandes. Por el contrario, algunas soluciones se basan en técnicas heurísticas, que se han desarrollado netamente para el problema y brindan soluciones aproximadas. Otra opción es utilizar técnicas de optimización, como búsqueda tabú, recocido simulado, algoritmos genéticos o algoritmos basados en colonias de hormigas. Este trabajo cuenta con un interés en el uso de metaheurísticas para resolver CVRP, especialmente en sistemas de optimización basados en colonias de hormigas.

El primer algoritmo para resolver CVRP utilizando un método de optimización basado en colonias de hormigas se llama Ant System (AS) antes propuesto por: (Bullnheimer, Hartl, & Strauss, Applying the Ant System to the Vehicle Routing Problem., 1997.); en el que las feromonas dejadas por las hormigas son usadas para formar un conjunto de rutas para ser usadas por los vehículos de emergencia.

Para innovar la ruta, el Ant System, se combina con una función de búsqueda local llamada 2-Opt. El algoritmo ha sido probado en diferentes ejemplos de referencia, aunque los resultados obtenidos no son tan buenos como el algoritmo que utiliza la búsqueda tabú. En términos de tiempo, el Ant System trajo consigo resultados óptimos y se convirtió en un algoritmo metaheurístico que vale la pena considerar.

Los elementos de la mejora basada en colonia de hormigas son: el grafo que es una representación gráfica que sirve para detectar los aspectos a presentarse, aceptando que éstos se hallan plenamente conectados entre sí, y una población de hormigas que son un grupo de agentes artificiales donde cada uno almacena la información de sus movimientos, los aspectos que ha visitado y cuales les restan por asistir a ellos. En este paso las longitudes por recorrido se calculan y se van visitando puntos nuevos asimismo puntos nuevos, estos son los componentes iniciales usados para el algoritmo de colonia de hormigas.



El algoritmo usado, parte de un conjunto de pasos los cuales se repiten a lo largo de un definido número de iteraciones o lapsos de tiempo, los pasos se muestran a continuación:

- Posicionar a las Hormigas en los Puntos del Grafo.
- Creación de la trayectoria de las Hormigas.
- Costo calculado por recorrido de hormigas
- Desvanecimiento de huellas de las feromonas.
- Modernización de las huellas de feromonas.

La diferencia de los parámetros alfa, beta, rho y otros del algoritmo de la colonia de hormigas tendrá un efecto mayor, en cuanto al rendimiento que presente el algoritmo. Para descubrir los mejores parámetros, este artículo resolverá el problema definiendo distintos valores de parámetros. Por medio de la comparación, se puede encontrar que después de establecer el parámetro beta es mayor que su valor de inicio, y la posibilidad de que las hormigas seleccionen el óptimo local en un punto local dado aumente, incluso si la tasa de convergencia tiene un nivel más alto. Y la demanda de soluciones se debilita y la posibilidad de caer en un óptimo local es mayor. El efecto de la configuración del parámetro rho en el rendimiento del algoritmo. El parámetro rho es el factor de volatilización de feromonas. El tamaño de rho está directamente relacionado con la velocidad de convergencia de la tecnología de búsqueda global y el algoritmo de colonias de hormigas.

El código usado para la realización las rutas es el siguiente:

```
%% Problema de vehículos de emergencia Mejoramiento
%% Variables de entorno claras
clear all
clc

%% Datos de importación
load hospitaldatas.mat

%% Calcula la distancia entre centros médicos
fprintf('Computing Distance Matrix... \n');
```

```

n = size(citys,1);
D = zeros(n,n);
for i = 1:n
    for j = 1:n
        if i ~= j
            D(i,j) = sqrt(sum((citys(i,:) - citys(j,:)).^2));
        else
            D(i,j) = 1e-4;
        end
    end
end

%% Parámetros de inicialización
fprintf('Initializing Parameters... \n');
m = 50;                % Numero de hormigas
alpha = 1;            % Factor de importancia de las feromonas
beta = 5;              % Factor de importancia de la función heurística
rho = 0.5;            % Factor volátil de feromonas
Q = 1;                % Coeficiente constante
Eta = 1./D;           % Función heurística
Tau = ones(n,n);      % Matriz de feromonas
Table = zeros(m,n);   % Tabla de registros de ruta
iter = 1;              % Valor inicial del número de iteración
iter_max = 150;       % El número máximo de iteraciones
Route_best = zeros(iter_max,n); % El mejor camino para cada
generación
Length_best = zeros(iter_max,1); % La longitud del mejor camino para
cada generación.
Length_ave = zeros(iter_max,1); % Longitud promedio de cada ruta
de generación

%% Encuentra iterativamente el mejor camino
figure;
while iter <= iter_max
    fprintf('Iteración% d tiempo \n',iter);
    % Genera aleatoriamente el centro médico de cada hormiga.
    start = zeros(m,1);
    for i = 1:m
        temp = randperm(n);
        start(i) = temp(1);
    end
    Table(:,1) = start;
    % Crear espacio para soluciones
    hospital_index = 1:n;

```

```

% Selección de ruta por hormiga
for i = 1:m
    % Selección de ruta centro médico por centro médico
    for j = 2:n
        tabu = Table(i,1:(j - 1));          % Colección del centro médico
visitado(Lista de tabú)
        allow_index = ~ismember(hospital_index,tabu);
        allow = hospital_index(allow_index); % Colección centro médico
a visitar
        P = allow;
        % Calcular la probabilidad de transición entre centros médicos
        for k = 1:length(allow)
            P(k) = Tau(tabu(end),allow(k))^alpha *
Eta(tabu(end),allow(k))^beta;
        end
        P = P/sum(P);
        % Método de ruleta para elegir el siguiente centro médico visitado
        Pc = cumsum(P);
        target_index = find(Pc >= rand);
        target = allow(target_index(1));
        Table(i,j) = target;
    end
end
% Calcule la distancia del camino de cada hormiga
Length = zeros(m,1);
for i = 1:m
    Route = Table(i,:);
    for j = 1:(n - 1)
        Length(i) = Length(i) + D(Route(j),Route(j + 1));
    end
    Length(i) = Length(i) + D(Route(n),Route(1));
end
% Calcule la distancia del camino más corta y la distancia promedio
if iter == 1
    [min_Length,min_index] = min(Length);
    Length_best(iter) = min_Length;
    Length_ave(iter) = mean(Length);
    Route_best(iter,:) = Table(min_index,:);
else
    [min_Length,min_index] = min(Length);
    Length_best(iter) = min(Length_best(iter - 1),min_Length);
    Length_ave(iter) = mean(Length);
    if Length_best(iter) == min_Length
        Route_best(iter,:) = Table(min_index,:);
    end
end

```

```

else
    Route_best(iter,:) = Route_best((iter-1),:);
end
end
% Actualizar feromona
Delta_Tau = zeros(n,n);
% Contar por hormiga
for i = 1:m
    % Cálculo centro médico por centro médico
    for j = 1:(n - 1)
        Delta_Tau(Table(i,j),Table(i,j+1)) =
Delta_Tau(Table(i,j),Table(i,j+1)) + Q/Length(i);
    end
    Delta_Tau(Table(i,n),Table(i,1)) = Delta_Tau(Table(i,n),Table(i,1))
+ Q/Length(i);
end
    Tau = (1-rho) * Tau + Delta_Tau;
% Número de iteraciones más1, Limpiar la tabla de registros de ruta

% figure;
%El proceso iterativo del mejor camino
[Shortest_Length,index] = min(Length_best(1:iter));
Shortest_Route = Route_best(index,:);
plot([hospital(Shortest_Route,1);hospital(Shortest_Route(1),1)],...
[hospital(Shortest_Route,2);hospital(Shortest_Route(1),2)],'o-');
pause(0.3);

iter = iter + 1;
Table = zeros(m,n);

% end
end

%% Los resultados muestran que
[Shortest_Length,index] = min(Length_best);
Shortest_Route = Route_best(index,:);
disp(['La distancia más corta:' num2str(Shortest_Length)]);
disp(['El camino más corto:' num2str([Shortest_Route
Shortest_Route(1)])]);

%% Dibujo
figure(1)
plot([hospital(Shortest_Route,1);hospital(Shortest_Route(1),1)],...
[hospital(Shortest_Route,2);hospital(Shortest_Route(1),2)],'o-');

```

```

grid on
for i = 1:size(citys,1)
    text(hospital(i,1),citys(i,2),[' ' num2str(i)]);
end
text(hospital(Shortest_Route(1),1),hospital(Shortest_Route(1),2),'Punto
de partida');
text(hospital(Shortest_Route(end),1),hospital(Shortest_Route(end),2),'Fi
n');
xlabel('Abscisa de ubicación del centro médico')
ylabel('Ordenada de la ubicación del centro médico')
title(['Ruta de optimización del algoritmo de colonia de hormigas (distancia
más corta:' num2str(Shortest_Length) ')'])
figure(2)
plot(1:iter_max,Length_best,'b',1:iter_max,Length_ave,'r:')
legend('Distancia más corta','Distancia promedio')
xlabel('Número de iteraciones')
ylabel('distancia')
title('Comparación entre la distancia más corta y la distancia media de
cada generación')

```

La forma en que la hormiga elige el siguiente punto del camino se basa en una ecuación de probabilidad simple. Calcule la probabilidad de que la hormiga  $k$  elija moverse del punto  $i$  al punto  $j$ . Cuando la hormiga se encuentra al inicio de su recorrido, se debe tener en consideración que los puntos próximos (candidatos) a visitar tendrán el mismo valor de probabilidad para que sean seleccionados.

$$P_{ij}^k = \frac{(T_{ij})^\alpha \cdot (\eta_{ij})^\beta}{\sum_{j \in N} (T_{ij})^\alpha \cdot (\eta_{ij})^\beta}, \text{ Si } j \in N$$

La cantidad de feromona existente entre los puntos  $i$  y  $j$  se denomina trayectoria de feromona artificial, que es la atracción de visitar el punto  $j$  después del punto  $i$ , y está representada por  $T_{ij}$  (Tao). También se procesa un valor heurístico entre la posición actual  $i$  y la posición propuesta  $j$  a visitar. Dicho valor heurístico está interpretado por  $\eta_{ij}$  (Eta), y su valor es inversamente proporcional a la distancia entre los dos puntos. La fórmula de cálculo es  $\eta_{ij} = 1 / d_{ij}$ . Los otros parámetros

utilizados son  $\alpha$  (Alfa) y  $\beta$  (Beta), que representan el nivel de importancia, el primero es la intensidad de la trayectoria de las feromonas y el segundo es la información heurística. Si  $\alpha = 0$  significa que se seleccionará el punto más cercano, y si  $\beta = 0$  significa que se seleccionará el punto mayor concentración de feromonas, entonces  $N_{ki}$  es el conjunto de puntos adyacentes que no han sido visitados por la hormiga  $k$  en el punto  $i$ .

Este proceso se hace hasta que cada hormiga realice un recorrido general, y así realice un completo recorrido por cada punto del grafo. Una vez que se hayan completado los recorridos, se gestiona la feromona de las hormigas en el grafo, como se presenta en los 2 pasos siguientes, evaporación y actualización de la feromona dejada por las hormigas.

Los resultados obtenidos en base a nuestros objetivos propuestos tenemos que se logró implementar el algoritmo de agrupamiento de colonia de hormigas para la optimización de rutas logrando que los conductores de vehículos en situaciones de emergencia (las ambulancias) logren encontrar un mejor camino y más corto hacia su destino de centro médico para poder brindar una ayuda más rápida y un mejor servicio hacia los pacientes que necesitan del servicio de estos vehículos. Luego también se logró evaluar el tiempo de demora entre el lugar del incidente y el centro médico al cuál el paciente debe ser trasladado, obteniendo diversos tiempos según factores como la distancia hacia el centro médico más cercano, el tráfico según la hora en la que suceda el incidente, la ruta que tome la ambulancia y demás factores los cuales han sido tomados en cuenta para obtener la variedad de tiempos que nos ayude a evaluar de mejor manera la forma de socorrer rápidamente al paciente.

#### **Cuadro de rutas y tiempos de demora:**

*Tabla 4: Rutas y tiempos de centros de salud*

<b>Rutas</b>	<b>Tiempo de demora</b>
--------------	-------------------------

Clínica Bello Horizonte hacia Establecimiento de Salud I-4 Los Algarrobos.	3min 28seg
Establecimiento de Salud I-4 Los Algarrobos a Clínica Bello Horizonte.	4min 24seg
Hospital Cayetano Heredia hacia Clínica Miraflores.	4min 8seg
Clínica Miraflores hacia Hospital Cayetano Heredia	7min 26seg
Hospital Militar hacia Hospital Jorge Reategui	16min 43seg
Centro de Salud Pachitea hacia Clínica San Juan de Piura	3min 54seg

Se analizaron diversos tipos de rutas entre los centros médicos más usuales a los que se acude en situación de emergencia, logrando así obtener una lista de rutas cortas para llegar a estos, teniendo también en cuenta factores como calles cerradas por reparación, vías en sentido contrario al destino y el flujo de vehículos según las horas más influyentes con tráfico, obteniendo no solo rutas cortas, sino otras rutas que son de kilometraje algo más extensas pero al estar más libres se convierten en rutas más rápidas lo que también ayuda en poder acudir pronto a socorrer una emergencia.

Para llegar a la finalidad de nuestro objetivo, se tiene en cuenta que la optimización es aquella que se utiliza básicamente para obtener un mejor resultado, con el fin de obtener beneficios, ya sea lograr menor costo, lograr atender emergencias en tiempos más cortos. Es por que el uso de este sistema, viene a ser de mucha ayuda, frente a una situación de emergencia, ya que con su rápida acción al optimizar una ruta, permite que dicha emergencia sea atendida lo más pronto posible,

salvaguardando así vidas humanas, disminuyendo costos y tiempo de recorrido entre rutas de un punto a otro.

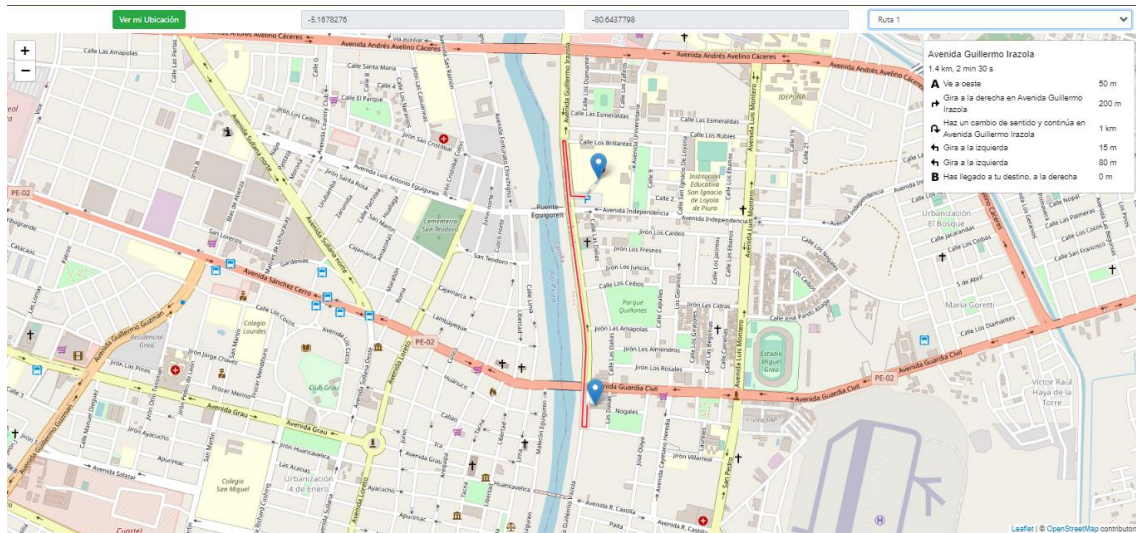


Figura 5: Ruta de punto de inicio y punto final

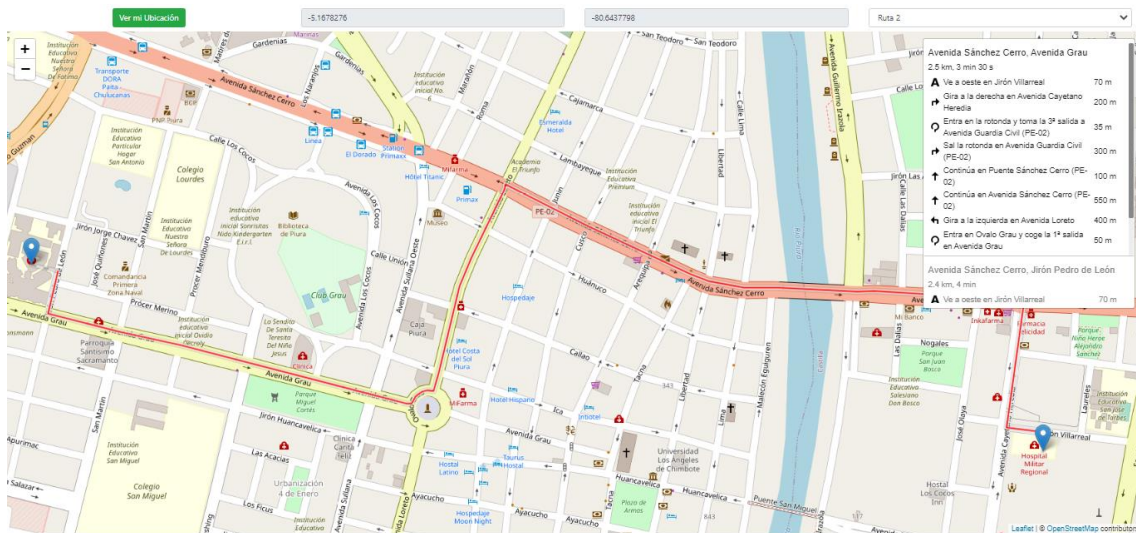


Figura 6: Ruta de punto de inicio y punto final

#### IV.1. Análisis con la prueba t de student:

La prueba "t" de Student es un tipo de estadística deductiva. Se utiliza para determinar si hay una diferencia significativa entre las medias de dos grupos. Es decir que se utiliza cuando deseamos comparar dos medias, las cuentas se deben medir en una escala de intervalo o de cociente. Los dos grupos que se tomen en cuenta



para la realización de la prueba de T de student tienen que ser datos que hayan sido expuestos a un cambio u operación para que así se pueda tener un grupo A con los datos antes de que los datos sean sometidos a este cambio y un grupo B que serán los datos luego de ya haber sido sometidos al cambio.

El estadístico de prueba:

$$t = \frac{\bar{x} - \mu}{s/\sqrt{n}}$$

Dónde:

$\mu$  = medida de la población.

$\bar{x}$  = medida de la distribución de los datos.

n = tamaño de la muestra.

s = error estándar de la muestra.

Figura 7: Fórmula t de student

**Tiempo de demora de cada ruta:** En este caso se usan dos grupos de datos para poder tener una media usando la prueba de T de student, los grupos usados en esta ocasión son los datos del tiempo de demora de cada ruta, en el grupo A tenemos los datos del tiempo de demora de ruta que se recolectó en la investigación de campo con un vehículo particular y en el grupo B tenemos el tiempo de demora de cada ruta luego de ser sometidos al algoritmo y por ende una reducción de tiempo ya que es bien sabido que una ambulancia al entrar en emergencia le ceden el paso, además de que el sistema escoge rutas más cortas y libres de tráfico, por lo que el tiempo de demora se reduce a casi un 45% del tiempo inicial al recolectar la información.

ID	Antes	Después
1	2.27	1.0215
2	2.3	1.035
3	2.3	1.035
4	3.28	1.476
5	3.3	1.485
6	3.54	1.593
7	4	1.8
8	4.08	1.836
9	4.24	1.908
10	7.26	3.267
11	10	4.5
12	16.23	7.3035

	Variable 1	Variable 2
Media	5.233333333	2.355
Varianza	17.09127879	3.460983955
Observaciones	12	12
Coefficiente de correlación de Pearson	1	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	11	
Estadístico t	4.385122616	
P(T<=t) una cola	0.000544896	
Valor crítico de t (una cola)	1.795884819	
P(T<=t) dos colas	0.001089793	
Valor crítico de t (dos colas)	2.20098516	

Figura 8: Tiempo antes y después

Figura 9: Resultado t de student (tiempo)

Luego del análisis se obtiene como resultado que el valor p es igual a 0.716416958 por lo que se llega a la decisión de que la hipótesis nula es rechazada.

**Combustible usado en cada ruta:** En este caso se tiene los grupos con respecto a la cantidad de combustible (en litros) usados en cada ruta estudiada, en el grupo A se tienen las cantidades de combustible usado en promedio con la información recolectada en la investigación de campo con el vehículo particular, en el grupo B se encuentran las cantidades de combustibles luego de ser sometidos al algoritmo del sistema, este también se le reduce la cantidad en base al 45% menos de tiempo establecido en la anterior prueba realizada.

ID	Antes	Después
1	0.099	0.04455
2	0.1436	0.06462
3	0.1624	0.07308
4	0.23	0.1035
5	0.2471	0.111195
6	0.3375	0.151875
7	0.3494	0.15723
8	0.357	0.16065
9	0.441	0.19845
10	0.681	0.30645
11	1.022	0.4599
12	1.36	0.612

	Variable 1	Variable 2
Media	0.4525	0.203625
Varianza	0.148130976	0.029996523
Observaciones	12	12
Coefficiente de correlación de Pearson	1	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	11	
Estadístico t	4.072736041	
P(T<=t) una cola	0.000921413	
Valor crítico de t (una cola)	1.795884819	
P(T<=t) dos colas	0.001842827	
Valor crítico de t (dos colas)	2.20098516	

Figura 11: Prueba t de student (Combustible)

Figura 10: Combustible antes y después

Luego del análisis se obtiene como resultado que el valor p es igual a 0.809003256 por lo que se llega a la decisión de que la hipótesis nula es rechazada.

## **V. DISCUSIONES DE RESULTADOS:**

El antecedente llamado "Optimización de rutas para distribución de una empresa fabricante de jugos" que tiene como autor a Jorge Reza, se usa un algoritmo diseñado para la resolución del problema elaborado por el mismo autor en base a un modelo de programación lineal con parámetros como: distancia de cada cliente en cada ruta, asignación del cliente, número de clientes y los números de centroides de cada ruta. En cambio en nuestro proyecto se utiliza el algoritmo de agrupación basado en la colonia de hormigas, el cual ya contiene fórmulas predeterminadas pero variando los parámetros como: número de rutas, número de vehículos en situación de emergencia, detalles de cada ruta, tiempo de demora de cada ruta, distancia de cada ruta, cantidad de combustible utilizado, entre otros.

En el trabajo de investigación "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" que tiene como autores a Leidy Marín y Sixto Meléndez, proponen que para el desarrollo del modelo de transporte fue necesario diseñar una red de transporte restringida con la ayuda de la API de Google Maps debido a que aquí se pueden visualizar y usar a gusto cada una de las paradas de las rutas del objeto de estudio, en cambio en nuestro proyecto hemos utilizado para el diseño del mapa y de las rutas la ayuda de la herramienta Leaflet la cual contiene la misma información de mapas y detalles que tiene la API de Google maps pero sin las restricciones y dificultades que esta presenta.

El antecedente llamado "Optimización de rutas de transporte en la distribución física de equipos celulares de un operador logístico en la ciudad de Lima-Perú" que tiene como autores a Elizabeth Tataje y Marycely Montenegro tuvo como técnicas de recolección de datos la

revisión de base de datos que el área de distribución de la empresa le brindó y como instrumentos de recolección de datos tuvieron tablas dinámicas en excel, google maps, google earth y aplicativo solver. En cambio en nuestro proyecto tuvimos como técnicas de recolección de datos la investigación de campo en el recorrido de rutas establecidas en vehículo particular y como instrumentos de recolección de datos tuvimos aplicativo leaflet, encuestas a paramédicos conductores, fichas de registro y cuadros para registro de información recolectada en la investigación de campo.

En el trabajo de investigación "El algoritmo de la colonia de hormigas se utiliza para optimizar la ruta de distribución de bicicletas entre las estaciones de BiciMAD" escrito por Boix Hidalgo Ana trabaja con el algoritmo de colonia de hormigas con lo que busca encontrar la ruta más corta entre una estación de bicicletas y otro, algo muy parecido a lo que se usa en nuestro proyecto, la diferencia es que en el antecedente solo se busca una ruta corta, más no obtener un menor tiempo para llegar de una estación a otra, en cambio en nuestro proyecto se busca reducir un tiempo entre un centro médico y otro debido a que están vidas en juego en estos vehículos en situaciones de emergencia, por lo que se requiere obtener una ruta más corta y que además se pueda disminuir el tiempo para llegar hacia el otro centro médico.

El antecedente llamado "Optimización de las rutas para la intervención de pozos de petróleo" que tiene como autores a Carrión Miguel, Candela Luis, Zapata Roxani y Bazán José, plantean que su recolección de data se obtuvo a partir de las coordenadas de localización de la latitud y longitud obtenida por GPS de cada pozo, utilizando Google Earth se trazaron rutas entre los pozos para determinar distancias. A diferencia que en nuestro proyecto la distancia de ruta e información de la misma se obtuvo por el recorrido de la ruta en un vehículo particular en medio de una investigación de campo, también se necesitó coordenadas para la ubicación de los detalles de las rutas en el sistema pero este fue sacado tanto de google maps como de gosharp.

En el trabajo de investigación "Optimización de rutas usada para la recolección de residuos sólidos con el uso de contenedores aplicando el algoritmo denominado colonia de hormigas en la ciudad de Huaraz" escrito por Mackiver Yonatan Hermitaño contiene entre sus limitaciones de la investigación que se considera un solo depósito y varios contenedores, además de que los vehículos que forman parte del proyecto tienen la misma capacidad, al contrario de nuestro proyecto que se encuentran varios centros médicos con la diferencia de que están separados por niveles entre postas médicas, clínicas y hospitales, además de que los vehículos que comprende la investigación al ser ambulancias, estos varían de modelo y de capacidad según el nivel de centro médico al que pertenezcan.

El antecedente llamado "Optimización por colonia de hormigas aplicada al problema de planeamiento de la transmisión" que tiene como autores a Bolaños Ricardo, Correo Carlos y Echeverri Mauricio, trabaja con el algoritmo más simple de colonia de hormigas al igual que nuestro proyecto, con la diferencia de que en este antecedente se usa para determinar cantidades y ubicaciones de nuevas líneas de transmisión en el sistema eléctrico de potencia, en cambio que en nuestro proyecto se usa para encontrar rutas más cortas y que ocupan un menor tiempo de distancia para llegar hacia un centro médico.

En el trabajo de investigación "Route's optimization of urban public transportation" escrito por Álvarez Patricia, Calderón Carlos y Calderón Guillermo, caracteriza a su sistema en dos opciones: la elección de la ruta si utiliza el sistema de autobús y con respecto a la elección del modo de transporte en el que el usuario viajará eventualmente. En cambio en el sistema de nuestro proyecto el usuario, que en este caso es el conductor de la ambulancia, escoge una ruta según al centro médico al que se quiera dirigir la cual se muestra en base al algoritmo escogiendo la ruta más corta y rápida hacia el destino mostrando los detalles de la ruta que se elija.

## **VI. CONCLUSIONES:**

- El objetivo de esta investigación era crear un sistema computacional el cual fuera capaz de optimizar las rutas de transporte para los vehículos de emergencia en Piura. Este objetivo se pretende lograr en primera instancia disminuyendo los tiempos de recorridos de un punto a otro frente a una emergencia, es por ello que frente a estas limitaciones por mejorar el objetivo se amplió, logrando así tener al final de la tesis un sistema el cual cubra cada una de estas necesidades por las que hoy en día son limitaciones para los conductores de las ambulancias.
- Uno de los aspectos importantes para que el sistema sea funcional, es la velocidad de respuesta, ya que, al ser orientada para emergencias, es necesarios tener respuestas rápidas de los puntos de recorrido frente a una emergencia presentada.
- El tiempo de demora de las rutas de un punto a otro que se generan del sistema, depende de dos factores, uno de ellos es la cantidad de limitaciones de recorridos de los vehículos, sea semáforos, baches etc., que demoran el desplazo de las unidades de emergencia. Otro de los factores que demoran el recorrido es la disponibilidad de centros de emergencia para el traslado del paciente, esto debido a que no todos los centros de salud se encuentran capacitados para atender ciertas emergencias, y se tiene que recurrir a otros centros de salud, demorando así la atención rápida del paciente.
- Tras el desarrollo de la investigación presentada, se ha logrado constatar sobre la correcta implementación de una herramienta de gestión de rutas de transporte médico, reduciendo tiempos en asistir una emergencia y el traslado de los pacientes a los centros de salud, los costos para las instituciones. Una característica diferenciadora es la agrupación en paradas y el algoritmo usado, junto al servicio de mapas que se aprecia, lo cual hace que la representación sea en un contexto más real y fácil de interpretar, y es así como cobra un gran valor para otras empresas en el ámbito económico.

## **VII. RECOMENDACIONES:**

- Dentro de un proyecto tan beneficioso para tratar situaciones de emergencia, siempre se desea que exista una mejora continua; es por ello que se recomienda a futuros estudiantes que sientan interés por el mismo, complementar al sistema con las nuevas oportunidades que nos brinda la tecnología, sea con las herramientas estratégicas para la mejora de procesos, o implementar más metaheurísticas para el proceso de optimización con el fin de comparar los resultados arrojados por estas.
- La presente investigación será punto de partida, para incentivar a los estudiantes por la optimización de rutas, que no solamente serían de gran ayuda en el ámbito de la salud, siendo así la optimización de gran ayuda frente a la reducción de costos y tiempo según sea requerido.
- Se recomienda para futuras investigaciones, indagar mucho más en otras metodologías y algoritmos, y evaluar su desempeño frente a las situaciones que se presenten, con el fin de reducir los tiempos, costos y salvaguardar vidas humanas en este caso.
- Se recomienda posteriores investigaciones, poner más en práctica la optimización, y replicarlo en las empresas, con el fin de reducir costos en sus procesos, y sumando más como empresas en un mercado que hoy en día es muy competitivo.

## **REFERENCIAS:**

1. REZA, JOSÉ. Optimización de rutas de distribución de una empresa productora de jugos [México, 2016].
2. MARÍN, LEIDY & MELÉNDEZ SIXTO. 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 [Santander, 2017].

3. TATAJE ELIZABETH & MONTENEGRO MARYCELY. Optimización de rutas de transporte en la distribución física de equipos celulares de un operador logístico en la ciudad de Lima-Perú [Lima, 2015].
4. BOIX ANA. Optimización de rutas de distribución de bicicletas entre las estaciones de BiciMAD aplicando el algoritmo de la colonia de hormigas [Catalunya, 2020].
5. CARRIÓN MIGUEL & CANDELA LUIS & ZAPATA ROXANI & BAZÁN JOSÉ. Optimización de las rutas para la intervención de pozos de petróleo [Talara, 2020].
6. MACKIVER YONATAN. Optimización de rutas para la recolección de residuos sólidos con uso de contenedores aplicando el algoritmo de colonia de hormigas en la ciudad de Huaraz [Huaraz, 2019].
7. BOLAÑOS RICARDO & CORREA CARLOS & ECHEVERRI MAURICIO. Optimización por colonia de hormigas aplicada al problema de planeamiento de la transmisión [Pererira, 2009].
8. ÁLVAREZ PATRICIA & CALDERÓN CARLOS & CALDERÓN GUILLERMO. Route optimization of urban public transportation [Colombia, 2013].
9. MENDOZA CARLOS & SZARAN EDUARDO. Enrutamiento de micro fluidos en biochips digitales. Un enfoque basado en colonia de hormigas multiobjetivo [Asunción, 2018].



10. SOLÍS JESÚS. Aplicación del algoritmo de colonia de hormigas al problema de rutas de reparto con destinos móviles [Sevilla, 2017].
11. CHANGXI MA, WEI HAO, FUQUAN PAN, WANG XIANG. Road screening and distribution route multi-objective robust optimization for hazardous materials based on neural network and genetic algorithm [China, 2018].
12. MINGHUI MA, SHIDONG LIANG. An optimization approach for freeway network coordinated traffic control and route guidance [China, 2018].
13. MIKAEL FRISK, ANNIE JONSSON, STEFAN SELLMAN, PATRIK FLISBERG, MIKAEL RÖNNQVIST, UNO WENNERGREN. Route optimization as an instrument to improve animal welfare and economics in pre-slaughter logistics [Suecia, 2018].
14. ZHENGBING HE, LIANG ZHENG, PENG CHEN, WEI GUAN. Mapping to Cells: A Simple Method to Extract Traffic Dynamics from Probe Vehicle Data [Chicago, 2017].
15. BOLUFÉ-RÖHLER ANTONIO, OTERO PERERIRA JUAN, FIOLGONZÁLEZ SONIA. Traffic Flow Estimation Using Ant Colony Optimization Algorithms [La Habana, 2014].
16. SOTO MEJIA JOSÉ, SOLARTE MARTINEZ, MUÑOS GUERRERO. Localización del punto óptimo de partida en el problema de ruteo vehicular con capacidad restringida (CVRP) [Colombia, 2017].
17. GIL SAGÁS ESTEBAN MANUEL. Programación de la generación de corto plazo en sistemas hidrotérmicos usando algoritmos genéticos [Valparaiso, 2019].
18. CUBIDES LUIS CARLOS, ARIAS LONDOÑO ANDRÉS, GRANADA ECHEVERRI MAURICIO. Electric vehicle routing problem with backhauls considering the location of charging stations and the operation of the electric power distribution system [Florida, 2018].
19. J. MARTÍNEZ-LAO, F. G. MONTOYA, M. G. MONTOYA, F. MANZANO-AGUGLIARO. Electric vehicles in Spain: An overview of charging systems [España, 2017].

20. BRITO, J., MARTÍNEZ, F. J., MORENO, J. A., & VERDEGAY, J. L. An ACO hybrid metaheuristic for close–open vehicle routing problems with time windows and fuzzy constraints [Suiza, 2015].
21. CLARKE, G. U., & WRIGHT, J. W. Scheduling of vehicles from a central depot to a number of delivery points [U.K., 1964].
22. CORNEJO C. Laboratorio de investigación operativa I. Lima: Fondo Editorial de la Pontificia Universidad Católica del Perú [Lima, 2014].
23. DANTZIG, G. B. Application of the simplex method to a transportation problem [Estados Unidos, 1951].
24. TÁVORA, J. y MUÑUZURI, J. Modelo de rutas de vehículos aplicados al e-commerce [Colombia, 2014].
25. AGUADO ARANDA ANDRÉS & JIMÉNEZ DE VEGA JAVIER. Optimización de rutas de transporte [Madrid, 2013].
26. MAUTTONE ANTONIO CANCELA HÉCTOR & URQUHART MARIA. Diseño y optimización de rutas y frecuencias en el transporte colectivo urbano, modelos y algoritmos [Uruguay, 2011].
27. ALBERTO TAQUÍA VALDIVIA JOSÉ. Optimización de rutas en una empresa de recojo de residuos sólidos en el distrito de los Olivos [Perú, 2011].
28. LUGO ORÉ JAROL JERENS. Optimización de rutas en la distribución de productos de belleza [Perú, 2012].
29. JULIO ANTONIO BRITO SANTANA. Optimización de rutas de distribución con información y restricciones difusas [España, 2013].
30. MARCO, DORANTE HUMBERTO & BENITO LOPEZ & FELIPE DORANTES & ACOSTA. Optimización de la ruta de vuelo de la ciudad de México: desafío de la gestión de operaciones [México, 2020].

- **ANEXOS:**

- **Datos recolectados en simulación de rutas:**

Ruta: De “Hospital Cayetano Heredia” a “Clínica Miraflores”.

Tiempo de demora	Kilómetros de la ruta	Cantidad de semáforos	Ubicación de semáforos	Calles involucradas en las rutas	Hora de salida	Hora de llegada de destino	Porcentaje de tráfico a la hora de prueba	Cantidad y ubicación de rompemuelles	Inconvenientes (pistas cerradas, baches, huecos, etc)	Gasolina utilizada
4min 8seg	1754km =I 1755km = F V= 25km/h	1	Intersección entre Av. Guillermo Irazola y Puente Eguiguren (65seg).	Ca. Universitaria Av. Independencia Av. Guillermo Irazola Av. Guardia Civil	10:44am	10:48am	25%	1 (Av. Guillermo Irazola con entrada a Ca. Los Ceibos)	Tramo con huecos y baches (Primer tramo de la Av. Guillermo Irazola pasando el puente Eguiguren)	0.3375 L

				Ca. María Auxiliadora						
--	--	--	--	--------------------------	--	--	--	--	--	--

Ruta: De "Hospital Cayetano Heredia" a "Clínica Miraflores".

Tiempo de demora	Kilómetros de la ruta	Cantidad de semáforos	Ubicación de semáforos	Calles involucradas en las rutas	Hora de salida	Hora de llegada de destino	Porcentaje de tráfico a la hora de prueba	Cantidad y ubicación de rompemuelles	Inconvenientes (pistas cerradas, baches, huecos, etc)	Gasolina utilizada
7min 26s	1757km =I 1759km =F	1	Av. Guardia civil (45seg)	Av. Independencia. Ca. Ebanos. Ca. Los claveles. Ca. Los Geranios. Ca. Los Almendros.	10:59a m	11:06a m	10%	2 (Ca. Nogales)	Vehículo transportando (2min espera) Calle sin asfalto (por hotel "Gran Palma")	0.681L

				Ca. Los Girasoles Ca. Los Rosales Ca. Cayetano Heredia Av. Guardia Civil. Ca. Villarreal Ca. José Olaya Ca. Nogales. Ca. María Auxiliadora					Baches (tramo Hotel "LC Piura")	
--	--	--	--	--	--	--	--	--	---------------------------------------	--

Ruta: De "Hospital Militar" a "Hospital Jorge Reategui"

Tiempo de demora	Kilómetros de la ruta	Cantidad de semáforos	Ubicación de semáforos	Calles involucradas en las rutas	Hora de salida	Hora de llegada	Porcentaje de tráfico	Cantidad y ubicación de	Inconvenientes (pistas cerradas,	Gasolina utilizada
------------------	-----------------------	-----------------------	------------------------	----------------------------------	----------------	-----------------	-----------------------	-------------------------	----------------------------------	--------------------

						de destino	la hora de prueba	rompe muelles	baches, huecos, etc)	
16min 43s	1759km =I 1763km = F	4	Puente Bolognesi (60s) Av. Sullana (40s) Av. Grau(60s ) Av. San Martin (60s)	Ca. Villarreal Ca. Cayetano Heredia Av. Ramón Castilla Av. Tacna Puente Bolognesi Av. Bolognesi Ovalo Bolognesi Av. Loreto Ovalo Grau Av. Grau	11:18a m	11:27a m	55%	-	Av Ramón Castilla (pista en reparación) Vadem (reducción de velocidad en Av. Grau por el parque Miguel Cortés)	1.36L

				Ca. Pedro de León						
--	--	--	--	-------------------	--	--	--	--	--	--

Ruta: De "Hospital Jorge Reátegui" a "Hospital Militar"

Tiempo de demora	Kilómetros de la ruta	Cantidad de semáforos	Ubicación de semáforos	Calles involucradas en las rutas	Hora de salida	Hora de llegada de destino	Porcentaje de tráfico a la hora de prueba	Cantidad y ubicación de rompemuelles	Inconvenientes (pistas cerradas, baches, huecos, etc)	Gasolina utilizada
10min	1763km = I 1766km = F	5	Av. Sánchez cerro (60seg) Jr. Arequipa (45seg) Jr. Tacna (60seg)	Ca. Merino Ca. Richard Cushing Av. Los Cocos Av. Ica Av. Loreto	11:37am	11:47am	35%	1 (Av. Los Cocos)	Tramos en reparación (Av. Los Cocos)	1.022L

			Av. Cayetano Heredia (38seg) Av. Luis Montero (45seg)	Av. Sánchez Cerro Puente Sánchez Cerro Av. Guardia Civil Av. Luis Montero Av. Villarreal						
--	--	--	---	---	--	--	--	--	--	--



PREGUNTAS	RESPUESTAS
¿Cuántas ambulancias hay por cada hospital en promedio?	En Cayetano hay una de servicios de retén (emergencia fuera de Piura). Por lo general son 1 a 2
¿Qué hacen en situaciones de emergencia con el tráfico?	Se prenden las emergencias como altavoz y luces. Tomar rutas alternas.
¿Cuáles son las rutas en las que normalmente se trasladan?	La que se encuentre de momento más despejada o de doble vía dónde se pueda abrir.
¿Tienen algún atajo que usan cuando las pistas están congestionadas?	En las veredas, la ruta que se encuentre disponible para salvaguardar la emergencia.
¿Normalmente cuánto tiempo se demoran en llegar del lugar de emergencia hacia el centro médico?	Entre 5min hasta 30min dependiendo la lejanía de la emergencia y el congestionamiento.
¿Cuál es el tiempo ideal que debería demorar una ambulancia en asistir una emergencia?	Entre 5 a 10min.
Cuando asisten una emergencia ¿Quiénes van dentro de la ambulancia y cuántas son?	El conductor, técnicos y un camillero, a parte el paciente y familiar.
Aproximadamente ¿Cuánto peso se traslada en la ambulancia en lo que es aparatos médicos?	Casi 10kg en aparatos médico.
¿El ministerio de transportes o el mismo centro médico les facilita algún sistema o mapa de ruteo?	Antes daban un croquis de rutas, pero actualmente los conductores conocen las rutas. En caso de conductores nuevos, los conductores con experiencia los instruyen.
¿Se ha incrementado el uso de la ambulancia con la pandemia?	Se mantiene casi igual, no ha variado mucho. Las ambulancias son para casos no covid. En la villa hay ambulancias covid.
¿Cuánto se gasta en gasolina normalmente?	28 a 30km que es un galón de petróleo por kilometraje.

