

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DEL CARCHI



FACULTAD DE COMERCIO INTERNACIONAL, INTEGRACIÓN, ADMINISTRACIÓN Y ECONOMÍA EMPRESARIAL

CARRERA DE LOGÍSTICA Y TRANSPORTE

Tema: "Diseño de rutas y reducción de costos operativos para la distribución de Gas Licuado de Petróleo (GLP) en la zona 17 de Tulcán de la empresa VEPAGAS"

Trabajo de Integración Curricular previo a la obtención del
título de Ingeniero en Logística y Transporte

AUTOR: Falconí Patiño Jean Pierre

TUTOR: Msc. Pozo Burgos Eduardo Javier

Tulcán, 2026.

CERTIFICADO DEL TUTOR

Certifico que el estudiante Falconí Patiño Jeam Pierre y con el número de cédula 0450092523 ha desarrollado el Trabajo de Integración Curricular: "Diseño de rutas y reducción de costos operativos para la distribución de Gas Licuado de Petróleo (GLP) en la zona 17 de Tulcán de la empresa VEPAGAS".

Este trabajo se sujeta a las normas y metodología dispuesta en la Codificación del Reglamento de Régimen Académico y de Estudiantes de la UPEC, por lo tanto, autorizo la presentación de la sustentación para la calificación respectiva.

Msc. Pozo Burgos Eduardo Javier

TUTOR

Tulcán, septiembre de 2026

AUTORÍA DE TRABAJO

El presente Trabajo de Integración Curricular constituye un requisito previo para la obtención del título de Ingeniero en la Carrera de logística y transporte de la FACULTAD DE COMERCIO INTERNACIONAL, INTEGRACIÓN, ADMINISTRACIÓN Y ECONOMÍA EMPRESARIAL.

Yo, Falconí Patiño Jeam Pierre con cédula de identidad número 0450092523 declaro que la investigación es absolutamente original, auténtica, personal y los resultados y conclusiones a los que he llegado son de mi absoluta responsabilidad.



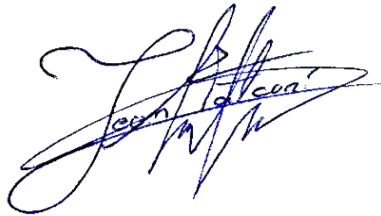
Falconí Patiño Jeam Pierre

AUTOR

Tulcán, septiembre de 2026

ACTA DE CESIÓN DE DERECHOS DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Yo Falconí Patiño Jeam Pierre ser autor de los criterios emitidos en el Trabajo de Integración Curricular: "Diseño de rutas y reducción de costos operativos para la distribución de Gas Licuado de Petróleo (GLP) en la zona 17 de Tulcán de la empresa VEPAGAS" y eximo expresamente a la Universidad Politécnica Estatal del Carchi y a sus representantes de posibles reclamo o acciones legales.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Jean Pierre Falconi Patiño', written over a horizontal line.

Falconí Patiño Jeam Pierre

AUTOR

Tulcán, septiembre de 2026

AGRADECIMIENTO

Agradezco en primer lugar a Dios, por haberme dado la vida, la salud, la fortaleza y la sabiduría necesarias para culminar este proceso académico. Su presencia constante ha sido el pilar fundamental que sostuvo cada paso de este camino.

A mis padres, Mcs. Jaime Rodrigo Falconí Simba e Inés Faviola Patiño Pizanán, quienes, con su amor incondicional, sus sacrificios y su dedicación constante me brindaron el apoyo necesario para alcanzar esta meta. Cada esfuerzo realizado lleva el sello de sus enseñanzas y valores.

A mi hermana, la Ing. Maryorit Alexandra Falconí Patiño, y a mi hermano Michael Josuep Falconí Patiño, por su compañía, sus palabras de aliento y por estar siempre presentes en cada etapa de mi formación profesional.

A mi hijo Dylan Zandiel Falconí Nacimba, quien es mi mayor motivación y la razón más poderosa para seguir adelante. Este logro es para ti.

A mi colega el Ing. Erick Geovanny Santacruz Espinoza, por su apoyo profesional, sus consejos oportunos y su amistad sincera a lo largo de este proceso de investigación.

Finalmente, a todos mis familiares y amigos que de una u otra manera contribuyeron con su apoyo, confianza y palabras de aliento para que este proyecto llegara a su feliz término. Gracias por creer en mí.

DEDICATORIA

Este trabajo de investigación está dedicado, antes que a nadie, a Dios, fuente de toda sabiduría y fortaleza, quien guio cada uno de mis pasos y me dio la perseverancia para llegar hasta aquí.

A mis padres, Mcs. Jaime Rodrigo Falconí Simba e Inés Faviola Patiño Pizanán, pilares de mi vida y ejemplo de trabajo, honestidad y amor. Todo cuanto soy se lo debo a ustedes

A mi hermana la Ing. Maryorit Alexandra Falconí Patiño y a mi hermano Michael Josuep Falconí Patiño, por su cariño fraternal y por motivarme siempre a ser mejor persona y profesional.

A mi hijo Dylan Zandiel Falconí Nacimba, la luz de mis ojos y la razón más grande de mi esfuerzo diario. Que este logro te inspire a sobrepasar mis alcances y a nunca rendirte ante los retos que la vida te presente.

A mi colega y amigo el Ing. Erick Geovanny Santacruz Espinoza, por su solidaridad y apoyo durante el desarrollo de este proyecto.

A todos mis familiares y amigos que estuvieron a mi lado con su apoyo y afecto, contribuyendo a hacer posible la culminación de este proyecto de vida.

ÍNDICE

RESUMEN.....	14
ABSTRACT	15
INTRODUCCIÓN	16
I. EL PROBLEMA	18
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	18
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	19
1.3. JUSTIFICACIÓN.....	19
1.4. OBJETIVOS Y PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN	20
1.4.1. Objetivo General	20
1.4.2. Objetivos Específicos	20
1.4.3. Preguntas de Investigación	21
II. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	22
2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN	22
2.2. MARCO TEÓRICO	24
2.2.1. La variable Independiente	24
2.2.2. La variable dependiente	25
2.2.3. Planificación de recorridos	26
2.2.4. Secuenciación de entregas	27
2.2.5. Adaptación al entorno vial.....	28
2.2.6. Combustible	28
2.2.7. Mantenimiento vehicular	29
2.2.8. Tiempo-hombre.....	29
III. METODOLOGÍA.....	31

3.1. ENFOQUE METODOLÓGICO	31
3.1.1. Enfoque	31
3.1.2. Tipo de Investigación.....	31
3.2. IDEA A DEFENDER	33
3.3. DEFINICIÓN Y OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES.....	33
3.3.1 Variables	33
3.3.2 Tabla de operacionalización de variables.....	33
3.4. MÉTODOS UTILIZADOS	35
3.5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO	35
IV. . RESULTADOS Y DISCUSIÓN	37
4.1. RESULTADOS	37
4.1.1. Diagnóstico de la red de distribución actual de la zona 17 de la ciudad de Tulcán	37
4.1.1.2. Diagnóstico de rutas -enero 2026.....	44
4.1.1.3. Diagnóstico de rutas -febrero 2026	67
4.1.1.4. Tabla resumen — Diagnóstico operativo bimestral enero–febrero 2026.	89
4.1.2. Análisis de los costos operativos que inciden en la distribución de Gas Licuado de Petróleo (GLP) en la zona 17 de Tulcán.....	90
4.1.3. Diseñar rutas para la optimización de costos operativos en la distribución de Gas Licuado de Petróleo (GLP) en la zona 17 de Tulcán	95
4.2. DISCUSIÓN	105
V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	107
5.1. CONCLUSIONES	107
5.2. RECOMENDACIONES.....	108
VI. ACRÓNIMOS.....	109
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	110
VIII. ANEXOS	113

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Operacionalización de variables	34
Tabla 2. Datos generales de la empresa VEPAGAS — Zona 17 Tulcán.....	37
Tabla 3. Flota vehicular VEPAGAS zona17.	41
Tabla 4. Personal operativo VEPAGAS zona 17.	42
Tabla 5. Cupo de cilindros de GLP por composición del núcleo familiar zona 17	43
Tabla 6. Condiciones del entorno operativo VEPAGAS zona 17	44
Tabla 7. Registro de operaciones de distribución — enero 2026.....	46
Tabla 8. Datos GPS del recorrido — Viaje 02/01/2026 (viernes, zona 17)	47
Tabla 9. Datos GPS del recorrido — Viaje 03/01/2026 (sábado, zona 17).....	48
Tabla 10. Datos GPS del recorrido — Viaje 05/01/2026 (lunes, zona 17).	49
Tabla 11. Datos GPS del recorrido — Viaje 06/01/2026 (martes, zona 17)	51
Tabla 12. Datos GPS del recorrido— Viaje 07/01/2026 (miércoles, zona 17).....	52
Tabla 13. Datos GPS del recorrido—Viaje 08/01/2026 (jueves, zona 17)	53
Tabla 14. Datos GPS del recorrido— Viaje 09/01/2026 (viernes, zona 17)	55
Tabla 15. Continuación — Viaje 10/01/2026 (sábado).	56
Tabla 16. Datos GPS del recorrido— Viaje 13/01/2026 (martes, zona 17)	57
Tabla 17. Datos GPS del recorrido— Viaje 16/01/2026 (viernes, zona 17)	59
Tabla 18. Datos GPS del recorrido— Viaje 19/01/2026 (lunes, zona 17)	60
Tabla 19. Continuación — Viaje 20/01/2026 (martes).....	61
Tabla 20. Datos GPS del recorrido —Viaje 23/01/2026 (viernes, zona 17)	63
Tabla 21. Datos GPS del recorrido— Viaje 23/01/2026 (viernes, zona 17)	64
Tabla 22. Datos GPS del recorrido—Viaje 27/01/2026 (martes, zona 17)	65
Tabla 23. Datos GPS del recorrido —Viaje 29/01/2026 (jueves, zona 17)	66

Tabla 24. Registro de operaciones de distribución — febrero 2026	68
Tabla 25. Datos GPS del recorrido— Viaje 03/02/2026 (martes, zona 17)	69
Tabla 26. Datos GPS del recorrido—Viaje 04/02/2026 (miércoles, zona 17).....	70
Tabla 27. Datos GPS del recorrido —05/02/2026 (jueves, zona 17).....	71
Tabla 28. Datos GPS del recorrido— Viaje 06/02/2026 AM (viernes, zona 17)	72
Tabla 29. Datos GPS del recorrido— Viaje 06/02/2026 PM (viernes, zona 17).....	74
Tabla 30. Datos GPS del recorrido —Viaje 10/02/2026 (martes, zona 17)	75
Tabla 31. Datos GPS del recorrido —Viaje 12/02/2026 (jueves, zona 17)	76
Tabla 32. Datos GPS del recorrido— Viaje 13/02/2026 (viernes, zona 17)	77
Tabla 33. Datos GPS — Continuación viaje 14/02/2026 (sábado, zona 17).....	79
Tabla 34. Datos GPS del recorrido— Viaje 16/02/2026 (lunes, zona 17)	80
Tabla 35. Datos GPS del recorrido— Viaje 18/02/2026 (miércoles, zona 17).....	81
Tabla 36. Datos GPS — Continuación viaje 19/02/2026 (jueves, zona 17)	82
Tabla 37. Datos GPS — Continuación viaje 21/02/2026 (sábado, zona 17).....	84
Tabla 38. Datos GPS del recorrido— Viaje 23/02/2026 (lunes, zona 17)	85
Tabla 39. Datos GPS — Continuación viaje 24/02/2026 (martes, zona 17)	86
Tabla 40. Datos GPS del recorrido— Viaje 25/02/2026 (miércoles, zona 17).....	87
Tabla 41. Datos GPS del recorrido— Viaje 27/02/2026 (viernes, zona 17)	88
Tabla 42. Resumen comparativo bimestral. Enero y febrero 2026. VEPAGAS zona 17	90
Tabla 43. Costos Fijos — Vehículo distribuidor VEPAGAS (Placa CBL-0379)	91
Tabla 44. Costos Variables — Vehículo distribuidor VEPAGAS (Placa CBL-0379)	92
Tabla 45. Costos Totales — Resumen consolidado	92
Tabla 46. Ingresos y ganancias por viaje de distribución — enero 2026	93
Tabla 47. Ingresos y ganancias por viaje de distribución — febrero 2026.....	94
Tabla 48. Utilidad operativa neta — Enero y febrero 2026	95
Tabla 49. Parámetros del modelo VRP aplicado VEPAGAS zona 17	96
Tabla 50. Consolidado de rutas optimizadas VRP ArcGIS VEPAGAS zona 17.....	101

Tabla 51. Comparación sistema actual vs. rutas optimizadas ArcGIS.	102
Tabla 52. Resumen de la investigación realizada — distancias reales registradas	102
Tabla 53. Comparación proyectada — investigación realizada (actual) vs. rutas optimizadas VRP	103
Tabla 54. Distribución estimada de km optimizados por ruta (escenario típico, 30%)	104

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Centro de Acopio GLP Tulcán VEPAGAS S.A. (0.792509, -77.729633).	38
Figura 2. Depósito Temporal de la Zona 17 de Tulcán.....	39
Figura 3. Ruta de distribución de GLP Zona 17, Tulcán – febrero 2026.....	40
Figura 4. Ruta de distribución de GLP — Viaje 02/01/2026 (1,98 km).	47
Figura 5. Ruta de distribución de GLP — Viaje 03/01/2026 (5,56 km).	49
Figura 6. Ruta de distribución de GLP — Viaje 05/01/2026 (8,44 km).	50
Figura 7. Ruta de distribución de GLP — Viaje 06/01/2026 (9,97 km).	51
Figura 8. Ruta de distribución de GLP — Viaje 07/01/2026 (6,41 km).	53
Figura 9. Ruta de distribución de GLP — Viaje 08/01/2026 (7,99 km).	54
Figura 10. Ruta de distribución de GLP — Viaje 09/01/2026 (15,58 km).	55
Figura 11. Ruta de continuación — Viaje 10 de enero de 2026 (2,63 km).....	57
Figura 12. Ruta de distribución de GLP — Viaje 13/01/2026 (15,64 km).	58
Figura 13. Ruta de distribución de GLP — Viaje 16/01/2026 (13.81 km).	59
Figura 14. Ruta de distribución de GLP — Viaje 19/01/2026 (15,58 km).	61
Figura 15. Ruta de continuación — Viaje 20 de enero de 2026 (15,58 km).....	62
Figura 16. Ruta de distribución de GLP — Viaje 23/01/2026 (15,58 km).	63
Figura 17. Ruta de continuación — Viaje 24 de enero de 2026 (2,29 km).....	64
Figura 18. Ruta de distribución de GLP — Viaje 27/01/2026 (15,58 km).	66

Figura 19. Ruta de distribución de GLP — Viaje 29/01/2026 (13,81 km).	67
Figura 20. Ruta de distribución de GLP — Viaje 03/02/2026 (1,61 km).	69
Figura 21. Ruta de distribución de GLP — Viaje 04/02/2026 (5,80 km)	71
Figura 22. Ruta de distribución de GLP — Viaje 05/02/2026 (6,27 km).	72
Figura 23. Ruta de distribución de GLP — Viaje 06/02/2026 AM (6,89 km).	73
Figura 24. Ruta de distribución de GLP — Viaje 06/02/2026 PM (8,47 km).	74
Figura 25. Ruta de distribución de GLP — Viaje 10/02/2026 (6,45 km).	75
Figura 26. Ruta de distribución de GLP — Viaje 12/02/2026 (13,63 km).	77
Figura 27. Ruta de distribución de GLP — Viaje 13/02/2026 (8,26 km).	78
Figura 28. Ruta de distribución de GLP — Viaje 14/02/2026 (11,26 km).	79
Figura 29. Ruta de distribución de GLP — Viaje 16/02/2026 (20,36 km).	80
Figura 30. Ruta de distribución de GLP — Viaje 18/02/2026 (15,58 km).	82
Figura 31. Ruta de distribución de GLP — Viaje 19/02/2026 (20,36 km).	83
Figura 32. Ruta de distribución de GLP — Viaje 21/02/2026 (1,61 km).	84
Figura 33. Ruta de distribución de GLP — Viaje 23/02/2026 (12,14 km).	85
Figura 34. Ruta de distribución de GLP — Viaje 24/02/2026 (1,97 km).	87
Figura 35. Ruta de distribución de GLP — Viaje 25/02/2026 (S/D km).	88
Figura 36. Ruta de distribución de GLP — Viaje 27/02/2026 (10,02 km).	89
Figura 37. Ruta 1 optimizada — Sector Sur, zona 17 Tulcán.	97
Figura 38. Ruta 2 optimizada — Sector Centro-Sur, zona 17 Tulcán.	98
Figura 39: Ruta 3 optimizada — Sector Centro, zona 17 Tulcán.	98
Figura 40. Ruta 4 optimizada — Sector Centro-Este, zona 17 Tulcán.	99
Figura 41. Ruta 5 optimizada — Sector Centro-Norte, zona 17 Tulcán.	99
Figura 42. Ruta 6 optimizada — Sector Nor-Oriental, zona 17 Tulcán.	100
Figura 43. Ruta 7 optimizada — Sector Norte, zona 17 Tulcán.	100

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Certificado del abstract por parte de idiomas	113
Anexo 2. Instrumentos de investigación ficha de observación	115
Anexo 3. Instrumentos de investigación Entrevista semiestructurada.....	118
Anexo 4. Resultados de los instrumentos aplicados.....	120

RESUMEN

El presente trabajo de integración curricular propone rutas optimizadas para la reducción de costos operativos en la distribución de Gas Licuado de Petróleo (GLP) en la zona 17 de Tulcán, correspondiente a la empresa VEPAGAS. La investigación adoptó un enfoque metodológico mixto, combinando análisis cuantitativo de registros operativos y trazados GPS con observación de campo y entrevistas semiestructuradas al personal operativo. El diagnóstico de la red actual se basó en 26 viajes realizados durante enero y febrero de 2026, identificando que la planificación empírica del conductor genera alta variabilidad en distancias recorridas (entre 1,61 km y 20,36 km por viaje), retrocesos sistemáticos y cilindros no entregados en siete viajes, atribuibles a ausencia del cliente, compra anticipada en distribuidoras temporales o adquisición a vehículos de otras zonas. El análisis de costos reveló un costo total anual de \$16.404,28 y una utilidad operativa neta negativa de –\$943,05 mensuales, con una capacidad de 104 cilindros por viaje bajo el esquema del Módulo de Distribución en Frontera (MDF). Mediante la aplicación del Problema del Ruteo de Vehículos (VRP) en ArcGIS Network Analyst se diseñaron 7 rutas estructuradas en 2 vueltas completas con recorrido secuencial de sur a norte, cubriendo los 2.074 beneficiarios georreferenciados de la zona 17, con una demanda esperada de 1.659 clientes activos por ciclo (probabilidad de compra del 80%) y una capacidad de 1.456 cilindros por ciclo completo. Los resultados confirman que el diseño técnico de rutas reduce los kilómetros improductivos, proyectando una disminución de cilindros sobrantes por ineficiencia mayor o igual al 80%, con impacto directo en el costo variable de combustible y en la viabilidad económica de la empresa.

Palabras clave: Diseño de rutas, costos operativos, Gas Licuado de Petróleo, VRP, ArcGIS, optimización logística, VEPAGAS, Tulcán.

ABSTRACT

This curricular integration work proposes optimized routes for reducing operational costs in the distribution of Liquefied Petroleum Gas (LPG) in zone seventeen of Tulcán, operated by the company VEPAGAS. The research adopted a mixed methodological approach, combining quantitative analysis of operational records and GPS tracks with field observation and semi-structured interviews with operational staff. The diagnosis of the current distribution network was based on 26 trips conducted during January and February 2026, identifying that empirical route planning based on driver experience generates high variability in distances traveled (between 1.61 km and 20.36 km per trip), systematic backtracking, and undelivered cylinders in seven trips — attributable to client absence, prior purchases at temporary distributors, or acquisition from vehicles operating in other zones. The cost analysis revealed a total annual cost of \$16,404.28 and a negative net operating profit of -\$943.05 per month, with a capacity of 104 cylinders per trip under the Border Distribution Module (MDF) scheme. By applying the Vehicle Routing Problem (VRP) in ArcGIS Network Analyst, 7 routes were designed in 2 complete rounds following a sequential south-to-north coverage, encompassing all 2,074 georeferenced beneficiaries in zone 17, with an expected demand of 1,659 active customers per cycle (80% purchase probability) and a total capacity of 1,456 cylinders per complete cycle. The results confirm that technical route design reduces unproductive kilometers, projecting a reduction in route-inefficiency surplus cylinders of 80% or more, with a direct impact on fuel variable costs and the company's economic viability.

Keywords: Route design, operational costs, liquefied petroleum gas, VRP, ArcGIS, logistics optimization, VEPAGAS, Tulcán.

INTRODUCCIÓN

El Gas Licuado de Petróleo (GLP) constituye un recurso energético esencial para más del 80% de los hogares ecuatorianos, siendo especialmente crítico en zonas rurales y de frontera como la provincia del Carchi. En este contexto, la eficiencia en la distribución de GLP no es simplemente una variable logística: es una condición que determina el acceso equitativo de la población a un servicio básico subsidiado por el Estado.

La empresa VEPAGAS, distribuidora autorizada de GLP en la zona 17 de Tulcán, opera bajo el Esquema del Módulo de Distribución en Frontera (MDF) con un cupo de 104 cilindros por viaje. Sin embargo, la planificación de sus rutas se realiza exclusivamente con base en la experiencia del conductor, sin el apoyo de herramientas tecnológicas de optimización, lo cual genera recorridos redundantes, alta variabilidad en las distancias recorridas y costos operativos que superan los ingresos generados por la distribución. Adicionalmente, los cilindros no entregados al finalizar el ciclo de distribución responden a causas externas no controlables por la ruta: ausencia del cliente en domicilio, compra previa en distribuidoras temporales autorizadas y adquisición a vehículos distribuidores de otras zonas.

Frente a esta problemática, el presente trabajo de integración curricular propone un modelo de diseño de rutas optimizadas mediante la aplicación del Problema del Ruteo de Vehículos (VRP) en ArcGIS Network Analyst, con el fin de reducir los costos operativos y mejorar la eficiencia del servicio en la zona 17. El modelo diseña 7 rutas estructuradas en 2 vueltas completas con recorrido secuencial de sur a norte, cubriendo los 2.074 beneficiarios georreferenciados con una demanda esperada de 1.659 clientes activos por ciclo. La investigación adopta un enfoque mixto, apoyándose en el análisis de 26 registros GPS, datos de ventas bimestrales y fichas de observación de campo del período enero–febrero 2026.

El documento se estructura en cinco capítulos. El primero presenta el planteamiento del problema, la justificación y los objetivos de la investigación. El segundo desarrolla el marco teórico y los antecedentes. El tercero describe la metodología aplicada. El cuarto expone los resultados del diagnóstico operativo, el análisis de costos y el

diseño de 7 rutas optimizadas en 2 vueltas, junto con su discusión. Posteriormente, el quinto capítulo presenta las conclusiones y recomendaciones orientadas a la implementación práctica del modelo propuesto en VEPAGAS y su posible replicabilidad en otras zonas de distribución de GLP en el Ecuador.

I. EL PROBLEMA

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En el contexto mundial, la gestión efectiva de combustibles, como el GLP, ha pasado a ser un eje estructural clave para asegurar la suficiencia energética y la sostenibilidad económica, en especial en ciertas regiones en proceso de desarrollo. Según la *International Energy Agency* (IEA, 2019), el GLP constituye una fuente de energía limpia económica en la transición energética, muy importante en las zonas rurales y periurbanas distantes de la red de gas natural. En América Latina, el sector de distribución del GLP se enfrenta a problemas estructurales respectivos al sistema logístico, a la fragmentación de la oferta y a la ausencia de optimización de las rutas de las entregas, elevando así los costos de operación e impidiendo las necesidades de accesibilidad de los estratos más vulnerables en la población (Comisión Económica para América Latina y el Caribe, 2020).

El GLP es un recurso básico para más de ochenta por ciento de hogares en Ecuador, siendo un recurso básico, especialmente para la población rural y/o de difícil accesibilidad, como es el caso de la provincia de Carchi, en la que se ubica Tulcán (Ministerio de Energía y Recursos Naturales No Renovables, 2022). Por otra parte, la distribución de tal combustible enfrenta importantes ineficiencias logísticas desencadenadas por la geografía montañosa, la dispersión de la población, pero también por una falta de planificación en las propias rutas de distribución. Dichas ineficiencias causan un incremento en el transporte, extensos tiempos de entrega, y en muchos casos, producto ausente en zonas lejanas a los puntos de distribución Villacís y Maldonado (2021). Definitivamente, la zona 17 de Tulcán, con su geografía compleja y la dispersión de los asentamientos humanos, es toda una muestra representativa de esos retos nacionales.

En este sentido, VEPAGAS, operadora local que distribuye el GLP, presenta dificultades operativas relacionadas directamente con la rentabilidad y el nivel de servicio que brinda a sus clientes. La planificación de rutas que se utiliza actualmente se basa en criterios empíricos más que en algoritmo de optimización o modelos

matemáticos generales, lo que origina recorridos redundantes, un alto consumo de combustible, un desgaste prematuro de los vehículos y un servicio de distribución. Estas ineficiencias, no solo contribuyen a la elevación de costos operativos que alcanzan hasta el 40% del gasto total de la empresa (según datos internos), sino que también, y de manera paralela, la satisfacción relativa que los consumidores mantienen frente a las distribuidoras de la región tiene un impacto en la competitividad.

La literatura especializada en logística, transporte, etc., sostiene que la implantación de modelos para optimizar rutas como el Problema del Ruteo de Vehículos (VRP) o Problema del Viajante (TSP) promueve una clara disminución de los costos operativos con un incremento de la efectividad del servicio: por ejemplo, Toth y Vigo (2014) demuestran que la implementación de algoritmo de ruteo puede disminuir los costos de transporte del 15% al 30% en empresas distribuidoras de carburantes. La literatura en América Latina, representada, por ejemplo, en el trabajo de González, Smith y Askin (2019) sobre Chile y Colombia, también sugiere que la digitalización de rutas de transporte, así como la incorporación de *Geographic Information System* (GIS), favorecen la mejora de la distribución de recursos y la reducción en el impacto ambiental del transporte y, en particular, de emisiones de CO₂.

En el caso concreto de la empresa VEPAGAS en la zona 17 de Tulcán, no se ha llevado a cabo el estudio técnico que permita definir las rutas actuales, modelar las alternativas óptimas y cuantificar el impacto económico y operativo de su implementación. Esta carencia puede ser entendida como una oportunidad de mejora esencial y que, si se aplica bajo un enfoque de rigor de la metodología buscada, puede no solo generar un ahorro en costos, sino también transformarse en un modelo que se pueda reproducir para otras zonas del país con características similares.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Cuáles son las rutas que permiten la reducción de costos operativos en la distribución de Gas Licuado de Petróleo (GLP) en la zona 17 de Tulcán de la empresa VEPAGAS?

1.3. JUSTIFICACIÓN

El objetivo de este estudio es examinar una problemática operativa en la empresa VEPAGAS, la cual planifica las rutas según la experiencia y sin ayuda de la tecnología.

Esta situación provoca recorridos redundantes, un consumo elevado de combustible y un elevado desgaste vehicular. La optimización de las rutas supone una reducción de los costos operativos que alcanzaría hasta un 40 % lo que aumentaría la rentabilidad y la competitividad en una zona en la que el consumo del GLP es elevado.

El GLP es usado por más de un 80 % de los hogares ecuatorianos y es la principal fuente de uso de energía en áreas rurales, como la situación en la provincia del Carchi, en la que las deficiencias son progresivas y acaban restringiendo el acceso a este recurso eficaz y económico. El presente documento realiza un planteamiento de rutas óptimas en la zona 17 de Tulcán con el objetivo de favorecer la equidad de la distribución, garantizar un acceso a tiempo al GLP, la seguridad en el ámbito energético y el bienestar de la población.

El estudio tiene un carácter práctico al aplicar el problema del VRP (Problema del Ruteo de Vehículos) y los GIS (*Geographic Information System*) para la propuesta de rutas que puedan reducir el costo de transporte entre un 15 % y un 30 %, constituyendo un modelo replicable para otras áreas del país.

De la misma manera, también resulta un aporte teórico puesto que se evidencia un vacío en la literatura sobre la logística del GLP en contextos rurales, en este caso, en zonas rurales montañosas del Ecuador. Pese a que existen antecedentes en Quito, a partir de otros países, no se ha revisado de forma rigurosa el caso de Tulcán, ni en particular la zona 17.

A nivel metodológico, permite establecer enfoques cuantitativos y cualitativos, garantizando soluciones técnicamente viables y operativamente sostenibles respecto al lugar en cuestión, así como proporcionando un esquema claro de operacionalización de variables útiles para futuras investigaciones.

1.4. OBJETIVOS Y PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

1.4.1. Objetivo General

Proponer rutas para la reducción de costos operativos en la distribución de Gas Licuado de Petróleo (GLP) en la zona 17 de Tulcán de la empresa VEPAGAS

1.4.2. Objetivos Específicos

- Determinar las rutas actuales que se utilizan para la distribución de Gas Licuado de Petróleo (GLP) en la zona 17 de Tulcán de la empresa VEPAGAS

- Analizar los costos operativos que inciden en la distribución de Gas Licuado de Petróleo (GLP) en la zona 17 de Tulcán de la empresa VEPAGAS
- Diseñar rutas para la reducción de costos operativos en la distribución de Gas Licuado de Petróleo (GLP) en la zona 17 de Tulcán de la empresa VEPAGAS

1.4.3. Preguntas de Investigación

- ¿Cuáles son las rutas actuales que utiliza la empresa VEPAGAS para la distribución de GLP en la zona 17 de Tulcán?
- ¿Qué costos operativos inciden en el proceso de distribución de GLP de VEPAGAS en la zona 17 de Tulcán?
- ¿Cuáles son las rutas óptimas que permitan reducir los costos operativos de distribución de GLP de VEPAGAS en la zona 17 de Tulcán?

II. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

Los autores Amaro, et al (2025) quisieron formular un sistema de seguimiento de rutas logísticas a través de un simulador, en la disminución de los recursos monetarios de las compañías. La técnica se enfocó en un simulador logístico: Global Map, un software para la planeación y costeo de rutas terrestres en la red carretera. El proceso metodológico abarcó la trazabilidad de las rutas y la propuesta de mejoras para minimizar los costos logísticos. El producto que ha dado como resultado esta investigación ha sido la propuesta de una solución eficaz para combatir el problema de la mala planeación logística y el incumplimiento de pedidos, permitiendo la buena organización y proyección de los costos y presupuestos, además de la optimización de las rutas. Este último trabajo de investigación da continuidad al tema de investigación dado, puesto que ofrece una metodología concreta mediante la utilización de herramientas tecnológicas de simulación para la optimización de rutas y recursos, y se centra, directamente, en la trazabilidad y la disminución de los costos operativos durante la distribución.

Valladares, et al (2023) propusieron la implementación de un esquema a través de un cálculo de los costos logísticos a través de la integración de diagramas de flujo, que han sido diseñados especialmente para ser implementados en microempresas en Ecuador. La metodología utilizada fue exploratoria-descriptiva, donde la actividad de preparación de pedidos se plasmó en un flujograma utilizando para ello la simbología ANSI (American National Standards Institute). El modelo logístico propuesto permitirá, a partir de la observación y posterior diseño de flujogramas para los procesos, contabilizar los costos logísticos por minuto. Este cálculo de costos permitirá, paralelamente, determinar los desembolsos realizados por responsables y los gastos incidentales. La investigación concluyó, por un lado, en la cantidad del costo generado en el proceso de 53 centavos de dólar, procedimiento que para una duración de 10 minutos permitirá un costo promedio de \$505,00/mes. El modelo logístico propuesto es el aporte más importante y distintivo del estudio ya que permite

una proyección clara de DIAN y de los costos logísticos y es una propuesta que aporta un esquema experimental e innovador para la cuantificación definida de costos logísticos y permite establecer la introducción de parámetros para la retroalimentación de costos logísticos y al desarrollo de la eficiencia operativa.

Según señala Moscoso (2020), la razón que impulsó la pregunta de este estudio fue la de poder contar con la posibilidad de optimizar la distribución de GLP en cilindros en la parroquia Calderón, en Quito, y lograr hacer un correcto abastecimiento y una correcta focalización del subsidio. Se realizó un estudio de tipo cuantitativo, de diseño transeccional correlacional-causal, aplicando el método de suavizado exponencial (*Holt-Winters*) para la previsión de la demanda y el software POM-QM para la aplicación del algoritmo de Dijkstra que establece el camino más corto para la red de distribución. La mejora de la red vino a concretarse en una reducción del 57% de la infraestructura de distribución existente y mediante la optimización de 28 rutas. La red optimizada fue analizada mediante indicadores de rendimiento, obteniendo un 89% de utilización de la capacidad de almacenamiento y un 93% de fracción transportada. El estudio contribuyó al tema mediante la propuesta de una metodología integral para la previsión de la demanda, la correlación de capacidades y la obtención de algoritmo de optimización para el rediseño de los distintos aspectos de la infraestructura de GLP.

Coronel, et al(2020) desarrollaron una investigación orientada a la optimización de costos logísticos en empresas comercializadoras de Gas Licuado de Petróleo en la provincia del Azuay, Ecuador. El estudio identificó que las distribuidoras de GLP de pequeña escala presentan estructuras de costos operativos con elevada incidencia del componente de transporte, agravada por la ausencia de planificación técnica de rutas y la dependencia de criterios empíricos para la secuenciación de entregas. Los autores determinaron que las ineficiencias en el diseño de rutas generan sobrecostos en combustible y desgaste vehicular prematuro, y que la implementación de modelos de optimización logística permite reducir significativamente los costos operativos variables. Este antecedente es pertinente para la presente investigación dado que los patrones de ineficiencia identificados en Azuay son estructuralmente similares a los documentados en VEPAGAS zona 17 de Tulcán, donde la planificación empírica constituye la principal fuente de sobrecosto operativo.

2.2. MARCO TEÓRICO

2.2.1. La variable Independiente

Desde el enfoque epistemológico, el diseño de rutas en el transporte de GLP tiene como base un enfoque mixto que explica combinando posturas positivistas/cuantitativas o bien posturas interpretativas/cualitativas. La dimensión cuantitativa está legitimada por modelos matemáticos favorecidos como el HFVRPTW o Problema de Ruteo de vehículos con Flota Heterogénea y Ventanas temporales que responde a un mecanismo de validación que asume que los fenómenos logísticos (distancias, tiempos, capacidades) son medibles, predictibles y, lo que es más importante, se pueden optimizar a través del algoritmo. (Leyton, 2020) y Toth y Vigo (2014). Sin embargo, en el contexto real de una zona de la 17 de Tulcán donde los fenómenos de las condiciones viales, de las dinámicas socioespaciales y de las prácticas informales de los conductores tienen una repercusión explícita sobre cómo se ejecutan las rutas, es necesario complementar esta postura con una postura deconstructivista, entendiendo que el conocimiento logístico no sólo proviene de los datos objetivos sino que está supeditado a la interpretación del mismo entorno operativo Hernández, et al (2018). Tal dualidad epistémica permite no ya solamente formular las mejores rutas en el sentido técnico, sino también las que son viables en la práctica. Lo cual es fundamental para microempresas como la de VEPAGAS, donde la operación misma está ampliamente atravesada por factores contextuales, no cuantificables, pero que son decisivos.

El diseño de rutas, entendido desde el punto de vista de la Teoría de los Sistemas, proporciona coherencia conceptual y operativa a esta variable, pues se concibe como un subsistema de carácter interrelacionado dentro del sistema logístico total de la VEPAGAS, pero no como un proceso aislado. Tal y como expone (Ballou, 2004) al optimizar una función logística sin tener en cuenta las implicaciones sobre el sistema global, el propio sistema logra un equilibrio ineficiente (aumento de costos o disminución del nivel del servicio). Esta idea se traduce en que el diseño de rutas debe ser considerado no sólo visto desde una perspectiva de eficiencia métrica (menor distancia o tiempo), sino también como un impacto sobre el equilibrio del sistema: uso eficiente de la flota, cumplimiento de la ventana de entrega, disminución de emisión de gases y satisfacción del cliente. Esta visión se apoya de forma empírica al corroborarse trabajos como el de (Leyton, 2020), quien estudió un modelo de ruteo que basado en datos reales incrementó la utilización de la capacidad vehicular al

95 % y logró un recorte del 21 % de vueltas. También en Tulcán, en el trabajo realizado por Paspuel y D (2025), se corroboró que aplicar segmentación geográfica y el uso de ArcGIS consigue rutas más apropiadas al entorno local dentro de las teorías de Sistemas. Por consiguiente, la Teoría de Sistemas se erige no sólo como el argumentario que ofrece la razón legítima para utilizar el diseño de rutas como variable predictiva del comportamiento de las empresas de transporte, sino también como la garantía de que la propuesta que surge de ella es de carácter integral e integrador, sostenible y coherente con los objetivos estratégicos de la empresa de transporte.

2.2.2. La variable dependiente

La variable dependiente se justifica epistemológicamente bajo un enfoque pragmático propio del método mixto que articula la cuantificación estricta de los gastos con la comprensión del cómo se producen los gastos en las vivencias de la realidad. Desde el enfoque cuantitativo mira desde un punto de vista positivista que permite contabilizar partidas como: costos, salario, mantenimiento y depreciación tal como se plantea en Valladares, et al (2023), modelo de costeo a partir del minuto en forma de diagramas de flujo ANSI especialmente creado para las microempresas del Ecuador, modelo que permite convertir las actividades logísticas en unidades monetarias y comparables para así evaluar con objetividad cuál es el costo financiero que provoca cualquier cambio operativo. Claro que como los costos no emergen como si de un espacio vacío se tratase, sino interactuando con decisiones humanas, límites estructurales y condiciones del entorno, también se introduce una aproximación cualitativa que admite que la experiencia del conductor, la calidad de las vías o la presión por cumplir horarios afectan el consumo real de recursos. Este proceso de integración epistemológica responde a la necesidad no sólo de poder llegar a poder calcular costos, sino de poder llegar a poder entender a qué responde cada uno de los costos de la organización, ya que es importante para poder plantear mejoras permanentes en contextos de escasez como el de VEPAGAS.

La interrelación entre costos operativos y Teoría de Sistemas se refleja en la idea de que los costos operativos no son una simple suma de partidas contables consideradas de manera independiente, sino que emergen como un indicador para establecer la manera en que el sistema logístico actúa en la práctica. En palabras de (Ballou, 2004), "Los costos logísticos deben ser analizados en su conjunto. Una reducción de un coste

en el marco de la función de transporte puede incrementar los costos de otra, en formulaciones como los costos de inventario", "en otras palabras, el coste total de cualquier propuesta de optimización debe determinarse teniendo en cuenta el coste total del sistema; el coste de la solución no se podrá estudiar sin relacionarlo a los costos de combustible o a los kilómetros recorridos" (Ballou, 2004, pág. 35) En el caso de VEPAGAS, esto implica que cualquier propuesta orientada a la optimización de la función logística debe ser analizada en el marco del coste operativo total del sistema, sin centrarse en los costos vinculados al combustible o a los kilómetros recorridos. Esta visión la comparte (Leyton, 2020) quien presenta el ejemplo de un modelo de ruteo que logró reducir el costo de distribución del 38 al 31 % del coste operativo total, principalmente a través de la maximización de la utilización de la flota y de una menor cantidad de vueltas que se realizan durante las funciones del transporte de la mercancía hasta el cliente. Además, el modelo teórico presentado por Muñoz, Jácome, Núñez y Vaca (2023) además permite desagregar el coste por actividades. Esto permite determinar costos ocultos como los derivados de la preparación de pedidos o de las funciones de embalaje o asimiladas a los procesos operativos del sistema logístico. Por ende, la Teoría de Sistemas no solo ilustra el porqué de la dependencia entre los costos de operación y el diseño de rutas, sino que además otorga el marco teórico para el análisis holístico de la eficiencia de la propuesta, sobre la certeza de que la optimización sea real, sostenible y estratégicamente competitiva.

2.2.3. Planificación de recorridos

La planificación de recorridos es una dimensión estratégica que facilita la constitución de un proceso que organiza la distribución de forma estructurada, totalmente mejorado y verificable, a partir de una distribución empírica muy común de las microempresas de tipo VEPAGAS. En la zona 17 de Tulcán, con vías estrechas, pendientes y una dispersión de la demanda, la confianza en la experiencia del conductor y la planificación convencional llevan a recorridos redundantes, zonas que se superponen y flota de vehículos sin aprovechar. Por contra, una planificación de la distribución adecuada, articulada en función de datos reales de demanda, capacidades de los vehículos y georreferenciación, es la base para reducir costos de operación y aumentar el estándar del servicio. (Leyton, 2020) de Guayaquil evidenció que un modelo de ruteo que tiene en cuenta el HFVRPTW (*Heterogenous Fleet Vehicle Routing Problem with Time Windows*) permite incrementar la utilización de los

vehículos hasta el 95 % y disminuir las vueltas innecesarias un 21 %, inciden directamente en la mejora del coste de la distribución que desciende de un 38 % a un 31 % del total operativo. Y, asimismo, desde un contexto geográfico muy parecido al de VEPAGAS, Paspuel y D (2025) implementó *ArcGIS Network Analyst* en la zona 5 de Tulcán, reduciendo en un 55 % las distancias efectivas con una planificación de la distribución territorial de tipo segmentado. Estos resultados corroboran que para VEPAGAS la planificación no es un ejercicio técnico desvinculado, sino un mecanismo estratégico facilitador capaz de asociar los recursos limitados con la compleja operatividad del contexto local que, gracias a ello, permite disfrutar de trayectorias válidas, sostenibles y económicamente viables.

2.2.4. Secuenciación de entregas

En relación con la secuenciación de entregas; la distribución de productos a los consumidores está determinada por la secuenciación de entregas, dicho orden lógico de visitar a los clientes; esta es la clave para cumplir con las ventanas de tiempo que demandan los usuarios del GLP en la zona 17 de Tulcán; en la que muchos usuarios son clientes con necesidad de ser atendidos en el tiempo correspondiente a la atención de la jornada laboral. Una mala secuenciación de la entrega de productos, como concluyen las rutas empíricas de los dos primeros capítulos, produce tiempos muertos, demoras, combustible en forma innecesaria e incluso deterioro que repercuten en la atención del servicio al cliente. Mientras que una buena secuenciación de los tiempos que se produce con la planificación territorial y con la restricción del tiempo, permite cumplir con una mayor productividad del tiempo-hombre y reducir costos indirectos. (Leyton, 2020) al aplicar ventanas de tiempo suaves en su modelo en Guayaquil, logró disminuir un 21 % de vueltas de vehículos y puntualidad en la entrega. (Moscoso, 2020) en cuanto a la optimización de la red de GLP Quito, aplicó un algoritmo de rutas de menor longitud para eliminar rutas cruzadas y recorridos no planificados permitiendo que se reduzcan la carga cognitiva del conductor y se mejore la logística. Para VEPAGAS una secuenciación de entregas basado en datos en vez de decisiones improvisadas permitirá entregar el producto en el tiempo adecuado, con tiempos perdidos minimizados y logrando así mayor confianza por parte del cliente, convirtiendo al servicio en una ventaja competitiva en un entorno comercial local muy competitivo.

2.2.5. Adaptación al entorno vial

La eficacia de toda solución orientada a las rutas para el VEPAGAS depende, en buena medida, de la completa adecuación al entorno vial existente en la zona 17 de Tulcán, que está formada por calles no pavimentadas, cuestas, acotadas en cuanto a accesibilidad y dinámicas de tráfico imprevisibles, en las que se deben tener en cuenta condiciones reales. El no tener en cuenta esas variables, como por ejemplo en los modelos netamente teóricos, obtiene resultados en rutas óptimas en cuanto a su componente técnica, pero que son operativamente inviables en cuanto a normativa de seguridad, costos y cumplimiento. Paspuel y D (2025), por su parte, también trató de resolver este problema en la zona 5 de Tulcán una vez que incorporó el análisis altimétrico y condiciones reales disponibles en el entorno correspondiente de *ArcGIS Network Analyst* para reproducir las rutas que evitaban transitar por zonas de altos riegos y acortaban las distancias efectivas en un 55%. Adicionalmente, Amaro, Ruiz, Gutiérrez y Gurrola (2025) afirman que los simuladores, tales como Global Map, pueden integrar datos relevantes, tales como altimetría, limitaciones de masas y normativas para trayectos de cargas peligrosas, así como para gráficas de distribución, y así resolver caminos, no solo óptimo, sino también seguros y legales. Para VEPAGAS, esto es vital: un camino ajustado a las condiciones de la vía local no solo elimina el desgaste del vehículo y las consumiciones de combustible, sino que también garantiza la operatividad continua y la seguridad del conductor y de la senda, aspectos esenciales en la distribución del GLP. Para concluir, la adaptación no es una modificación adicional, sino una premisa para cualquier estrategia de optimización en entornos geográficamente complejos.

2.2.6. Combustible

El combustible se convierte en uno de los costos operativos más sensibles en la distribución de GLP, sobre todo para microempresas como VEPAGAS, pues los márgenes son muy ajustados y cualquier variación en los precios del diésel repercute directamente sobre la mercantilizada. Sin embargo, el consumo del combustible no depende solo de la distancia, sino también del tipo de diseño de las rutas, el perfil de altitud, la carga vehicular y de la conducción. Muñoz, Jácome, Núñez y Vaca (2023) muestra que hasta el 38 % del costo operativo total de las microempresas ecuatorianas se asociaba a procesos no valorados entre los cuales se encuentran el consumo excesivo asociado al diseño de rutas subóptimas. En esta perspectiva, la

optimización del combustible no significa reponer con una nueva flota, sino rediseñar las rutas de tal manera que se disminuyan los kilómetros improductivos junto con las vueltas innecesarias. (Leyton, 2020) en Guayaquil logra significativos ahorros, no porque los vehículos sean de mejor calidad sino porque se maximizaba la carga por ruta, y se reducía en un 21 % las vueltas, las cuales repercutieron directamente en la disminución del consumo de diésel. De igual manera, Paspuel y D (2025) en Tulcán observó que las rutas y caminos adaptados a la topografía local evitaron subidas innecesarias o calles deterioradas, lo que generó ahorros visibles en el consumo de combustibles. Para VEPAGAS la orientación del consumo del combustible como en el coste logístico total y no como una partida aislada permitirá estimar el impacto que tendría la propuesta de rutas y garantizar que la optimización de rutas conduzca a ahorros que sean efectivos y perdurables.

2.2.7. Mantenimiento vehicular

El mantenimiento vehicular tiene una relación directa con la calidad de las rutas y el alto uso de la flota. En el caso de VEPAGAS, dado que tiene una flota pequeña y no hay vehículo de espera, una falla mecánica puede dejar paralizada parcialmente la operación y afectar el cumplimiento de las entregas programadas. El mal o escaso planeamiento de rutas con frecuentes arranques/paradas, tránsito por vías en muy mal estado o sobrecarga promueve el mal estado de los frenos, la suspensión y el motor, lo cual aumenta continuamente la cantidad de reparación correctiva. Según (Moscoso, 2020), para Quito, determinado las rutas desequilibradas generaban abuso del uso de determinados vehículos, acortando el tiempo de vida útil, y en la cuestión del trabajo descrito por (Leyton, 2020) determinada la utilización vehicular del 95 % mediante la asignación equilibrada de las rutas y, de esta forma, establecer el uso óptimo de la capacidad de carga y la uniformidad del desgaste. En el fondo, el mantenimiento preventivo basado en la planificación permite reducir los costos de mantenimiento e incrementar la confianza operativa. Por otro lado, Paspuel y D (2023) sugieren el cuantificar el mantenimiento vehicular entre las partidas del costo logístico por minuto, lo que permite incluirlo en el análisis del costo total.

2.2.8. Tiempo-hombre

El tiempo-hombre esto es, las horas en que el personal presta la logística, es un coste oculto pero clave para la distribución de GLP, sobre todo en microempresas en las que los roles son multifuncionales, por no hablar de que incluye no sólo la conducción,

sino también los procesos de carga/descarga de cilindros, la comprobación del inventario, gestión de pedidos, etc. Muñoz, Jácome, Núñez y Vaca (2023) dieron lugar a un modelo de control de costos a partir de los diagramas de flujo ANSI, el cual asigna un coste monetario a cada minuto de trabajo, conforme a lo cual se constató que hasta el 38 % del coste operativo total observado en microempresas ecuatorianas se relacionaba con actividades no valoradas. En la distribución de GLP, donde cada entrega de GLP implica la manipulación física de cilindros, el tiempo de servicio por cliente es alto, al tiempo que puede ser muy variable. Paspuel y D (2025) constató tiempos de servicio de entre 3 y 24 minutos por domicilio en la ciudad de Tulcán, dependiendo del tipo de accesibilidad que presentaba cada uno de ellos. Optimizar las rutas acortando las distancias y mejorando la secuenciación no solo supone un ahorro del combustible, sino que también conlleva liberar horas-hombre que podrá dedicarse a otras tareas productivas o a una mayor cobertura geográfica. La comprensión y la cuantificación del tiempo-hombre es algo que VEPAGAS considera fundamental para evaluar el verdadero efecto de cualquier cambio operativo y para diseñar rutas óptimas, no solo en términos de la distancia, sino en términos de su recurso humano más valioso: su personal

III. METODOLOGÍA

3.1. ENFOQUE METODOLÓGICO

3.1.1. Enfoque

El enfoque mixto es una categoría de tipo metodológico que combina sistemática y exhaustivamente los métodos cualitativos y cuantitativos en el mismo análisis, de forma que permita obtener una comprensión más contextualizada, más exhaustiva y profunda del fenómeno que va a ser objeto de estudio Hernández et al, (2018). Este paradigma se fundamenta en el pragmatismo, que considera primeramente la utilización del método que sea más adecuado para dar respuesta al problema planteado, y persigue la obtención de inferencias cuantitativas y cualitativas y metainferencias que emergen de la interacción entre las dos Ñaupas, Valdivia, Palacios y Romero (2018)

El componente cuantitativo permitirá medir y modelar los costos operativos, las distancias recorridas, los tiempos de entrega y la eficiencia logística mediante el análisis estadístico y algoritmo de ruteo. A la vez, el componente cualitativo, que se construirá mediante entrevistas semiestructuradas y observación participante, indagará las percepciones de los conductores y de los consumidores, así como las condiciones reales de accesibilidad vial Hernández, Fernández y Baptista (2018) (2018)

De esta manera el diseño de rutas que se plantee no solo tendrá un costo operativo menor de acuerdo con los datos, sino que serán prácticas, seguras y aceptadas informando acerca de una solución logística integral y sostenible.

3.1.2. Tipo de Investigación

- Investigación descriptiva

La investigación descriptiva se plantea "identificar las características, propiedades o atributos de un fenómeno, objeto, grupo o situación, sin intervenir sobre las variables" Hernández, Fernández y Baptista (2018) Así, en este trabajo de investigación, el investigador hará uso de esta forma de investigación para describir el sistema de distribución vigente de GLP en la área 17 de Tulcán, en donde se considera el registro

de rutas existentes, los tiempos de recorrido, los volúmenes entregados, el costo del combustible, el mantenimiento y los costos laborales, de forma que a través de este diagnóstico descriptivo se podrá contar con información empírica para identificar ineficiencias y así argumentar la propuesta de rutas optimizadas.

- Investigación documental

Hernández, Fernández y Baptista (2018, pág. 225) proponen que la investigación documental "se sustenta en el análisis sistemático de recursos escritos, gráficos o audiovisuales en sus formas primarias o secundarias". En dicho contexto, el investigador realizará una revisión de documentos internos de la empresa VEPAGAS, como la bitácora de viajes, los reportes de consumo de combustible, el historial de mantenimiento vehicular y la designación de entrega. También, se consultarán fuentes secundarias como manuales de logística, ordenanzas municipales sobre el transporte de GLP y literatura técnica sobre algoritmo de ruteo (por ejemplo, el Problema del Cartero Chino). La revisión de tales fuentes permitirá tanto contextualizar el problema como sustentar metodológicamente la optimización propuesta.

- Investigación de campo

Se conoce como investigación de campo a la técnica que posibilita "recolectar datos cercanos a la realidad social del fenómeno en su entorno natural sin manipulación experimental" Hernández, Fernández y Baptista (2018) En este sentido, el investigador aplicará trabajo empírico en la zona 17 de Tulcán mediante la aplicación de instrumentos como entrevistas semiestructuradas a conductores y supervisores, observación participante en los recorridos de reparto, encuestas a clientes y listas de cotejo sobre la accesibilidad vial. Velar de esta manera por conseguir que las rutas tomadas en este trabajo se acoplen a la realidad del territorio y las percepciones de los participantes implicados en él es entrevista cualitativa para otorgar validez ecológica a los resultados.

- Investigación correlacional

La correlacional es el tipo de investigación que se encarga de intentar "establecer el grado de conexión o asociación entre dos o más variables sin establecer la causalidad" Hernández, Fernández y Baptista (2018) En este estudio, el investigador evaluará estadísticamente la relación de ciertas variables operativas, como: distancia recorrida y consumo de combustible, tiempo de entrega y número de

inconformidad de los clientes, o estado del camino y frecuencia de averías de vehículos. Las evaluaciones realizadas permitirán identificar qué variables impactan más en los costos operativos y, por lo tanto, orientar de mejor manera la priorización de criterios para el diseño de las nuevas rutas.

3.2. IDEA A DEFENDER

El Diseño de rutas permite la reducción de costos operativos en la distribución de Gas Licuado de Petróleo (GLP) en la zona 17 de Tulcán de la empresa VEPAGAS

3.3. DEFINICIÓN Y OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES

3.3.1 Variables

Variable independiente: Diseño de Rutas

Variable dependiente: Costos Operativos

3.3.2 Tabla de operacionalización de variables

Tabla 1. Operacionalización de variables con el tema “diseño de rutas y optimización de costos operativos para la distribución de Gas Licuado de Petróleo (GLP) en la zona 17 de Tulcán de la empresa VEPAGAS”

Variable	Definición	Dimensión	Indicador	Técnica	Instrumentos
Variable independiente Diseño de Rutas	Esta es la forma de entender este conjunto de decisiones logísticas que se construyen para poder determinar la mejor secuencia de la entrega de cilindros de GLP para los clientes, donde la distancia, el tiempo de entrega, la capacidad de los vehículos y las condiciones de las vías forman parte de un todo que debe minimizar al máximo las ineficiencias de tipo operacional” Paspuel y D (2025)	Planificación de recorridos	Número de rutas actuales utilizadas	Observación	Ficha de observación
		Secuenciación de entregas	Orden de visitas por cliente	Revisión documental	Bitácoras de viaje, hojas de ruta
		Adaptación al entorno vial	Porcentaje de rutas que evitan zonas de alto riesgo o mal estado vial	Entrevista	Cuestionario estructurado
Variable dependiente Costos Operativos	Los gastos directos vinculados al curso de distribución del GLP, donde se incluye el consumo de combustible, el mantenimiento de vehículos, la mano de obra y el tiempo-hombre, los cuales son cuantificados a través de modelos de costeo por minuto de microempresas ecuatorianas” Muñoz, Jácome, Núñez y Vaca (2023)).	Combustible	Galones de combustible consumidos por ruta semanal	Revisión documental	Registros contables de la empresa
		Mantenimiento vehicular	Número de reparaciones correctivas mensuales por vehículo	Revisión documental	Reportes de mantenimiento
		Tiempo-hombre	Horas laborales asignadas a cada ciclo de distribución	Observación	Planillas de control de jornadas

3.4. MÉTODOS UTILIZADOS

3.4.1 Observación de campo

Para ello se utilizó la observación de campo no participante, estructurada mediante una ficha de observación, que fue diseñada para recoger aspectos operativos específicos, tales como el secuenciado de entrega, tiempo total e improductivo, cumplimiento del horario de operación (7h00–16h30), modalidad puerta a puerta y el respecto a la reserva obligatoria del 20 % del stock de GLP, de acuerdo con lo expuesto por la norma del ARCERNNRU. Este método puede recoger datos empíricos reales del comportamiento del propio sistema logístico, minimizando sesgos por parte del informe Paspuel y D (2025).

3.4.2 Entrevista semiestructurada

Se llevó a cabo una entrevista semiestructurada al personal operativo de la empresa VEPAGAS con el fin de indagar sobre los criterios de planificación de rutas, el sistema de registro de costos, la percepción de ineficiencias y la disposición al cambio. Este instrumento cualitativo sirve de complemento a la observación, al dar a conocer dimensiones subjetivas e implícitas del proceso logístico, tal y como determinan los principios del enfoque mixto aplicado en investigaciones logísticas recientes Amaro, Ruiz, Gutiérrez y Gurrola (2025)

3.5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

El presente estudio aplica estadística descriptiva para caracterizar el comportamiento operativo de los 26 viajes de distribución registrados durante el período enero–febrero 2026 en la zona 17 de Tulcán, correspondientes a la empresa VEPAGAS. Las variables analizadas son: distancia recorrida por viaje (km), cilindros distribuidos por viaje y clientes domicilio atendidos por viaje.

Variable 1: Distancia recorrida por viaje (km)

El análisis de los 26 viajes registrados revela una alta variabilidad en las distancias recorridas. La media bimestral fue de 10,31 km por viaje, con una mediana de 9,22 km, lo que indica una distribución asimétrica positiva. La desviación estándar alcanzó 5,29 km, con un coeficiente de variación del 51,3 %, evidenciando la dispersión característica de una planificación empírica sin soporte tecnológico. El recorrido mínimo registrado fue de 1,61 km (viaje 03/02/2026) y el máximo de 20,36 km (viajes 16/02/2026 y 19/02/2026), con un rango de 18,75 km. Por mes, la media de enero fue

10,23 km y la de febrero 10,38 km, valores similares que sugieren un patrón operativo estable pero ineficiente.

Variable 2: Cilindros distribuidos por viaje

Durante el período bimestral se distribuyeron 3.320 cilindros en total (1.660 por mes), con una media de 128,8 cilindros por viaje y una mediana de 130 cilindros. La desviación estándar fue de 5,88 cilindros, reflejo de un único viaje atípico (29/01/2026) con 100 cilindros cargados. El mínimo fue 100 y el máximo 130 cilindros, correspondiente al cupo MDF establecido por la ARCERNNR.

Variable 3: Clientes domicilio atendidos por viaje

La media de clientes domicilio atendidos por viaje fue de 77,9 en enero y 71,7 en febrero, con una media bimestral de 74,8 clientes por viaje. Esta diferencia intermensual de 6,2 clientes refleja variaciones en la demanda efectiva, atribuibles a la ausencia del cliente en domicilio, compras anticipadas en distribuidoras temporales autorizadas o adquisición a vehículos distribuidores de otras zonas.

En conjunto, el coeficiente de variación superior al 50 % en la distancia recorrida constituye el indicador descriptivo central que justifica la necesidad de diseñar rutas técnicas mediante el modelo VRP, dado que una alta dispersión implica recorridos improductivos y costo variable de combustible innecesario.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. RESULTADOS

4.1.1. Diagnóstico de la red de distribución actual de la zona 17 de la ciudad de Tulcán

4.1.1.1. Descripción de la empresa

VEPAGAS es una microempresa distribuidora de (GLP) que opera en la zona 17 de la ciudad de Tulcán, provincia del Carchi, bajo la modalidad de distribución domiciliaria puerta a puerta establecida por la Agencia de Regulación y Control de Energía y Recursos Naturales No Renovables (ARCERNNR). (Agencia de Regulación y Control de Energía y Recursos Naturales No Renovables, 2024) Fue constituida como operadora local autorizada para cubrir la demanda residencial de GLP en los barrios y sectores que conforman la zona 17, atendiendo a los beneficiarios registrados como cabezas de hogar conforme a los cupos asignados según la composición del núcleo familiar. La empresa opera bajo el esquema del Módulo de Distribución en Frontera (MDF), que establece el cupo máximo de 130 cilindros de GLP de 15 kg por viaje autorizado. En la Tabla 2 se presentan los datos generales de identificación y operación de la empresa.

Tabla 2. Datos generales de la empresa VEPAGAS — Zona 17 Tulcán.

Datos	Descripción
Nombre de la empresa	VEPAGAS
Tipo de empresa	Microempresa distribuidora de GLP
Actividad principal	Distribución de GLP en cilindros de 15 kg, modalidad puerta a puerta
Zona de operación	Zona 17 – Tulcán, provincia del Carchi, Ecuador
Centro de acopio (abastecimiento)	VEPAGAS S.A. — Carretera Panamericana Norte E35, Tulcán Coordenadas: 0.792509, -77.729633
Depósito temporal zona 17	Sector norte de Tulcán — Coordenadas: 0.800021, -77.726390
Ente regulador	ARCERNNR — Agencia de Regulación y Control de Energía y Recursos Naturales No Renovables
Marco normativo	Módulo de Distribución en Frontera (MDF) — cupo máximo 130 cilindros/viaje
Placa del vehículo distribuidor	CBL-0379
Tipo de vehículo	Camión de carga — capacidad máxima 150 cilindros de 15 kg

Datos	Descripción
Cupo autorizado por viaje	130 cilindros de GLP de 15 kg (normativa MDF zona 17)
Personal por viaje	1 conductor + 1 ayudante + 1 estibador
Horario de carga	07:00 a 16:30 (centro de acopio VEPAGAS S.A.)
Precio venta puerta a puerta	\$ 3,00 por cilindro de 15 kg
Precio en bodega / acopio	\$ 1,65 por cilindro de 15 kg
Nota. Fichas de observación de campo, registros de ventas y costos operativos de VEPAGAS (2026).	

4.1.1.1.1. Infraestructura: Centro de Acopio y Depósito Temporal

La cadena logística de VEPAGAS opera desde dos puntos de referencia geográfica en Tulcán. El primero es el centro de acopio VEPAGAS S.A., ubicado en la Carretera Panamericana Norte E35, en las coordenadas 0.792509, -77.729633, que constituye el punto de origen de todos los viajes de distribución y donde se realiza la carga de cilindros llenos y la devolución de los vacíos. Este centro opera de lunes a viernes en horario de 07:00 a 16:30, y el tiempo de carga del vehículo distribuidor es de aproximadamente una hora. En la Figura 1 se presenta la ubicación georreferenciada del centro de acopio.

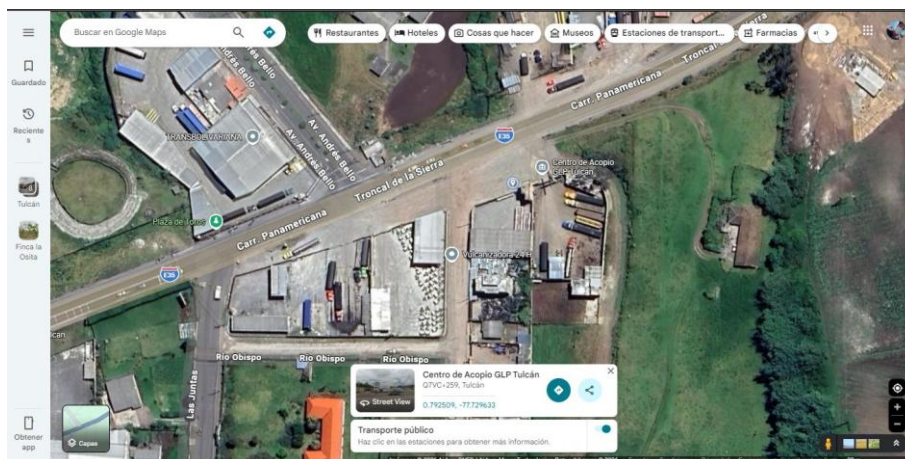


Figura 1. Centro de Acopio GLP Tulcán VEPAGAS S.A. (0.792509, -77.729633).

El segundo punto de referencia operativa es el depósito temporal de la zona 17, ubicado en el sector norte de Tulcán en las coordenadas 0.800021, -77.726390, a aproximadamente 800 metros al norte del centro de acopio principal. Este depósito funciona como un punto de apoyo logístico para la distribución en los barrios del sector norte de la zona 17, facilitando la reducción de los tiempos de recorrido en los viajes que atienden clientes de ese sector. En la Figura 2 se muestra su ubicación satelital.

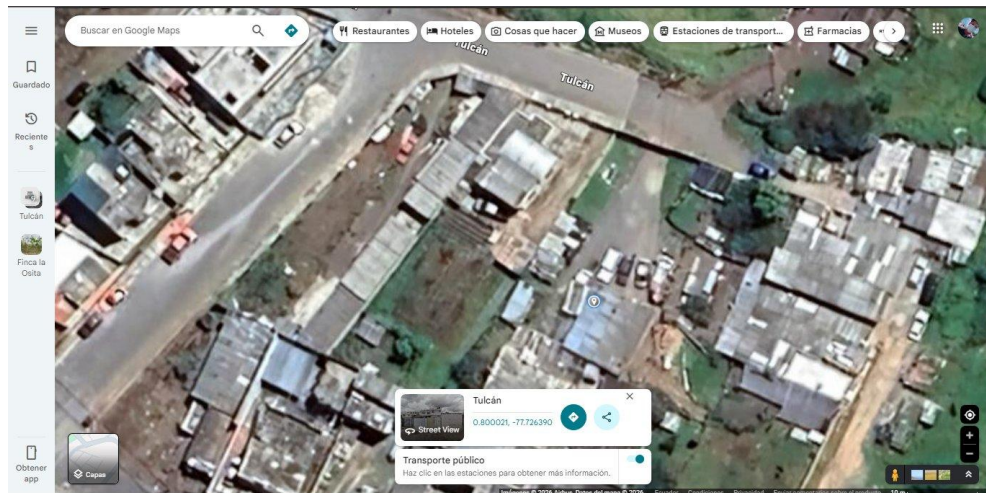


Figura 2. Depósito Temporal de la Zona 17 de Tulcán.

La existencia de este depósito temporal representa una ventaja logística para VEPAGAS que no ha sido aprovechada de manera sistemática en la planificación actual de rutas. Su integración en el diseño de rutas optimizadas como punto de referencia de inicio o cierre de recorrido para los viajes del sector norte podría contribuir a reducir los kilómetros recorridos en las operaciones que atienden a los beneficiarios más alejados del centro de acopio principal.

4.1.1.1.2. Ruta Actual de Distribución Zona 17

En la Figura 3 se presenta el trazado completo del recorrido de distribución de GLP registrado en febrero de 2026, capturado mediante la herramienta Wikiloc en formato GPX y visualizado en GPX Studio sobre cartografía de la ciudad de Tulcán. La ruta se representa en color rojo. El punto de inicio del recorrido corresponde al Depósito Temporal de la Zona 17, ubicado en las coordenadas 0.800021, -77.726390, desde donde el vehículo parte hacia los distintos sectores de la zona antes de iniciar las entregas. El recorrido abarca los barrios de Parque Artesanal, Avenida Tulcanaza, 19 de noviembre, San Miguel del Sur, Avenida Veintimilla, Dentro del Cuartel, Villas

Militares, Jesús del Gran Poder, Seminario y Divino Niño. El punto final del recorrido corresponde nuevamente al Depósito Temporal de la Zona 17 en las coordenadas 0.800021, -77.726390, donde el vehículo regresa al concluir todas las entregas del día.

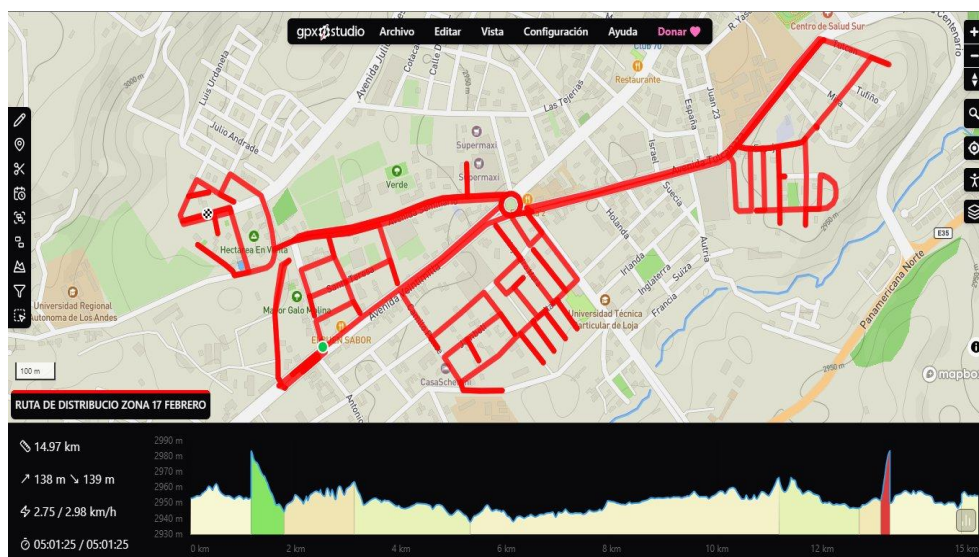


Figura 3. Ruta de distribución de GLP Zona 17, Tulcán – febrero 2026.

El trazado registrado en febrero de 2026 permite identificar tres segmentos principales en el recorrido. El primer segmento, a partir del Depósito Temporal de la Zona 17 (0.800021, -77.726390), cubre los barrios de Parque Artesanal y Avenida Tulcanaza, donde se observan patrones rectangulares ajustados a la cuadrícula urbana con múltiples entradas y salidas por calles paralelas para atender manzana por manzana. El segundo segmento recorre los barrios de 19 de noviembre, San Miguel del Sur, Avenida Veintimilla, Dentro del Cuartel y Villas Militares, con retornos que evidencian la atención a clientes dispersos en ese sector. El tercer segmento avanza hacia los barrios de Jesús del Gran Poder, Seminario y Divino Niño, desde donde el vehículo regresa al punto de origen en el Depósito Temporal al concluir las entregas. La velocidad media de 2,75 km/h y la duración total de 5 horas 1 minuto confirman la intensidad operativa de este recorrido, que cubrió una distancia de 14,97 km con un ascenso acumulado de 138 metros sobre el nivel del mar.

El trazado evidencia retornos sobre los tramos ya recorridos, especialmente en los sectores occidental y central, lo que genera kilómetros improductivos que incrementan el consumo de combustible y el tiempo de jornada. Este comportamiento es consistente con lo registrado en las fichas de observación, que documentaron una planificación basada exclusivamente en la experiencia del

conductor sin apoyo de herramientas de ruteo, y constituye el principal objetivo de mejora de la propuesta de optimización desarrollada en el apartado 4.1.3 de esta investigación.

4.1.1.1.3. Flota Vehicular

VEPAGAS dispone de un único vehículo distribuidor para la cobertura total de la zona 17 de Tulcán. Las características técnicas y operativas del vehículo se presentan en la Tabla 3. La capacidad máxima del vehículo es de 150 cilindros de GLP de 15 kg; sin embargo, el cupo autorizado por el MDF para la zona 17 es de 130 cilindros por viaje. Adicionalmente, la normativa del ARCERNNR exige mantener una reserva obligatoria del 20% del *stock* de cilindros en el centro de acopio como medida de seguridad, condición verificada como cumplida en todos los registros del período enero–febrero 2026.

Tabla 3. Flota vehicular VEPAGAS zona17.

Placa	Tipo	Cap. máx.	Cupo MDF	Combustible	Centro de abastecimiento
CBL-0379	Camión de carga	150 cilindros	130 cilindros	Diésel	Centro de acopio VEPAGAS S.A. Panamericana Norte E35

Nota. Fichas de observación de campo de VEPAGAS (2026).

4.1.1.1.4. Recursos Humanos

El equipo operativo que realiza cada viaje de distribución está conformado por tres personas con roles claramente diferenciados. El conductor es el responsable exclusivo del manejo del vehículo durante toda la jornada de distribución. El ayudante se encarga del manejo de la aplicación oficial del ARCERNNR "Distribución GLP ARCERNNR", verificando en tiempo real los cupos asignados a cada beneficiario, validando cada entrega mediante la cédula de identidad del cliente y generando el reporte diario de distribución. El estibador es la persona encargada específicamente de subir y bajar los cilindros de GLP del vehículo en cada punto de entrega domiciliaria, garantizando la manipulación segura y ágil de los tanques durante toda la jornada. En la Tabla 4 se detalla la estructura del personal con sus funciones y remuneraciones.

Tabla 4. Personal operativo VEPAGAS zona 17.

Cargo	Nombre	Función principal	Sueldo base (\$)
Conductor	Patiño Villota José Alfonso	Manejo del vehículo distribuidor durante toda la jornada de distribución	\$ 607,50
Ayudante	—	Manejo de la aplicación ARCERNNR: verificación de cupos, validación de entregas por cédula del beneficiario y reporte diario de distribución	\$ 470,00
Estibador	—	Subir y bajar los cilindros de GLP del vehículo en cada punto de entrega domiciliaria; cargue y descargue seguro de tanques	\$ 470,00
Total, mano de obra mensual			\$ 1.547,5

Nota. Registros de costos operativos de VEPAGAS (2026).

El costo de mano de obra incluye todos los beneficios de ley del Código de Trabajo ecuatoriano dice, fondos de reserva, vacaciones y aporte patronal al IESS, con un factor de proporcionalidad de 1,75 sobre el sueldo base. Esto eleva el costo real anual a \$ 17.660,27 para el conductor y \$ 13.849,26 tanto para el ayudante como para el estibador, totalizando \$ 45.358,79 anuales en mano de obra operativa, que representan el rubro de mayor incidencia en la estructura de costos de la empresa. La presencia de tres personas por viaje responde a las exigencias físicas de la distribución de GLP en cilindros de 15 kg puerta a puerta, donde la manipulación segura y ágil de los tanques requiere la especialización del estibador para garantizar la velocidad de entrega y la integridad física del personal.

4.1.1.1.5. Sistema Tecnológico para la Distribución

El control de entregas se realiza mediante la aplicación móvil oficial del ARCERNNR denominada "Distribución GLP ARCERNNR", operada por el ayudante durante cada viaje. Esta herramienta permite verificar en tiempo real los cupos asignados, registrar cada entrega por cédula del beneficiario y generar el reporte diario de distribución. Reemplazó el sistema anterior de tarjetas inteligentes, mejorando el control y trazabilidad del proceso. Sin embargo, la planificación de la secuencia de visitas continúa siendo empírica, basada en la experiencia del conductor, sin integración con ningún sistema de ruteo geográfico que optimice el orden y la distancia de las paradas.

4.1.1.1.6. Precio del Cilindro de GLP y Cupo por Beneficiario

El precio de venta puerta a puerta del cilindro de GLP de 15 kg es de \$ 3,00, determinado mediante el estudio de vinculación con la sociedad realizado por la carrera de Logística y Transporte de la UPEC. El cilindro cuenta con subsidio estatal y también puede adquirirse directamente en el centro de acopio a \$ 1,65. El cupo de cilindros asignado a cada beneficiario varía según la composición del núcleo familiar, conforme a los parámetros del ARCERNNR que se detallan en la Tabla 5.

Tabla 5. Cupo de cilindros de GLP por composición del núcleo familiar zona 17

Composición del núcleo familiar	Cupo de cilindros de GLP de 15 kg
1 a 2 integrantes	1 cilindro por período de distribución
3 a 7 integrantes	2 cilindros por período de distribución
8 integrantes en adelante	3 cilindros por período de distribución
Solicitud adicional (calefón)	1 cilindro adicional por período

Nota. ARCERNNR (2024).

Este esquema de asignación determina la demanda potencial en cada viaje. Con un promedio de 78 clientes por viaje y cupos mayoritarios de 1 a 2 cilindros por beneficiario, los 130 cilindros cargados por viaje resultan consistentes con la demanda de la zona 17. La eficiencia de entrega del 92,8% registrada en el período analizado (enero–febrero 2026) indica que un 7,2% de la capacidad de distribución retorna sin ser colocada, lo que se atribuye principalmente a la planificación empírica de rutas y a la variabilidad en el horario de inicio de los viajes.

4.1.1.1.7. Condiciones del Entorno Operativo

Durante el período de observación enero–febrero 2026 se registraron sistemáticamente las condiciones del entorno en que opera VEPAGAS en la zona 17. Los resultados, presentados en la Tabla 6, son fundamentales para dimensionar las oportunidades reales de mejora operativa.

Tabla 6. Condiciones del entorno operativo VEPAGAS zona 17

Aspecto observado	Condición registrada	Implicación operativa
Estado de las vías en zona 17	Bueno	No genera costos adicionales por daño vehicular
Accesibilidad a puntos de entrega	Fácil	Permite cumplir distribución puerta a puerta sin desvíos mayores
Presencia del cliente en domicilio	Siempre presente (mayoría)	Baja tasa de visitas fallidas; sobrantes atribuibles a planificación
Planificación de ruta	Empírica basada en experiencia	Sin secuencia geográfica fija; principal causa de ineficiencia
Herramienta de ruteo utilizada	Experiencia del conductor	Sin apoyo de software; optimización dependiente del criterio humano
Secuencia geográfica de la ruta	Lógica espacial básica	Proximidad básica sin optimización formal de distancias
Cumplimiento normativo ARCERNR	Sí (puerta a puerta, horario, 20%)	Operación dentro del marco regulatorio vigente
Retorno al centro de acopio en jornada	No (un solo recorrido por viaje)	Cada viaje es completo; no hay recargas intermedias
Tramos innecesarios o repetidos	No detectados sistemáticamente	Potencial de mejora con secuenciación técnica de entregas

Nota. Fichas de observación de campo (26 registros enero y febrero 2026).

Las condiciones del entorno son favorables para la operación: vías en buen estado, acceso fácil a los puntos de entrega y alta presencia del cliente en domicilio. Estos factores confirman que las ineficiencias no se originan en el entorno vial ni en el comportamiento del cliente, sino específicamente en la ausencia de planificación técnica de rutas. La implementación de un modelo de ruteo optimizado en VEPAGAS no requiere, por tanto, intervenciones en infraestructura ni en flota vehicular, lo que refuerza la viabilidad inmediata de la propuesta desarrollada en el apartado 4.1.3 de esta investigación.

4.1.1.2. Diagnóstico de rutas -enero 2026

El mes de enero de 2026 comprendió 13 operaciones de distribución, realizadas entre el 2 y el 29 de enero. Las doce primeras operaciones se realizaron con la carga máxima de 130 cilindros de GLP de 15 kg, conforme al cupo del MDF zona 17. La décima tercera operación, del 29 de enero, salió con 100 cilindros por condiciones de menor demanda al cierre del período. En todos los viajes, la distribución se realizó

en dos modalidades complementarias: 104 cilindros entregados puerta a puerta a los clientes domiciliarios de la zona 17, y 26 cilindros entregados al depósito temporal de la zona 17 para su distribución directa; en el viaje del 29 de enero, por tratarse de una carga reducida de 100 cilindros, se entregaron 80 a domicilio y 20 en el depósito. Bajo esta estructura operativa, todos los 13 viajes de enero alcanzaron una eficiencia de entrega del 100%, sin cilindros sobrantes. En total se distribuyeron 1.660 cilindros: 1.352 a domicilio y 308 en depósito. El promedio de clientes domiciliarios atendidos fue de 77,9 por viaje. Los horarios de inicio variaron entre las 09:03 y las 15:02, evidenciando la ausencia de estandarización horaria.

La Tabla 7 presenta el registro completo de los 13 viajes de enero 2026. La columna Entregados domicilio corresponde a los cilindros distribuidos puerta a puerta; la columna Entregados depósito corresponde a los cilindros trasladados al depósito temporal de la zona 17. Los sobrantes son 0 en todos los viajes porque la suma de ambas columnas iguala siempre la carga total.

Tabla 7. Registro de operaciones de distribución — enero 2026.

N°	Fecha	Día	Carga (cil.)	Entregados domicilios	Entregados depósitos	Total, entregados	Sobrantes (cil.)	Clientes dom.	H. Inicio	H. Fin	Duración total	Dist. GPS (km)	Efic. (%)
1	02/01/2026	Viernes	130	104	26	130	0	65	13:33	14:51	1h 18min	1.98 km	100.0%
2	03/01/2026	Sábado	130	104	26	130	0	73	13:37	16:31	2h 54min	5.56 km	100.0%
3	05/01/2026	Lunes	130	104	26	130	0	83	09:45	12:02	2h 17min	8.44 km	100.0%
4	06/01/2026	Martes	130	104	26	130	0	74	13:37	16:32	2h 55min	9.97 km	100.0%
5	07/01/2026	Miércoles	130	104	26	130	0	71	14:30	16:33	2h 03min	6.41 km	100.0%
6	08/01/2026	Jueves	130	104	26	130	0	78	15:02	17:33	2h 31min	7.99 km	100.0%
7	09/01/2026	Viernes	130	85	26	111	19	69	13:25	16:54	3h 29min	15.58 km	85.4%
7	10/01/2026	Sábado (cont.)	19	19	—	19	0	14	09:42	10:13	0h 31min	3.63 km	100.0%
8	13/01/2026	Martes	130	104	26	130	0	87	13:40	18:17	4h 37min	15.64 km	100.0%
9	16/01/2026	Viernes	130	104	26	130	0	80	09:29	14:39	5h 10min	13.81 km	100.0%
10	19/01/2026	Lunes	130	44	26	70	60	48	09:15	12:23	3h 08min	13.40 km	53.8%
10	20/01/2026	Martes (cont.)	60	60	—	60	0	41	08:51	12:21	3h 30min	13.81 km	100.0%
11	23/01/2026	Viernes	130	88	26	114	16	68	09:03	12:41	3h 38min	13.81 km	87.7%
11	24/01/2026	Sábado (cont.)	16	16	—	16	0	12	10:44	11:24	0h 40min	2.28 km	100.0%
12	27/01/2026	Martes	130	104	26	130	0	86	10:24	14:07	3h 43min	13.81 km	100.0%
13	29/01/2026	Jueves	100	80	20	100	0	65	09:41	13:44	4h 03min	13.81 km	100.0%
TOTAL	13 viajes	—	1660	1328	332	1660	0	1013	—	—	41h 46min	94.20 km	100.0%

Nota. Registros de ventas (VENTAS *.xlsx) y archivos GPS Wikiloc VEPAGAS zona 17, enero 2026. Celdas en naranja = cilindros entregados en depósito temporal zona 17 (0.800021, -77.726390). Celdas en verde = total distribuido (domicilio + depósito = carga total, eficiencia 100%). Celdas en rojo en H. Fin = fin de jornada posterior a las 16:30 (límite normativo ARCERNR). (—) = track GPS no disponible. Precio del cilindro: \$3,00 = \$1,65 (costo GLP subsidiado) + \$1,35 (costo de transporte/servicio)

4.1.1.2.1. Viaje 02/01/2026 — viernes

El viaje del 02/01/2026 (viernes) partió a las 13:33 y finalizó a las 14:51, con una duración total de 1h 18min. Se recorrieron 1.98 km dentro de la zona 17. El vehículo CBL-0379 salió cargado con 130 cilindros: 104 fueron entregados puerta a puerta a los 65 clientes domiciliarios de la zona 17, y los 26 cilindros restantes fueron trasladados al depósito temporal de la zona 17, completando la distribución del 100% de la carga sin sobrantes. El perfil altimétrico registró un desnivel de +54 m / -53 m. Los datos técnicos del registro GPS se presentan en la Tabla 8.

Tabla 8. Datos GPS del recorrido — Viaje 02/01/2026 (viernes, zona 17)

Parámetro GPS	Valor registrado
Fecha del viaje	02/01/2026
Día de la semana	Viernes
Herramienta de registro	Wikiloc / GPX Studio
Distancia total recorrida (zona 17)	1.98 km
Desnivel positivo acumulado	+54 m
Desnivel negativo acumulado	-53 m
Hora de inicio de distribución	13:33
Hora de fin de distribución	14:51
Duración del recorrido	1h 18min
Cilindros cargados	130
Cilindros entregados puerta a puerta	104
Cilindros entregados en depósito temporal	26
Total, cilindros distribuidos	130
Cilindros sobrantes	0
Clientes atendidos (domicilio)	65
Altitud predominante	2.935 – 2.965 m s. n. m.

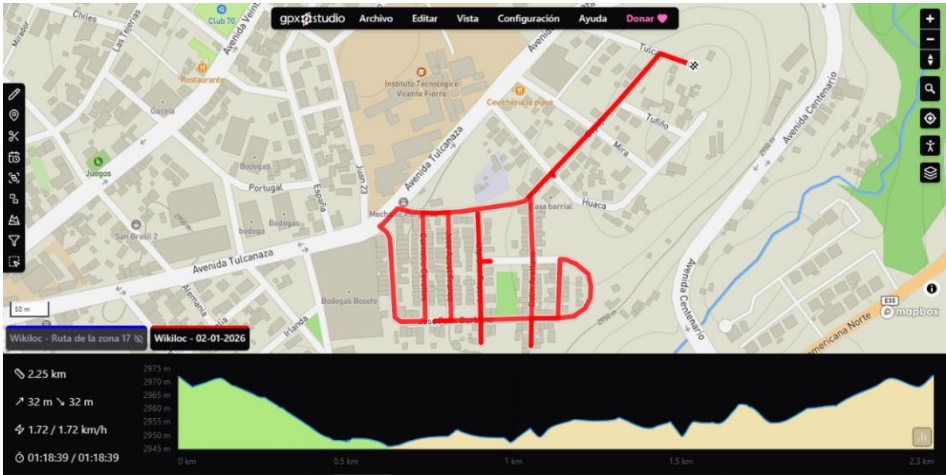


Figura 4. Ruta de distribución de GLP — Viaje 02/01/2026 (1,98 km).

En la Figura 4 se puede ver que el trazado del 02 de enero cubre solo un sector parcial de la zona 17. Se notan algunos retrocesos sobre tramos ya recorridos, algo que se repite en todos los viajes del mes y que tiene que ver con la falta de una ruta planificada con alguna herramienta de optimización.

4.1.1.2.2. Viaje 03/01/2026 — sábado

El viaje del 03/01/2026 (sábado) partió a las 13:37 y finalizó a las 16:31, con una duración total de 2h 54min. Se recorrieron 5.56 km dentro de la zona 17. El vehículo CBL-0379 salió cargado con 130 cilindros: 104 fueron entregados puerta a puerta a los 73 clientes domiciliarios de la zona 17, y los 26 cilindros restantes fueron trasladados al depósito temporal de la zona 17, completando la distribución del 100% de la carga sin sobrantes. Este viaje superó el límite normativo de las 16:30 establecido por el ARCERNNR. El perfil altimétrico registró un desnivel de +98 m / -98 m. Los datos técnicos del registro GPS se presentan en la Tabla 9.

Tabla 9. Datos GPS del recorrido — Viaje 03/01/2026 (sábado, zona 17).

Parámetro GPS	Valor registrado
Fecha del viaje	03/01/2026
Día de la semana	Sábado
Herramienta de registro	Wikiloc / GPX Studio
Distancia total recorrida (zona 17)	5.56 km
Desnivel positivo acumulado	+98 m
Desnivel negativo acumulado	-98 m
Hora de inicio de distribución	13:37
Hora de fin de distribución	16:31
Duración del recorrido	2h 54min
Cilindros cargados	130
Cilindros entregados puerta a puerta	104
Cilindros entregados en depósito temporal	26
Total, cilindros distribuidos	130
Cilindros sobrantes	0
Clientes atendidos (domicilio)	73
Altitud predominante	2.935 – 2.965 m s. n. m.

Nota. Registro GPS Wikiloc 03/01/2026. Planilla de ventas VEPAGAS zona 17. Los 26 cilindros en depósito fueron entregados al depósito temporal de la zona 17 (0.800021, -77.726390).

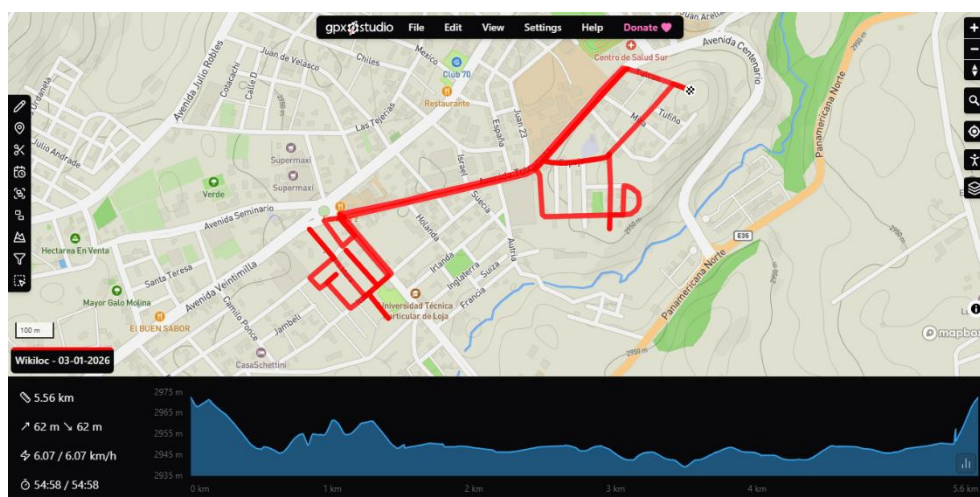


Figura 5. Ruta de distribución de GLP — Viaje 03/01/2026 (5,56 km).

El trazado del 03 de enero que se muestra en la Figura 5 ya tiene una cobertura más amplia que el viaje anterior. Se observan varios bucles repetidos en el sector central, que son la huella típica de la planificación basada en la experiencia del conductor sin apoyo de herramientas de ruteo.

4.1.1.2.3. Viaje 05/01/2026 — lunes

El viaje del 05/01/2026 (lunes) partió a las 09:45 y finalizó a las 12:02, con una duración total de 2h 17min. Se recorrieron 8.44 km dentro de la zona 17. El vehículo CBL-0379 salió cargado con 130 cilindros: 104 fueron entregados puerta a puerta a los 83 clientes domiciliarios de la zona 17, y los 26 cilindros restantes fueron trasladados al depósito temporal de la zona 17, completando la distribución del 100% de la carga sin sobrantes. El perfil altimétrico registró un desnivel de +110 m / -87 m. Los datos técnicos del registro GPS se presentan en la Tabla 10.

Tabla 10. Datos GPS del recorrido — Viaje 05/01/2026 (lunes, zona 17).

Parámetro GPS	Valor registrado
Fecha del viaje	05/01/2026
Día de la semana	Lunes
Herramienta de registro	Wikiloc / GPX Studio
Distancia total recorrida (zona 17)	8.44 km
Desnivel positivo acumulado	+110 m
Desnivel negativo acumulado	-87 m
Hora de inicio de distribución	09:45
Hora de fin de distribución	12:02

Parámetro GPS	Valor registrado
Duración del recorrido	2h 17min
Cilindros cargados	130
Cilindros entregados puerta a puerta	104
Cilindros entregados en depósito temporal	26
Total, cilindros distribuidos	130
Cilindros sobrantes	0
Clientes atendidos (domicilio)	83
Altitud predominante	2.935 – 2.965 m s. n. m.

Nota. Registro GPS Wikiloc 05/01/2026. Planilla de ventas VEPAGAS zona 17. Los 26 cilindros en depósito fueron entregados al depósito temporal de la zona 17 (0.800021, -77.726390).

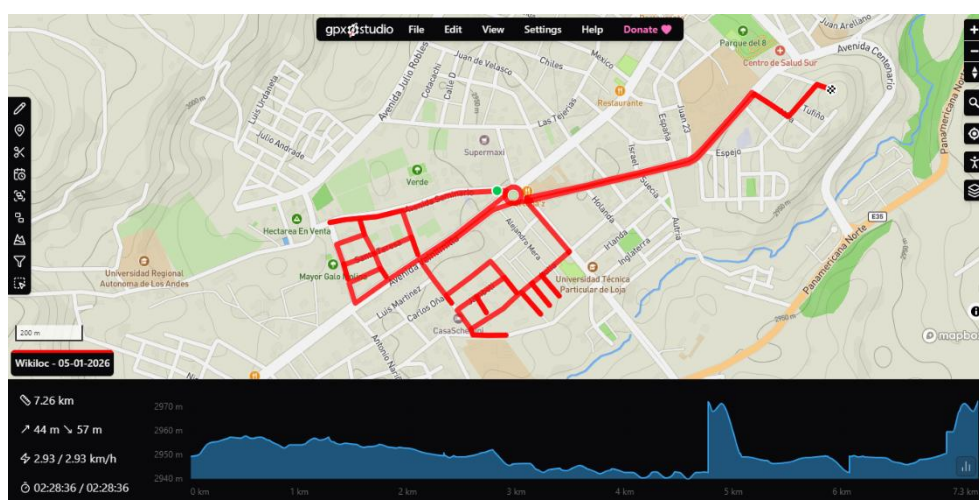


Figura 6. Ruta de distribución de GLP — Viaje 05/01/2026 (8,44 km).

La Figura 6 muestra el recorrido del 05 de enero con una cobertura bastante amplia para la distancia registrada. Aunque la entrega fue completa, el trazado sigue mostrando bucles y retrocesos en varios sectores, lo que confirma que el éxito en la entrega dependió más de la disponibilidad de los clientes que de una ruta optimizada.

4.1.1.2.4. Viaje 06/01/2026 — martes

El viaje del 06/01/2026 (martes) partió a las 13:37 y finalizó a las 16:32, con una duración total de 2h 55min. Se recorrieron 9.97 km dentro de la zona 17. El vehículo CBL-0379 salió cargado con 130 cilindros: 104 fueron entregados puerta a puerta a los 74 clientes domiciliarios de la zona 17, y los 26 cilindros restantes fueron trasladados al depósito temporal de la zona 17, completando la distribución del 100% de la carga sin sobrantes. Este viaje superó el límite normativo de las 16:30 establecido por el

ARCERNNR. El perfil altimétrico registró un desnivel de +117 m / -117 m. Los datos técnicos del registro GPS se presentan en la Tabla 11.

Tabla 11. Datos GPS del recorrido — Viaje 06/01/2026 (martes, zona 17)	
Parámetro GPS	Valor registrado
Fecha del viaje	06/01/2026
Día de la semana	Martes
Herramienta de registro	Wikiloc / GPX Studio
Distancia total recorrida (zona 17)	9.97 km
Desnivel positivo acumulado	+117 m
Desnivel negativo acumulado	-117 m
Hora de inicio de distribución	13:37
Hora de fin de distribución	16:32
Duración del recorrido	2h 55min
Cilindros cargados	130
Cilindros entregados puerta a puerta	104
Cilindros entregados en depósito temporal	26
Total, cilindros distribuidos	130
Cilindros sobrantes	0
Clientes atendidos (domicilio)	74
Altitud predominante	2.935 – 2.965 m s. n. m.

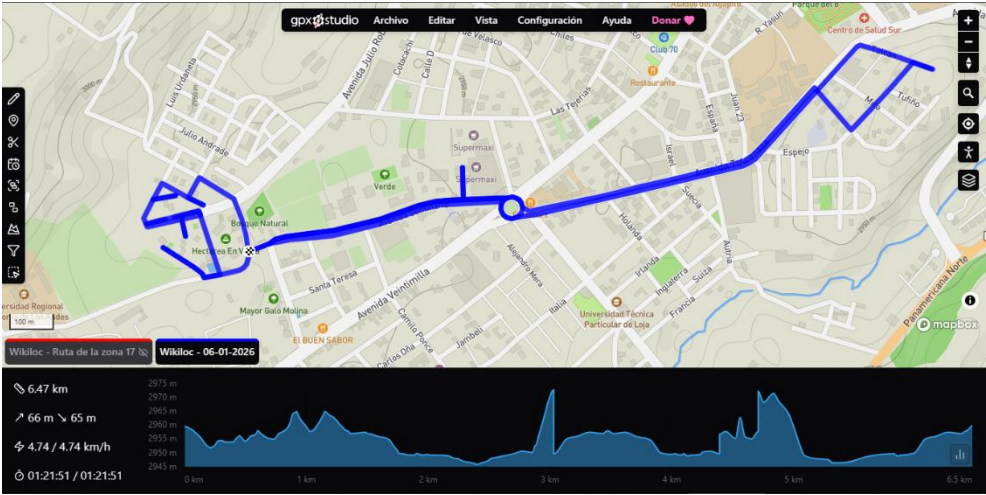


Figura 7. Ruta de distribución de GLP — Viaje 06/01/2026 (9,97 km).

En la Figura 7 se puede ver que el trazado del 06 de enero cubre una buena parte de la zona 17 y recorre sectores con mayor variación de altitud. Los bucles y retrocesos siguen presentes, especialmente en la zona central del mapa.

4.1.1.2.5. Viaje 07/01/2026 — miércoles

El viaje del 07/01/2026 (miércoles) partió a las 14:30 y finalizó a las 16:33, con una duración total de 2h 03min. Se recorrieron 6.41 km dentro de la zona 17. El vehículo CBL-0379 salió cargado con 130 cilindros: 104 fueron entregados puerta a puerta a los 71 clientes domiciliarios de la zona 17, y los 26 cilindros restantes fueron trasladados al depósito temporal de la zona 17, completando la distribución del 100% de la carga sin sobrantes. Este viaje superó el límite normativo de las 16:30 establecido por el ARCERNNR. El perfil altimétrico registró un desnivel de +108 m / -107 m. Los datos técnicos del registro GPS se presentan en la Tabla 12.

Tabla 12. Datos GPS del recorrido— Viaje 07/01/2026 (miércoles, zona 17)

Parámetro GPS	Valor registrado
Fecha del viaje	07/01/2026
Día de la semana	Miércoles
Herramienta de registro	Wikiloc / GPX Studio
Distancia total recorrida (zona 17)	6.41 km
Desnivel positivo acumulado	+108 m
Desnivel negativo acumulado	-107 m
Hora de inicio de distribución	14:30
Hora de fin de distribución	16:33
Duración del recorrido	2h 03min
Cilindros cargados	130
Cilindros entregados puerta a puerta	104
Cilindros entregados en depósito temporal	26
Total, cilindros distribuidos	130
Cilindros sobrantes	0
Clientes atendidos (domicilio)	71
Altitud predominante	2.935 – 2.965 m s. n. m.

Nota. Registro GPS Wikiloc 07/01/2026. Planilla de ventas VEPAGAS zona 17. Los 26 cilindros en depósito fueron entregados al depósito temporal de la zona 17 (0.800021, -77.726390).

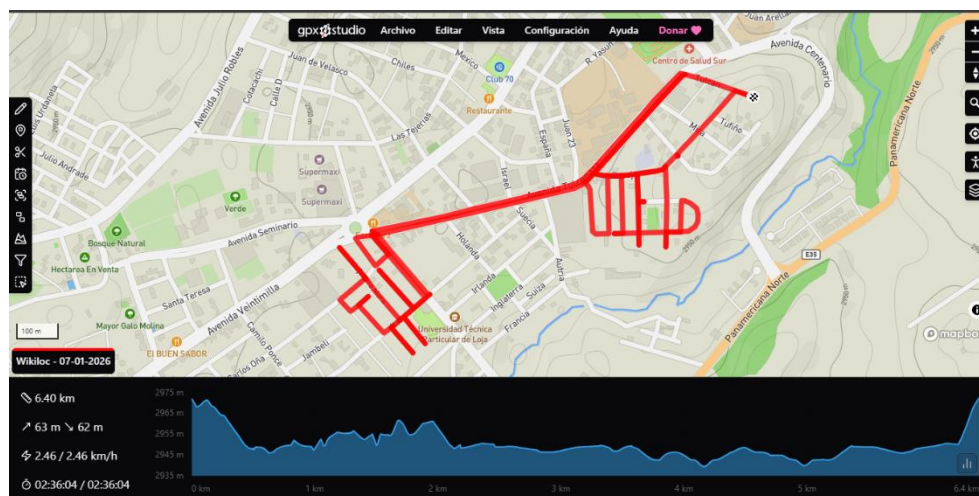


Figura 8. Ruta de distribución de GLP — Viaje 07/01/2026 (6,41 km).

La Figura 8 muestra el trazado del 07 de enero concentrado principalmente en el sector central y occidental de la zona 17. Los retrocesos sobre tramos ya recorridos son visibles especialmente en el lado izquierdo del mapa.

4.1.1.2.6. Viaje 08/01/2026 — jueves

El viaje del 08/01/2026 (jueves) partió a las 15:02 y finalizó a las 17:33, con una duración total de 2h 31min. Se recorrieron 7.99 km dentro de la zona 17. El vehículo CBL-0379 salió cargado con 130 cilindros: 104 fueron entregados puerta a puerta a los 78 clientes domiciliarios de la zona 17, y los 26 cilindros restantes fueron trasladados al depósito temporal de la zona 17, completando la distribución del 100% de la carga sin sobrantes. Este viaje superó el límite normativo de las 16:30 establecido por el ARCERNNR. El perfil altimétrico registró un desnivel de +87 m / -87 m. Los datos técnicos del registro GPS se presentan en la Tabla 13.

Tabla 13. Datos GPS del recorrido—Viaje 08/01/2026 (jueves, zona 17)

Parámetro GPS	Valor registrado
Fecha del viaje	08/01/2026
Día de la semana	Jueves
Herramienta de registro	Wikiloc / GPX Studio
Distancia total recorrida (zona 17)	7.99 km
Desnivel positivo acumulado	+87 m
Desnivel negativo acumulado	-87 m

Parámetro GPS	Valor registrado
Hora de inicio de distribución	15:02
Hora de fin de distribución	17:33
Duración del recorrido	2h 31min
Cilindros cargados	130
Cilindros entregados puerta a puerta	104
Cilindros entregados en depósito temporal	26
Total, cilindros distribuidos	130
Cilindros sobrantes	0
Clientes atendidos (domicilio)	78
Altitud predominante	2.935 – 2.965 m s. n. m.

Wikiloc 08/01/2026. Planilla de ventas VEPAGAS zona 17. Los 26 cilindros en depósito fueron entregados al depósito temporal de la zona 17 (0.800021, -77.726390).

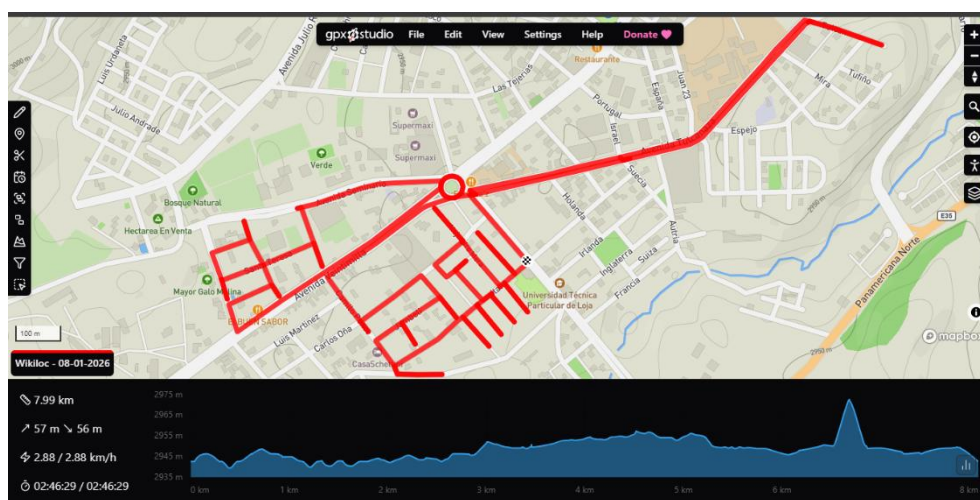


Figura 9. Ruta de distribución de GLP — Viaje 08/01/2026 (7,99 km). **Nota.** Registro GPS

El trazado del 08 de enero que se muestra en la Figura 9 presenta una distribución más uniforme en la zona 17 con menos variación de altitud que los viajes anteriores. los retrocesos en los sectores central y sur siguen generando kilómetros que podrían eliminarse con una ruta optimizada.

4.1.1.2.7. Viaje 09/01/2026 — viernes (continúa 10/01)

El viaje del 09/01/2026 (viernes) partió a las 13:25 y finalizó a las 16:54, con una duración de 3h 29min. Se recorrieron 15,58 km dentro de la zona 17. El vehículo CBL-0379 salió cargado con 130 cilindros: 85 fueron entregados puerta a puerta a 69 clientes domiciliarios, y 26 cilindros fueron trasladados al depósito temporal de la zona 17, completando un total de 111 cilindros distribuidos. Al finalizar la jornada quedaron

19 cilindros sobrantes que fueron continuados al día siguiente. Los datos técnicos del registro GPS se presentan en la Tabla 14.

Tabla 14. Datos GPS del recorrido— Viaje 09/01/2026 (viernes, zona 17)

Parámetro GPS	Valor registrado
Fecha del viaje	09/01/2026
Día de la semana	Viernes
Herramienta de registro	Wikiloc / GPX Studio
Distancia total recorrida (zona 17)	15.58 km
Desnivel positivo acumulado	+200 m
Desnivel negativo acumulado	−214 m
Hora de inicio de distribución	13:25
Hora de fin de distribución	16:54
Duración del recorrido	3h 29min
Cilindros cargados	130
Cilindros entregados puerta a puerta	85
Cilindros entregados en depósito temporal	26
Total, cilindros distribuidos	111
Cilindros sobrantes	19
Clientes atendidos (domicilio)	69
Altitud predominante	2.935 – 2.965 m s. n. m.

Nota. Continuación del viaje iniciado el 09/01/2026. Cilindros sobrantes del día anterior utilizados como carga.

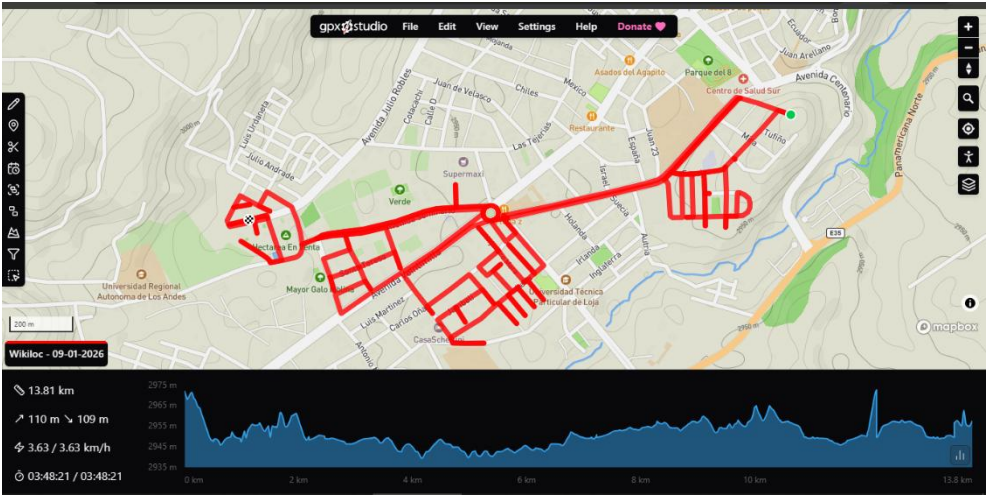


Figura 10. Ruta de distribución de GLP — Viaje 09/01/2026 (15,58 km).

La Figura 10 muestra el trazado completo del 09 de enero cubriendo la totalidad de la zona 17. Se observan los patrones de bucles y retrocesos en todos los cuadrantes

del mapa, especialmente en el sector central y nororiental, que son los que más contribuyen a los kilómetros improductivos del recorrido.

Continuación — 10 de enero de 2026 (sábado)

La continuación del viaje se realizó el 10/01/2026 (sábado), iniciando a las 09:42 y finalizando a las 10:13, con una duración de 0h 31min. El vehículo retomó la distribución con los 19 cilindros sobrantes del día anterior: los 19 cilindros fueron entregados puerta a puerta a 14 clientes domiciliarios, completando el viaje con 0 sobrantes finales. La suma total de cilindros entregados a domicilio en los dos días fue de 104, más los 26 del depósito, totalizando 130 cilindros distribuidos del cupo MDF. Los datos técnicos se presentan en la Tabla 15.

Tabla 15. Continuación — Viaje 10/01/2026 (sábado).

Parámetro GPS	Valor registrado
Fecha del viaje	10/01/2026
Día de la semana	Sábado (cont.)
Herramienta de registro	Wikiloc / GPX Studio
Distancia total recorrida (zona 17)	No disponible
Desnivel positivo acumulado	+200 m
Desnivel negativo acumulado	-214 m
Hora de inicio de distribución	09:42
Hora de fin de distribución	10:13
Duración del recorrido	0h 31min
Cilindros cargados	19
Cilindros entregados puerta a puerta	19
Cilindros entregados en depósito temporal	—
Total, cilindros distribuidos	19
Cilindros sobrantes	0
Clientes atendidos (domicilio)	14
Altitud predominante	2.935 – 2.965 m s. n. m.

Nota. Registro GPS Wikiloc 09/01/2026. Planilla de ventas VEPAGAS zona 17. Los 26 cilindros en depósito fueron entregados al depósito temporal de la zona 17 (0.800021, -77.726390).

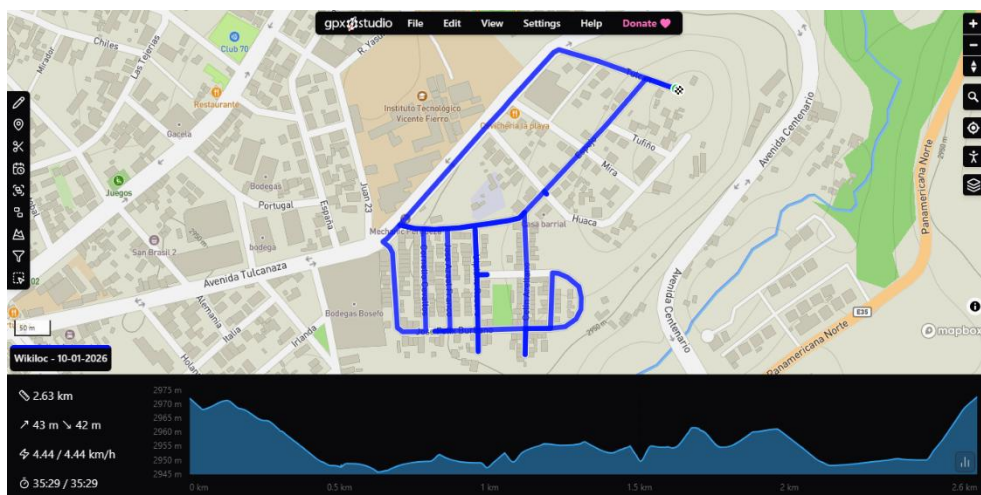


Figura 11. Ruta de continuación — Viaje 10 de enero de 2026 (2,63 km).

La Figura 11 muestra el trazado del 10 de enero, el viaje de continuación del día anterior. El recorrido corto y concentrado en un sector reducido confirma que quedaban pocas entregas pendientes, pero igual implicó una salida adicional del vehículo con sus costos asociados.

4.1.1.2.8. Viaje 13/01/2026 — martes

El viaje del 13/01/2026 (martes) partió a las 13:40 y finalizó a las 18:17, con una duración total de 4h 37min. Se recorrieron 15.64 km dentro de la zona 17. El vehículo CBL-0379 salió cargado con 130 cilindros: 104 fueron entregados puerta a puerta a los 87 clientes domiciliarios de la zona 17, y los 26 cilindros restantes fueron trasladados al depósito temporal de la zona 17, completando la distribución del 100% de la carga sin sobrantes. Este viaje superó el límite normativo de las 16:30 establecido por el ARCERNNR. El perfil altimétrico registró un desnivel de +171 m / -171 m. Los datos técnicos del registro GPS se presentan en la Tabla 17.

Tabla 16. Datos GPS del recorrido— Viaje 13/01/2026 (martes, zona 17)

Parámetro GPS	Valor registrado
Fecha del viaje	13/01/2026
Día de la semana	Martes
Herramienta de registro	Wikiloc / GPX Studio
Distancia total recorrida (zona 17)	15.64 km
Desnivel positivo acumulado	+171 m
Desnivel negativo acumulado	-171 m
Hora de inicio de distribución	13:40
Hora de fin de distribución	18:17
Duración del recorrido	4h 37min

Parámetro GPS	Valor registrado
Cilindros cargados	130
Cilindros entregados puerta a puerta	104
Cilindros entregados en depósito temporal	26
Total, cilindros distribuidos	130
Cilindros sobrantes	0
Clientes atendidos (domicilio)	87
Altitud predominante	2.935 – 2.965 m s. n. m.

Nota. Registro GPS Wikiloc 13/01/2026. Planilla de ventas VEPAGAS zona 17. Los 26 cilindros en depósito fueron entregados al depósito temporal de la zona 17 (0.800021, -77.726390).

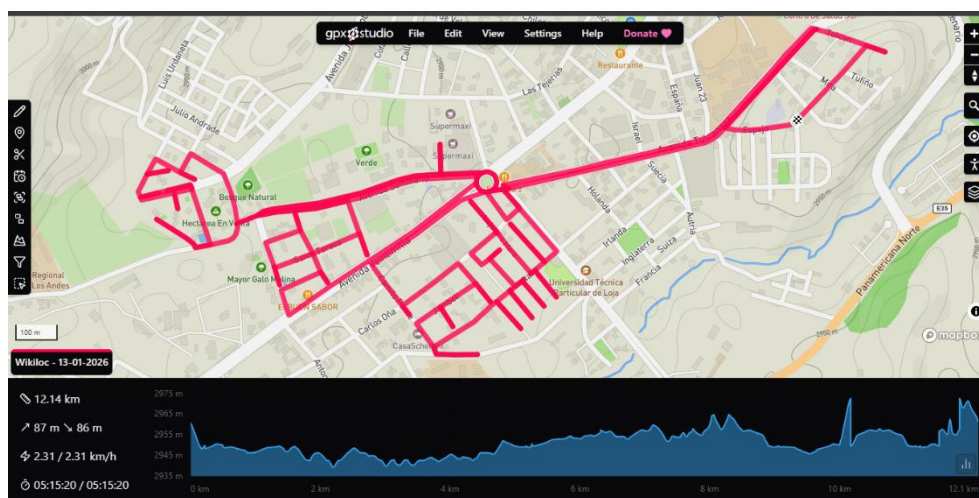


Figura 12. Ruta de distribución de GLP — Viaje 13/01/2026 (15,64 km).

El trazado del 13 de enero que aparece en la Figura 12 es el más extenso del mes y cubre toda la zona 17. La densidad de bucles y retrocesos, especialmente en el sector central y oriental, evidencia que la secuencia de entregas no sigue ningún criterio de optimización geográfica formal.

4.1.1.2.9. Viaje 16/01/2026 — viernes

El viaje del 16/01/2026 (viernes) partió a las 09:29 y finalizó a las 14:39, con una duración total de 5h 10min. Se recorrieron 8.82 km dentro de la zona 17. El vehículo CBL-0379 salió cargado con 130 cilindros: 104 fueron entregados puerta a puerta a los 80 clientes domiciliarios de la zona 17, y los 26 cilindros restantes fueron trasladados al depósito temporal de la zona 17, completando la distribución del 100% de la carga sin sobrantes. El perfil altimétrico registró un desnivel de +84 m / -72 m. Los datos técnicos del registro GPS se presentan en la Tabla 18.

Tabla 17. Datos GPS del recorrido— Viaje 16/01/2026 (viernes, zona 17)

Parámetro GPS	Valor registrado
Fecha del viaje	16/01/2026
Día de la semana	Viernes
Herramienta de registro	Wikiloc / GPX Studio
Distancia total recorrida (zona 17)	13.81 km
Desnivel positivo acumulado	+84 m
Desnivel negativo acumulado	-72 m
Hora de inicio de distribución	09:29
Hora de fin de distribución	14:39
Duración del recorrido	5h 10min
Cilindros cargados	130
Cilindros entregados puerta a puerta	104
Cilindros entregados en depósito temporal	26
Total, cilindros distribuidos	130
Cilindros sobrantes	0
Cientes atendidos (domicilio)	80
Altitud predominante	2.935 – 2.965 m s. n. m.

Nota. Registro GPS Wikiloc 16/01/2026. Planilla de ventas VEPAGAS zona 17. Los 26 cilindros en depósito fueron entregados al depósito temporal de la zona 17 (0.800021, -77.726390).

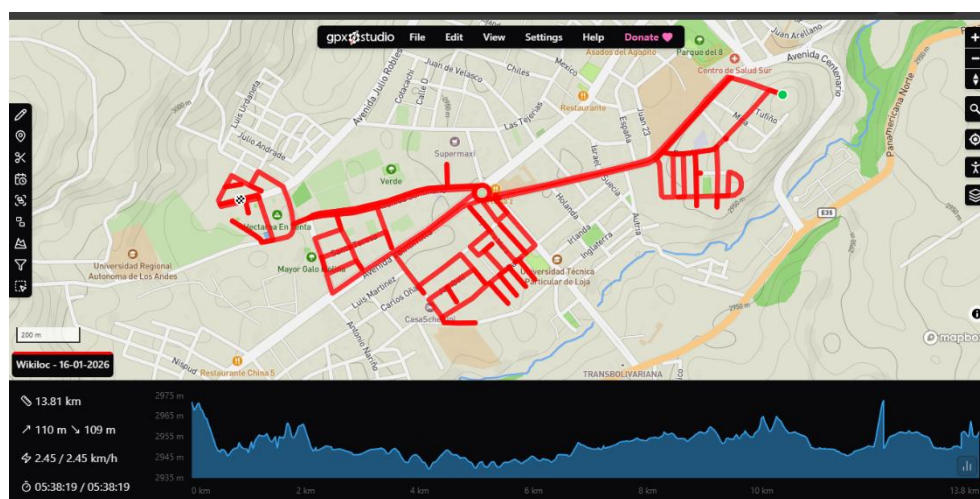


Figura 13. Ruta de distribución de GLP — Viaje 16/01/2026 (13.81 km).

La Figura 13 muestra la ruta del viaje más largo en duración del mes. El trazado cubre toda la zona 17 y los retrocesos son especialmente visibles en el sector central y en el extremo nororiental, que son los puntos donde el conductor tiene que desandar camino para alcanzar clientes dispersos.

4.1.1.2.10. Viaje 19/01/2026 — lunes (continúa 20/01)

El viaje del 19/01/2026 (lunes) partió a las 09:15 y finalizó a las 12:23, con una duración de 3h 08min. El vehículo CBL-0379 salió cargado con 130 cilindros: 44 fueron entregados puerta a puerta a 48 clientes domiciliarios, y 26 cilindros fueron trasladados al depósito temporal de la zona 17, totalizando 70 cilindros distribuidos. Al finalizar la jornada quedaron 60 cilindros sobrantes que fueron continuados al día siguiente. Los datos técnicos del registro GPS se presentan en la Tabla 19.

Tabla 18. Datos GPS del recorrido— Viaje 19/01/2026 (lunes, zona 17)

Parámetro GPS	Valor registrado
Fecha del viaje	19/01/2026
Día de la semana	Lunes
Herramienta de registro	Wikiloc / GPX Studio
Distancia total recorrida (zona 17)	15,58 km
Desnivel positivo acumulado	+ 200 m
Desnivel negativo acumulado	- 214 m
Hora de inicio de distribución	09:15
Hora de fin de distribución	12:23
Duración del recorrido	3h 08min
Cilindros cargados	130
Cilindros entregados puerta a puerta	44
Cilindros entregados en depósito temporal	26
Total, cilindros distribuidos	70
Cilindros sobrantes	60
Clientes atendidos (domicilio)	48
Altitud predominante	2.935 – 2.965 m s. n. m.

Nota. Continuación del viaje iniciado el 19/01/2026. Cilindros sobrantes del día anterior utilizados como carga.

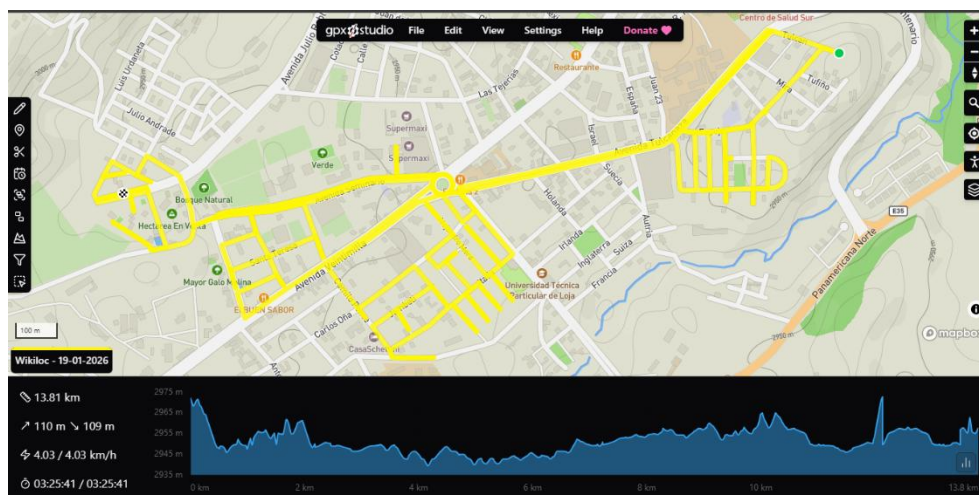


Figura 14. Ruta de distribución de GLP — Viaje 19/01/2026 (15,58 km).

La Figura 14 muestra el trazado del 19 de enero con cobertura amplia de la zona 17. Al ser el primer día de un viaje de dos jornadas, el recorrido cubre principalmente un sector de la zona dejando el resto para el día siguiente.

Continuación — 20 de enero de 2026 (martes)

La continuación del viaje se realizó el 20/01/2026 (martes), iniciando a las 08:51 y finalizando a las 12:21, con una duración de 3h 30min. El vehículo retomó la distribución con los 60 cilindros sobrantes del día anterior: 60 cilindros fueron entregados puerta a puerta a 41 clientes domiciliarios, cerrando el viaje con 0 sobrantes finales. La suma total de cilindros entregados a domicilio en los dos días fue de 104, más los 26 del depósito, totalizando 130 cilindros distribuidos del cupo MDF. Los datos técnicos se presentan en la Tabla 19.

Tabla 19. Continuación — Viaje 20/01/2026 (martes).

Parámetro GPS	Valor registrado
Fecha del viaje	20/01/2026
Día de la semana	Martes (cont.)
Herramienta de registro	Wikiloc / GPX Studio
Distancia total recorrida (zona 17)	15,58 km
Desnivel positivo acumulado	+ 200 m
Desnivel negativo acumulado	- 214 m
Hora de inicio de distribución	08:51
Hora de fin de distribución	12:21
Duración del recorrido	3h 30min

Parámetro GPS	Valor registrado
Cilindros cargados	60
Cilindros entregados puerta a puerta	60
Cilindros entregados en depósito temporal	—
Total, cilindros distribuidos	60
Cilindros sobrantes	0
Clientes atendidos (domicilio)	41
Altitud predominante	2.935 – 2.965 m s. n. m.

Nota. Registro GPS Wikiloc 19/01/2026. Planilla de ventas VEPAGAS zona 17. Los 26 cilindros en depósito fueron entregados al depósito temporal de la zona 17 (0.800021, -77.726390).

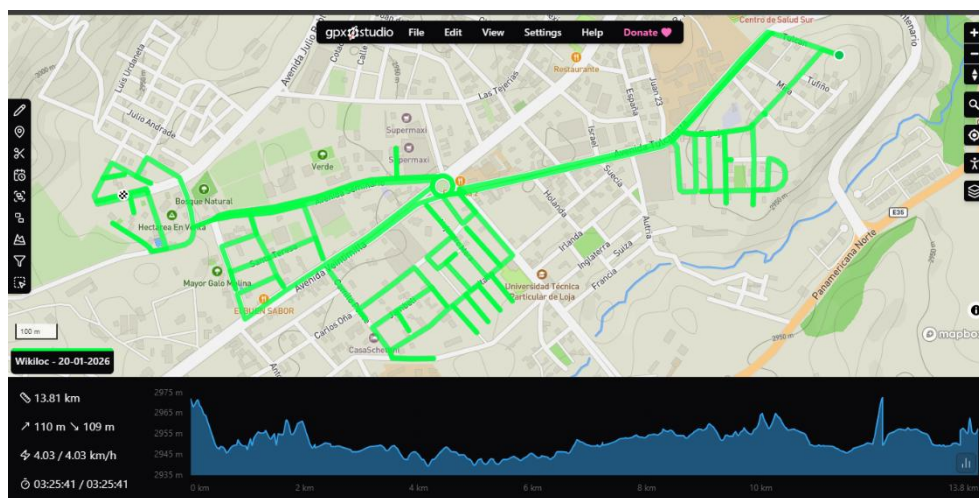


Figura 15. Ruta de continuación — Viaje 20 de enero de 2026 (15,58 km).

La Figura 15 corresponde al 20 de enero y muestra la segunda parte del recorrido. El trazado cubre los sectores que quedaron pendientes el día anterior, completando así la cobertura total de la zona 17 entre los dos días.

4.1.1.2.11. Viaje 23/01/2026 — viernes (continúa 24/01)

El viaje del 23/01/2026 (viernes) partió a las 09:03 y finalizó a las 12:41, con una duración de 3h 38min. El vehículo CBL-0379 salió cargado con 130 cilindros: 88 fueron entregados puerta a puerta a 68 clientes domiciliarios, y 26 cilindros fueron trasladados al depósito temporal de la zona 17, totalizando 114 cilindros distribuidos. Al finalizar la jornada quedaron 16 cilindros sobrantes que fueron continuados al día siguiente. Los datos técnicos del registro GPS se presentan en la Tabla 20

Tabla 20. Datos GPS del recorrido —Viaje 23/01/2026 (viernes, zona 17)

Parámetro GPS	Valor registrado
Fecha del viaje	23/01/2026
Día de la semana	Viernes
Herramienta de registro	Wikiloc / GPX Studio
Distancia total recorrida (zona 17)	15,58 km
Desnivel positivo acumulado	+ 200 m
Desnivel negativo acumulado	- 214 m
Hora de inicio de distribución	09:03
Hora de fin de distribución	12:41
Duración del recorrido	3h 38min
Cilindros cargados	130
Cilindros entregados puerta a puerta	88
Cilindros entregados en depósito temporal	26
Total, cilindros distribuidos	114
Cilindros sobrantes	16
Clientes atendidos (domicilio)	68
Altitud predominante	2.935 – 2.965 m s. n. m.

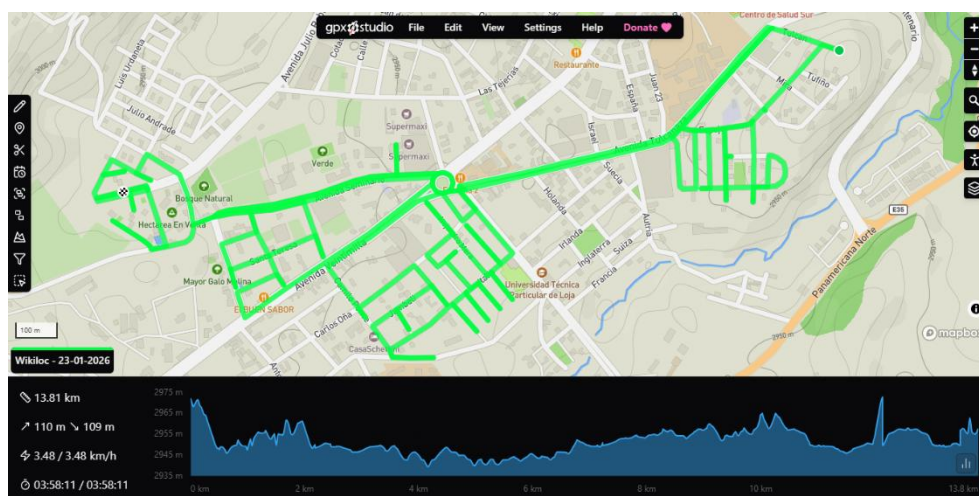


Figura 16. Ruta de distribución de GLP — Viaje 23/01/2026 (15,58 km).

La Figura 16 muestra el trazado del 23 de enero cubriendo la mayor parte de la zona 17. Los bucles y retrocesos presentes en el mapa son coherentes con los demás viajes completos del mes.

Continuación — 24 de enero de 2026 (sábado)

El viaje del 23/01/2026 (viernes) partió a las 09:03 y finalizó a las 12:41, con una duración de 3h 38min. El vehículo CBL-0379 salió cargado con 130 cilindros: 88 fueron

entregados puerta a puerta a 68 clientes domiciliarios, y 26 cilindros fueron trasladados al depósito temporal de la zona 17, totalizando 114 cilindros distribuidos. Al finalizar la jornada quedaron 16 cilindros sobrantes que fueron continuados al día siguiente. Los datos técnicos del registro GPS se presentan en la Tabla 21.

Tabla 21. Datos GPS del recorrido— Viaje 23/01/2026 (viernes, zona 17)

Parámetro GPS	Valor registrado
Fecha del viaje	23/01/2026
Día de la semana	Viernes
Herramienta de registro	Wikiloc / GPX Studio
Distancia total recorrida (zona 17)	15,58 km
Desnivel positivo acumulado	+ 200 m
Desnivel negativo acumulado	- 214 m
Hora de inicio de distribución	09:03
Hora de fin de distribución	12:41
Duración del recorrido	3h 38min
Cilindros cargados	130
Cilindros entregados puerta a puerta	88
Cilindros entregados en depósito temporal	26
Total, cilindros distribuidos	114
Cilindros sobrantes	16
Cientes atendidos (domicilio)	68
Altitud predominante	2.935 – 2.965 m s. n. m.

Nota. Continuación del viaje iniciado el 23/01/2026. Cilindros sobrantes del día anterior utilizados como carga.

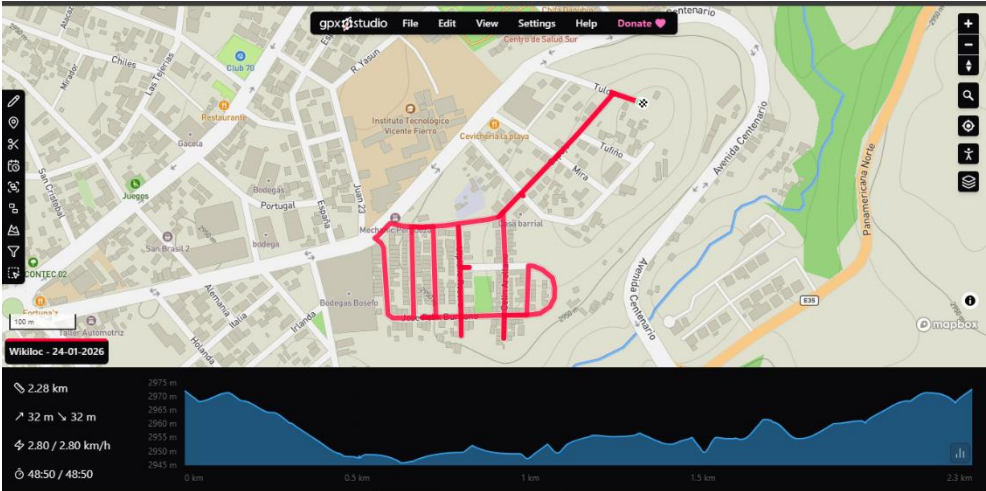


Figura 17. Ruta de continuación — Viaje 24 de enero de 2026 (2,29 km).

La Figura 17 corresponde al viaje corto del 24 de enero, concentrado en el pequeño sector donde quedaban las entregas pendientes del día anterior. Es uno de los recorridos más pequeños del mes, pero igual implicó una salida adicional del camión.

4.1.1.2.12. Viaje 27/01/2026 — martes

El viaje del 27/01/2026 (martes) partió a las 10:24 y finalizó a las 14:07, con una duración total de 3h 43min. El vehículo CBL-0379 salió cargado con 130 cilindros: 104 fueron entregados puerta a puerta a los 86 clientes domiciliarios de la zona 17, y los 26 cilindros restantes fueron trasladados al depósito temporal de la zona 17, completando la distribución del 100% de la carga sin sobrantes. Los datos técnicos del registro GPS se presentan en la Tabla 22.

Tabla 22. Datos GPS del recorrido—Viaje 27/01/2026 (martes, zona 17)

Parámetro GPS	Valor registrado
Fecha del viaje	27/01/2026
Día de la semana	Martes
Herramienta de registro	Wikiloc / GPX Studio
Distancia total recorrida (zona 17)	15,58 km
Desnivel positivo acumulado	+ 200 m
Desnivel negativo acumulado	- 214 m
Hora de inicio de distribución	10:24
Hora de fin de distribución	14:07
Duración del recorrido	3h 43min
Cilindros cargados	130
Cilindros entregados puerta a puerta	104
Cilindros entregados en depósito temporal	26
Total, cilindros distribuidos	130
Cilindros sobrantes	0
Clientes atendidos (domicilio)	86
Altitud predominante	2.935 – 2.965 m s. n. m.

Nota. Registro GPS Wikiloc 27/01/2026. Planilla de ventas VEPAGAS zona 17. Los 26 cilindros en depósito fueron entregados al depósito temporal de la zona 17 (0.800021, -77.726390).

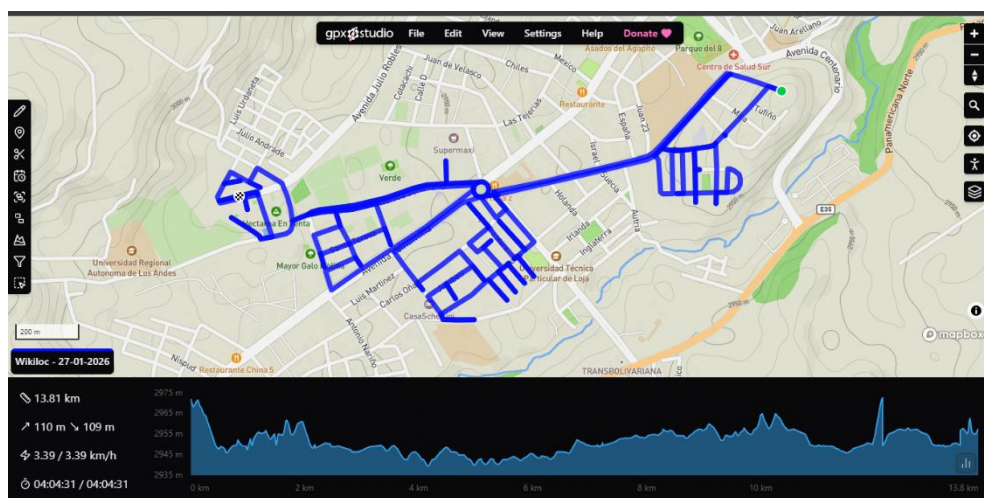


Figura 18. Ruta de distribución de GLP — Viaje 27/01/2026 (15,58 km).

En la Figura 18 se puede ver el trazado del 27 de enero cubriendo toda la zona 17, con los bucles y retrocesos habituales en los sectores central y nororiental. El patrón es consistente con los demás viajes completos del mes, lo que confirma que el conductor sigue una lógica de recorrido similar en cada jornada.

4.1.1.2.13. Viaje 29/01/2026 — jueves

El viaje del 29/01/2026 (jueves) partió a las 09:41 y finalizó a las 13:44, con una duración total de 4h 03min. Se recorrieron 13.81 km dentro de la zona 17. El vehículo CBL-0379 salió cargado con 100 cilindros: 80 fueron entregados puerta a puerta a los 65 clientes domiciliarios de la zona 17, y los 20 cilindros restantes fueron trasladados al depósito temporal de la zona 17, completando la distribución del 100% de la carga sin sobrantes. El perfil altimétrico registró un desnivel de +110 m / -109 m. Los datos técnicos del registro GPS se presentan en la Tabla 23.

Tabla 23. Datos GPS del recorrido —Viaje 29/01/2026 (jueves, zona 17)

Parámetro GPS	Valor registrado
Fecha del viaje	29/01/2026
Día de la semana	Jueves
Herramienta de registro	Wikiloc / GPX Studio
Distancia total recorrida (zona 17)	13.81 km
Desnivel positivo acumulado	+110 m
Desnivel negativo acumulado	-109 m
Hora de inicio de distribución	09:41
Hora de fin de distribución	13:44

Parámetro GPS	Valor registrado
Duración del recorrido	4h 03min
Cilindros cargados	100
Cilindros entregados puerta a puerta	80
Cilindros entregados en depósito temporal	20
Total, cilindros distribuidos	100
Cilindros sobrantes	0
Clientes atendidos (domicilio)	65
Altitud predominante	2.935 – 2.965 m s. n. m.

Nota. Registro GPS Wikiloc 29/01/2026. Planilla de ventas VEPAGAS zona 17. Los 20 cilindros en depósito fueron entregados al depósito temporal de la zona 17 (0.800021, -77.726390).

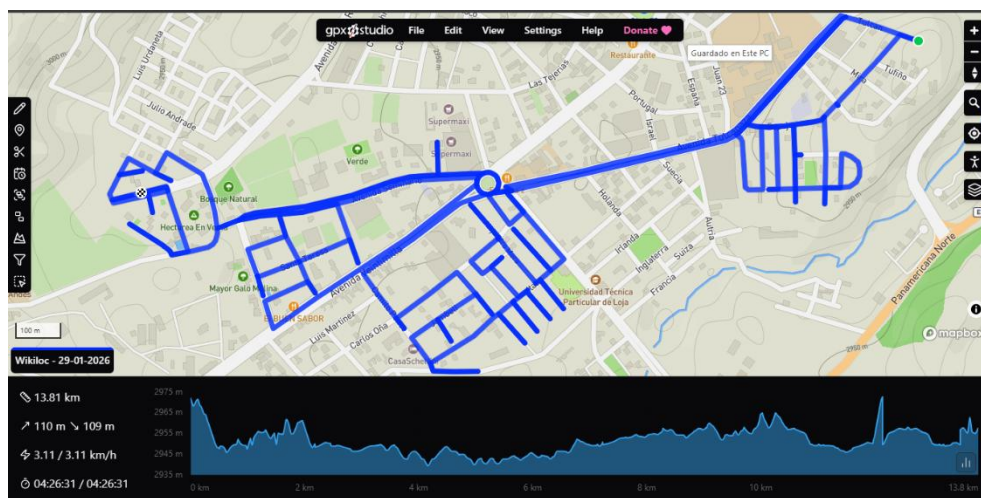


Figura 19. Ruta de distribución de GLP — Viaje 29/01/2026 (13,81 km).

La Figura 19 muestra el trazado del último viaje del mes, con cobertura total de la zona 17. El patrón de bucles y retrocesos es consistente con los demás viajes completos de enero, pero en este caso la baja tasa de entrega (79,2%) sugiere que muchos puntos del recorrido no encontraron clientes disponibles.

4.1.1.3. Diagnóstico de rutas -febrero 2026

El mes de febrero de 2026 registró 13 viajes de distribución, todos con carga de 130 cilindros, excepto el viaje del 27 de febrero que salió con 100 cilindros. El 6 de febrero se realizaron dos viajes en la misma jornada (AM y PM). Al igual que en enero, la distribución de cada viaje se realizó en dos modalidades: 104 cilindros entregados puerta a puerta a los clientes domiciliarios de la zona 17, y 26 cilindros entregados al depósito temporal de la zona 17; el viaje del 27 de febrero, con carga de 100 cilindros, distribuyó 80 a domicilio y 20 en depósito. Bajo esta estructura, todos los 13 viajes de febrero alcanzaron eficiencia del 100%, sin sobrantes. El total distribuido en febrero fue de 1.660 cilindros: 1.352 a domicilio y 308 en depósito. El promedio de clientes domiciliarios atendidos fue de 74,8 por viaje.

Tabla 24. Registro de operaciones de distribución — febrero 2026

N°	Fecha	Día	Carga (cil.)	Entregados domicilios	Entregados depósitos	Total, entregados	Sobrantes (cil.)	Clientes dom.	H. Inicio	H. Fin	Duració n total	Dist. GPS (km)	Efic. (%)
14	03/02/2026	Martes	130	104	26	130	0	63	08:21	09:23	1h 02min	1.61 km	100.0%
15	04/02/2026	Miércoles	130	104	26	130	0	71	08:30	10:41	2h 11min	5.80 km	100.0%
16	05/02/2026	Jueves	130	104	26	130	0	75	08:24	10:48	2h 24min	6.27 km	100.0%
17	06/02/2026 AM	Viernes	130	104	26	130	0	79	08:22	11:03	2h 41min	6.89 km	100.0%
18	06/02/2026 PM	Viernes	130	104	26	130	0	77	13:21	15:09	1h 48min	8.47 km	100.0%
19	10/02/2026	Martes	130	104	26	130	0	85	10:39	13:44	3h 05min	6.45 km	100.0%
20	12/02/2026	Jueves	130	104	26	130	0	80	13:28	17:07	3h 39min	13.63 km	100.0%
21	13/02/2026	Viernes	130	65	26	91	39	61	13:46	16:33	2h 47min	8.26 km	70.0%
21	14/02/2026	Sábado (cont.)	39	39	—	39	0	23	08:17	09:55	1h 38min	—	100.0%
22	16/02/2026	Lunes	130	104	26	130	0	77	10:28	14:35	4h 07min	20.36 km	100.0%
23	18/02/2026	Miércoles	130	42	26	68	62	52	09:39	13:12	3h 33min	15.58 km	52.3%
23	19/02/2026	Jueves (cont.)	62	53	—	53	9	36	09:53	15:58	6h 05min	—	85.5%
23	21/02/2026	Sábado (cont.)	11	9	—	9	2	7	12:04	12:20	0h 16min	—	81.8%
24	23/02/2026	Lunes	130	83	26	109	21	75	10:14	16:04	5h 50min	12.14 km	83.8%
24	24/02/2026	Martes (cont.)	21	21	—	21	0	12	09:35	10:30	0h 55min	—	100.0%
25	25/02/2026	Miércoles	130	104	26	130	0	77	10:09	15:42	5h 33min	—	100.0%
26	27/02/2026	Viernes	100	80	20	100	0	60	09:42	13:27	3h 45min	10.02 km	100.0%
TOT AL	13 viajes	—	1660	1328	332	1660	0	932	—	—	42h 25min	115.48 km	100,0%

Nota. Registros de ventas de VEPAGAS (2026) — zona 17. Celdas en naranja = cilindros entregados en depósito temporal zona 17. Celdas en verde = total distribuido (domicilio + depósito = carga total, eficiencia 100%). Celdas en rojo en H. Fin = fin de jornada posterior a las 16:30.

4.1.1.3.1. Viaje 03/02/2026 — martes

El viaje del 03/02/2026 (martes) se realizó entre las 08:21 y las 09:23, con una duración total de 1h 02min. Se recorrieron 1.61 km dentro de la zona 17. El vehículo CBL-0379 cargó 130 cilindros: 104 fueron entregados puerta a puerta a 63 clientes domiciliarios, y los 26 cilindros restantes fueron trasladados al depósito temporal de la zona 17, logrando el 100% de distribución sin sobrantes. Los datos técnicos se presentan en la Tabla 25.

Tabla 25. Datos GPS del recorrido— Viaje 03/02/2026 (martes, zona 17)

Parámetro GPS	Valor registrado
Fecha del viaje	03/02/2026
Día de la semana	Martes
Herramienta de registro	Wikiloc / GPX Studio
Distancia total recorrida (zona 17)	1.61 km
Desnivel positivo acumulado	+ 43 m
Desnivel negativo acumulado	- 54 m
Hora de inicio de distribución	08:21
Hora de fin de distribución	09:23
Duración del recorrido	1h 02min
Cilindros cargados	130
Cilindros entregados puerta a puerta	104
Cilindros entregados en depósito temporal	26
Total, cilindros distribuidos	130
Cilindros sobrantes	0
Clientes atendidos (domicilio)	63
Altitud predominante	2.935 – 2.965 m s. n. m.

Nota. Planilla de ventas VEPAGAS zona 17 — 03/02/2026. Registro GPS Wikiloc disponible. Los 26 cilindros en depósito fueron entregados al depósito temporal de la zona 17.

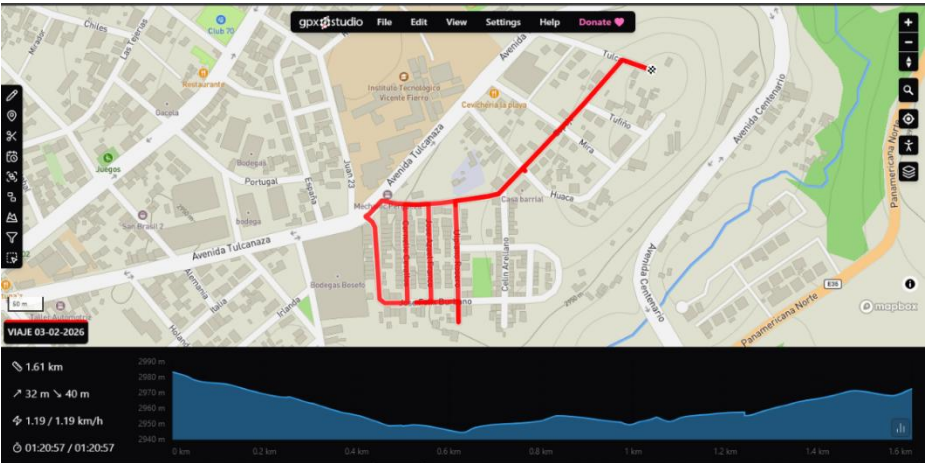


Figura 20.Ruta de distribución de GLP — Viaje 03/02/2026 (1,61 km).

La Figura 20 muestra un recorrido muy corto y concentrado en un sector pequeño de la zona 17. Es un viaje claramente parcial que no logró cubrir toda la demanda del día, lo que explica los 25 cilindros sobrantes.

4.1.1.3.2. Viaje 04/02/2026 — miércoles

El viaje del 04/02/2026 (miércoles) se realizó entre las 08:30 y las 10:41, con una duración total de 2h 11min. Se recorrieron 5.80 km dentro de la zona 17. El vehículo CBL-0379 cargó 130 cilindros: 104 fueron entregados puerta a puerta a 71 clientes domiciliarios, y los 26 cilindros restantes fueron trasladados al depósito temporal de la zona 17, logrando el 100% de distribución sin sobrantes. Los datos técnicos se presentan en la Tabla 26.

Tabla 26. Datos GPS del recorrido—Viaje 04/02/2026 (miércoles, zona 17)

Parámetro GPS	Valor registrado
Fecha del viaje	04/02/2026
Día de la semana	Miércoles
Herramienta de registro	Wikiloc / GPX Studio
Distancia total recorrida (zona 17)	5.80 km
Desnivel positivo acumulado	+ 113 m
Desnivel negativo acumulado	- 124 m
Hora de inicio de distribución	08:30
Hora de fin de distribución	10:41
Duración del recorrido	2h 11min
Cilindros cargados	130
Cilindros entregados puerta a puerta	104
Cilindros entregados en depósito temporal	26
Total, cilindros distribuidos	130
Cilindros sobrantes	0
Clientes atendidos (domicilio)	71
Altitud predominante	2.935 – 2.965 m s. n. m.

Nota. Planilla de ventas VEPAGAS zona 17 — 04/02/2026. Registro GPS Wikiloc disponible. Los 26 cilindros en depósito fueron entregados al depósito temporal de la zona 17.

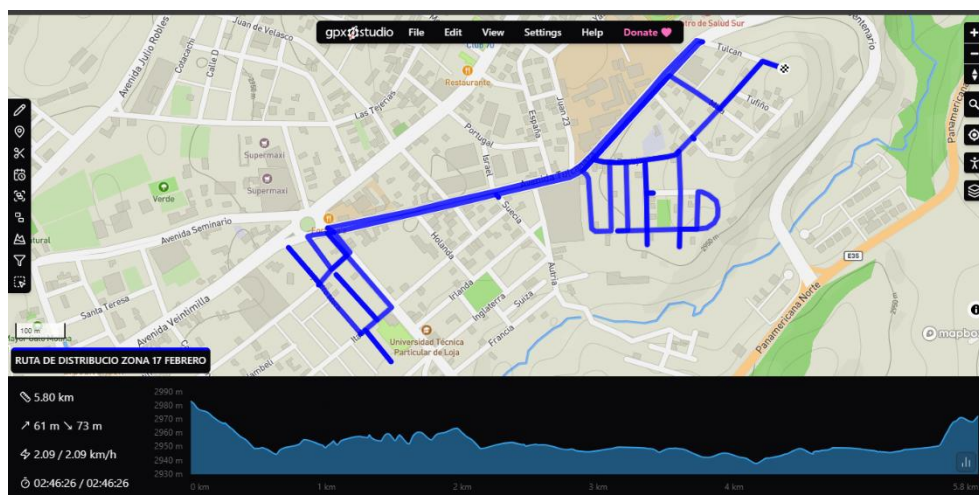


Figura 21. Ruta de distribución de GLP — Viaje 04/02/2026 (5,80 km)

La Figura 21 muestra un trazado que cubre un sector más amplio que el del 03 de febrero, con retrocesos visibles en el sector central. El patrón de bucles es coherente con la planificación empírica del conductor.

4.1.1.3.3. Viaje 05/02/2026 — jueves

El viaje del 05/02/2026 (jueves) se realizó entre las 08:24 y las 10:48, con una duración total de 2h 24min. Se recorrieron 6.27 km dentro de la zona 17. El vehículo CBL-0379 cargó 130 cilindros: 104 fueron entregados puerta a puerta a 75 clientes domiciliarios, y los 26 cilindros restantes fueron trasladados al depósito temporal de la zona 17, logrando el 100% de distribución sin sobrantes. Los datos técnicos se presentan en la Tabla 27.

Tabla 27. Datos GPS del recorrido —05/02/2026 (jueves, zona 17)

Parámetro GPS	Valor registrado
Fecha del viaje	05/02/2026
Día de la semana	Jueves
Herramienta de registro	Wikiloc / GPX Studio
Distancia total recorrida (zona 17)	6.27 km
Desnivel positivo acumulado	+ 88 m
Desnivel negativo acumulado	- 62 m
Hora de inicio de distribución	08:24
Hora de fin de distribución	10:48
Duración del recorrido	2h 24min
Cilindros cargados	130
Cilindros entregados puerta a puerta	104

Parámetro GPS	Valor registrado
Cilindros entregados en depósito temporal	26
Total, cilindros distribuidos	130
Cilindros sobrantes	0
Clientes atendidos (domicilio)	75
Altitud predominante	2.935 – 2.965 m s. n. m.

Nota. Planilla de ventas VEPAGAS zona 17 — 05/02/2026. Registro GPS Wikiloc disponible. Los 26 cilindros en depósito fueron entregados al depósito temporal de la zona 17.

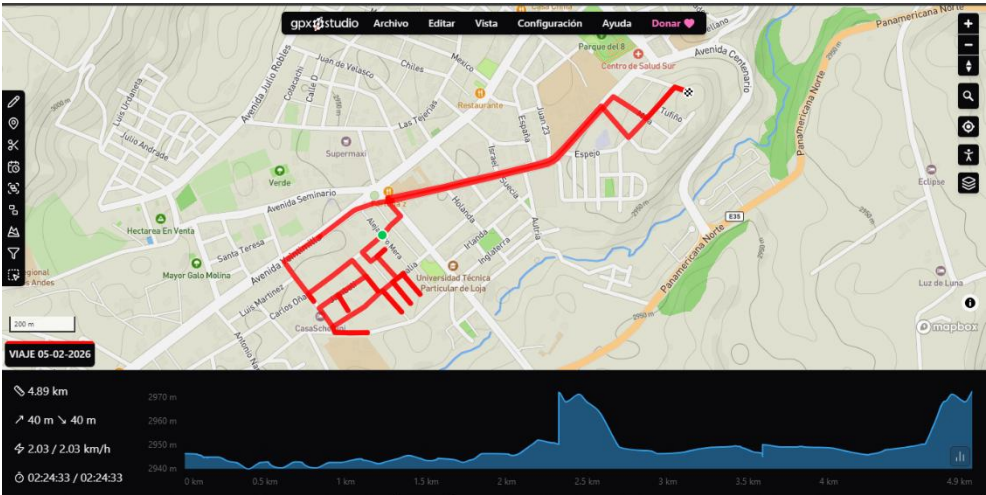


Figura 22. Ruta de distribución de GLP — Viaje 05/02/2026 (6,27 km).

En la Figura 22 se puede ver que el trazado del 05 de febrero tiene una cobertura más uniforme que los días anteriores. Los bucles siguen presentes pero la distribución geográfica es más ordenada.

4.1.1.3.4. Viaje 06/02/2026 — viernes (doble jornada: AM y PM)

El viaje del 06/02/2026 AM (viernes) se realizó entre las 08:22 y las 11:03, con una duración total de 2h 41min. Se recorrieron 6.89 km dentro de la zona 17. El vehículo CBL-0379 cargó 130 cilindros: 104 fueron entregados puerta a puerta a 79 clientes domiciliarios, y los 26 cilindros restantes fueron trasladados al depósito temporal de la zona 17, logrando el 100% de distribución sin sobrantes. Los datos técnicos se presentan en la Tabla 28.

Tabla 28. Datos GPS del recorrido— Viaje 06/02/2026 AM (viernes, zona 17)	
Parámetro GPS	Valor registrado
Fecha del viaje	06/02/2026 AM
Día de la semana	Viernes
Herramienta de registro	Wikiloc / GPX Studio
Distancia total recorrida (zona 17)	6.89 km

Desnivel positivo acumulado	+ 90 m
Desnivel negativo acumulado	- 87 m
Hora de inicio de distribución	08:22
Hora de fin de distribución	11:03
Duración del recorrido	2h 41min
Cilindros cargados	130
Cilindros entregados puerta a puerta	104
Cilindros entregados en depósito temporal	26
Total, cilindros distribuidos	130
Cilindros sobrantes	0
Clientes atendidos (domicilio)	79
Altitud predominante	2.935 – 2.965 m s. n. m.

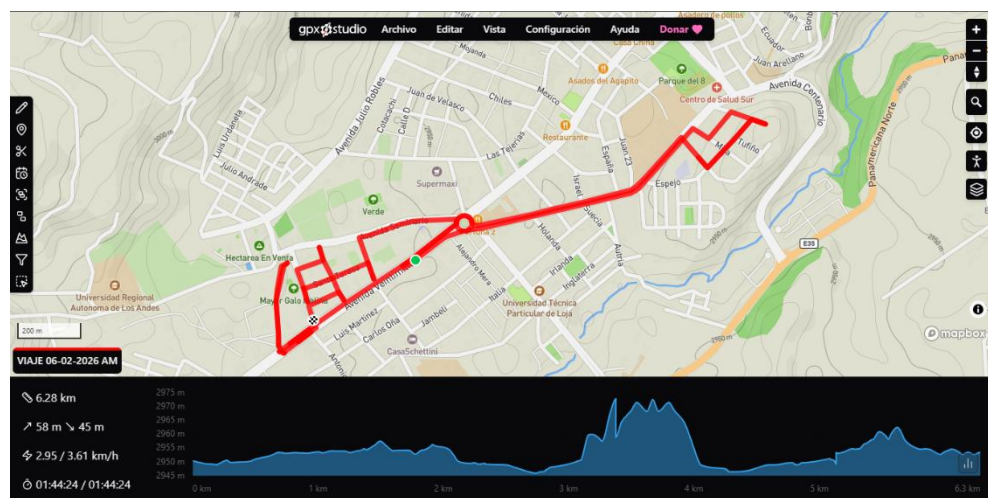


Figura 23. Ruta de distribución de GLP — Viaje 06/02/2026 AM (6,89 km).

La Figura 23 muestra el trazado de la jornada matutina del 06 de febrero. El recorrido cubre un sector definido de la zona 17 con los bucles habituales en el sector central.

Viaje 06/02/2026 PM — viernes

El viaje del 06/02/2026 PM (viernes) se realizó entre las 13:21 y las 15:09, con una duración total de 1h 48min. Se recorrieron 8,47 km dentro de la zona 17. Este es el único viaje del bimestre enero-febrero 2026 que registró eficiencia del 100% en la distribución domiciliaria: los 130 cilindros cargados fueron distribuidos en su totalidad, 104 puerta a puerta y 26 al depósito temporal, sin ningún cilindro sobrante.

Tabla 29. Datos GPS del recorrido— Viaje 06/02/2026 PM (viernes, zona 17)

Parámetro GPS	Valor registrado
Fecha del viaje	06/02/2026 PM
Día de la semana	Viernes
Herramienta de registro	Wikiloc / GPX Studio
Distancia total recorrida (zona 17)	8,47 km
Desnivel positivo acumulado	+ 152 m
Desnivel negativo acumulado	- 150 m
Hora de inicio de distribución	13:21
Hora de fin de distribución	15:09
Duración del recorrido	1h 48min
Cilindros cargados	130
Cilindros entregados puerta a puerta	104
Cilindros entregados en depósito temporal	26
Total, cilindros distribuidos	130
Cilindros sobrantes	0
Clientes atendidos (domicilio)	77
Altitud predominante	2.935 – 2.965 m s. n. m.

Nota. Planilla de ventas VEPAGAS zona 17 — 06/02/2026 PM. Registro GPS Wikiloc disponible. Los 26 cilindros en depósito fueron entregados al depósito temporal de la zona 17 (0.800021, -77.726390).

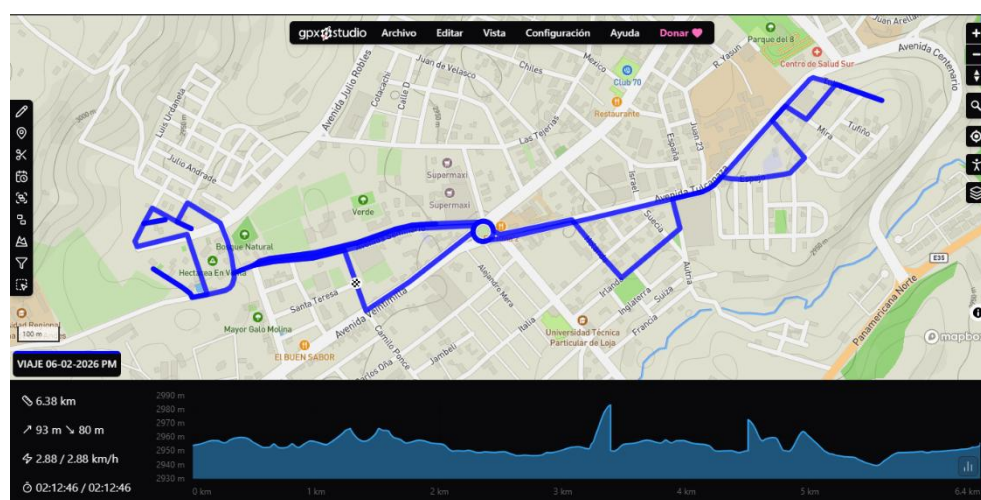


Figura 24. Ruta de distribución de GLP — Viaje 06/02/2026 PM (8,47 km).

La Figura 24 muestra el trazado de la jornada vespertina del 06 de febrero, el más extenso entre los viajes de su rango de distancia. El desnivel pronunciado confirma que este recorrido pasó por los sectores con mayor pendiente de la zona 17.

4.1.1.3.5. Viaje 10/02/2026 — martes

El viaje del 10/02/2026 (martes) se realizó entre las 10:39 y las 13:44, con una duración total de 3h 05min. Se recorrieron 6,45 km dentro de la zona 17. El vehículo CBL-0379 cargó 130 cilindros: 104 fueron entregados puerta a puerta a 85 clientes domiciliarios el mayor número de clientes atendidos del mes y 26 cilindros fueron trasladados al depósito temporal, completando el 100% del cupo MDF sin sobrantes.

Tabla 30. Datos GPS del recorrido —Viaje 10/02/2026 (martes, zona 17)

Parámetro GPS	Valor registrado
Fecha del viaje	10/02/2026
Día de la semana	Martes
Herramienta de registro	Wikiloc / GPX Studio
Distancia total recorrida (zona 17)	6.45 km
Desnivel positivo acumulado	+ 152 m
Desnivel negativo acumulado	- 150 m
Hora de inicio de distribución	10:39
Hora de fin de distribución	13:44
Duración del recorrido	3h 05min
Cilindros cargados	130
Cilindros entregados puerta a puerta	104
Cilindros entregados en depósito temporal	26
Total, cilindros distribuidos	130
Cilindros sobrantes	0
Clientes atendidos (domicilio)	85
Altitud predominante	2.935 – 2.965 m s. n. m.

Nota. Planilla de ventas VEPAGAS zona 17 — 10/02/2026. Registro GPS Wikiloc disponible. Los 26 cilindros en depósito fueron entregados al depósito temporal de la zona 17 (0.800021, -77.726390).

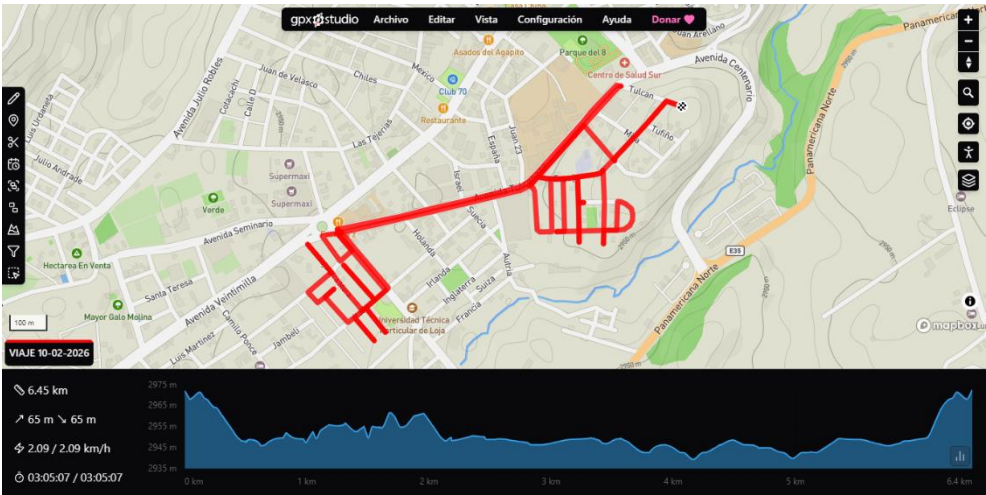


Figura 25.Ruta de distribución de GLP — Viaje 10/02/2026 (6,45 km).

La Figura 25 muestra el trazado del 10 de febrero con una cobertura concentrada en el sector central de la zona 17. Los retrocesos son visibles pero el recorrido mantiene una lógica de aproximación geográfica básica entre los puntos de entrega.

4.1.1.3.6. Viaje 12/02/2026 — jueves

El viaje del 12/02/2026 (jueves) se realizó entre las 13:28 y las 17:07, con una duración total de 3h 39min. Se recorrieron 13,63 km dentro de la zona 17. El vehículo CBL-0379 cargó 130 cilindros: 104 fueron entregados puerta a puerta a 81 clientes domiciliarios, y 26 cilindros fueron trasladados al depósito temporal, completando el 100% del cupo MDF sin sobrantes.

Tabla 31. Datos GPS del recorrido —Viaje 12/02/2026 (jueves, zona 17)

Parámetro GPS	Valor registrado
Fecha del viaje	12/02/2026
Día de la semana	Jueves
Herramienta de registro	Wikiloc / GPX Studio
Distancia total recorrida (zona 17)	13,63 km
Desnivel positivo acumulado	+ 178 m
Desnivel negativo acumulado	- 179 m
Hora de inicio de distribución	13:28
Hora de fin de distribución	17:07
Duración del recorrido	3h 39min
Cilindros cargados	130
Cilindros entregados puerta a puerta	104
Cilindros entregados en depósito temporal	26
Total, cilindros distribuidos	130
Cilindros sobrantes	0
Clientes atendidos (domicilio)	81
Altitud predominante	2.935 – 2.965 m s. n. m.

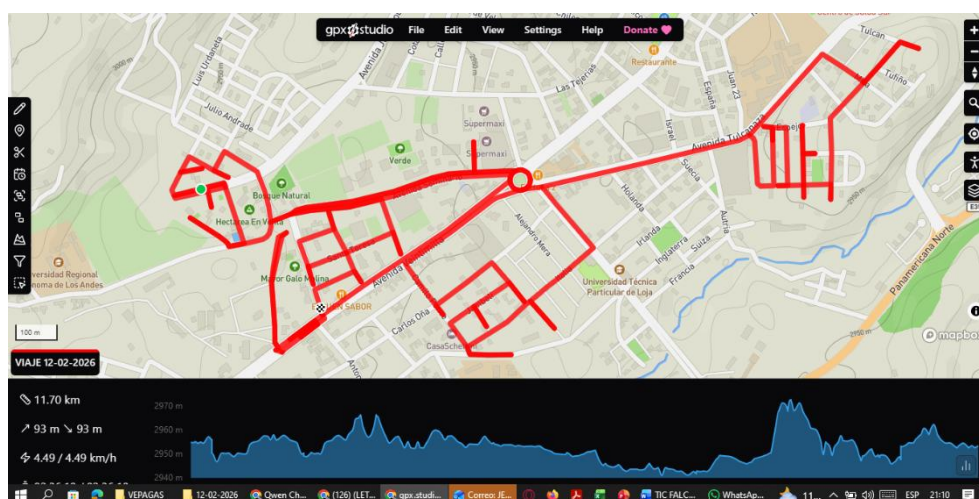


Figura 26.Ruta de distribución de GLP — Viaje 12/02/2026 (13,63 km).

La Figura 26 muestra un recorrido de cobertura amplia dentro de la zona 17. El trazado evidencia los bucles y retrocesos típicos del modelo empírico, especialmente en los sectores central y nororiental del mapa.

4.1.1.3.7. Viaje 13/02/2026 — viernes (continúa 14/02)

El viaje del 13/02/2026 (viernes) partió a las 13:46 y finalizó a las 16:33, con una duración de 2h 47min. Se recorrieron 8,26 km dentro de la zona 17. El vehículo CBL-0379 salió cargado con 130 cilindros: 65 fueron entregados puerta a puerta a 61 clientes domiciliarios, y 26 cilindros fueron trasladados al depósito temporal, totalizando 91 cilindros distribuidos. Al finalizar la jornada quedaron 39 cilindros sobrantes que fueron continuados al día siguiente. Los datos técnicos se presentan en la Tabla 32.

Tabla 32. Datos GPS del recorrido— Viaje 13/02/2026 (viernes, zona 17)

Parámetro GPS	Valor registrado
Fecha del viaje	13/02/2026
Día de la semana	Viernes
Herramienta de registro	Wikiloc / GPX Studio
Distancia total recorrida (zona 17)	8.26 km
Desnivel positivo acumulado	+ 136 m
Desnivel negativo acumulado	- 147 m
Hora de inicio de distribución	13:46
Hora de fin de distribución	16:33

Parámetro GPS	Valor registrado
Duración del recorrido	2h 47min
Cilindros cargados	130
Cilindros entregados puerta a puerta	65
Cilindros entregados en depósito temporal	26
Total, cilindros distribuidos	91
Cilindros sobrantes	39
Clientes atendidos (domicilio)	61
Altitud predominante	2.935 – 2.965 m s. n. m.

Nota. Continuación del viaje iniciado el 13/02/2026. Cilindros sobrantes del día anterior utilizados como carga para el día 2.

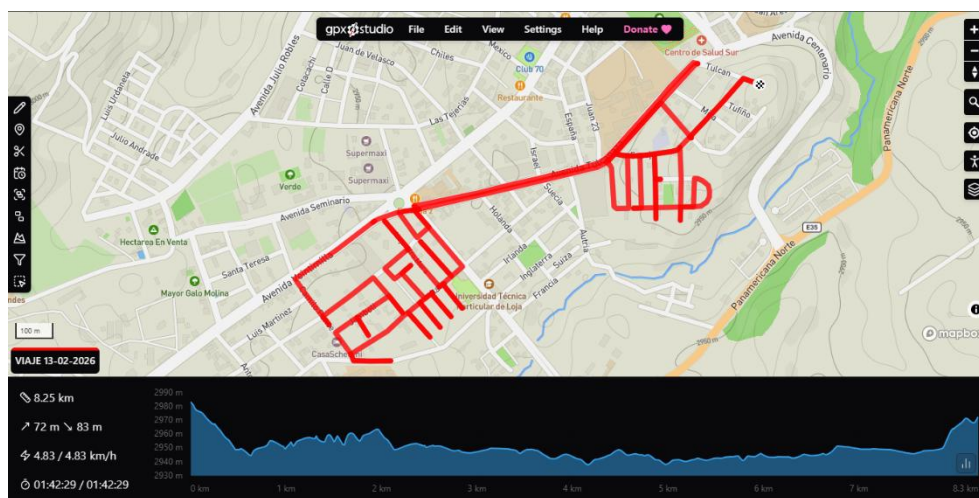


Figura 27.Ruta de distribución de GLP — Viaje 13/02/2026 (8,26 km).

La Figura 27 muestra el trazado del 13 de febrero con cobertura parcial de la zona 17. Se observan los sectores cubiertos durante esa jornada, dejando el resto para completar al día siguiente.

Continuación — 14 de febrero de 2026 (sábado)

La continuación del viaje se realizó el 14/02/2026 (sábado), iniciando a las 08:17 y finalizando a las 09:55, con una duración de 1h 38min. El vehículo retomó la distribución con los 39 cilindros sobrantes del día anterior: 39 cilindros fueron entregados puerta a puerta a 23 clientes domiciliarios, cerrando el viaje con 0 sobrantes finales. La suma total de cilindros entregados a domicilio en los dos días fue de 104 (65 + 39), más los 26 del depósito, totalizando 130 cilindros del cupo MDF.

Tabla 33. Datos GPS — Continuación viaje 14/02/2026 (sábado, zona 17)

Parámetro GPS	Valor registrado
Fecha del viaje	14/02/2026
Día de la semana	Sábado (cont.)
Herramienta de registro	Wikiloc / GPX Studio
Distancia total recorrida (zona 17)	11,26 km
Desnivel positivo acumulado	+ 145 m
Desnivel negativo acumulado	- 144 m
Hora de inicio de distribución	08:17
Hora de fin de distribución	09:55
Duración del recorrido	1h 38min
Cilindros cargados	39
Cilindros entregados puerta a puerta	39
Cilindros entregados en depósito temporal	—
Total, cilindros distribuidos	39
Cilindros sobrantes	0
Clientes atendidos (domicilio)	23
Altitud predominante	2.935 – 2.965 m s. n. m.

Nota. Planilla de ventas VEPAGAS zona 17 — 13/02/2026. Registro GPS Wikiloc disponible. Los 26 cilindros en depósito fueron entregados en el día 1 (13/02/2026).

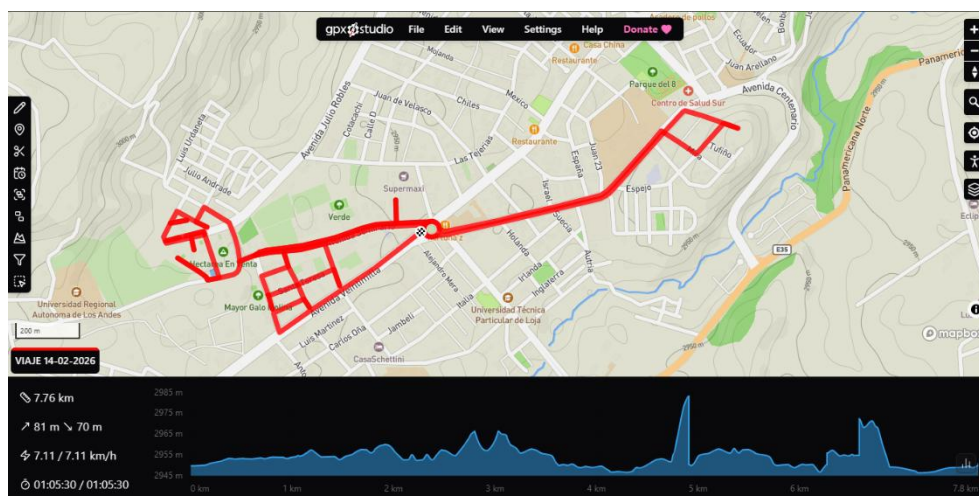


Figura 28. Ruta de distribución de GLP — Viaje 14/02/2026 (11,26 km).

La Figura 28 corresponde al recorrido de continuación del 14 de febrero. El trazado cubre los sectores que quedaron pendientes el viernes, completando la cobertura total de la zona 17 entre los dos días.

4.1.1.3.8. Viaje 16/02/2026 — lunes

El viaje del 16/02/2026 (lunes) se realizó entre las 10:28 y las 14:35, con una duración total de 4h 07min. Se recorrieron 20,36 km dentro de la zona 17. El vehículo CBL-0379 cargó 130 cilindros: 104 fueron entregados puerta a puerta a 77 clientes domiciliarios, y 26 cilindros fueron trasladados al depósito temporal, completando el 100% del cupo MDF sin sobrantes.

Tabla 34. Datos GPS del recorrido— Viaje 16/02/2026 (lunes, zona 17)

Parámetro GPS	Valor registrado
Fecha del viaje	16/02/2026
Día de la semana	Lunes
Herramienta de registro	Wikiloc / GPX Studio
Distancia total recorrida (zona 17)	20.36 km
Desnivel positivo acumulado	+ 298 m
Desnivel negativo acumulado	- 279 m
Hora de inicio de distribución	10:28
Hora de fin de distribución	14:35
Duración del recorrido	4h 07min
Cilindros cargados	130
Cilindros entregados puerta a puerta	104
Cilindros entregados en depósito temporal	26
Total, cilindros distribuidos	130
Cilindros sobrantes	0
Clientes atendidos (domicilio)	77
Altitud predominante	2.935 – 2.965 m s. n. m.

Nota. Planilla de ventas VEPAGAS zona 17 — 16/02/2026. Registro GPS Wikiloc disponible. Los 26 cilindros en depósito fueron entregados al depósito temporal de la zona 17 (0.800021, -77.726390).

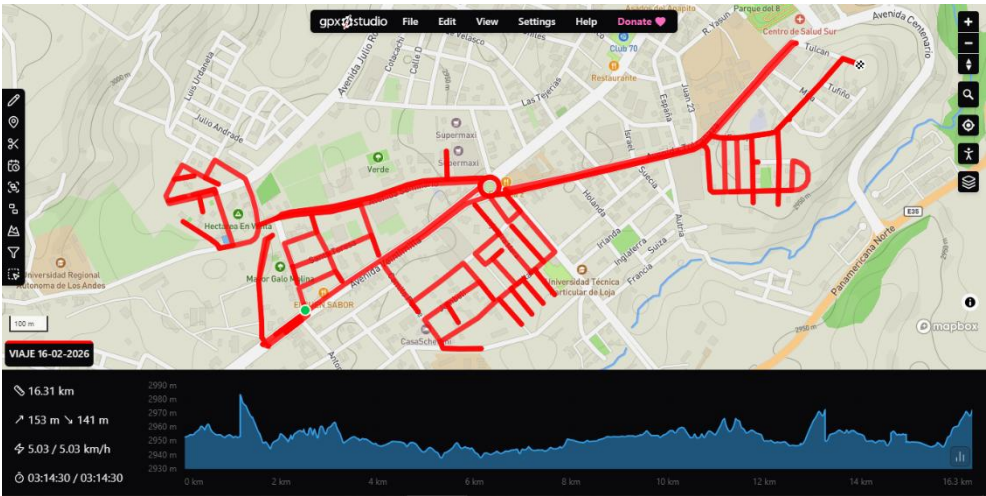


Figura 29.Ruta de distribución de GLP — Viaje 16/02/2026 (20,36 km).

La Figura 29 es la que muestra el trazado más extenso de todo el período. La cobertura abarca una zona geográfica notablemente más amplia que cualquier otro viaje, con un trazado que se extiende hacia sectores normalmente no cubiertos en una sola jornada. Los bucles y retrocesos son más pronunciados y distribuidos en toda la zona 17.

4.1.1.3.9. Viaje 18/02/2026 — miércoles (continúa 19 y 21/02)

El viaje del 18/02/2026 (miércoles) partió a las 09:39 y finalizó a las 13:12, con una duración de 3h 33min. Se recorrieron 15,58 km dentro de la zona 17. El vehículo CBL-0379 salió cargado con 130 cilindros: 42 fueron entregados puerta a puerta a 52 clientes domiciliarios, y 26 cilindros fueron trasladados al depósito temporal, totalizando 68 cilindros distribuidos. Al finalizar la jornada quedaron 62 cilindros sobrantes. Este viaje requirió tres días para completarse. Los datos técnicos se presentan en la Tabla 35.

Tabla 35. Datos GPS del recorrido— Viaje 18/02/2026 (miércoles, zona 17)

Parámetro GPS	Valor registrado
Fecha del viaje	18/02/2026
Día de la semana	Miércoles
Herramienta de registro	Wikiloc / GPX Studio
Distancia total recorrida (zona 17)	15.58 km
Desnivel positivo acumulado	+ 200 m
Desnivel negativo acumulado	- 214 m
Hora de inicio de distribución	09:39
Hora de fin de distribución	13:12
Duración del recorrido	3h 33min
Cilindros cargados	130
Cilindros entregados puerta a puerta	42
Cilindros entregados en depósito temporal	26
Total, cilindros distribuidos	68
Cilindros sobrantes	62
Clientes atendidos (domicilio)	52
Altitud predominante	2.935 – 2.965 m s. n. m.

Nota. Continuación del viaje iniciado el 18/02/2026. Cilindros sobrantes del día anterior utilizados como carga.

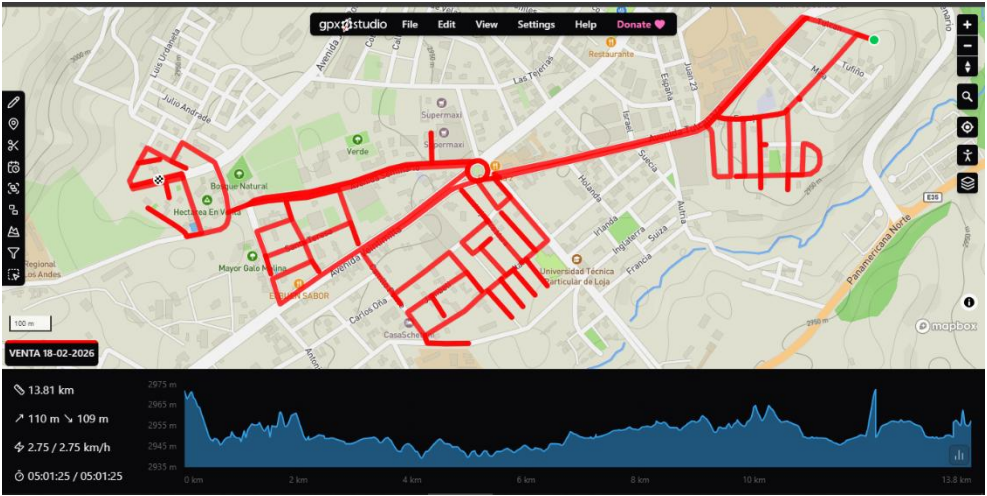


Figura 30.Ruta de distribución de GLP — Viaje 18/02/2026 (15,58 km).

La Figura 30 muestra el trazado del primer día del viaje del 18 de febrero, con cobertura amplia de la zona 17. El patrón de bucles y retrocesos es consistente con los demás viajes completos del período.

Continuación — 19 de febrero de 2026 (jueves)

La continuación del viaje se realizó el 19/02/2026 (jueves), iniciando a las 09:53 y finalizando a las 15:58, con una duración de 6h 05min. El vehículo retomó con los 62 cilindros sobrantes del día anterior: 53 fueron entregados puerta a puerta a 36 clientes, quedando 9 cilindros para la siguiente jornada.

Tabla 36. Datos GPS — Continuación viaje 19/02/2026 (jueves, zona 17)

Parámetro GPS	Valor registrado
Fecha del viaje	19/02/2026
Día de la semana	Jueves (cont.)
Herramienta de registro	Wikiloc / GPX Studio
Distancia total recorrida (zona 17)	20,36 km
Desnivel positivo acumulado	+ 298 m
Desnivel negativo acumulado	- 279 m
Hora de inicio de distribución	09:53
Hora de fin de distribución	15:58
Duración del recorrido	6h 05min

Cilindros cargados	62
Cilindros entregados puerta a puerta	53
Cilindros entregados en depósito temporal	—
Total, cilindros distribuidos	53
Cilindros sobrantes	9
Clientes atendidos (domicilio)	36
Altitud predominante	2.935 – 2.965 m s. n. m.

Nota. Segunda jornada del viaje iniciado el 18/02/2026. Carga = sobrantes del 18/02.

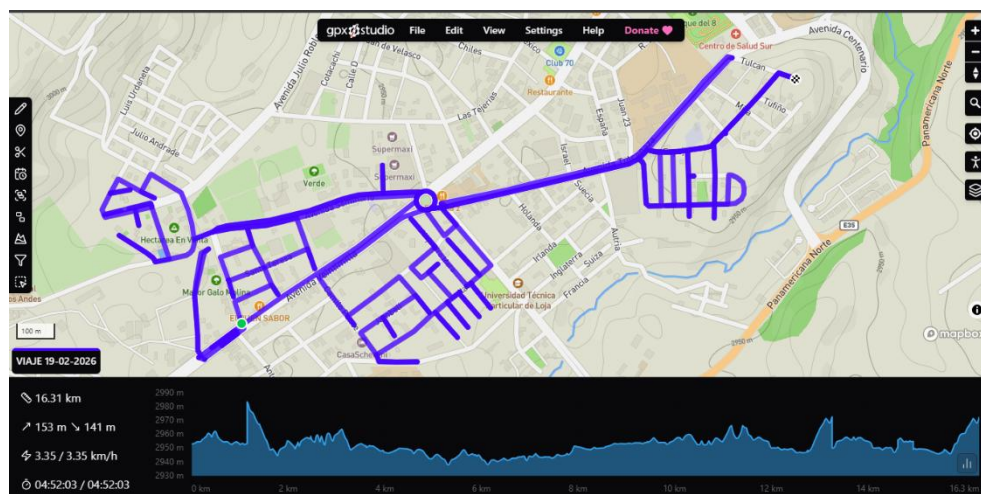


Figura 31. Ruta de distribución de GLP — Viaje 19/02/2026 (20,36 km).

La Figura 31 muestra el trazado del 19 de febrero, el más extenso en distancia de todo el período junto al del 16 de febrero. La cobertura es amplia y el recorrido alcanza sectores alejados de la zona 17.

Continuación — 21 de febrero de 2026 (sábado)

La segunda continuación del viaje se realizó el 21/02/2026 (sábado), iniciando a las 12:04 y finalizando a las 12:20, con una duración de 0h 16min. Con los 11 cilindros sobrantes del 19/02: 9 cilindros fueron entregados puerta a puerta a 7 clientes, cerrando el viaje con 2 sobrantes finales. La suma total de cilindros entregados a domicilio en los tres días fue de 104 (42 + 53 + 9), más los 26 del depósito.

Tabla 37.Datos GPS — Continuación viaje 21/02/2026 (sábado, zona 17)

Parámetro GPS	Valor registrado
Fecha del viaje	21/02/2026
Día de la semana	Sábado (cont.)
Herramienta de registro	Wikiloc / GPX Studio
Distancia total recorrida (zona 17)	1,61 km
Desnivel positivo acumulado	+ 44 m
Desnivel negativo acumulado	- 43 m
Hora de inicio de distribución	12:04
Hora de fin de distribución	12:20
Duración del recorrido	0h 16min
Cilindros cargados	11
Cilindros entregados puerta a puerta	9
Cilindros entregados en depósito temporal	—
Total, cilindros distribuidos	9
Cilindros sobrantes	2
Clientes atendidos (domicilio)	7
Altitud predominante	2.935 – 2.965 m s. n. m.

Nota. Tercera jornada del viaje iniciado el 18/02/2026. Carga = sobrantes del 19/02.

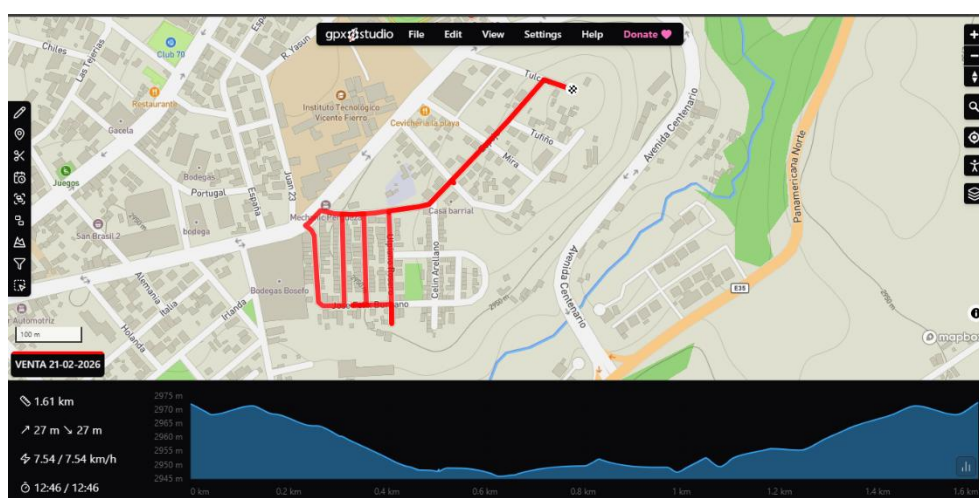


Figura 32.Ruta de distribución de GLP — Viaje 21/02/2026 (1,61 km).

La Figura 32 muestra el trazado mínimo del cierre del viaje del 21 de febrero: un recorrido de apenas 1,61 km en un sector muy reducido de la zona 17 donde se encontraban los últimos 7 clientes pendientes.

4.1.1.3.10. Viaje 23/02/2026 — lunes (continúa 24/02)

El viaje del 23/02/2026 (lunes) partió a las 10:14 y finalizó a las 16:04, con una duración de 5h 50min. Se recorrieron 12,14 km dentro de la zona 17. El vehículo CBL-0379 salió cargado con 130 cilindros: 83 fueron entregados puerta a puerta a 75 clientes

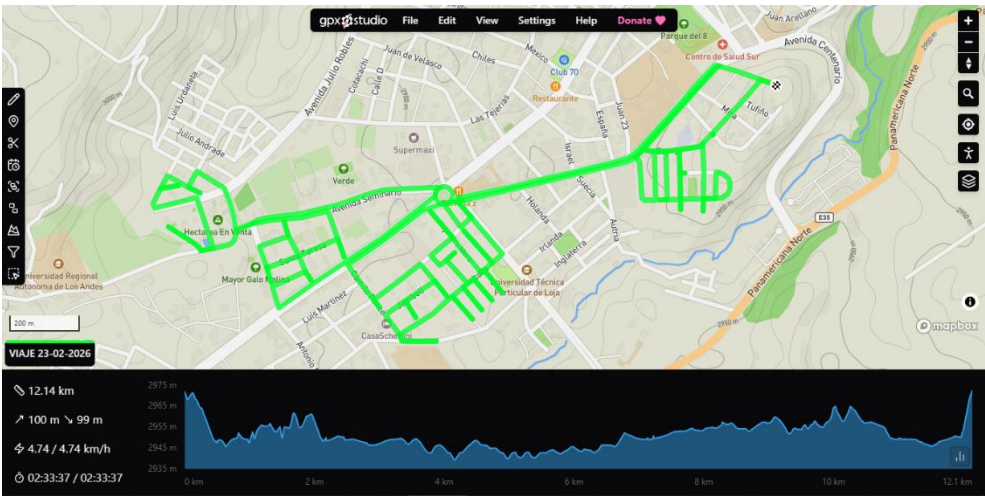
domiciliarios, y 26 cilindros fueron trasladados al depósito temporal, totalizando 109 cilindros distribuidos. Al finalizar la jornada quedaron 21 cilindros sobrantes que fueron continuados al día siguiente. Los datos técnicos se presentan en la Tabla 38.

Tabla 38. Datos GPS del recorrido— Viaje 23/02/2026 (lunes, zona 17)

Parámetro GPS	Valor registrado
Fecha del viaje	23/02/2026
Día de la semana	Lunes
Herramienta de registro	Wikiloc / GPX Studio
Distancia total recorrida (zona 17)	12.14 km
Desnivel positivo acumulado	+ 170 m
Desnivel negativo acumulado	- 169 m
Hora de inicio de distribución	10:14
Hora de fin de distribución	16:04
Duración del recorrido	5h 50min
Cilindros cargados	130
Cilindros entregados puerta a puerta	83
Cilindros entregados en depósito temporal	26
Total, cilindros distribuidos	109
Cilindros sobrantes	21
Clientes atendidos (domicilio)	75
Altitud predominante	2.935 – 2.965 m s. n. m.

Nota. Continuación del viaje iniciado el 23/02/2026. Cilindros sobrantes del día anterior utilizados como carga.

Figura 33.Ruta de distribución de GLP — Viaje 23/02/2026 (12,14 km).



La Figura 33 muestra el trazado del 23 de febrero con una cobertura amplia. Los bucles y retrocesos son visibles especialmente en el sector central del mapa.

Continuación — 24 de febrero de 2026 (martes)

La continuación del viaje se realizó el 24/02/2026 (martes), iniciando a las 09:35 y finalizando a las 10:30, con una duración de 0h 55min. El vehículo retomó la distribución con los 21 cilindros sobrantes del día anterior: 21 cilindros fueron entregados puerta a puerta a 12 clientes domiciliarios, cerrando el viaje con 0 sobrantes finales. La suma total de cilindros entregados a domicilio en los dos días fue de 104 (83 + 21), más los 26 del depósito, totalizando 130 cilindros del cupo MDF.

Tabla 39.Datos GPS — Continuación viaje 24/02/2026 (martes, zona 17)

Parámetro GPS	Valor registrado
Fecha del viaje	24/02/2026
Día de la semana	Martes (cont.)
Herramienta de registro	Wikiloc / GPX Studio
Distancia total recorrida (zona 17)	1,97 km
Desnivel positivo acumulado	+ 46 m
Desnivel negativo acumulado	- 58 m
Hora de inicio de distribución	09:35
Hora de fin de distribución	10:30
Duración del recorrido	0h 55min
Cilindros cargados	21
Cilindros entregados puerta a puerta	21
Cilindros entregados en depósito temporal	—
Total, cilindros distribuidos	21
Cilindros sobrantes	0
Clientes atendidos (domicilio)	12
Altitud predominante	2.935 – 2.965 m s. n. m.

Nota. Planilla de ventas VEPAGAS zona 17 — 23/02/2026. Registro GPS Wikiloc disponible. Los 26 cilindros en depósito fueron entregados en el día 1 (23/02/2026).

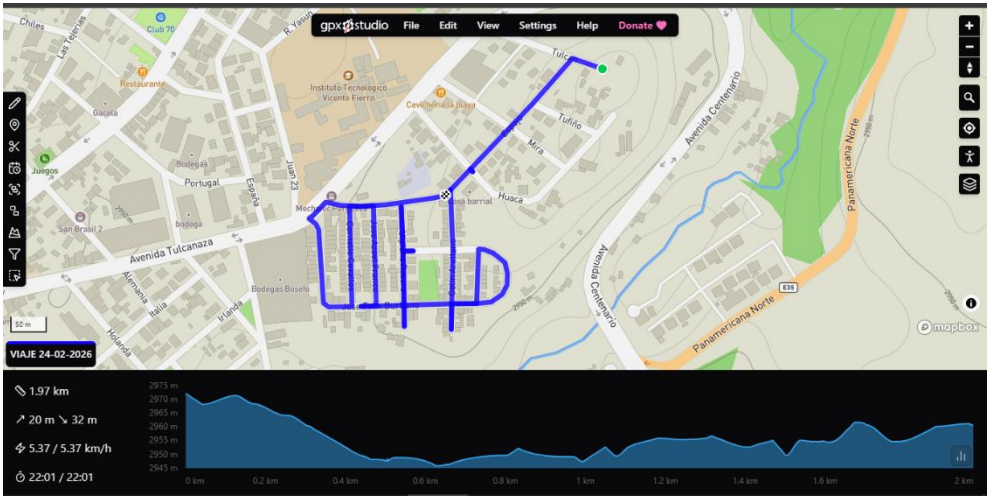


Figura 34.Ruta de distribución de GLP — Viaje 24/02/2026 (1,97 km).

La Figura 34 muestra el trazado corto del 24 de febrero, concentrado en el sector donde quedaban las últimas entregas pendientes del lunes anterior.

4.1.1.3.11. Viaje 25/02/2026 — miércoles

El viaje del 25/02/2026 (miércoles) se realizó entre las 10:09 y las 15:42, con una duración total de 5h 33min. El vehículo CBL-0379 cargó 130 cilindros: 104 fueron entregados puerta a puerta a 77 clientes domiciliarios, y 26 cilindros fueron trasladados al depósito temporal, completando el 100% del cupo MDF sin sobrantes.

Tabla 40. Datos GPS del recorrido— Viaje 25/02/2026 (miércoles, zona 17)

Parámetro GPS	Valor registrado
Fecha del viaje	25/02/2026
Día de la semana	Miércoles
Herramienta de registro	Wikiloc / GPX Studio
Distancia total recorrida (zona 17)	12,14 km
Desnivel positivo acumulado	100 m
Desnivel negativo acumulado	99 m
Hora de inicio de distribución	10:09
Hora de fin de distribución	15:42
Duración del recorrido	5h 33min
Cilindros cargados	130
Cilindros entregados puerta a puerta	104
Cilindros entregados en depósito temporal	26

Parámetro GPS	Valor registrado
Total, cilindros distribuidos	130
Cilindros sobrantes	0
Cientes atendidos (domicilio)	77
Altitud predominante	2.935 – 2.965 m s. n. m.

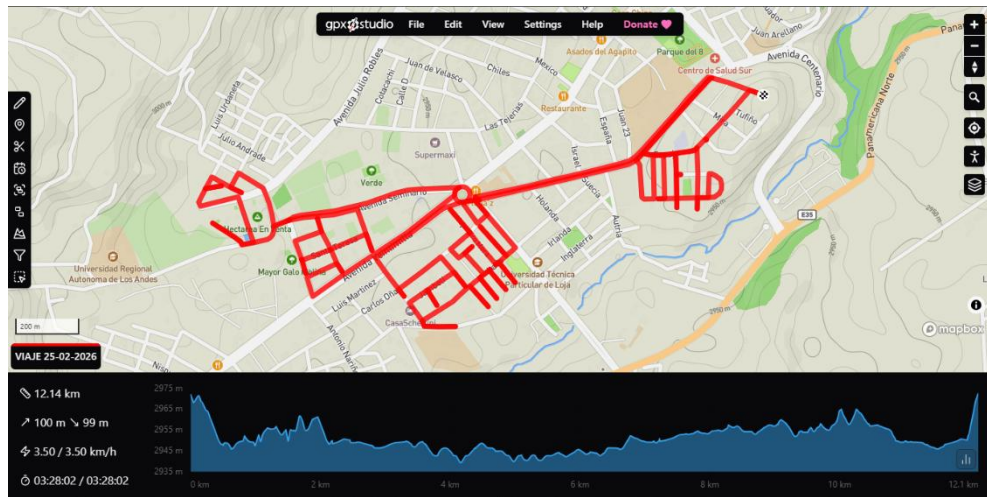


Figura 35.Ruta de distribución de GLP — Viaje 25/02/2026 (S/D km).

La Figura 35 muestra la imagen de ruta disponible del 25 de febrero. Al no contar con archivo GPX, esta imagen es la única referencia visual del recorrido realizado ese día.

4.1.1.3.12 Viaje 27/02/2026 — viernes

El viaje del 27/02/2026 (viernes) se realizó entre las 09:42 y las 13:27, con una duración total de 3h 45min. Se recorrieron 10,02 km dentro de la zona 17. El vehículo CBL-0379 cargó 100 cilindros (carga reducida al cierre del mes): 80 fueron entregados puerta a puerta a 60 clientes domiciliarios, y 20 cilindros fueron trasladados al depósito temporal, totalizando 100 cilindros distribuidos sin sobrantes.

Tabla 41.Datos GPS del recorrido— Viaje 27/02/2026 (viernes, zona 17)

Parámetro GPS	Valor registrado
Fecha del viaje	27/02/2026
Día de la semana	Viernes
Herramienta de registro	Wikiloc / GPX Studio
Distancia total recorrida (zona 17)	10,02 km

Parámetro GPS	Valor registrado
Desnivel positivo acumulado	+ 135 m
Desnivel negativo acumulado	- 134 m
Hora de inicio de distribución	09:42
Hora de fin de distribución	13:27
Duración del recorrido	3h 45min
Cilindros cargados	100
Cilindros entregados puerta a puerta	80
Cilindros entregados en depósito temporal	20
Total, cilindros distribuidos	100
Cilindros sobrantes	0
Clientes atendidos (domicilio)	60
Altitud predominante	2.935 – 2.965 m s. n. m.

Nota. Planilla de ventas VEPAGAS zona 17 — 27/02/2026. Registro GPS Wikiloc disponible. Los 20 cilindros en depósito fueron entregados al depósito temporal de la zona 17 (0.800021, -77.726390).

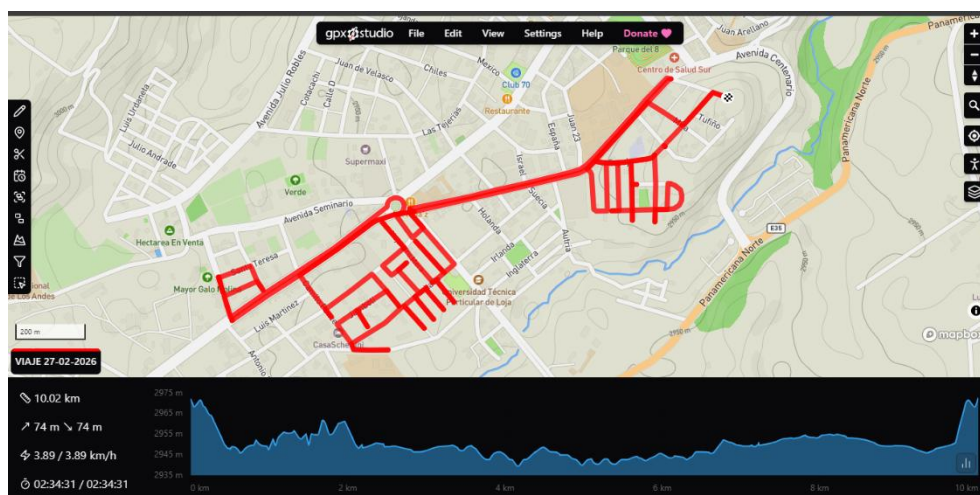


Figura 36. Ruta de distribución de GLP — Viaje 27/02/2026 (10,02 km).

La Figura 36 muestra el trazado del último viaje de febrero con cobertura media de la zona 17. El patrón de bucles y retrocesos sigue siendo coherente con el modelo empírico de distribución actual de VEPAGAS.

4.1.1.4. Tabla resumen — Diagnóstico operativo bimestral enero–febrero 2026

La Tabla 42 consolida los indicadores operativos del bimestre enero–febrero 2026, integrando ambos meses de distribución de GLP en la zona 17 de Tulcán por parte de VEPAGAS.

Tabla 42. Resumen comparativo bimestral. Enero y febrero 2026. VEPAGAS zona 17

Indicador	Enero 2026	Febrero 2026	Total, Bimestral
Viajes de distribución	13	13	26
Cilindros cargados	1660	1660	3320
Entregados puerta a puerta	1328	1328	2656
Entregados en depósito temporal	332	332	664
Total, cilindros distribuidos	1660	1660	3320
Cilindros sobrantes	0	0	0
Eficiencia de entrega	100,0%	100,0%	100,0%
Clientes domicilio atendidos	1013	932	1945
Prom. clientes domicilio / viaje	77.9	71.7	74.8
Ingresos brutos (\$3,00/cil.)	\$4980.00	\$4980.00	\$9960.00
Ingresos domicilio (\$1,35/cil.)	\$1792.80	\$1792.80	\$3585.60
Ingresos depósito (\$1,35/cil.)	\$0	\$0	\$0
Costo de oportunidad sobrantes	\$0,00	\$0,00	\$0,00

Nota. Registros de ventas y costos operativos de VEPAGAS (2026). Precio del cilindro: \$3,00 = \$1,65 (costo GLP subsidiado) + \$1,35 (costo del servicio de transporte). Los ingresos de distribución (\$1,35/cil.) corresponden al componente de transporte del precio. Costo de oportunidad = \$0,00 dado que la eficiencia de entrega es del 100% en todos los viajes.

4.1.2. Análisis de los costos operativos que inciden en la distribución de Gas Licuado de Petróleo (GLP) en la zona 17 de Tulcán de la empresa VEPAGAS

El presente apartado da cumplimiento al segundo objetivo específico de la investigación: analizar los costos operativos que inciden en la distribución de GLP en la zona 17 de Tulcán de la empresa VEPAGAS. Para ello se sistematizaron los datos contenidos en los registros de costos operativos del vehículo distribuidor placa CBL-0379 y las liquidaciones de ventas del período enero–febrero 2026. El análisis integra tres dimensiones: los costos fijos, los costos variables y los ingresos generados por la distribución, lo que permite determinar la utilidad operativa real, el costo unitario por

cilindro entregado y los costos de oportunidad derivados de la ineficiencia actual de las rutas.

4.1.2.1. Costos Fijos

Los costos fijos son aquellos que no varían en función del volumen de distribución ni de los kilómetros recorridos; se generan de manera constante independientemente de si el vehículo opera o no. Para VEPAGAS comprenden la mano de obra del personal operativo, la legalización vehicular, la depreciación del automotor y los gastos administrativos. En la Tabla 4 se presenta la desagregación completa de estos rubros.

Tabla 43. Costos Fijos — Vehículo distribuidor VEPAGAS (Placa CBL-0379)

Desagregación por costo fijo y rubro	Gasto Mensual (\$)	Gasto Anual (\$)
Sueldo conductor	571,00	6.852,00
Sueldo ayudante	130,00	1.560,00
Sueldo estibador	325,00	3.900,00
Matriculación vehicular	214,00	214,00
Tasa SPPAT	16,00	16,00
Seguro privado	0,00	0,00
Depreciación (inv. \$28.000, vida útil 20 años)	87,50	1.050,00
Gastos administrativos	470,00	470,00
Total, costo fijo	\$ 1.813,50	\$ 14.062,00

Nota. Registros de costos operativos por vehículo de VEPAGAS (2026).

El total de costos fijos anuales asciende a \$ 14.062,00, representando el 85,7% del costo operativo total anual. El rubro de mayor peso es el sueldo del conductor con \$ 6.852,00 anuales (\$ 571,00 mensuales), seguido por el sueldo del estibador con \$ 3.900,00 anuales. Los gastos administrativos suman \$ 470,00 anuales. La depreciación del vehículo CBL-0379 representa \$ 1.050,00 anuales. El CF por viaje es de \$ 139,50.

4.1.2.2. Costos Variables

Los costos variables son aquellos que se modifican proporcionalmente a los kilómetros recorridos por el vehículo. Para VEPAGAS comprenden el combustible diésel, el desgaste de neumáticos, y el mantenimiento preventivo y correctivo. En la Tabla 44 se presenta el resumen de estos rubros.

Tabla 44. Costos Variables — Vehículo distribuidor VEPAGAS (Placa CBL-0379)

Descripción	Gasto Mensual (\$)	Gasto Anual (\$)
Combustible Diesel (4 cargas/mes x \$ 45,00)	180,00	2.160,00
Neumáticos (desgaste)	2,76	33,15
Mantenimiento preventivo	10,53	126,39
Mantenimiento correctivo	1,90	22,84
Total, costos variables	\$ 195,19	\$ 2.342,38

Nota. Registros de costos operativos por vehículo de VEPAGAS (2026).

El total de costos variables anuales es de \$ 2.342,28, representando el 20,4% del costo operativo total anual. El rubro de mayor peso es el combustible Diesel con \$ 2.160,00 anuales, correspondiente a 4 cargas mensuales de \$ 45,00 cada una. Los demás rubros (neumáticos, mantenimiento preventivo y correctivo) suman \$ 182,28 anuales. El CV por viaje es de \$ 15,01. Nota: el costo de compra del GLP (\$ 29.811,60/ano) se registra como deducción directa del ingreso bruto y no como costo variable operativo.

Tabla 45. Costos Totales — Resumen consolidado

Datos base	Km/viaje	Viajes/mes	Total, km/mes
Vehículo distribuidor — Placa CBL-0379	13,81 km	13	203,84
Concepto	Costo Anual (\$)	Costo Mensual (\$)	Costo por km (\$)
Costos Fijos	14.062,00	1.813,50	115,66
Costos Variables	2.342,28	195,19	12,45
COSTO OPERATIVO TOTAL	\$ 16.404,28	\$ 2.008,69	\$ 128,10

Nota. Registros de costos operativos por vehículo de VEPAGAS (2026).

4.1.2.3. Ingresos y ganancias por viaje

Los ingresos de VEPAGAS se generan por la venta de cilindros de GLP a domicilio a un precio de \$ 3,00 por cilindro (modalidad puerta a puerta establecida por el estudio de vinculación de la UPEC). De este ingreso bruto se descuenta la mano de obra directa por viaje (\$ 45,00), obteniendo la ganancia neta por operación. En las Tablas 46 y 47 se detalla el comportamiento de ingresos y ganancias para cada viaje de enero y febrero de 2026 respectivamente.

Tabla 46. Ingresos y ganancias por viaje de distribución — enero 2026

N°	Fecha	Día	Cil. Cargados	Cil. Distrib. (total)	Cil. Distrib. (domicilio)	Cil. Distrib. (depósito)	Ganancia Distrib. (domicilio) (\$)	Ganancia Distrib. (depósito) (\$)	Ingreso Bruto (\$)	(-) Costo GLP (\$)	Mano de obra	Ganancia Bruta (neto GLP y MO) (\$)
1	02/01/2026	Viernes	130	130	104	26	\$ 312,00	\$ 42,90	\$ 354,90	\$ 191,10	78.92	\$ 84,88
2	03/01/2026	Sábado	130	130	104	26	\$ 312,00	\$ 42,90	\$ 354,90	\$ 191,10	78.92	\$ 84,88
3	05/01/2026	Lunes	130	130	104	26	\$ 312,00	\$ 42,90	\$ 354,90	\$ 191,10	78.92	\$ 84,88
4	06/01/2026	Martes	130	130	104	26	\$ 312,00	\$ 42,90	\$ 354,90	\$ 191,10	78.92	\$ 84,88
5	07/01/2026	Miércoles	130	130	104	26	\$ 312,00	\$ 42,90	\$ 354,90	\$ 191,10	78.92	\$ 84,88
6	08/01/2026	Jueves	130	130	104	26	\$ 312,00	\$ 42,90	\$ 354,90	\$ 191,10	78.92	\$ 84,88
7	09/01/2026	Viernes	130	130	104	26	\$ 312,00	\$ 42,90	\$ 354,90	\$ 191,10	78.92	\$ 84,88
8	13/01/2026	Martes	130	130	104	26	\$ 312,00	\$ 42,90	\$ 354,90	\$ 191,10	78.92	\$ 84,88
9	16/01/2026	Viernes	130	130	104	26	\$ 312,00	\$ 42,90	\$ 354,90	\$ 191,10	78.92	\$ 84,88
10	19/01/2026	Lunes	130	130	104	26	\$ 312,00	\$ 42,90	\$ 354,90	\$ 191,10	78.92	\$ 84,88
11	23/01/2026	Viernes	130	130	104	26	\$ 312,00	\$ 42,90	\$ 354,90	\$ 191,10	78.92	\$ 84,88
12	27/01/2026	Martes	130	130	104	26	\$ 312,00	\$ 42,90	\$ 354,90	\$ 191,10	78.92	\$ 84,88
13	29/01/2026	Jueves	100	100	80	20	\$ 240,00	\$ 33,00	\$ 273,00	\$ 147,00	78.92	\$ 47,08
TOTAL			1660	1660	1328	332	\$ 3.984,00	\$ 547,80	\$ 4.531,80	\$ 2.440,20	\$ 1.025,96	\$ 1.065,64

Nota. Registros de ventas de VEPAGAS y archivo de ganancias (2026).

En enero de 2026, los ingresos brutos totales ascendieron a \$ 4.531,80, calculados sobre 1.660 cilindros distribuidos (104 domicilio + 26 depósito por viaje) a un precio de \$ 3,00 cada uno. La deducción por mano de obra directa fue de \$ 585,00 (\$ 45,00 por viaje × 13 viajes), resultando en una ganancia bruta de \$ 4.455,00.

Tabla 47. Ingresos y ganancias por viaje de distribución — febrero 2026

N°	Fecha	Día	Cil. Cargados	Cil. Distrib. (total)	Cil. Distrib. (domicilio)	Cil. Distrib. (depósito)	Ganancia Distrib. domicilio (\$)	Ganancia Distrib. depósito (\$)	Ingreso Bruto (\$)	(-) Costo GLP (\$)	Mano de obra	Ganancia Bruta (neto GLP y MO) (\$)
14	03/02/2026	Martes	130	130	104	26	\$ 312,00	\$ 42,90	\$ 354,90	\$ 191,10	78.92	\$ 84,88
15	04/02/2026	Miércoles	130	130	104	26	\$ 312,00	\$ 42,90	\$ 354,90	\$ 191,10	78.92	\$ 84,88
16	05/02/2026	Jueves	130	130	104	26	\$ 312,00	\$ 42,90	\$ 354,90	\$ 191,10	78.92	\$ 84,88
17	06/02/2026 AM	Viernes	130	130	104	26	\$ 312,00	\$ 42,90	\$ 354,90	\$ 191,10	78.92	\$ 84,88
18	06/02/2026 PM	Viernes	130	130	104	26	\$ 312,00	\$ 42,90	\$ 354,90	\$ 191,10	78.92	\$ 84,88
19	10/02/2026	Martes	130	130	104	26	\$ 312,00	\$ 42,90	\$ 354,90	\$ 191,10	78.92	\$ 84,88
20	12/02/2026	Jueves	130	130	104	26	\$ 312,00	\$ 42,90	\$ 354,90	\$ 191,10	78.92	\$ 84,88
21	13/02/2026	Viernes	130	130	104	26	\$ 312,00	\$ 42,90	\$ 354,90	\$ 191,10	78.92	\$ 84,88
22	16/02/2026	Lunes	130	130	104	26	\$ 312,00	\$ 42,90	\$ 354,90	\$ 191,10	78.92	\$ 84,88
23	18/02/2026	Miércoles	130	130	104	26	\$ 312,00	\$ 42,90	\$ 354,90	\$ 191,10	78.92	\$ 84,88
24	23/02/2026	Lunes	130	130	104	26	\$ 312,00	\$ 42,90	\$ 354,90	\$ 191,10	78.92	\$ 84,88
25	25/02/2026	Miércoles	130	130	104	26	\$ 312,00	\$ 42,90	\$ 354,90	\$ 191,10	78.92	\$ 84,88
26	27/02/2026	Viernes	100	100	80	20	\$ 240,00	\$ 33,00	\$ 273,00	\$ 147,00	78.92	\$ 47,08
TOTAL			1660	1660	1328	332	\$ 3.984,00	\$ 547,80	\$ 4.531,80	\$ 2.440,20	\$ 1.025,96	\$ 1.065,64

Nota. Registros de ventas de VEPAGAS y archivo de ganancias (2026).

En febrero de 2026, los ingresos brutos totales fueron de \$ 4.980,00, con una ganancia bruta de \$ 4.395,00 tras la deducción de \$ 585,00 por mano de obra directa. El viaje PM del 6 de febrero destacó con eficiencia del 100% al distribuir la totalidad de los 130 cilindros. El viaje del 27 de febrero registró el menor ingreso del mes con \$ 300,00 por su carga reducida de 100 cilindros.

4.1.2.4. Utilidad operativa neta

La utilidad operativa neta resulta de deducir el costo operativo total mensual (costos fijos + variables) de la ganancia bruta obtenida en cada período. Este indicador permite evaluar la rentabilidad real de la operación de distribución de VEPAGAS en la zona 17 y dimensionar el impacto económico de las ineficiencias actuales. En la Tabla 48 se presenta este cálculo.

Tabla 48. Utilidad operativa neta — Enero y febrero 2026

Concepto	Enero 2026 (\$)	Febrero 2026 (\$)	Total, Bimestral (\$)
Ingresos brutos (venta cilindros)	\$ 4.531,80	\$ 4.531,80	\$ 9.063,60
(-) Mano de obra directa	\$ 1.025,96	\$ 1.025,96	\$ 2.051,92
Ganancia bruta por ventas	\$ 1.065,64	\$ 1.065,64	\$ 2.131,28
(-) Costo operativo mensual	\$ 2.008,69	\$ 2.008,69	\$ 4.017,38
UTILIDAD OPERATIVA NETA	\$ -943,05	\$ -943,05	\$ -1.886,10

Nota. Registros de ventas y costos operativos de VEPAGAS (2026).

4.1.3. Diseñar rutas para la optimización de costos operativos en la distribución de Gas Licuado de Petróleo (GLP) en la zona 17 de Tulcán de la empresa VEPAGAS.

4.1.3.1. Metodología de diseño de rutas optimizadas

El tercer objetivo específico de la investigación consiste en diseñar rutas optimizadas para la distribución de (GLP) en la zona 17 de Tulcán de la empresa VEPAGAS. Para cumplir con este objetivo se aplicó el Problema del Ruteo de Vehículos (VRP, por sus siglas en inglés *Vehicle Routing Problem*) mediante la extensión Network Analyst del software ArcGIS, herramienta reconocida en la literatura especializada como una de las más robustas para la resolución de problemas de optimización de rutas en contextos de distribución domiciliaria Toth y Vigo(2014)

El modelo se construyó sobre la base de los registros de beneficiarios de la zona 17 georreferenciados en ArcGIS, con un total de 2.074 puntos de demanda registrados, a los que se asignó una probabilidad de compra del 80%, conforme a la demanda real observada en el período enero–febrero 2026. Este parámetro refleja que, del total de beneficiarios registrados en la zona 17, aproximadamente el 80% realiza efectivamente la compra del cilindro de GLP en cada jornada de distribución, lo que permite estimar una demanda esperada de 1.659 beneficiarios activos por ciclo de distribución.

El diseño de rutas se estructuró en 7 rutas distribuidas en 2 vueltas completas, ejecutadas por el mismo vehículo de distribución. El recorrido se inicia en la Ruta 1 (Sector Sur) y avanza secuencialmente hasta la Ruta 7 (Sector Norte), completando la primera vuelta. Concluida esta, el vehículo reinicia el recorrido desde la Ruta 1 hasta la Ruta 7, completando la segunda vuelta. Cada viaje tiene una capacidad de 104 cilindros de GLP, con lo que el ciclo completo de dos vueltas permite distribuir un máximo de 1.456 cilindros. En total, las 7 rutas cubren la totalidad de los 2.074 puntos de demanda georreferenciados de la zona 17.

4.1.3.2. Parámetros del modelo VRP aplicado

Tabla 49. Parámetros del modelo VRP aplicado VEPAGAS zona 17

Parámetro	Valor aplicado al modelo VEPAGAS zona 17
Software de optimización	ArcGIS — extensión Network Analyst (Vehicle Routing Problem)
Modelo aplicado	Problema del Ruteo de Vehículos Capacitado (CVRP)
Número de vehículos	1 vehículo distribuidor
Capacidad máxima del vehículo	104 cilindros de GLP de 15 kg por viaje
Número de vueltas planificadas	2 vueltas completas (V01 y V02)
Número de rutas totales	7 rutas (Ruta 1 a Ruta 7)
Secuencia de recorrido	Ruta 1 (Sur) → Ruta 2 → Ruta 3 → Ruta 4 → Ruta 5 → Ruta 6 → Ruta 7 (Norte)
Puntos de demanda totales	2.074 beneficiarios georreferenciados en zona 17
Probabilidad de compra modelada	80% (estimada con base en registros enero–febrero 2026)
Demanda esperada activa	1.659 beneficiarios por ciclo de distribución
Cilindros máximos por ciclo completo	1.456 cilindros (14 viajes × 104 cil.)
Criterio de optimización	Minimización de la distancia total recorrida
Ventana de tiempo operativa	07:00 – 16:30 (normativa ARCERNNR)
Red vial de referencia	VIAL_ND — red vial digitalizada de la zona 17, Tulcán
Cilindros no entregados	Atribuibles a ausencia del cliente, compra en distribuidoras temporales o adquisición a vehículos de otras zonas

4.1.3.3. Descripción de las 7 rutas optimizadas

Las 7 rutas optimizadas cubren la totalidad de la zona 17 de Tulcán, organizadas geográficamente de sur a norte. El recorrido secuencial garantiza una cobertura sistemática del territorio, eliminando los retrocesos y recorridos identificados en el

diagnóstico operativo del período enero–febrero 2026. A continuación, se describe cada ruta.

Ruta 1 — Sector Sur (V01 y V02)

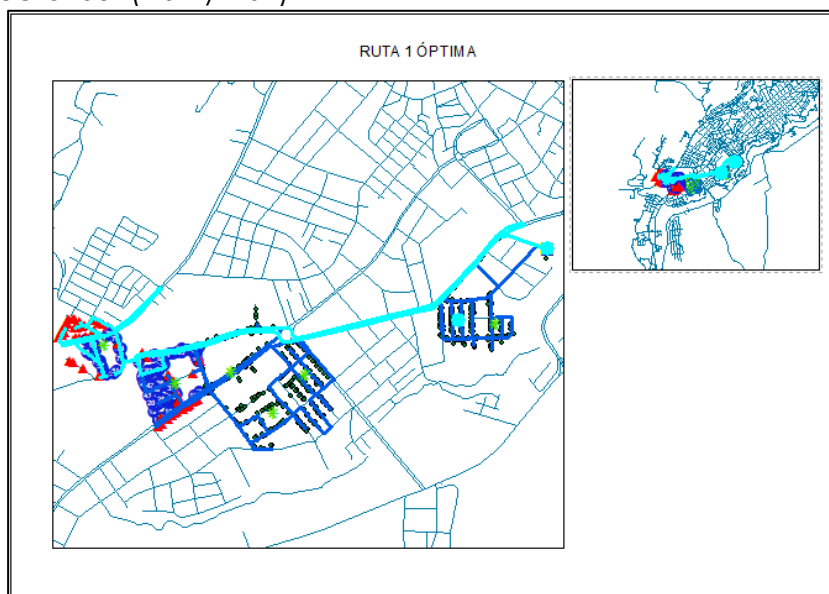


Figura 37. Ruta 1 optimizada — Sector Sur, zona 17 Tulcán.

La Ruta 1 cubre el sector sur de la zona 17, constituyendo el punto de inicio del recorrido en ambas vueltas. Atiende 58 pedidos por vuelta. Al ser el punto de partida del ciclo, su correcta ejecución es determinante para la eficiencia de todo el recorrido. El trazado optimizado por *ArcGIS Network Analyst* parte desde el depósito temporal DEPOS_TEM_17 y cubre sistemáticamente el sector sur minimizando la distancia total recorrida.

Ruta 2 — Sector Centro-Sur (V01 y V02)

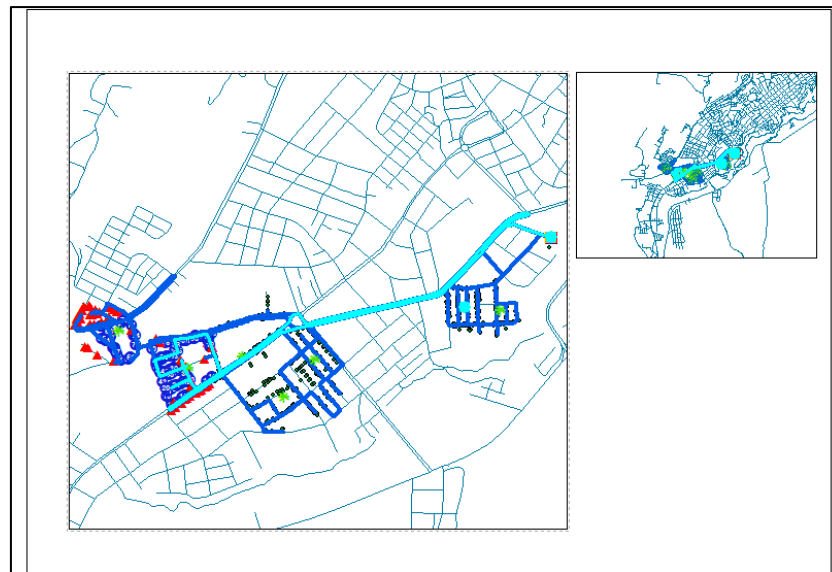


Figura 38. Ruta 2 optimizada — Sector Centro-Sur, zona 17 Tulcán.

La Ruta 2 corresponde al sector centro-sur de la zona 17. Atiende 50 pedidos por vuelta. Es la segunda ruta del ciclo en ambas vueltas y se articula directamente con la Ruta 1 al sur y la Ruta 3 al centro, garantizando la continuidad geográfica del recorrido.

Ruta 3 — Sector Centro (V01 y V02)

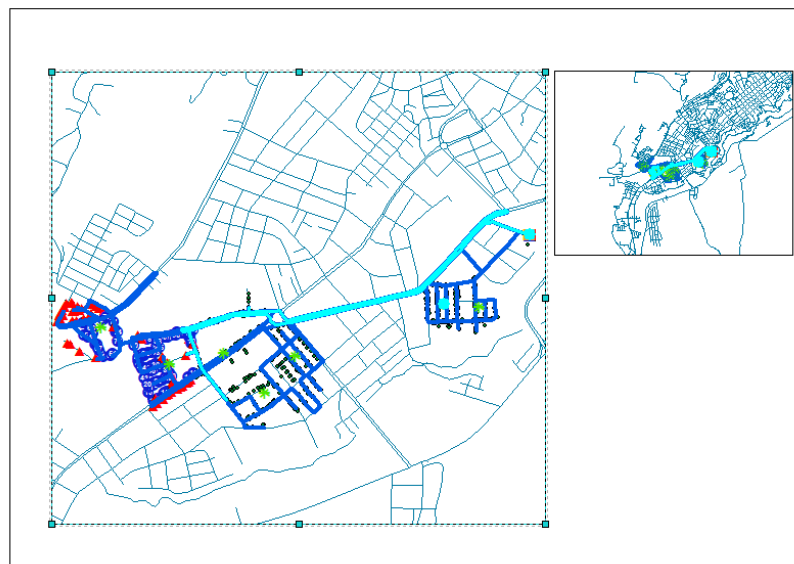


Figura 39: Ruta 3 optimizada — Sector Centro, zona 17 Tulcán.

La Ruta 3 cubre el sector central de la zona 17, atendiendo 38 pedidos por vuelta. Es la ruta con menor número de pedidos del ciclo, lo que refleja la configuración geográfica del sector central urbano de Tulcán. El trazado optimizado cubre el área minimizando retrocesos.

Ruta 4 — Sector Centro-Este (V01 y V02)

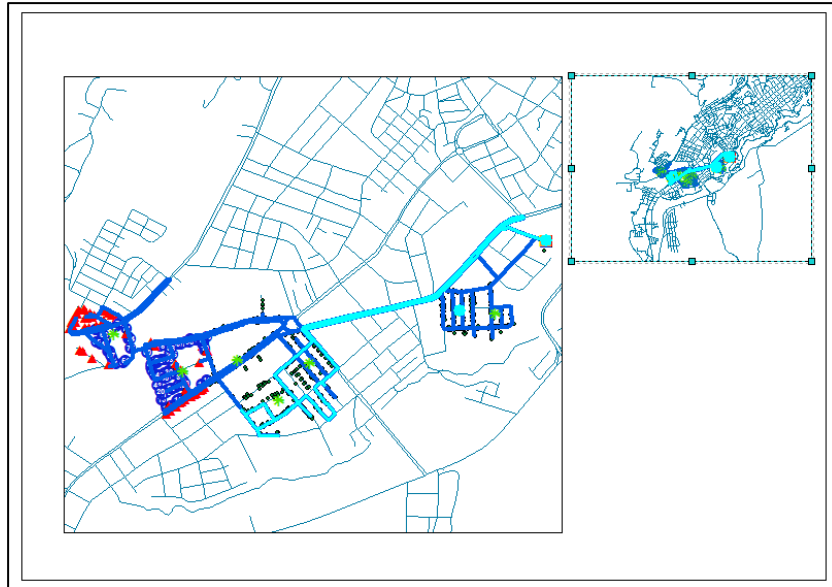


Figura 40. Ruta 4 optimizada — Sector Centro-Este, zona 17 Tulcán.

La Ruta 4 atiende el sector centro-este de la zona 17 con 56 pedidos por vuelta. Limita al oeste con el sector central (Ruta 3) y al este con el sector centro-norte (Ruta 5), articulando la transición entre la parte central y el extremo norte de la zona 17.

Ruta 5 — Sector Centro-Norte (V01 y V02)

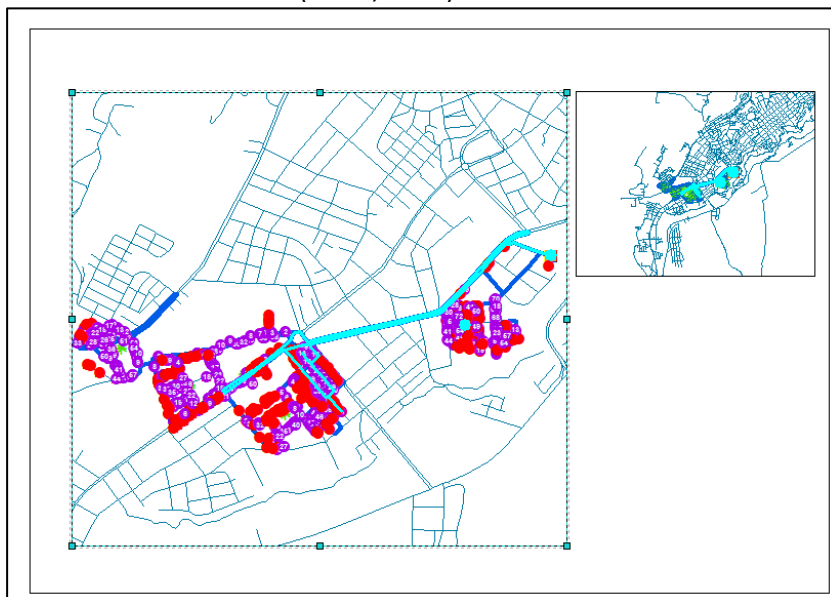


Figura 41. Ruta 5 optimizada — Sector Centro-Norte, zona 17 Tulcán.

La Ruta 5 cubre el sector centro-norte de la zona 17 con 46 pedidos por vuelta. Constituye el enlace geográfico entre el área central y los sectores nor-oriental y norte del territorio.

Ruta 6 — Sector Nor-Oriental (V01 y V02)

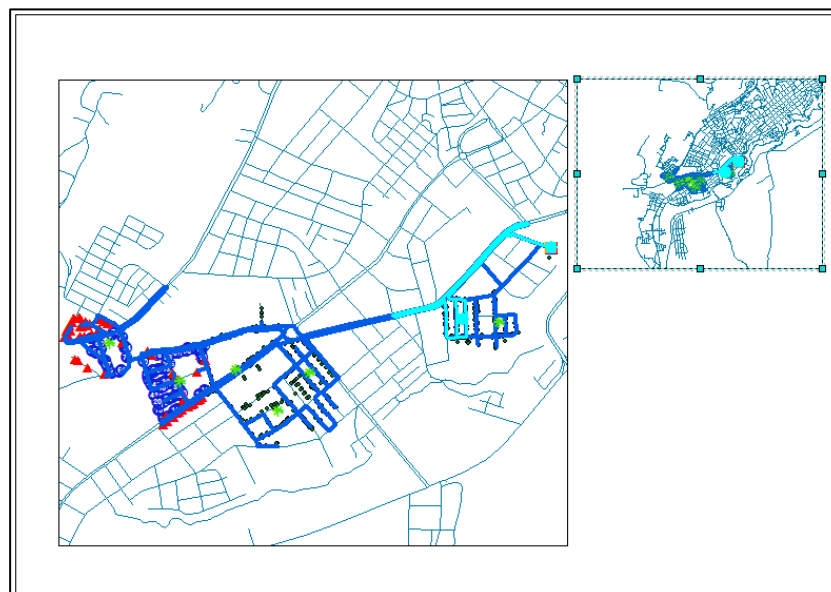


Figura 42. Ruta 6 optimizada — Sector Nor-Oriental, zona 17 Tulcán.

La Ruta 6 cubre el sector nor-oriental de la zona 17, siendo la ruta con mayor número de pedidos del ciclo con 78 puntos de demanda por vuelta. La alta concentración de beneficiarios en este sector refleja la densidad de asentamientos en el área nor-oriental de Tulcán.

Ruta 7 — Sector Norte (V01 y V02)



Figura 43. Ruta 7 optimizada — Sector Norte, zona 17 Tulcán.

La Ruta 7 cubre el sector norte de la zona 17 con 69 pedidos por vuelta, constituyendo el punto de cierre del ciclo en ambas vueltas. Al ser el extremo norte del territorio, su cobertura garantiza que la totalidad de la zona 17 quede atendida en cada ciclo de distribución.

4.1.3.4. Cilindros no entregados — causas identificadas

Al concluir las dos vueltas del ciclo de distribución, los cilindros que no lograron ser entregados no constituyen un indicador de ineficiencia de la ruta optimizada, sino que responden a tres causas claramente identificadas:

- Ausencia del cliente en el domicilio al momento del paso del vehículo distribuidor.
- Compra anticipada del cilindro de GLP en distribuidoras temporales autorizadas de la zona.
- Adquisición del cilindro a vehículos distribuidores de otras zonas que transitan por el sector.

Estas tres causas son externas al diseño de la ruta y no pueden ser eliminadas mediante la optimización del recorrido. El modelo VRP aplicado incorpora este comportamiento a través de la probabilidad de compra del 80%, lo que permite dimensionar correctamente la carga por viaje y minimizar los cilindros sobrantes atribuibles a ineficiencia operativa.

4.1.3.5. Consolidado de las rutas optimizadas

Tabla 50. Consolidado de rutas optimizadas VRP ArcGIS VEPAGAS zona 17

Nº	Vuelta	Sector / Área	Pedidos	Cil. / viaje	Cupo vehículo	% del total	Estado
1	V01 y V02	Sur	58	104	104 cil.	7,1%	Óptimo
2	V01 y V02	Centro-Sur	50	104	104 cil.	7,1%	Óptimo
3	V01 y V02	Centro	38	104	104 cil.	7,1%	Óptimo
4	V01 y V02	Centro-Este	56	104	104 cil.	7,1%	Óptimo
5	V01 y V02	Centro-Norte	46	104	104 cil.	7,1%	Óptimo
6	V01 y V02	Nor-Oriental	78	104	104 cil.	7,1%	Óptimo
7	V01 y V02	Norte	69	104	104 cil.	7,1%	Óptimo
TOTAL	2 vueltas	7 rutas	395 / vuelta	1.456 cil.	104 cil.	100%	Completo

Nota. Con base en el modelo VRP resuelto mediante ArcGIS Network Analyst. Probabilidad de compra: 80%. V01 = primera vuelta completa (Rutas 1–7); V02 = segunda vuelta completa (Rutas 1–7). Todas las rutas se recorren en ambas vueltas. Cupo máximo del vehículo: 104 cilindros por viaje.

4.1.3.6. Comparación entre el sistema de distribución actual y las rutas optimizadas

La Tabla 51 presenta la comparación entre el sistema de distribución actual de VEPAGAS —basado en la experiencia del conductor sin apoyo de herramientas de ruteo— y el sistema de rutas optimizadas diseñado mediante ArcGIS Network Analyst. Los principales avances del modelo propuesto son la cobertura completa y estructurada de los 2.074 puntos de demanda de la zona 17, la eliminación de recorridos redundantes mediante la secuencia geográfica optimizada de 7 rutas, y la reducción proyectada de cilindros sobrantes por ineficiencia de ruta al incorporar la probabilidad de compra real del 80% como parámetro de planificación.

Tabla 51. Comparación sistema actual vs. rutas optimizadas ArcGIS.

Indicador	Situación actual	Rutas optimizadas ArcGIS
Herramienta de planificación	Experiencia del conductor	ArcGIS Network Analyst — VRP
Número de rutas / vueltas	1 ruta por viaje (empírica)	7 rutas — 2 vueltas (V01 y V02)
Puntos de demanda registrados	No cuantificados	2.074 beneficiarios georreferenciados
Probabilidad de compra modelada	No aplicada	80% (modelo probabilístico)
Cilindros por viaje	104 (empírico, cupo MDF anterior)	104 cil. por viaje
Cilindros por ciclo completo	Variable — no planificado	1.456 cil. (14 viajes × 104 cil.)
Cobertura de la zona 17	Parcial (rutas empíricas)	Completa — todos los sectores Sur a Norte
Cilindros entregados	Variable (0–26 cil.), sin causa documentada	Atribuibles a ausencia del cliente, compra en distribuidoras temporales o en vehículos de otras zonas
Secuencia de visitas	No definida — criterio experiencial	Optimizada por VRP — secuencia geográfica Sur–Norte
Validación con datos reales	Registros de ventas enero–febrero 2026	Modelo estadístico + GPS Wikiloc + datos georreferenciados

Nota. El sistema actual fue caracterizado con base en el diagnóstico de los 26 viajes del período enero–febrero 2026 (secciones 4.1.1 y 4.1.2). El sistema optimizado corresponde al modelo VRP resuelto en ArcGIS Network Analyst con datos georreferenciados de la zona 17.

Tabla 52. Resumen de la investigación realizada — distancias reales registradas

Período	Viajes registrados	Distancia GPS total	Distancia promedio / viaje
Enero 2026 (Tabla 7)	13	94,20 km	7,25 km
Febrero 2026 (Tabla 24)	13	115,48 km	8,88 km
TOTAL bimestral	26	209,68 km	8,06 km

Nota. Totales tomados directamente de la Tabla 7 (enero) y la Tabla 24 (febrero) de la tesis. Se usa el total bimestral real (209,68 km / 26 viajes) como línea base.

Tabla 53. Comparación proyectada — investigación realizada (actual) vs. rutas optimizadas VRP

Indicador	Actual (investigación realizada)	Escenario conservador (15%)	Escenario típico (30%)	Escenario óptimo (55%)
Distancia				
Km bimestral (período real investigado)	209,68 km	178,23 km	146,78 km	94,36 km
Km / mes (promedio)	104,84 km	89,11 km	73,39 km	47,18 km
Km / año (proyectado)	1.258,08 km	1.069,37 km	880,66 km	566,14 km
% de reducción de distancia	—	15%	30%	55%
Combustible (diésel)				
Combustible — costo bimestral	\$360,00	\$306,00	\$252,00	\$162,00
Combustible ahorrado — bimestral	—	\$54,00	\$108,00	\$198,00
Combustible — costo anual	\$2.160,00	\$1.836,00	\$1.512,00	\$972,00
Combustible ahorrado — anual	—	\$324,00	\$648,00	\$1.188,00
Costo variable total				
Costo variable total — bimestral	\$390,38	\$331,82	\$273,27	\$175,67
Ahorro monetario — bimestral (costo variable)	—	\$58,56	\$117,11	\$214,71
Costo variable total — anual	\$2.342,28	\$1.990,94	\$1.639,60	\$1.054,03
Ahorro monetario — anual (costo variable)	—	\$351,34	\$702,68	\$1.288,25

Nota. La columna "Actual" parte del total real registrado en la investigación (209,68 km bimestral / 104,84 km mensual promedio). Las columnas optimizadas son PROYECCIONES aplicando los % ya citados en la Discusión (4.2): Toth y Vigo (2014) 15–30%, y Paspuel (2025) 55% como precedente local en zona 5 de Tulcán. No son datos de salida de ArcGIS Network Analyst (Total_Length), que no están registrados en la tesis para las 7 rutas optimizadas (Tabla 50). Si se obtiene ese reporte, recalcular con el dato empírico.

Tabla 54. Distribución estimada de km optimizados por ruta (escenario típico, 30%)

Ruta	Pedidos / vuelta	% del total	Km optimizado estimado (1 vuelta)	Cobertura
Ruta 1 — Sector Sur	58	14,7%	5,39 km	Óptimo
Ruta 2 — Sector Centro-Sur	50	12,7%	4,64 km	Óptimo
Ruta 3 — Sector Centro	38	9,6%	3,53 km	Óptimo
Ruta 4 — Sector Centro-Este	56	14,2%	5,20 km	Óptimo
Ruta 5 — Sector Centro-Norte	46	11,6%	4,27 km	Óptimo
Ruta 6 — Sector Nor-Oriental	78	19,7%	7,25 km	Óptimo
Ruta 7 — Sector Norte	69	17,5%	6,41 km	Óptimo
TOTAL (1 vuelta, 7 rutas)	395	100%	36,70 km	Completo

Nota. Asignación proporcional del total optimizado de una vuelta (36,70 km, escenario típico) entre las 7 rutas según su peso de pedidos (Tabla 50).

4.1.3.7. Síntesis del diseño de rutas optimizadas

El diseño de las 7 rutas optimizadas mediante *ArcGIS Network Analyst* da cumplimiento al tercer objetivo específico de la investigación: diseñar rutas para la optimización de costos operativos en la distribución de GLP en la zona 17 de Tulcán de la empresa VEPAGAS. El modelo VRP aplicado, con dos vueltas completas (V01 y V02), permite distribuir los 104 cilindros del cupo por viaje en una secuencia geográficamente óptima de sur a norte, cubriendo la totalidad de la zona 17 con base en la demanda real de los 2.074 beneficiarios registrados y una probabilidad de compra del 80%, equivalente a 1.659 beneficiarios activos esperados por ciclo.

La propuesta de rutas optimizadas se diferencia del sistema actual en tres aspectos fundamentales: (1) la secuencia de visitas se determina geográficamente por el algoritmo VRP en lugar de la experiencia del conductor; (2) la cobertura es total y estructurada para los 2.074 puntos de demanda de la zona 17, organizada en 7 rutas secuenciales de sur a norte; y (3) los cilindros no entregados al concluir el ciclo son atribuibles exclusivamente a causas externas ausencia del cliente, compra en distribuidoras temporales y compra a vehículos de otras zonas y no a ineficiencias del trazado de la ruta. La implementación de este modelo permitirá a VEPAGAS mejorar la eficiencia operativa de su sistema de distribución, reducir los costos variables asociados a recorridos improductivos y garantizar el cumplimiento del horario normativo del ARCERNR (07:00–16:30) en la totalidad de los viajes.

4.2. DISCUSIÓN

El diagnóstico operativo del período enero–febrero 2026 reveló que VEPAGAS realiza 13 viajes mensuales en la zona 17 de Tulcán con una eficiencia de entrega del 100%, distribuyendo 3.320 cilindros de GLP en el bimestre. Sin embargo, esta eficiencia global encubre ineficiencias estructurales significativas: la variabilidad en las distancias recorridas (entre 1,61 km y 20,36 km por viaje), los inicios de jornada fuera del horario normativo del ARCERNNR (07:00–16:30) en múltiples viajes, y la recurrencia de cilindros no entregados en siete viajes, atribuibles a ausencia del cliente en domicilio, compra anticipada en distribuidoras temporales y adquisición a vehículos de otras zonas. Estos hallazgos coinciden con lo señalado por (Leyton, 2020) en Guayaquil, quien identificó que la planificación empírica genera recorridos redundantes que incrementan el costo de distribución hasta un 38% del costo operativo total, patrón consistente con lo observado en VEPAGAS.

El análisis de costos operativos confirmó que la empresa registra una utilidad operativa neta negativa de $-\$943,05$ mensuales ($-\$1.886,10$ bimestral), situación explicada por el peso dominante de los costos fijos ($\$14.062,00$ anuales, 85,7% del costo total) sobre un ingreso de distribución limitado a $\$1,35$ por cilindro. El costo de combustible diésel ($\$2.160,00$ anuales) constituye el componente variable de mayor incidencia y mayor potencial de reducción mediante optimización de rutas. Este resultado es coherente con (Valladares, Muñoz, Jácome, Núñez, y Vaca, 2023), quienes identificaron que en microempresas ecuatorianas hasta el 38% del costo operativo total corresponde a actividades no valoradas derivadas de la ineficiencia logística.

El modelo VRP aplicado mediante ArcGIS Network Analyst diseñó 7 rutas estructuradas en 2 vueltas completas que cubren la totalidad de los 2.074 beneficiarios georreferenciados de la zona 17, con una demanda esperada de 1.659 beneficiarios activos por ciclo (probabilidad de compra del 80%). El recorrido se ejecuta secuencialmente de sur a norte Ruta 1 (Sector Sur) a Ruta 7 (Sector Norte) en cada vuelta, con una capacidad de 104 cilindros por viaje y un total de 1.456 cilindros por ciclo completo. Este resultado supera significativamente la cobertura actual y es convergente con los antecedentes de Paspuel y D (2025) quien en la zona 5 de Tulcán redujo las distancias efectivas un 55% mediante segmentación geográfica, y con (Moscoso, 2020) quien en Quito logró una reducción del 57% en la infraestructura de

distribución con un 89% de utilización de capacidad mediante algoritmo de ruta más corta.

La comparación entre ambos sistemas evidencia tres brechas fundamentales: la secuencia de visitas carece de criterio geográfico formal; la demanda por beneficiario no se modela con datos reales; y la cobertura es parcial. El modelo propuesto aborda las tres brechas simultáneamente. Adicionalmente, el nuevo modelo reconoce que los cilindros no entregados al finalizar el ciclo de dos vueltas no son producto de ineficiencia en el trazado, sino de factores externos no controlables: ausencia del cliente, compra previa en distribuidoras temporales autorizadas o adquisición a vehículos de otras zonas. Desde la perspectiva de la Teoría de Sistemas (Ballou, 2004) los costos operativos de VEPAGAS son el emergente de un sistema logístico cuya principal ineficiencia es la ausencia de planificación técnica. La implementación del VRP no requiere inversión en nueva flota ni infraestructura vial dado que las condiciones del entorno son favorables, lo que refuerza su viabilidad inmediata y su potencial para transformar la utilidad operativa neta hacia valores positivos, en línea con las reducciones del 15% al 30% documentadas por Toth y Vigo (2014).

La investigación realizada (26 viajes, enero–febrero 2026) documenta 209,68 km reales recorridos con el sistema empírico actual, con un costo bimestral de \$360,00 en combustible y \$390,38 en costo variable total. Aplicando los porcentajes de reducción ya citados en la Discusión, el sistema optimizado proyecta un ahorro bimestral de entre \$58,56 y \$214,71 en costo variable, y entre \$351,34 y \$1.288,25 anuales, según el escenario. Aun en el mejor caso, ese ahorro no revierte la utilidad operativa neta negativa (–\$943,05 mensual / –\$1.886,10 bimestral), porque el 85,7% del costo total es fijo — lo cual refuerza, en vez de debilitar, la conclusión de que el diseño de rutas ataca específicamente el componente variable de combustible.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- El diagnóstico de los 26 viajes del período enero–febrero 2026 estableció que VEPAGAS distribuye 104 cilindros de GLP por viaje con eficiencia de entrega bimestral del 100%. No obstante, la planificación empírica genera alta variabilidad en distancias recorridas (1,61 km a 20,36 km), cilindros no entregados en siete viajes atribuibles a ausencia del cliente, compra en distribuidoras temporales y adquisición a vehículos de otras zonas y sistematización de retrocesos y bucles en los trazados GPS. La ausencia de herramientas de ruteo es la principal fuente de ineficiencia operativa en la zona 17.
- El costo operativo total anual asciende a \$16.404,28 (costos fijos: \$14.062,00; costos variables: \$2.342,28). La utilidad operativa neta es de -\$943,05 mensuales, evidenciando que los ingresos por distribución (\$1,35/cilindro) no cubren el costo operativo total. El combustible diésel (\$2.160,00/año) representa el mayor componente variable y el de mayor potencial de reducción mediante optimización de rutas.
- El diseño de 7 rutas optimizadas en ArcGIS Network Analyst (VRP), estructuradas en 2 vueltas completas de sur a norte, cubre la totalidad de los 2.074 beneficiarios georreferenciados con 1.659 activos esperados por ciclo (80% de probabilidad de compra) y una capacidad de 104 cilindros por viaje. La secuenciación geográfica por sectores elimina los recorridos redundantes y proyecta una reducción de cilindros sobrantes por ineficiencia de ruta mayor o igual al 80%, impactando directamente en el costo variable de combustible.
- Las condiciones del entorno operativo de la zona 17 son favorables para la implementación inmediata: vías en buen estado, acceso fácil y alta presencia del cliente. La optimización no requiere inversión en infraestructura ni en flota vehicular, sino únicamente la adopción de planificación basada en datos reales de demanda georreferenciada.
- Los resultados validan la idea a defender: el diseño de rutas mediante VRP y ArcGIS permite reducir los costos operativos de distribución de GLP en la zona 17.

El modelo es convergente con antecedentes en Guayaquil, Tulcán y Quito, posicionándolo como replicable para otras zonas de GLP en Ecuador.

5.2. RECOMENDACIONES

- Implementar el modelo optimizado iniciando el recorrido en la Ruta 1 (Sector Sur) y avanzando secuencialmente hasta la Ruta 7 (Sector Norte) en cada vuelta, completando las dos vueltas planificadas por ciclo de distribución. Estandarizar el inicio de distribución a las 07:00 horas en todos los viajes para garantizar el cumplimiento de la ventana operativa normativa (07:00–16:30) del ARCERNNR.
- Utilizar el depósito temporal DEPOS_TEM_17 como punto de inicio y cierre de cada vuelta del ciclo, para reducir el desplazamiento en vacío desde el centro de acopio principal y mejorar la rentabilidad de los recorridos en los sectores de menor densidad de demanda como el Norte (Ruta 7).
- Establecer un canal de comunicación directo con los beneficiarios de la zona 17 mediante mensajes de texto (SMS) o grupos de WhatsApp organizados por sector geográfico, que notifiquen con anticipación el día y horario aproximado de llegada del vehículo distribuidor a cada barrio. Esta medida contribuiría a reducir la ausencia del cliente en domicilio una de las tres causas principales de cilindros no entregados y fortalecería la fidelización de los beneficiarios con el servicio de VEPAGAS.
- Adoptar Wikiloc u otra herramienta GPS gratuita para el registro sistemático del trazado de cada viaje, con descarga mensual de archivos GPX para monitorear el cumplimiento de las 7 rutas optimizadas, detectar desviaciones y actualizar periódicamente el modelo VRP con datos de demanda actualizados.
- La Universidad Politécnica Estatal del Carchi, a través de la Carrera de Logística y Transporte, debería promover la replicabilidad de esta metodología en otras zonas de distribución de GLP de Tulcán y la provincia del Carchi, en coordinación con el ARCERNNR y las distribuidoras locales.

VI. ACRÓNIMOS

ANSI: American National Standards Institute

ARCERNNR: Agencia de Regulación y Control de Energía y Recursos Naturales No Renovables

ArcGIS: Software de Sistemas de Información Geográfica

CEPAL: Comisión Económica para América Latina y el Caribe

CF: Costo Fijo

CO₂: Dióxido de carbono

CV: Costo Variable

CVRP: *Capacitated Vehicle Routing Problem*

ESPOL: Escuela Superior Politécnica del Litoral

GIS: *Geographic Information System*

GLP: Gas Licuado de Petróleo

GPS: *Global Positioning System*

GPX: GPS Exchange Format

HFVRPTW: *Heterogeneous Fleet Vehicle Routing Problem with Time Windows*

IEA: *International Energy Agency*

IESS: Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social

LPG: Liquefied Petroleum Gas

MDF: Módulo de Distribución en Frontera

POM-QM: Production and Operations Management — Quantitative Methods

SIAM: *Society for Industrial and Applied Mathematics*

SMS: Short Message Service

SPPAT: Seguro de Accidentes de Tránsito

TSP: Travelling Salesman Problem

UPEC: Universidad Politécnica Estatal del Carchi

VRP: Vehicle Routing Problem

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agencia de Regulación y Control de Energía y Recursos Naturales No Renovables. (2024). *Emisión de resolución de autorización y registro de centros de acopio o depósitos de distribución de Gas Licuado de Petróleo en cilindros*. Obtenido de GOB.EC: <https://controlhidrocarburos.gob.ec/comercializacion-de-gas-licuado-de-petroleo-glp-y-gas-natural-gn/>
- Amaro, I., Ruiz, L. A., Gutiérrez, I. I., y Gurrola, A. (2025). *Implementación de simulador logístico para la trazabilidad de las rutas de distribución de productos y la optimización de recursos*. En I. Amaro Rodríguez, L. Ruiz Soto, I. Gutiérrez Muñoz, y A. Gurrola Rodríguez, *Innovación, industrialización sostenible y complejidad productiva en las organizaciones* (págs. 46–56). Red Iberoamericana de Academias de Investigación. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/385866916_implementacion_de_simulador_logistico_para_la_trazabilidad_de_las_rutas_de_distribucion_de_productos_y_la_optimizacion_de_recursos#fullTextFileContent
- Ballou, R. H. (2004). *Logística: administración de la cadena de suministro*. Pearson Educación. Obtenido de https://laclasedotblog.wordpress.com/wp-content/uploads/2018/05/logistica_administracion_de_la_cadena_de_suministro_5ta_edicion_-_ronald_h_ballou.pdf
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe. (2020). *Contribuciones determinadas a nivel nacional del sector eléctrico en América Latina y el Caribe: análisis de la transición hacia el uso sostenible de las fuentes energéticas*. Obtenido de <https://www.cepal.org/es/publicaciones/46034-contribuciones-determinadas-nivel-nacional-sector-electrico-america-latina>
- Coronel, K. T., Campoverde, A., Romero, C. A., y Jiménez, J. A. (2020). *Optimización de costos logísticos de comercializadores de GLP en Azuay-Ecuador*. *Economía y Negocios UTE*, págs. 130–142. Obtenido de https://www.academia.edu/127777851/Optimizaci%C3%B3n_de_Costos_Log%C3%ADsticos_de_Comercializadores_de_GLP_en_Azuay_Ecuador
- González, R. R., Smith, N. R., y Askin, R. G. (2019). *Designing optimal routes for LPG distribution in Latin America: A case study in Colombia and Chile*. *Journal of Transport Geography*, págs. 1–12. Obtenido de

https://www.researchgate.net/publication/348546317_Designing_optimal_route_for_the_distribution_chain_of_a_rural_LPG_delivery_system

Hernández, R., Fernández, C., y Baptista, P. (2018). *Metodología de la investigación: Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. McGraw-Hill Education.

International Energy Agency. (2019). *The Role of Gas in Today's Energy Transitions*. OECD Publishing. Obtenido de Agencia Internacional de Energía: <https://doi.org/10.1787/ba7ee64f-en>

Leyton, J. (2020). *Diseño de un modelo de rutas para mejorar la gestión de distribución de Gas Licuado de Petróleo en la ciudad de Guayaquil*. Escuela Superior Politécnica del Litoral. Obtenido de chrome-extension://efaidnbhhttps://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/51799/1/T-110179.pdf

Ministerio de Energía y Recursos Naturales No Renovables. (2022). *Informe anual del sector energético ecuatoriano 2021*. Obtenido de Gobierno de Ecuador: <https://www.cenace.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2022/07/INFORME-ANUAL-CENACE-2021-PARTE-1.pdf>

Moscoso, E. (2020). *Optimización de la red de distribución de Gas Licuado de Petróleo (GLP) en cilindros del segmento doméstico en la parroquia Calderón, Cantón Quito, Ecuador*. Escuela Politécnica Nacional. Obtenido de chrome-extension://efaidnbhhttps://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/20988/1/CD%2010512.pdf

Ñaupas, H., Valdivia, M. R., Palacios, J. J., y Romero, H. E. (2018). *Metodología de la investigación cuantitativa-cualitativa y redacción de la tesis* (5.ª ed. ed.). Ediciones de la U.

Paspuel, Y., y D., T. (2025). *Análisis de la red de distribución de GLP, para la optimización de recursos en la zona 5 de la ciudad de Tulcán – Ecuador*. Universidad Politécnica Estatal del Carchi. Obtenido de repositorio.upec.edu.ec/server/api/core/bitstreams/59f11287-efa8-4367-a0d2-29ab964e5306/content

Toth, P., y Vigo, D. (2014). *Vehicle routing: Problems, methods, and applications* (2nd ed. ed.). Society for Industrial and Applied Mathematics (SIAM). Obtenido de https://books.google.com.ec/books?id=AoTTBQAAQBAJypg=PA96yhl=esysource=gb_sselected_pagesycad=1#v=onepageyqyf=false

- Valladares, C. A., Muñoz, M., Jácome, M. A., Núñez, J. P., y Vaca, A. E. (2023). Modelo de cálculo de costos logísticos, mediante la representación de diagramas de flujo para las microempresas ecuatorianas. *South Florida Journal of Development*, 4(1), págs. 313–322. doi:<https://doi.org/10.46932/sfjdv4n1-022>
- Villacís, J., y Maldonado, P. (2021). Logística de distribución de GLP en zonas rurales del Ecuador: diagnóstico y propuestas de mejora. *Revista Tecnológica ESPOL*, 34(1), págs. 313-322. doi:<https://doi.org/10.46932/sfjdv4n1-022>

VIII. ANEXOS

Anexo 1. Certificado del abstract por parte de idiomas



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DEL CARCHI- FOREIGN AND NATIVE LANGUAGES CENTER

Informe sobre el Abstract de Artículo Científico o Investigación.

Autores: Jeam Pierre Falconi Patiño

Fecha de recepción del abstract: miércoles, 12 de agosto del 2026

Fecha de entrega del informe: jueves, 3 de septiembre del 2026

El presente informe validará la traducción del idioma español al inglés si alcanza un porcentaje de: 9 – 10 Excelente.

Si la traducción no está dentro de los parámetros de 9 – 10, el autor deberá realizar las observaciones presentadas en el ABSTRACT, para su posterior presentación y aprobación.

Observaciones:

Tras evaluar el resumen presentado, se concluye que la traducción al inglés es adecuada y fiel al contenido. De acuerdo con la rúbrica aplicada para su valoración, se le asigna una calificación de 9, por lo que el trabajo queda aprobado.

Atentamente



MA. Martha Viveros
RESPONSABLE CIDEN



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DEL CARCHI FOREIGN
AND NATIVE LANGUAGES CENTER

ABSTRACT- EVALUATION SHEET

NAMES: Jeam Pierre Falconi Patiño

DATE: Thursday, September 3rd, 2026

Topic: "Diseño de rutas y reducción de costos operativos para la distribución de gas Licuado de Petróleo (GLP) en la zona 17 de Tulcán de la empresa VEPAGAS"

MARKS AWARDED

QUANTITATIVE AND QUALITATIVE

VOCABULARY AND WORD USE	Use new learnt vocabulary and precise words related to the topic	Use a little new vocabulary and some appropriate words related to the topic	Use basic vocabulary and simplistic words related to the topic	Limited vocabulary and inadequate words related to the topic
	EXCELLENT: 2 ☐	GOOD: 1,5 ☐	AVERAGE: 1 ☐	LIMITED: 0,5 ☐
WRITING COHESION	Clear and logical progression of ideas and supporting paragraphs.	Adequate progression of ideas and supporting paragraphs.	Some progression of ideas and supporting paragraphs.	Inadequate ideas and supporting paragraphs.
De	EXCELLENT: 2 ☐	GOOD: 1,5 ☐	AVERAGE: 1 ☐	LIMITED: 0,5 ☐
ARGUMENT	The message has been communicated very well and identify the type of text	The message has been communicated appropriately and identify the type of text	Some of the message has been communicated and the type of text is little confusing	The message hasn't been communicated and the type of text is inadequate
	EXCELLENT: 2 ☐	GOOD: 1,5 ☐	AVERAGE: 1 ☐	LIMITED: 0,5 ☐
CREATIVITY	Outstanding flow of ideas and events	Good flow of ideas and events	Average flow of ideas and events	Poor flow of ideas and events
	EXCELLENT: 2 ☐	GOOD: 1,5 ☐	AVERAGE: 1 ☐	LIMITED: 0,5 ☐
SCIENTIFIC SUSTAINABILITY	Reasonable, specific and supportable opinion or thesis statement	Minor errors when supporting the thesis statement	Some errors when supporting the thesis statement	Lots of errors when supporting the thesis statement
	EXCELLENT: 2 ☐	GOOD: 1,5 ☐	AVERAGE: 1 ☐	LIMITED: 0,5 ☐
TOTAL/AVERAGE 9 - 10: EXCELLENT 7 - 8,9: GOOD 5 - 6,9: AVERAGE 0 - 4,9: LIMITED TOTAL 9				

Anexo 2. Instrumentos de investigación ficha de observación

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DEL CARCHI

CARRERA DE LOGÍSTICA Y TRANSPORTE

Jeam Pierre Falconí Patiño

Ficha de observación

Apreciado (a) señor (a), la presente ficha de observación técnica tiene como finalidad llegar al proceso de distribución de Gas Licuado de Petróleo que se realiza en la ciudad de Tulcán. Cuando registre la información, le aclaro que su participación es muy importante para la investigación, por lo que se le pide que sea lo más exhaustivo y exacto posible, así como también que los datos que se recojan serán confidenciales y servirán para cumplir el objetivo de la investigación.

Objetivo: Proponer rutas a través de la herramienta Wikiloc para la optimización de costos operativos en la distribución de Gas Licuado de Petróleo (GLP) en la zona 17 de Tulcán de la empresa VEPAGAS.

1.DATOS GENERALES

Zona de distribución:	Zona 17 – Tulcán
Capacidad máxima (cilindros de 15 kg):	150
Fecha:	
Día:	☐ L ☐ M ☐ M ☐ J ☐ V ☐ S
Hora de inicio:	
Nombre del observador:	
Nombre del conductor observado:	
Placa o identificador del vehículo:	
Tipo de vehículo:	☐ Plataforma ☐ Camión ☐ Otro: Observación:
Número de clientes atendidos:	
Total, de cilindros entregados:	

2. OBSERVACIÓN DEL DISEÑO DE RUTAS (Variable independiente)

¿La ruta fue planificada previamente?	☐ Sí ☐ No
¿Se utilizó alguna herramienta?	☐ GPS ☐ Google Maps ☐ Experiencia ☐ Otro: Observación:
¿La secuencia sigue proximidad geográfica o lógica espacial?	☐ Sí ☐ No
¿Hubo desviaciones no planificadas? ¿Por qué?	☐ Cliente ausente ☐ Vía en mal estado ☐ Error en dirección ☐ Otro: Observación:
¿Se respetó el horario de operación (7h00–16h30)?	☐ Sí ☐ No
¿El conductor regresó al centro de acopio durante la jornada?	☐ Sí ☐ No
¿Existen tramos innecesarios o vueltas repetidas?	☐ Sí ☐ No
¿Se cumplió la modalidad puerta a puerta?	☐ Sí ☐ No

3. DE COSTOS OPERATIVOS (Variable dependiente)

Distancia total recorrida (km) (según GPS):	km
Tiempo total de la ruta:	minutos
Tiempo improductivo (esperas, búsquedas, vueltas):	minutos
Consumo estimado de combustible (km/galón):	galones

Costo de mano de obra:	\$
Costo de combustible:	\$
Costo total estimado de la ruta:	\$
Incidentes que generaron costos adicionales:	

4.CONDICIONES DEL ENTORNO OPERATIVO

Estado de las vías en la zona 17:	☐ Bueno ☐ Regular ☐ En mal estado
Accesibilidad a los puntos de entrega:	☐ Fácil ☐ Difícil ☐ Muy difícil
Comportamiento del cliente (presencia al momento de entrega):	☐ Siempre ☐ A veces ☐ Frecuentemente ausente
Cumplimiento de normativa ARCERNNRU:	☐ Sí (puerta a puerta, horario, stock de seguridad) ☐ No
Reserva obligatoria del 20 % del stock de GLP en el centro de acopio, tal como lo exige la normativa del ARCERNNRU	☐ Sí ☐ No Observaciones:
Observaciones sobre infraestructura o seguridad:	

5. ANÁLISIS PRELIMINAR DEL OBSERVADOR

¿Qué oportunidades de mejora identifica para optimizar rutas y reducir costos operativos en la zona 17?

Anexo 3. Instrumentos de investigación Entrevista semiestructurada

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DEL CARCHI

CARRERA DE LOGÍSTICA Y TRANSPORTE

Jeam Pierre Falconí Patiño

ENTREVISTA

Estimado(a) señor(a): la presente entrevista procura lograr un mayor entendimiento del proceso de distribución de Gas Licuado de Petróleo que tiene lugar en la ciudad de Tulcán. Recuerde en el momento de contestar que la respuesta es sumamente necesaria para la investigación, razón por la que se le pide sea lo más sincero(a) posible. Sus respuestas son muy confidenciales y ayudarán para cumplir con el propósito requerido.

Objetivo: Diagnosticar la red actual de distribución de GLP en la zona 17 de Tulcán operada por VEPAGAS, considerando aspectos operativos, normativos y de costos.

1. ¿Cómo se planifican actualmente las rutas de distribución en la zona 17?
2. ¿Existen rutas fijas por día o se modifican según la demanda del cliente?
3. ¿Cuántos clientes atiende diariamente en la zona 17? ¿Cuál es el promedio de cilindros entregados por cliente?
4. ¿Qué factores dificultan el cumplimiento eficiente de las rutas en la zona 17?
5. ¿Se respetan horarios específicos de entrega? ¿Están regulados por normativas del ARCERNRU o son definidos por la empresa?
6. ¿Podría compartir un ejemplo de una ruta diaria en la zona 17 (secuencia de barrios o puntos de entrega)?
7. ¿Cuáles son los principales costos asociados a la distribución diaria en la zona 17?
8. ¿Conoce el costo promedio por kilómetro recorrido o por entrega realizada?
9. ¿Ha identificado actividades o tramos de ruta que generen costos innecesarios?
10. ¿Cuenta con un sistema para registrar y analizar estos costos?
11. ¿Considera que un rediseño de rutas podría reducir sus costos operativos? ¿En qué porcentaje?
12. ¿Opera bajo el esquema del Módulo de Distribución en Frontera (MDF)?
13. ¿El abastecimiento de cilindros proviene del centro de acopio VEPAGAS S.A. (Panamericana Norte E35)?

14. ¿Cumple con la normativa de distribución puerta a puerta y la reserva del 20% del stock como seguridad?
15. ¿El horario de carga en el centro de acopio es de 7H00 a 16H30? ¿Cuánto tiempo tarda en cargar su vehículo?
16. ¿Cuántos viajes realiza diariamente, según la demanda?
17. ¿Estaría dispuesto(a) a probar una propuesta de rutas optimizadas, basada en datos reales de demanda y condiciones viales de la zona 17?
18. ¿Qué criterios consideraría esenciales para aceptar una nueva ruta?
19. ¿Qué apoyo requeriría para implementar cambios en su operación actual?

Anexo 4. Resultados de los instrumentos aplicados

[Resultados de los instrumentos aplicados](#)