



**FACULTAD DE POSTGRADO  
TRABAJO FINAL DE GRADUACION**

**PRODUCTIVIDAD EN TRANSPORTE DE MUESTRAS DE  
LABORATORIO BUESO ARIAS: UN ENFOQUE DE  
INVESTIGACIÓN DE OPERACIONES.**

**SUSTENTADO POR:**

**IMIX CABALLERO RODRÍGUEZ  
SAÚL OBETH CANELAS CARÍAS**

**PREVIA INVESTIDURA AL TÍTULO DE**

**MÁSTER EN  
GESTIÓN DE OPERACIONES Y LOGÍSTICA**

**SAN PEDRO SULA, CORTÉS, HONDURAS, C.A.**

**FEBRERO, 2026**

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA CENTROAMERICANA  
UNITEC**

**FACULTAD DE POSTGRADO**

**AUTORIDADES  
UNIVERSITARIAS**

**RECTORA  
ROSALPINA RODRÍGUEZ**

**VICERRECTOR ACADÉMICO NACIONAL  
JAVIER ABRAHAM SALGADO LEZAMA**

**SECRETARIO GENERAL  
ROGER MARTÍNEZ  
MIRALDA**

**DECANA FACULTAD DE POSTGRADO  
ANA DEL CARMEN RETTALLY VARGAS**

**PRODUCTIVIDAD EN TRANSPORTE DE MUESTRAS DE  
LABORATORIO BUESO ARIAS: UN ENFOQUE DE  
INVESTIGACIÓN DE OPERACIONES**

**TRABAJO PRESENTADO EN CUMPLIMIENTO  
DE LOS REQUISITOS EXIGIDOS PARA OPTAR  
AL TÍTULO DE  
MASTER EN  
GESTIÓN DE OPERACIONES Y LOGÍSTICA**

**ASESOR**

**JOSÉ RODOLFO SORTO**

**MIEMBROS DE LA TERNA:**

**NANCY LARA  
CARLOS AMADOR  
MARCO ANTONIO PASCUA**



## **FACULTAD DE POSTGRADO**

# **PRODUCTIVIDAD EN TRANSPORTE DE MUESTRAS DE LABORATORIO BUESO ARIAS: UN ENFOQUE DE INVESTIGACIÓN DE OPERACIONES**

**IMIX CABALLERO RODRIGUEZ  
SAÚL OBETH CANELAS CARIAS**

### **RESUMEN**

El presente estudio tuvo como propósito evaluar y optimizar la productividad del sistema de transporte de muestras clínicas del Laboratorio Bueso Arias, analizando el efecto de variables internas, tipo de vehículo, competencia del conductor y tiempo de servicio, y externas como condiciones ambientales, horarios y distancia recorrida. El estudio empleó herramientas de Investigación de Operaciones y análisis estadístico, comparando rutas reales con escenarios simulados mediante el Método General de Transporte, el Problema del Viajante (TSP), ANOVA y Tukey-Kramer. Los resultados evidenciaron que el tipo de vehículo, la competencia del conductor, el tiempo de servicio y las condiciones ambientales influyen significativamente en la productividad, mientras que el tiempo de viaje y los horarios no mostraron efectos relevantes, manteniéndose la eficiencia general por encima del 90 %. A partir de estos hallazgos se identificó que la principal oportunidad de mejora radica en reducir tiempos improductivos y estandarizar actividades administrativas. Se formularon cuatro alternativas orientadas a maximizar el desempeño operativo, subcontratación de taxis, contratación de un mecánico de planta, uso de contenedores térmicos automatizados y digitalización del sistema logístico, todas evaluadas mediante indicadores clave y análisis beneficio–costo, con valores B/C mayores a 1. Finalmente, se diseñó una propuesta integral de implementación que articula mantenimiento preventivo, fortalecimiento de competencias, control térmico y un sistema digital de gestión, orientada a mejorar la trazabilidad, elevar la eficiencia global y asegurar la sostenibilidad operativa del transporte de muestras clínicas.

**Palabras clave:** productividad, transporte, logística, optimización, análisis operativo.



## **GRADUATE SCHOOL**

# **PRODUCTIVITY IN THE TRANSPORT OF LABORATORY SAMPLES AT BUESO ARIAS: AN OPERATIONS RESEARCH APPROACH**

**IMIX CABALLERO RODRÍGUEZ  
SAÚL OBETH CANELAS CARIAS**

### **ABSTRACT**

The purpose of this study was to evaluate and optimize the productivity of the clinical sample transportation system at Laboratorio Bueso Arias by analyzing the effect of internal variables vehicle type, driver competence, and service time and external variables such as environmental conditions, schedules, and distance traveled. The study employed Operations Research tools and statistical analysis, comparing real routes with simulated scenarios using the General Transportation Method, the Traveling Salesman Problem (TSP), ANOVA, and Tukey–Kramer tests. The results showed that vehicle type, driver competence, service time, and environmental conditions significantly influence productivity, while travel time and schedules did not present relevant effects, with overall efficiency remaining above 90%. Based on these findings, the main improvement opportunity was identified in reducing non-productive time and standardizing administrative activities. Four alternatives were formulated to maximize operational performance—taxi subcontracting, hiring an in-house mechanic, implementing automated thermal containers, and digitalizing the logistics system—all evaluated through key performance indicators and benefit–cost analysis, obtaining B/C values greater than 1. Finally, an integrated implementation proposal was developed, combining preventive maintenance, skills enhancement, thermal control, and a digital management system, aimed at improving traceability, increasing overall efficiency, and ensuring the operational sustainability of the clinical sample transportation process.

**Key words:** (Productivity, transport , logistics, clinical samples, optimization.)

## **DEDICATORIA**

Este proyecto lo dedico a mi esposa Araceli por estar siempre a mí lado durante este recorrido académico. A mi familia por siempre apoyarme en todas las decisiones que he tomado y todos los retos que he decidido enfrentar. A Licenciada Ana Clemencia Bueso, por apoyarme en este proyecto de estudio, por ser un ejemplo a seguir y sobre todo por siempre creer en mí. Y a todas las personas que directa o indirectamente fueron partícipes del apoyo brindado en este largo recorrido que culmina con este trabajo de investigación que trata de reflejar un aspecto fundamental para mí, que es la siempre tratar de mejorar.

Imix Caballero Rodríguez

Este proyecto está dedicado a todas las personas que me han apoyado en el transcurso de mi capacitación profesional desde mis inicios mi madre, en una nueva etapa de profesionalización mi esposa y mi amado hijo que su solo presencia motiva al seguir adelante, ellos han sido pilares fundamentales en este camino, y de manera muy especial está dedicado a la memoria de mi padre Francisco Canelas (QDDG) quien siempre creyó en que alcanzaría mis objetivos propuestos, estoy más que seguro de que, desde donde se encuentre, sigue con orgullo cada uno de mis logros.

Saul Obeth Canelas Carias

## **AGRADECIMIENTO**

Quiero agradecer primeramente a Dios por darme la fortaleza para cumplir con todo lo que significó cumplir este viaje de conocimientos logísticos. A mis compañeros de clase que fueron una parte fundamental para salir adelante en cada asignatura cursada. A todos los catedráticos con los que tuve la dicha y el privilegio de compartir tiempo de estudio, en el cual aprendí conceptos que cada día me ayudan a ser un mejor profesional. A la institución Laboratorio Bueso Arias por permitirme desarrollar el presente proyecto de investigación, el cual va alineado a su cultura organizacional de mejora continua. A mis asesores Ing. José Rodolfo Sorto por enseñarnos y guiarnos paso a paso en este proyecto, y al Ing. Alex Banegas por sus aportes conceptuales que sirvieron de base para la aplicación técnica planteado en este estudio. Por último, a todo el equipo de transporte de Laboratorio Bueso Arias, por esforzarse día a día en querer hacer las cosas bien.

Imix Caballero Rodríguez

Primeramente, agradecer a Dios quien me ha guiado en cada paso que he seguido en este camino de profesionalización, a mi madre quien fue la que me trajo a esta vida y desde pequeño me enseñó valores de lealtad, amor y comprensión, asimismo agradecer a cada uno de los catedráticos que me orientaron en todas las clases de la maestría, agradecer de manera especial a mis compañeros de grupo en las clases Imix Caballero y Alex Reyes quienes me ayudaron a entender aquellas clases complicadas para mí.

Saúl Obeth Canelas Carias

## INDICE DE CONTENIDO

<b>DEDICATORIA.....</b>	<b>X</b>
<b>AGRADECIMIENTO.....</b>	<b>XI</b>
<b>CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>1</b>
1.1 INTRODUCCIÓN.....	1
1.2 ANTECEDENTES DEL PROBLEMA.....	3
1.2.1. TRABAJOS DE REFERENCIA.....	4
1.2.1.1 TRABAJO DE REFERENCIA #1.....	4
1.2.1.2 TRABAJO DE REFERENCIA #2.....	4
1.2.1.3 TRABAJO DE REFERENCIA #3.....	4
1.3 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.....	5
1.3.1 ENUNCIADO DEL PROBLEMA.....	5
1.3.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	6
1.3.3 PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN.....	6
1.4 OBJETIVOS DEL PROYECTO.....	7
1.4.1 OBJETIVO GENERAL.....	7
1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	7
1.5 JUSTIFICACIÓN.....	7
<b>CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>9</b>
2.1 ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL.....	9
2.1.1 ANÁLISIS DEL MACROENTORNO.....	9
2.1.1.1 ENTORNO OPERATIVO.....	9
2.1.1.2 ENTORNO ECONÓMICO.....	14
2.1.1.3 ENTORNO TECNOLÓGICO.....	17
2.1.1.3.3 OCEANÍA.....	19
2.1.2 ANÁLISIS DEL MICROENTORNO.....	21
2.1.2.1 LINEAMIENTOS SOBRE MUESTRAS BIOLÓGICAS.....	22

2.1.2.2 INFRAESTRUCTURA VIAL Y CONDICIONES DE TRÁFICO LOCAL.....	28
2.1.2.3 DISPONIBILIDAD Y UBICACIÓN DE LABORATORIOS EN EL AREA DE ESTUDIO.....	32
2.1.2.4 SISTEMA DE MONITOREO PARA EMPRESA DE TRANSPORTE .....	41
2.1.3 ANÁLISIS INTERNO.....	43
2.1.3.1 RECURSOS Y FLOTA DE VEHÍCULOS DISPONIBLES.....	43
2.1.3.2 PLANIFICACIÓN Y EJECUCIÓN DE RUTAS.....	46
2.1.3.3 COMUNICACIÓN DE REQUERIMIENTOS DE LABORATORIOS REFERIDOS.....	49
2.1.3.4 SISTEMAS POSTERIORES AL TRANSPORTE DE MUESTRAS. .	50
2.2 CONCEPTUALIZACIÓN.....	50
2.2.1 VARIABLE DEPENDIENTE.....	51
2.2.1.1 PRODUCTIVIDAD DEL SISTEMA DE TRANSPORTE.....	51
2.2.2 VARIABLES INDEPENDIENTES.....	52
2.2.2.1 TIPO DE VEHÍCULO.....	52
2.2.2.2 COMPETENCIAS DEL CONDUCTOR.....	52
2.2.2.3 HORARIOS DISPONIBLES.....	53
2.2.2.4 CONDICIONES AMBIENTALES EN CONTEXTO DE TRANSPORTE.....	54
2.2.2.5 TIEMPO DE VIAJE.....	54
2.2.2.6 TIEMPO DE SERVICIO EN LABORATORIOS.....	55
2.2.2.7 CANTIDAD DE LABORATORIOS.....	55
2.3 TEORÍAS DE SUSTENTO.....	56
2.3.1 BASES TEÓRICAS.....	56
2.3.1.1 INVESTIGACIÓN OPERATIVA COMO METODOLOGÍA.....	56
2.3.1.2 PROBLEMA DEL VIAJANTE (TSP).....	59
2.3.1.3 PROBLEMA DE RUTEO DE VEHÍCULOS (VRP).....	59
2.3.1.4 MÉTODO GENERAL DE TRANSPORTE (MODI).....	59
2.3.2 METODOLOGÍAS DESARROLLADAS POR OTROS INVESTIGADORES	

.....	60
2.3.2.1 METAHEURÍSTICA PARA VRP Y VRP CON VENTANA DE TIEMPO.....	60
2.3.2.2 PROGRAMACIÓN ENTERA MIXTA CON BRANCH END PRICE.....	60
2.3.2.3 SIMULACIÓN DE EVENTOS DISCRETOS.....	60
2.3.2.4 COMPARACIÓN ENTRE TEORÍAS DE SUSTENTO.....	61
2.3.3 INSTRUMENTOS UTILIZADOS POR OTROS INVESTIGADORES.....	63
2.3.3.1 LISTAS DE CHEQUEO O VERIFICACIÓN.....	63
2.3.3.2 ESCALA DE ESTIMACIÓN.....	63
2.3.3.3 FORMATO DE ANÁLISIS.....	63
2.4 MARCO LEGAL.....	64
2.4.1 MARCO LEGAL INTERNO.....	64
2.4.1.1 REGLAMENTO TÉCNICO HONDUREÑO.....	64
2.4.1.2 LEY DE TRÁNSITO.....	66
<b>CAPÍTULO III. METODOLOGÍA.....</b>	<b>68</b>
3.1 CONGRUENCIA METODOLÓGICA.....	68
3.1.1 MATRIZ METODOLÓGICA.....	69
3.1.2 ESQUEMA DE VARIABLES DE ESTUDIO.....	71
3.1.3 OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES.....	72
<b>3.1.3.1 MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES.....</b>	<b>73</b>
3.1.4 HIPÓTESIS.....	74
3.1.4.1 HIPÓTESIS NULA.....	74
3.1.4.2 HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN.....	74
3.2 ENFOQUE Y MÉTODOS.....	74
3.2.1 ENFOQUE.....	74
3.2.2 ALCANCE.....	75
3.2.3 DISEÑO.....	75
3.2.3.1 ENFOQUE CUANTITATIVO.....	75
3.2.3.2 ENFOQUE CUALITATIVO.....	76

3.3 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.....	78
3.3.1. POBLACIÓN.....	78
3.3.2 MUESTRA.....	80
3.4 TÉCNICAS, INSTRUMENTOS Y PROCEDIMIENTOS APLICADOS.....	82
3.4.1 TÉCNICAS APLICADAS.....	82
3.4.1.1 ENFOQUE CUALITATIVO.....	82
3.4.1.2 ENFOQUE CUANTITATIVO.....	84
3.4.2 INSTRUMENTOS APLICADOS.....	84
3.4.2.1 ENFOQUE CUALITATIVO.....	84
3.4.2.2 ENFOQUE CUANTITATIVO.....	85
3.4.3 PROCEDIMIENTOS APLICADOS.....	86
3.4.3.1 DEFINICION DEL PROBLEMA.....	87
3.4.3.2 RECOLECCIÓN Y ANÁLISIS DE DATOS.....	87
3.4.3.3 FORMULACIÓN DEL MODELO MATEMÁTICO.....	87
3.4.3.4 SELECCIÓN DE SOLUCIONES Y OPTIMIZACIÓN.....	88
3.4.3.5 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN DE RESULTADOS.....	88
3.5 FUENTES DE INFORMACIÓN.....	91
3.5.1 FUENTES PRIMARIAS.....	91
3.5.1.1 BASES DE DATOS OPERATIVOS Y REGISTROS HISTÓRICOS.....	91
3.5.1.2 REGISTROS DE PLANEACIÓN LOGÍSTICA Y GESTIÓN DE RECURSOS.....	91
3.5.2 FUENTES SECUNDARIAS.....	91
3.5.2.1 LIBROS DE TEXTO Y REFERENCIAS ACADÉMICAS.....	91
3.5.2.2 ARTÍCULOS CIENTÍFICOS Y PUBLICACIONES ESPECIALIZADAS.....	92
3.5.2.3 FUENTES DE LINEAMIENTOS NORMATIVOS Y REGULATORIOS.....	92
<b>CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y ANÁLISIS.....</b>	<b>93</b>
4.1 INFORME DE PROCESO DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	93
4.1.1 INSTRUMENTOS APLICADO EN ETAPA DE DEFINICIÓN DE	

PROBLEMA.....	93
4.1.1.1 GUÍA DE ENTREVISTAS Y CUESTIONARIOS.....	93
4.1.1.2 FORMATO DE RECORRIDO ROMT63.....	94
4.1.1.3 FORMATO DE RENDIMIENTO DE COMBUSTIBLE ROMT79....	95
4.1.1.4 APP METEOROLÓGICAS.....	95
4.1.1.5 FOTOGRAFÍAS.....	96
4.1.2 INSTRUMENTOS APLICADO EN ETAPA DE RECOLECCIÓN Y	
ANÁLISIS DE DATOS:.....	97
4.1.2.1 REPORTE DE PLATAFORMA VIGIASMART.....	97
4.1.2.2 REPORTES HISTÓRICOS.....	98
4.1.2.3 EXPEDIENTES RECURSOS HUMANOS.....	99
4.1.3 INSTRUMENTOS APLICADO EN ETAPA DE FORMULACIÓN DEL	
MODELO MATEMÁTICO:.....	100
4.1.3.1 MATRICES DE DATOS DE MICROSOFT EXCEL.....	101
4.1.3.2 QM FOR WINDOWS:.....	101
4.1.4 INSTRUMENTOS APLICADO EN ETAPA DE SELECCIÓN DE	
SOLUCIÓN ÓPTIMA.....	103
4.1.4.1 MATRICES DE DATOS EN MICROSOFT EXCEL CON REGISTROS	
HISTÓRICOS.....	103
4.2 RESULTADOS Y ANÁLISIS DE LAS TÉCNICAS APLICADAS.....	103
4.2.1 OBJETIVO ESPECÍFICO #1.....	104
4.2.1.1 VARIABLE COMPETENCIA DE CONDUCTOR.....	105
4.2.1.2 VARIABLE TIPO DE VEHÍCULO.....	108
4.2.1.3 VARIABLE HORARIOS DISPONIBLES.....	109
4.2.1.4 VARIABLE CONDICIONES AMBIENTALES.....	111
4.2.1.5 VARIABLE TIEMPO DE VIAJE.....	113
4.2.1.6 VARIABLE TIEMPO DE SERVICIO.....	115
4.2.1.7 VARIABLE CANTIDAD DE LABORATORIOS.....	117
4.2.1.8 PRUEBA TUKEY-KRAMER PARA RESULTADOS QUE FUERON	
SGNIFICATIVOS.....	119
4.2.2 OBJETIVO ESPECÍFICO #2.....	122

4.2.2.1 ALTERNATIVA BASADA EN DESARROLLO DE VARIABLE COMPETENCIA DE CONDUCTOR.....	123
4.2.2.2 ALTERNATIVA BASADA EN DESARROLLO DE VARIABLE TIPO DE VEHÍCULO.....	124
4.2.2.3 ALTERNATIVA BASADA EN DESARROLLO DE VARIABLE CONDICIONES AMBIENTALES.....	125
4.2.2.4 ALTERNATIVA BASADA EN DESARROLLO DE VARIABLE TIEMPO DE SERVICIO.....	126
4.2.3 OBJETIVO ESPECÍFICO #3.....	126
4.2.3.1 RELACIÓN BENEFICIO–COSTO DE LA ALTERNATIVA 1: PROGRAMA DE INDUCCIÓN OPERATIVA POR TUTORES EXPERIMENTADOS.....	129
4.2.3.2 RELACIÓN BENEFICIO–COSTO DE LA ALTERNATIVA 2: PLAN INTEGRAL DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y CORRECTIVO.....	131
4.2.3.3 RELACIÓN BENEFICIO–COSTO DE LA ALTERNATIVA 3: IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE MONITOREO Y REGISTRO DE CONDICIONES AMBIENTALES EN TIEMPO REAL.....	133
4.2.3.4 RELACIÓN BENEFICIO–COSTO DE LA ALTERNATIVA 4: IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DIGITAL DE GESTIÓN Y COMUNICACIÓN EN TIEMPO REAL.....	136
4.2.4 OBJETIVO ESPECÍFICO #4.....	140
4.3 COMPROBACIÓN DE LA HIPÓTESIS.....	142
<b>CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>146</b>
5.1.....	146
CONCLUSIONES.....	146
5.2 RECOMENDACIONES.....	147
<b>CAPÍTULO VI. APLICABILIDAD.....</b>	<b>149</b>

6.1 NOMBRE DE LA PROPUESTA.....	149
6.2 JUSTIFICACIÓN DE LA PROPUESTA.....	149
6.3 ALCANCE DE LA PROPUESTA.....	150
6.3.1 OBJETIVOS DE LA PROPUESTA:.....	151
6.4 DESCRIPCIÓN Y DESARROLLO DE LA PROPUESTA.....	152
6.4.1 DESCRIPCIÓN.....	152
6.4.2 DESARROLLO.....	153
6.4.2.1 HERRAMIENTAS DE GESTIÓN Y SEGUIMIENTO DEL PROYECTO.....	153
6.4.2.2 HERRAMIENTAS DE MODELADO Y DOCUMENTACIÓN DE PROCESOS.....	154
6.4.2.3 PROCESOS POR ETAPA DE IMPLEMENTACIÓN.....	154
6.5 MEDIDAS DE CONTROL.....	162
6.5.1 INDICADORES DE CONTROL ETAPA I – CAPACITACIÓN Y TUTORÍAS OPERATIVAS (GESTIÓN DE COMPETENCIAS).....	162
6.5.2 INDICADORES DE CONTROL ETAPA II – PLAN INTEGRAL DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y CORRECTIVO (TPM).....	164
6.5.3 INDICADORES DE CONTROL ETAPA III – CONTROL DE CONDICIONES AMBIENTALES (ISO 15189).....	165
6.6 CRONOGRAMA DE IMPLEMENTACIÓN.....	168
6.7 PRESUPUESTO E IMPACTO DEL PRESUPUESTO.....	170
6.7.1 PRESUPUESTO.....	170
6.7.2 IMPACTO CUALITATIVO Y CUANTITATIVO DEL PRESUPUESTO..	173
6.7.2.1 IMPACTO CUALITATIVO DEL PRESUPUESTO.....	173
6.7.2.2 IMPACTO CUANTITATIVO DEL PRESUPUESTO.....	173
6.8 CONCORDANCIA DE LOS SEGMENTOS DE LA TESIS CON LA PROPUESTA .....	173
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>176</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>184</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de rutas de recolección de muestras.....	1
Figura 2. Leyes sobre uso de casco en motocicletas y normas aplicables.....	11
Figura 3. Precio del barril de petróleo y eventos importantes.....	14
Figura 4. Variación de precios de flete marítimo por afectaciones en el canal de Suez y canal de Panamá .....	17
Figura 5. Exámenes de laboratorio en principales Hospitales de S.P.S.....	24
Figura 6. Exámenes realizados por hospitales de S.P.S.....	25
Figura 7. Porcentaje de exámenes por área.....	26
Figura 8. Crecimiento de la flota vehicular en Honduras.....	29
Figura 9. Crecimiento de flota vehicular en S.P.S.....	29
Figura 10. Distribución general de laboratorios en S.P.S.....	33
Figura 11. Distribución competencia en un radio de 2 km de la sucursal principal.....	33
Figura 12. Distribución competencia en un radio de 2 km de sucursal Altara.....	34
Figura 13. Distribución de competencia en un radio de 2 km de sucursal Choloma.....	35
Figura 14. Distribución de competencia en un radio de 2 km de sucursal Los Olivos.....	36
Figura 15. Distribución competencia en un radio de 2 km de sucursales Santa Mónica, Century, Guadalupe.....	36
Figura 16. Distribución Competencia en un radio de 2 km de sucursales Terravista.....	37
Figura 17. Distribución competencia en un radio de 2 km de sucursales Villanueva.....	38
Figura 18. Distribución de competencia en un radio de 2 km de sucursales San José.....	39
Figura 19. Distribución competencia en un radio de 2 km de sucursales Aventura.....	40
Figura 20. Distribución competencia sector Chamelecón, Dos Caminos.....	40
Figura 21. Distribución competencia sector colonia López Arellano.....	41
Figura 22. Distribución competencia sector colonia Satélite.....	41
<b>Figura 23. Esquema de variables de estudio.....</b>	<b>71</b>
Figura 24. Enfoque y métodos de la Investigación.....	77
Figura 25. Diagramas de secuencia de recolección.....	79
Figura 26. Diagrama general de congruencia metodológica.....	90
Figura 27. formato ROMT63.....	94
Figura 28. Información consolidada ROMT79.....	95
Figura 29. interfaz de aplicación meteorológica.....	96
Figura 30. condiciones de las vías en puntos de entrega Policlínica.....	96
Figura 31. Condiciones de las vías en puntos de entrega zona centro de S.P.S.....	97
Figura 32. Plataforma VigiaSmart.....	98
Figura 33. Matriz de tiempos de traslado entre laboratorios referidos.....	99
Figura 34. Formato de expediente de Conductores.....	100
Figura 35. Ejemplo de matriz de tiempo.....	102
Figura 36. Ejemplo de resolución de modelo.....	102
Figura 37. Diagrama secuencial de áreas a la cadena de valor.....	127
Figura 38. Costo promedio semanal por la subcontratación del servicio de taxi.....	130
Figura 39. Contenedor térmico propuesto.....	134
Figura 40. Transmisor de temperatura inalámbrico.....	134
Figura 41. Diagrama de arquitectura del funcionamiento del sistema digital.....	138

Figura 42. Diagrama de Gantt.....169

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Registro de operaciones logísticas.....	3
Tabla 2. Porcentaje de operaciones de laboratorios referidos.....	3
Tabla 3. Tasas de mortalidad por accidentes de tránsito por regiones y por ingresos.....	10
Tabla 4. Apoyo en ventas y mercadeo a clientes internacionales.....	12
Tabla 5. Ingresos obtenidos de clientes en Norte América y regiones del mundo.....	12
Tabla 6. Porcentaje de inflación anual.....	15
Tabla 7. Indicadores hospitalarios de la red de la SESAL.....	23
Tabla 8. Indicadores hospitalarios de la actividad quirúrgica, partos y laboratorio clínico 2022.....	24
Tabla 9. Operaciones, exámenes de laboratorio, radiología, recetas y atenciones.....	25
Tabla 10. Distancia y tiempo desde sucursal hasta laboratorios referidos.....	32
Tabla 11. Resumen de distancias promedio entre sucursal principal vs otros laboratorios en un radio de 2 km.....	34
Tabla 12. Resumen de Distancias promedio entre sucursal Altara vs Laboratorio en un radio de 2 km. . .	35
Tabla 13. Resumen de distancias promedio entre sucursal Choloma vs otros laboratorios en un radio de 2 km.....	35
Tabla 14. Resumen de distancias promedio entre sucursal Los Olivos vs otros laboratorios en un radio de 2 km.....	36
Tabla 15. Resumen de distancias promedio entre sucursales Santa Mónica, Century, Guadalupe Vs otros laboratorios en un radio de 2 km.....	37
Tabla 16. Resumen de distancias promedio entre sucursal Terravista vs otros laboratorios en un radio de 2 km.....	38
Tabla 17. Resumen de distancias promedio entre sucursal Villanueva vs otros laboratorios en un radio de 2 km.....	38
Tabla 18. Resumen de distancia promedio entre sucursal San José vs otros laboratorios en un radio de 2 km.....	39
Tabla 19. Resumen consumo y rendimiento de combustible abril, mayo, junio 2025.....	45
Tabla 20. Matriz de Congruencia Metodológica.....	68
Tabla 21. Operacionalización de las variables.....	71
Tabla 22. 21 laboratorios referidos.....	77
Tabla 23. Ejemplo de escenario de registro histórico.....	96
Tabla 24. Posibles opciones de par de laboratorios.....	96
Tabla 25. Comparación entre los resultados obtenidos.....	98
Tabla 26. Resultados de productividad de cada conductor.....	102
Tabla 27. Resultados de prueba de análisis de varianza de un factor.....	102
Tabla 28. Resultados de productividad de vehículos.....	103
Tabla 29. Prueba de análisis de varianza de un factor.....	104
Tabla 30. Resultados de productividad para ventanas definidas.....	105
Tabla 31. Resultados de la prueba A.V.F para comparar las medias de productividad de horarios.....	105
Tabla 32. Límites establecidos para cada grupo de datos.....	106
Tabla 33. Resultados de productividad para intervalos de temperatura.....	107
Tabla 34. Comparación de medias de productividad entre rango de temperatura.....	107
Tabla 35. Límites establecidos para cada grupo de datos de la variable tiempo de viaje.....	108
Tabla 36. Productividad intervalos de tiempo de viaje definidos.....	109
Tabla 37. Prueba de análisis de varianza para comparar medias de productividad de tiempos de viaje definidos.....	109
Tabla 38. Límites establecidos de la variable tiempo de servicio.....	110

Tabla 39. Resultados de productividad de intervalos tiempo de servicio.....	111
Tabla 40. Comparación de productividad entre rango de tiempos de servicio.....	111
Tabla 41. Límites establecidos de variable cantidad de laboratorios.....	112
Tabla 42. Resultados de productividad de tiempo de servicio definidos.....	113
Tabla 43. Comparación de productividad entre cantidad de laboratorios a visitar.....	114
Tabla 44. Prueba para variable tipo de vehículo.....	115
Tabla 45. Prueba para variable condiciones ambientales.....	116
Tabla 46. Prueba para variable tiempo de servicio.....	117
Tabla 47. Tiempo improductivo acumulado.....	123
Tabla 48. Costo operativo por minuto de cada una de las áreas involucrados en la cadena de valor.....	123
Tabla 49. Ahorro potencial derivado del aprovechamiento eficiente.....	124
Tabla 50. Beneficio-costo subcontratación de taxi.....	125
Tabla 51. Cálculo del índice Beneficio-Costo.....	126
Tabla 52. Costo estimado por la contratación de un mecánico de planta.....	127
Tabla 53. valores promedio mensuales a un período de 1 año fiscal.....	128
Tabla 54. información de costos sistema de control y monitoreo de temperatura.....	130
Tabla 55. Beneficio-costo para alternativa propuesta.....	130
Tabla 56. Cálculos de beneficio proyectado.....	132
Tabla 57. Costos de implementación.....	133
Tabla 58. Resumen de costos de mantenimiento mensual.....	134
Tabla 59. Escenario Implementación.....	134
Tabla 60. Consolidación de resultados obtenidos de cada objetivo específico del estudio.....	138
Tabla 61. Indicadores de control Etapa I.....	158
Tabla 62. Indicadores de control Etapa II.....	159
Tabla 63. Indicadores de control Etapa III.....	161
Tabla 64. indicadores de control Etapa IV.....	162
Tabla 65. Cronograma de implementación.....	163
Tabla 66. Costos de Implementación por etapas.....	166
Tabla 67. Beneficios proyectados por implementación.....	166
Tabla 68. Concordancia de los segmentos de la tesis con la propuesta.....	170

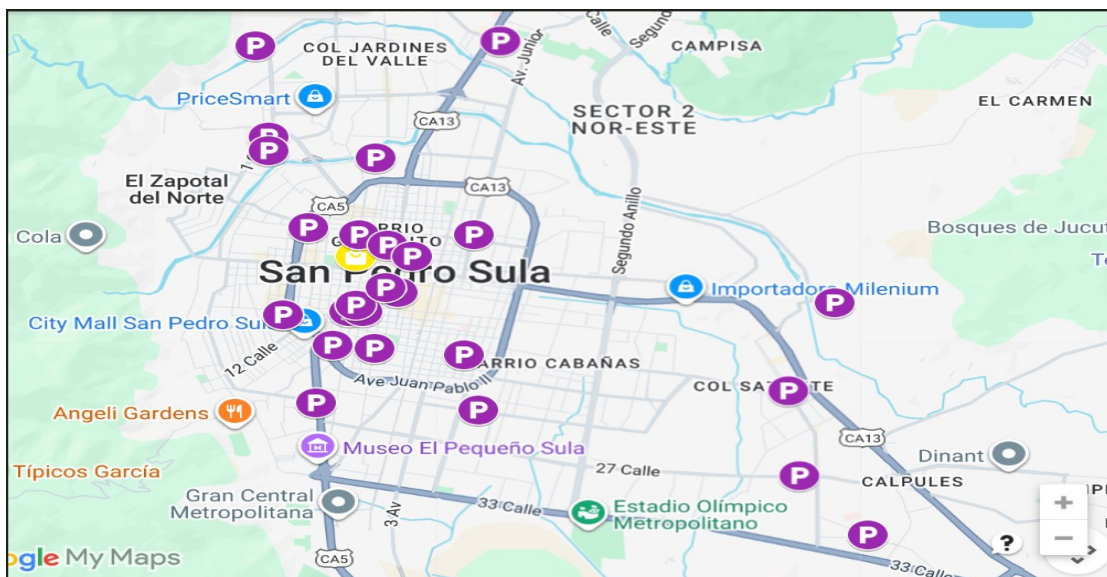
# CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN

## 1.1 INTRODUCCIÓN

En laboratorio Bueso Arias, la gestión de transporte de muestras es considerado un proceso clave que tiene un impacto directo en el cumplimiento del objetivo estratégico de calidad de procesos para la seguridad del paciente. Para asegurar el tiempo y transporte oportuno y seguro de las muestras, el laboratorio debe proporcionar instrucciones referentes al envasado adecuado, y el aseguramiento del tiempo entre la toma de muestras y la recepción en el centro de procesamiento (OHN, Organismo Hondureño de Normalización, 2022).

Los laboratorios referidos constituyen una parte interesada externa para Laboratorio Bueso Arias. Debido a que no cuentan con un menú amplio de pruebas, recurren a este laboratorio para la prestación de servicios de transporte, procesamiento de muestras y envío de resultados.

De acuerdo al procedimiento del área de Laboratorio Bueso Arias (2016) define que la recepcionista telefónica recibe la llamada de laboratorio referidos solicitando el servicio. Esta solicitud se registra en el formato de atención telefónica con laboratorios referidos ROPA09. Posteriormente se coordina con el transportista la recolección de las muestras, haciendo uso del formato ROPA04-A control retiro de muestras de laboratorios referidos para el recibo de las muestras.



**Figura 1. Mapa de rutas de recolección de muestras**  
Fuente: Elaboración propia con datos de ubicación en Google My Maps (2025).

Según se detalla en la norma OHN-ISO 15189 (2022) Las muestras se reciben en el centro de procesamiento en donde se realizará una generación de orden con un número de identificación único, bajo el cual, se les dará trazabilidad a través de los procesos posteriores de procesamiento, validación, y entrega de resultados. Los resultados de los análisis clínicos deben ser confiables y entregados en el tiempo pactado, como un apoyo para cualquier proceso de diagnóstico clínico que el paciente pueda estar experimentando.

En este contexto, se revisará el historial de desempeño del sistema logístico de transporte de muestras de laboratorios referidos, ya que se identifica una posible falta de coherencia en la relación entre el tiempo recolección y el tiempo de recepción de muestras en el centro de procesamiento. Considerando que la estrategia del laboratorio se fundamenta en factores como agilidad, servicio al cliente, prontitud, exactitud y desarrollo sostenible con clientes externos, se reconoce que existe una circunstancia que al parecer no está bajo control dentro del proceso logístico. Por tanto, se considera necesario realizar un estudio que pueda revelar con claridad un área de oportunidad de mejora, que se pueda ejecutar mediante un plan de acción.

El estudio se desarrollará a partir de los datos de tiempo de recorrido registrados por los transportistas asignados a las rutas establecidas, utilizando como referencia el formato ROMT74 “Recorrido y consumo de combustible”. La información recopilada en este formato será analizada de manera detallada, considerando variables como la ubicación de los laboratorios, el tiempo de desplazamiento entre cada uno de ellos y los tiempos de espera que los transportistas puedan experimentar al llegar a las instalaciones solicitantes. Estos elementos constituirán la base para estructurar distintas fases de investigación, con el objetivo de evaluar diferentes configuraciones de rutas y determinar el grado de correspondencia entre los tiempos reales de transporte y los tiempos óptimos estimados, en diversos escenarios de demanda.

Los tiempos elegidos para la revisión serán los registrados que se muestran en la tabla 1 y tabla 2, durante los meses de abril, mayo, junio, julio de 2025. Analizando bloques de recolección de muestras registrados durante el transcurso de cada día.

**Tabla 1. Registro de operaciones logísticas**

Mes	Traslados Totales	Traslados Referidos
jun-25	1957	613
jul-25	2164	675
ago-25	1948	512
sep-25	1452	391

Fuente: (Laboratorio Bueso Arias, 2025)

**Tabla 2. Porcentaje de operaciones de laboratorios referidos**

Mes	Porcentaje de operaciones laboratorios referidos con respecto al total de las operaciones
jun-25	31.3%
jul-25	31.2%
ago-25	26.3%
sep-25	26.9%

Fuente: (Laboratorio Bueso Arias, 2025)

La realización de este estudio es de gran relevancia, ya que sus resultados y conclusiones permitirán evaluar el impacto de no aplicar una metodología adecuada para la selección de rutas de transporte. La ausencia de dicho enfoque podría generar repercusiones en diversas dimensiones, tales como: el nivel de satisfacción del cliente, el cumplimiento de normativas relacionadas con la estabilidad de las muestras ante condiciones climáticas adversas, y el incremento en el consumo de reactivos debido al reprocesamiento de muestras para la verificación de resultados. Estas situaciones no solo afectarían negativamente la imagen corporativa del laboratorio, sino que también representarían un riesgo para la continuidad del negocio.

## **1.2 ANTECEDENTES DEL PROBLEMA**

El Laboratorio Bueso Arias recibe muestras clínicas de varios clientes. Se debe buscar mejorar la productividad para cumplir con las expectativas de los clientes.

Para alcanzar este objetivo, es necesario tener una trazabilidad consistente entre el área logística y operativa deben trabajar en coordinación constante, garantizando que las muestras lleguen en buenas condiciones. Esto permite realizar los análisis solicitados con calidad,

precisión y dentro de los plazos establecidos.

## 1.2.1. TRABAJOS DE REFERENCIA

### 1.2.1.1 TRABAJO DE REFERENCIA #1

El primer trabajo que tomamos como referencia es un artículo denominado: “Rutas de recolección de muestras y errores en el proceso analítico” (Sampera, Ventura Pedret, Gomis Castelvi, & March Amengual, 2011).

Este artículo, aborda el problema de optimizar las rutas desde la perspectiva de la investigación operativa, presentando los dos modelos fundamentales que se mencionan: el Vehicle Routing Problem y el Traveling Salesman Problem (Sampera, Ventura Pedret, Gomis Castelvi, & March Amengual, 2011)

El objetivo del artículo es resaltar la importancia de la planificación logística en la recogida de muestras, y ofrecer algunas ideas simples para evaluar la calidad de los servicios de transporte. Además, se señala que los expertos en investigación operativa, tanto de universidades como de empresas logísticas deben ser la referencia para proporcionar informes certificados. (Sampera, Ventura Pedret, Gomis Castelvi, & March Amengual, 2011)

### 1.2.1.2 TRABAJO DE REFERENCIA #2

El segundo trabajo de referencia que tomamos en consideración es el “Transporte de muestras biológicas: Seguridad, Normativa e Innovación” (Sanchez Carretero, 2025).

El proceso del transporte de muestras es fundamental en la operación diaria de los laboratorios de análisis clínicos. No es solo el hecho de trasladar la muestra de un punto a otro, sino que se garantice su integridad, seguridad y trazabilidad en el proceso (Sanchez Carretero, 2025)

En resumen, este trabajo sigue directrices sobre tecnologías de embalaje, seguimiento térmico, estrategias logísticas sostenibles y prácticas operativas. Destacando su impacto en la reducción de tiempos de tránsito, mejora de la trazabilidad y cumplimiento de protocolos sanitarios. (Sanchez Carretero, 2025)

### 1.2.1.3 TRABAJO DE REFERENCIA #3

El tercer trabajo de referencia que se consideró es “vehicle routing problem for biological

sample transportation in healthcare: mathematical formulations and metaheuristic approach” ( Benini , Detti, & Manrique , 2021).

Este artículo aborda la solución de un problema práctico relacionado con el traslado de muestras clínicas desde centros de recolección hasta el centro central de procesamiento, tomando en cuenta limitaciones de tiempo ( Benini , Detti, & Manrique , 2021)

En conclusión, el uso de modelos matemáticos y heurísticos adaptativos permite optimizar rutas de transporte clínico respetando tiempos críticos, mejorando significativamente la eficiencia mediante el uso de programación lineal entera mixta y algoritmo metaheurístico. ( Benini , Detti, & Manrique , 2021)

### **1.3 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA**

En esta sección se describe el funcionamiento del sistema de transporte de muestras del laboratorio, considerando la interacción con las partes interesadas y su influencia en la productividad. Asimismo, se presentará una formulación precisa del problema, identificando las limitaciones que condicionan el desempeño del sistema de transporte. Finalmente, este apartado concluirá con una serie de preguntas de investigación que servirán como base para la definición de los objetivos del estudio.

#### **1.3.1 ENUNCIADO DEL PROBLEMA**

Laboratorio Bueso Arias, reconocido por su cobertura nacional en el procesamiento de muestras clínicas, recibe diariamente un alto volumen de muestras provenientes de diversos laboratorios referidos ubicados en la región norte del país. Sin embargo, se han presentado situaciones en las que los resultados de análisis clínicos no se entregan dentro de los plazos establecidos, lo que afecta la percepción de la calidad del servicio, genera incertidumbre en el seguimiento médico oportuno y puede comprometer decisiones clínicas críticas.

Los requerimientos de transporte de muestras provenientes de laboratorios referidos suelen realizarse en horarios no programados, lo que dificulta el diseño de rutas fijas para la recolección. Además, resulta complejo estimar el nivel de urgencia de las solicitudes de transporte, lo que añade un grado de incertidumbre a la planificación.

Ante esta situación, los transportistas deciden de forma autónoma qué laboratorio visitar inicialmente y, sobre la marcha, determinan el orden de recolección basándose en su criterio y experiencia, con el objetivo de realizar el transporte en el menor tiempo posible.

Dentro del sistema de transporte se han identificado variables internas como el tipo de vehículos utilizados, las competencias de los conductores y la disponibilidad de horarios, los cuales pueden influir directamente en el tiempo total de la operación.

De igual manera, se reconocen variables externas como el tiempo de viaje, el tiempo de servicio en los laboratorios referidos, la cantidad de laboratorios a visitar y las condiciones climáticas, que también pueden contribuir a retrasos en el transporte oportuno de muestras.

### 1.3.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El transporte de muestras de Laboratorio Bueso Arias es un proceso clave en el que se ha identificado incertidumbre respecto a si las rutas seleccionadas por los transportistas representan realmente la opción más óptima para garantizar el menor tiempo posible de traslado.

Esta situación se debe a que actualmente no existe un mecanismo que permita validar los tiempos de transporte bajo diferentes combinaciones de rutas, considerando criterios como la distancia, el tiempo de atención, la cantidad de laboratorios visitados y las condiciones ambientales.

En consecuencia, se busca comprobar si la productividad del sistema de transporte se aproxima a un nivel óptimo. A partir de este planteamiento surge la interrogante: **¿Cómo influyen las variables tipo de vehículo, competencia de conductor, condiciones ambientales, horarios disponibles, tiempo de viaje, tiempo de servicio y cantidad de laboratorios en la productividad del sistema de transporte?**

### 1.3.3 PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

Se enuncia a continuación el planteamiento de una serie de preguntas de investigación, que indagan sobre aspectos claves del contexto en el cual se desarrolla el problema a analizar.

1. ¿Cómo influyen las variables tipo de vehículo, competencia de conductor, condiciones ambientales, horarios disponibles, tiempo de viaje, tiempo de servicio y cantidad de laboratorios en la productividad del sistema de transporte?
2. ¿Cuáles son los factores positivos y negativos que influyen en la situación actual en la que

se desarrolla el sistema de transporte de muestras entre los laboratorios referidos y Laboratorio Bueso Arias?

3. ¿De qué manera la aplicación de una metodología con enfoque de investigación de operaciones podría mejorar la productividad del sistema transporte de muestras?
4. ¿Cuál sería la relación beneficio-costos que podría obtener el Laboratorios Bueso Arias mejorando la productividad de su sistema de transporte de muestras?
5. ¿Podría diseñarse una propuesta de implementación metodológica basada en investigación de operaciones, que permita mejorar la productividad del Sistema de transporte?

#### **1.4 OBJETIVOS DEL PROYECTO**

En la presente sección se establecen una serie de objetivos, que fungirán como hilo conductor, a través del cual se desarrollará el presente estudio.

##### **1.4.1 OBJETIVO GENERAL**

El objetivo general del presente estudio es: Determinar cómo influyen las variables tipo de vehículo, competencia de conductor, condiciones ambientales, horarios disponibles, tiempo de viaje, tiempo de servicio y cantidad de laboratorios en la productividad del sistema de transporte.

##### **1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

1. Identificar de manera concreta los factores positivos y negativos que influyen en el sistema de transporte actual bajo el cual opera Laboratorio Bueso Arias
2. Desarrollar alternativas que permitan incrementar la productividad del sistema de transporte de muestras de Laboratorio Bueso Arias.
3. Establecer la relación beneficio-costos que podría obtener el Laboratorio Bueso Arias, al mejorar la productividad del sistema de transporte de muestras.
4. Elaborar una propuesta de implementación metodológica de investigación de operaciones, que permita mejorar la productividad del sistema de transporte.

#### **1.5 JUSTIFICACIÓN**

El sistema de transporte de muestras es un proceso clave dentro del alcance global de la operación de los laboratorios de análisis clínicos. Por ello, los estudios que buscan mejorar la productividad tienen una justificación sólida que se fundamenta en criterios de aseguramiento de

la calidad y cumplimiento de entrega de resultados confiables y oportunos, que sirvan de apoyo para el diagnóstico médico en sus diferentes especialidades.

Las muestras de sangre y otro tipo de muestras biológicas son extraídas de pacientes normalmente en horas de la mañana. Estas deben ser transportadas por medio de una flota vehicular situada geográficamente en diferentes puntos al centro de procesamiento. Cada muestra tiene un tiempo de vida limitado, por tanto, deben ser entregadas oportunamente. En caso de no cumplirse esta condición la muestra podría ser descartada. ( Benini , Detti, & Manrique , 2021)

“Se debe asegurar que las muestras estén entre 2 y 8 °C antes del envío y durante el envío” (Centers for Disease Control and Prevention, 2021).

Desde el punto de vista operativo existe un impacto económico por tiempo aprovechable de la mano de obra. Tomando en consideración la alta concentración de trabajo del proceso analítico en grandes laboratorios, se justifica el estudio de la productividad del sistema de transporte. (Sampera, Ventura Pedret, Gomis Castelv, & March Amengual, 2011)

Lo anterior implica que el transporte de muestras debe asegurar una distribución equilibrada y continua en el flujo hacia el área analítica, evitando que todas arriben de manera simultánea. De no cumplirse esta condición, se corre el riesgo de generar un cuello de botella en la recepción y procesamiento, lo que provocaría retrasos en la entrega de resultados. Asimismo, una programación inadecuada puede ocasionar períodos de tiempo muerto, durante los cuales el personal de recepción y procesamiento cuenta con capacidad ociosa por la falta de muestras disponibles. Esta situación no solo afecta la productividad del sistema, sino que también un desaprovechamiento de recursos humanos y operativos.

Desde un enfoque cualitativo, se justifica el estudio bajo el argumento que este busca verificar la optimalidad de la productividad en la operación actual, lo cual impacta directamente en la percepción del cliente en cuanto a nivel de servicio. Este enfoque se extiende y adopta una dimensión cuantitativa ya que, si dicha percepción es insatisfactoria, se genera riesgo en la continuidad del negocio.

## **CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO**

### **2.1 ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL.**

#### **2.1.1 ANÁLISIS DEL MACROENTORNO**

En el marco de este estudio sobre la productividad en el sistema de transporte de muestras clínicas, resulta importante considerar el macroentorno, ya que permite comprender cómo los factores externos pueden afectar, de manera directa o indirecta, el crecimiento y desempeño de la empresa. De manera general, se explorarán tres dimensiones clave: el entorno operativo, el entorno económico y el entorno tecnológico, con el fin de comprender las condiciones que rodean y condicionan la gestión del transporte y el manejo de las muestras.

Aunque este análisis no busca profundizar en cada aspecto de manera individual, sí permite reconocer que elementos como los costos de importación, las regulaciones en transporte o los avances tecnológicos en sistemas de seguimiento, pueden tener una incidencia en la empresa. De esta forma, se podrá contar con un panorama general que ayude a contextualizar los retos y oportunidades que acompañan el proceso de traslado de muestras clínicas hacia el laboratorio Bueso Arias.

##### **2.1.1.1 ENTORNO OPERATIVO**

El transporte de sustancias biológicas e infecciosas constituye un desafío logístico y sanitario de alcance global. La organización Mundial de la Salud establece lineamientos específicos para el manejo, empaquetado y transporte de materiales infecciosos, subrayando un enfoque especial en garantizar la seguridad de las personas, el medio ambiente y la integridad de las muestras. Estos lineamientos se orientan al cumplimiento de estándares de carácter internacional que buscan que la operación sea segura al reducir los riesgos de exposición durante la manipulación y transporte de muestras. (World Health Organization, 2021)

A nivel internacional, el transporte seguro de muestras biológicas cobra mayor relevancia en el marco de la globalización de la salud pública y de la creciente necesidad de movilizar muestras hacia laboratorios especializados en diferentes regiones del mundo. La OMS enfatiza que se debe contar con protocolos estandarizados y cadenas logísticas confiables, ya que la falta de control puede generar retrasos en el diagnóstico clínico, daños en la integridad de las muestras o en el peor de los casos incidentes de bioseguridad que produzcan efectos adversos en la salud

del personal.

Sin embargo, adicionalmente a los efectos adversos mencionados, se incluyen los accidentes de tránsito que pueden afectar directamente la salud de los conductores, e indirectamente la integridad de las muestras transportadas.

Según la Organización Mundial de la Salud (2009), los países de ingresos bajos e ingresos medianos presentan tasas de mortalidad por accidentes de tránsito más elevadas (21.5% y 19.5% por 100,000 habitantes respectivamente) que los de ingresos altos (10.3% por cada 100,000 habitantes). No obstante, aún en países de altos ingresos y tasa de mortalidades bajas, los accidentes de tránsito siguen representando la causa más importante de defunción, traumatismos y discapacidades.

En la tabla 3 se presentan a continuación los datos correspondientes a las tasas de mortalidad para diferentes regiones del mundo:

**Tabla 3. Tasas de mortalidad por accidentes de tránsito por regiones y por ingresos**

Región de la OMS	Ingresos altos	Ingresos medianos	Ingresos bajos	Total
Región de África <sup>b</sup>	–	32,2	32,3	32,2
Región de las Américas <sup>c</sup>	13,4	17,3	–	15,8
Región de Asia Sudoriental <sup>b</sup>	–	16,7	16,5	16,6
Región de Europa	7,9	19,3	12,2	13,4
Región del Mediterráneo Oriental	28,5	35,8	27,5	32,2
Región del Pacífico Occidental	7,2	16,9	15,6	15,7
<b>Tasas mundiales</b>	<b>10,3</b>	<b>19,5</b>	<b>21,5</b>	<b>18,8</b>

<sup>a</sup> Ajustadas a la definición de defunción por accidente de tránsito basada en el plazo de 30 días.

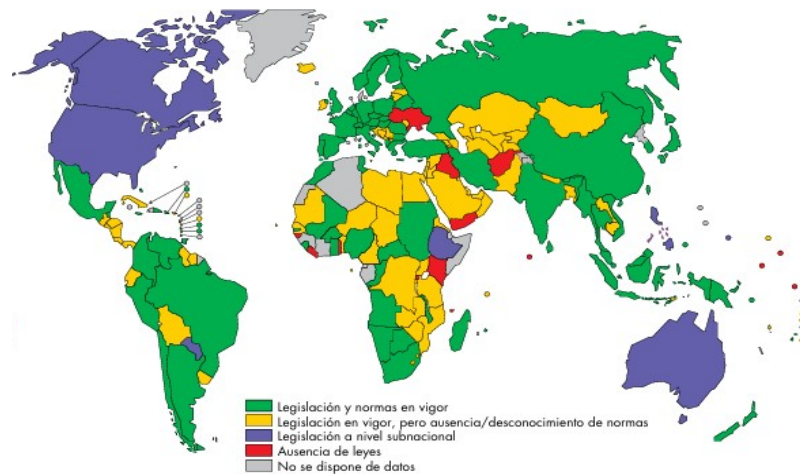
<sup>b</sup> No hay países de ingresos altos en esta región. <sup>c</sup> No hay países de ingresos bajos en esta región.

Fuente: (Organización Mundial de la Salud, 2009)

Sin embargo, los conductores de motocicletas que usan su casco pueden reducir la probabilidad de morir en cerca de un 40%, y el riesgo de sufrir traumatismos graves en más de un 70%. Los cascos deben cumplir con normativas en cuanto a su calidad para garantizar la seguridad del usuario. Según la OMS (2009), solo en el 40% de los países tienen vigor en las leyes sobre la utilización del casco para motocicleta que se aplique tanto a conductores como pasajeros.

En la figura 2 se muestra a continuación, la distribución de países referente al tema de

aplicación de leyes de tránsito como herramienta de regulación para uso de equipo de protección personal.



**Figura 2. Leyes sobre uso de casco en motocicletas y normas aplicables**

Fuente: (Organización Mundial de la Salud, 2009)

Se tomará como referencia la empresa Quest Diagnostic, para analizar su contexto logístico en cuanto a procesamiento de muestras de laboratorios foráneos, debido a su presencia significativa en el mercado de análisis clínicos a nivel mundial.

Quest Diagnostics, uno de los mayores laboratorios clínicos a nivel mundial, mantiene colaboraciones y realiza envíos desde más de 50 países, entre ellos Honduras, hacia sus centros especializados en América y otras regiones. (Quest Diagnostic, 2025)

Han constituido todo un ecosistema de la atención sanitaria para crear un mundo más saludable, una vida a la vez. Su negocio de servicios de información diagnóstica (DIS, por sus siglas en inglés) proporciona información diagnóstica a partir de los resultados de sus pruebas de laboratorio, lo que permite a las personas, médicos y organizaciones tomar decisiones para mejorar los resultados en salud. Derivada de una de las bases de datos más grandes del mundo con resultados clínicos identificados, la información diagnóstica de Quest revela nuevas vías para identificar y tratar enfermedades, fomentar comportamientos saludables y mejorar la gestión de la atención médica. La empresa brinda servicios a una amplia gama de clientes dentro de sus canales principales, hospitales, pacientes y consumidores. Otros clientes incluyen planes de salud, empleadores, proveedores emergentes de atención sanitaria minorista, agencias gubernamentales, compañías farmacéuticas y otros laboratorios clínicos comerciales.

Según se expone en su página web oficial Quest Diagnostic (2025), El equipo de operaciones internacionales brinda apoyo en ventas y mercadeo a clientes internacionales para pruebas clínicas especializadas realizadas en el Nichols Institute. Actualmente, el Nichols Institute lleva a cabo pruebas especializadas para hospitales y laboratorios de los siguientes países:

**Tabla 4. Apoyo en ventas y mercadeo a clientes internacionales**

Región	Cobertura
América del Norte y Centroamérica y el Caribe	Cánada, México, Guatemala, Honduras, Panamá, Puerto Rico, República Dominicana
América del Sur	Brasil, Venezuela, Colombia, Ecuador, Perú, Chile
Europa	Inglaterra, Francia, Suiza, Alemania, Austria, Países Bajos, Finlandia, Suecia
Asia	Japón, Taiwán, Filipinas, Guam, India
Oceania	Australia, Nueva Zelanda

Fuente: (Quest Diagnostic, 2025)

Desde el punto de vista de sostenibilidad financiera, las requisiciones totales de análisis de muestras que son enviadas a Quest Diagnostic desde América del norte y otras partes del mundo, representan miles de millones de dólares en ingresos, los cuales se detallan en la siguiente tabla:

**Tabla 5. Ingresos obtenidos de clientes en Norte América y regiones del mundo**

	Year Ended December 31,		
	2024	2023	2022
	(dollars in millions, except per share data)		
Net revenues	\$9,872	\$9,252	\$9,883
DIS revenues	\$9,614	\$8,976	\$9,609
Revenue per requisition change	1.3%	(5.9)%	(4.5)%
Requisition volume change	5.5%	(0.6)%	(4.5)%
Organic requisition volume change	0.7%	(1.0)%	(5.1)%
DS revenues	\$258	\$276	\$274
Operating income	\$1,346	\$1,262	\$1,428
Net income attributable to Quest Diagnostics	\$871	\$854	\$946
Diluted earnings per share	\$7.69	\$7.49	\$7.97
Net cash provided by operating activities	\$1,334	\$1,272	\$1,718
Capital expenditures	\$425	\$408	\$404

Fuente: (Quest Diagnostic, 2025)

El contexto logístico mencionado para Quest Diagnostic representa una referencia para

todos los laboratorios clínicos de América Latina que operan de manera análoga con respecto a otros laboratorios referidos. Esto servirá como punto de introducción para el análisis del microentorno de Laboratorio Bueso Arias.

#### 2.1.1.1.1 ESTADOS UNIDOS.

En Estados Unidos, Centro para el Control y la Prevención de Enfermedades (CDC) establece procedimientos rigurosos para el envío de muestras clínicas a laboratorios especializados, con el objetivo de garantizar la seguridad, integridad y trazabilidad de las muestras durante su transporte. Estos procedimientos incluyen varios pasos fundamentales que deben cumplirse estrictamente. (Centers for Disease Control and Prevention, 2021)

Primero, es indispensable que cada muestra esté claramente identificada y rotulada como “diagnostic specimen” (muestra diagnóstica). El etiquetado externo debe contener información esencial como el nombre del remitente, el nombre del paciente, el tipo de muestra, la fecha de recolección y las pruebas solicitadas, facilitando así la correcta gestión y procesamiento en el laboratorio receptor. (CDC, 2021)

En segundo lugar, el embalaje debe seguir un sistema de triple contención obligatorio para prevenir daños y fugas. Esto implica un recipiente primario hermético que contiene la muestra, un recipiente secundario resistente a fugas que envuelve al primario, y un embalaje exterior robusto y aislante que protege contra impactos y mantiene las condiciones de temperatura adecuadas.

En particular, cuando se utiliza hielo seco para mantener bajas temperaturas, el transporte debe cumplir con regulaciones específicas referentes al peso permitido y etiquetado conforme a las normativas de transporte de materiales peligrosos. (CDC, 2021)

El personal responsable de embalar y enviar muestras clínicas debe estar adecuadamente capacitado y familiarizado con las normas del Departamento de Transporte de EE.UU. (DOT), especialmente el reglamento de materiales peligrosos, y con las regulaciones de la Asociación Internacional de Transporte Aéreo (IATA) para sustancias infecciosas.

Esta formación incluye, entre otros, conocimientos sobre el reconocimiento de materiales peligrosos, el etiquetado, el embalaje correcto y la documentación requerida, así como protocolos de seguridad ante emergencias. En el caso de sustancias infecciosas de Categoría B, por ejemplo,

se exige una capacitación específica sobre los requisitos de regulación antes de manejar o transportar dichas muestras (Department of Transportation, DOT, 2022)

Finalmente, el transporte debe realizarse mediante servicios de mensajería especializados en materiales biológicos, que garanticen la trazabilidad y el cumplimiento de tiempos críticos. En casos urgentes, se emplea transporte exprés y el uso controlado de hielo seco, asegurando que las muestras lleguen en óptimas condiciones para su análisis.

### 2.1.1.2 ENTORNO ECONÓMICO

El contexto económico internacional tiene un papel determinante en el funcionamiento de las cadenas logísticas vinculadas a todo proceso que implique el movimiento o traslado de mercadería incluyendo al transporte de muestras clínicas, pues cada decisión operativa se ve influenciada por dinámicas globales que trascienden las fronteras de los países a nivel mundial. En los últimos años, el aumento sostenido de los precios del combustible ha sido uno de los factores más visibles y de mayor impacto en los costos de transporte.

Según el Banco Mundial (2024), los precios del petróleo han seguido un comportamiento inestable, con alzas significativas ocasionadas por los conflictos geopolíticos en diferentes regiones del mundo, así como de las fluctuaciones ocasionadas en la oferta y la demanda mundial.

En la figura 3 se muestra, la variación del precio del barril de petróleo de septiembre a diciembre del año 2023



**Figura 3. Precio del barril de petróleo y eventos importantes**

Fuente: (Banco Mundial, 2024)

Este comportamiento incide directamente en los costos logísticos, ya que eleva los gastos de transporte lo cual se convierte en un desafío particular para el transporte de muestras clínicas, donde la rapidez y la estabilidad en las condiciones de traslado son factores críticos.

El transporte terrestre depende en gran medida del uso de combustible, por lo que un aumento en el precio del petróleo incrementa directamente las tarifas de flete y encarece la cadena logística (Mora, 2025) .

Además, la economía global enfrenta presiones inflacionarias que afectan directamente los costos de transporte y logística. En los últimos años, la inflación ha presentado picos significativos como consecuencia de interrupciones en las cadenas de suministro, los efectos residuales de la pandemia de COVID-19 y las tensiones geopolíticas que generan incertidumbre en los mercados internacionales. Para sectores sensibles como la salud, estas fluctuaciones se traducen en mayores gastos y en dificultades para planificar los traslados de manera eficiente.

La inflación no solo incrementa los costos de insumos básicos como empaques, refrigeración o dispositivos de bioseguridad necesarios para el transporte de muestras clínicas, sino que también limita la capacidad de los gobiernos y empresas de invertir en infraestructura logística y tecnológica.

Según la ONU (2023), los países en desarrollo enfrentan presiones económicas y de deuda que restringen sus posibilidades de mejorar sus cadenas de suministro, afectando la eficiencia y la capacidad de respuesta del transporte biomédico. De esta manera, se genera una doble presión: costos operativos más altos y menor margen para implementar mejoras que optimicen la logística.

La tabla 6 muestra la variación de la inflación anual entre noviembre de 2024 y enero de 2025, según cifras del Fondo Monetario Internacional (FMI), reflejando un comportamiento que avanza de manera gradual en el contexto mundial.

**Tabla 6. Porcentaje de inflación anual**

Region	Annual Inflation (Percent)		
	Nov 2024	Dec 2024	Jan 2025
World	5.0	4.8	4.7
North America	2.7	2.8	2.9
Europe and Central Asia	6.2	6.2	6.3
Sub Saharan Africa	14.8	15.0	14.6
Latin America and Caribbean	15.3	12.8	10.6
Middle East and North Africa	10.9	10.5	10.7
East Asia and Pacific	1.0	1.0	1.3
South Asia	5.6	5.3	4.3

Fuente: (FMI, 2025)

Otro aspecto que influye es la volatilidad de los tipos de cambio, en un mercado globalizado, la adquisición de insumos para transporte biomédico suele depender de importaciones, desde vehículos especializados hasta refrigeradores portátiles de grado clínico o reactivos para pruebas de control de calidad.

El Banco Mundial (2022) advierte que las monedas de varios países latinoamericanos han mostrado depreciaciones frente al dólar, lo cual encarece automáticamente los costos de importación y limita la capacidad de estos países para lograr la modernización del sistema médico y clínico. En este escenario, la dependencia del comercio exterior convierte a la logística biomédica en un sector particularmente sensible a las fluctuaciones cambiarias.

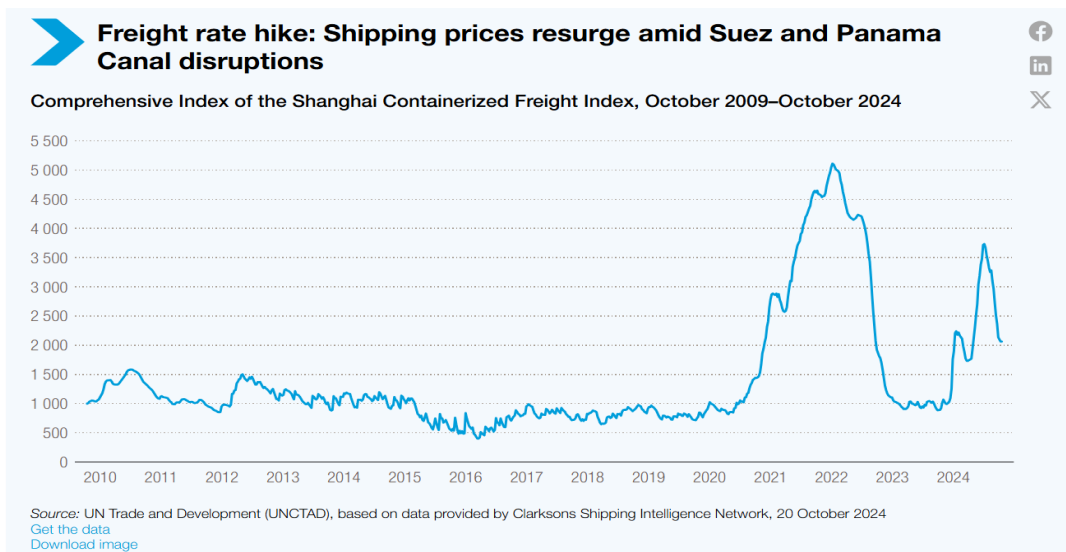
Adicionalmente la conectividad global se ve directamente afectada por los costos del transporte marítimo, que en los últimos años han mostrado incrementos significativos debido a interrupciones en rutas estratégicas y a la escasez de contenedores. Estas condiciones generan presión sobre las cadenas de suministro internacionales, elevando los costos de operación y afectando la eficiencia de las operaciones logísticas en todos los sectores.

La UNCTAD (2024) advierte que las altas tarifas de flete tensionan las cadenas de suministro globales y representan un desafío importante para los países que dependen del comercio marítimo para mover bienes esenciales y mantener la estabilidad económica.

A raíz de estos aumentos, las empresas y organizaciones que dependen del transporte internacional han tenido que ajustar sus presupuestos y planificaciones, considerando mayores gastos de operación y la necesidad de estrategias logísticas más flexibles. Esto significa que,

incluso sin cambios en la demanda, los costos de transporte pueden alterar la previsibilidad de las operaciones, afectando tiempos de entrega y la capacidad de respuesta frente a imprevistos.

Por ejemplo, los datos de la UNCTAD muestran que las tarifas de flete han tenido fluctuaciones considerables en los últimos años, con picos que reflejan tanto las interrupciones en rutas globales como la escasez de contenedores. La figura 4 muestra cómo la volatilidad en los costos de transporte impacta directamente la planificación logística internacional, obligando a las organizaciones a buscar alternativas para mantener la eficiencia de sus operaciones.



**Figura 4. Variación de precios de flete marítimo por afectaciones en el canal de Suez y canal de Panamá**

Fuente: (UNCTAD, 2024)

La combinación del incremento de tarifas, volatilidad en los fletes y presión sobre las cadenas de suministro generan un escenario complejo en el que los costos operativos se elevan de manera constante. Para los países de América Latina, que dependen en gran medida del transporte marítimo para importar y exportar bienes, estas condiciones representan un desafío adicional, haciendo más difícil mantener operaciones estables y eficientes.

En conjunto, estas variables configuran un entorno económico internacional complejo y desafiante, que obliga a los actores del sector salud a planificar con criterios de resiliencia y eficiencia. Los precios del combustible, la inflación global, las variaciones cambiarias y el costo de los fletes no pueden ser analizados de manera aislada, pues constituyen un entramado de factores que afectan directamente la viabilidad del transporte de insumos hospitalarios y equipo

biomédico.

### 2.1.1.3 ENTORNO TECNOLÓGICO

#### 2.1.1.3.1 EUROPA.

El transporte de muestras médicas forma parte de un sistema complejo dentro de los servicios de salud, en el que asegurar la calidad y seguridad del material biológico es una prioridad. En regiones como Europa, este proceso está respaldado por una infraestructura sólida, así como por leyes y normativas específicas que regulan cada etapa del traslado, desde el embalaje hasta la entrega final.

El transporte de muestras clínicas se rige por estrictas normativas para garantizar su seguridad y la integridad de la cadena de frío, los países europeos aplican estándares internacionales como los establecidos por la IATA para el transporte aéreo de materiales peligrosos y regulaciones técnicas como las de la ISO para aseguramiento de calidad.

Además, adoptan normativas propias como el Acuerdo ADR, cuyo propósito es elevar la seguridad en el transporte por carretera de mercancías peligrosas. (UNECE, 2023).

El Acuerdo ADR impone condiciones técnicas y operativas rigurosas para los vehículos, exige embalajes adecuados y que los conductores estén capacitados y certificados, estos requisitos aseguran que las muestras viajen en vehículos especializados con control térmico, monitoreo continuo y protocolos bien definidos para mantener la integridad y trazabilidad de la cadena de frío. (UNECE, 2023)

Además, es común que los servicios de transporte clínico en Europa utilicen tecnologías avanzadas de trazabilidad, como sensores de temperatura, geolocalización por GPS, y hasta sistemas automatizados que informan cualquier desviación en las condiciones de traslado. Todo esto contribuye a una mayor eficiencia y confiabilidad en el manejo de las muestras.

#### 2.1.1.3.2 ASIA.

En países como Japón, Singapur y Corea del Sur, se ha implementado tecnologías avanzadas para mejorar el transporte de muestras clínicas, asegurando que lleguen en condiciones óptimas y en el menor tiempo posible. Por ejemplo, en Singapur, Tan Tock Seng Hospital ha adoptado sistemas de monitoreo en tiempo real mediante dispositivos conectados a través de Internet de las Cosas (IoT) (SPTeL, 2025).

Estos dispositivos permiten rastrear la ubicación de las muestras y controlar variables críticas como la temperatura y la humedad durante su transporte, garantizando su integridad hasta su llegada al laboratorio.

En Corea del Sur, se ha desarrollado un sistema de transporte inteligente de muestras que utiliza tecnología NB-IoT para monitorear en tiempo real la temperatura, la humedad y la ubicación GPS de las muestras durante su traslado entre laboratorios. Esto permite supervisar las condiciones ambientales de las muestras desde una plataforma en la nube, asegurando que se mantengan dentro de los parámetros requeridos para su análisis. (Le, Thwe Chit, Le Truong, & Atchaisai, 2023).

Esto es vital porque las muestras médicas pueden dañarse si no se mantienen bajo ciertas condiciones. Además, estas tecnologías envían alertas automáticas cuando algo no va bien, como si la temperatura sube demasiado o si hay retrasos en el transporte, lo que ayuda a que se tomen medidas rápidas para solucionar el problema.

Este sistema no solo usa sensores, sino también plataformas digitales que hacen posible que todo el proceso se monitoree desde la recolección hasta que las muestras llegan al laboratorio. Lo interesante es que esta manera de trabajar está acompañada de políticas de gobierno que impulsan la innovación en el sector salud y de entrenamiento constante para el personal encargado. Gracias a estas acciones, estos países aseguran que las muestras se manejen con cuidado y que los resultados médicos sean confiables, lo que impacta positivamente en la atención a los pacientes.

#### 2.1.1.3.3 OCEANÍA.

En Australia, la gestión del transporte y procesamiento de muestras clínicas está regulada por normativas estrictas que buscan garantizar la integridad y calidad de las muestras durante todo el proceso. Las autoridades sanitarias establecen tiempos máximos específicos para el traslado, con el fin de evitar que las muestras se deterioren y asegurar que los resultados de laboratorio sean confiables. Para cumplir con estos requisitos, se utilizan protocolos detallados que incluyen la verificación constante de las condiciones ambientales, como la temperatura y la humedad, mediante el uso de tecnologías de monitoreo avanzadas (Australian Commission on Safety and Quality in Health Care, 2022, pág. 17).

Además, se han desarrollado metodologías sistemáticas para evaluar y optimizar las rutas de transporte de muestras clínicas, estas metodologías se basan en la recopilación y análisis de

datos reales sobre tiempos de traslado, distancias y recursos disponibles, permitiendo identificar áreas de mejora y reducir retrasos innecesarios.

Técnicas como el algoritmo de optimización de rutas basado en grandes datos, que considera variables como coordenadas GPS, informes de tráfico y patrones históricos de transporte, ayudan a mejorar la asignación y planificación de rutas para minimizar tanto los tiempos como los costos operativos se han desarrollado metodologías sistemáticas para evaluar y optimizar las rutas de transporte de muestras clínicas, estas metodologías se basan en la recopilación y análisis de datos reales sobre tiempos de traslado, distancias y recursos disponibles, permitiendo identificar áreas de mejora y reducir retrasos innecesarios. (Le, Thwe Chit, Le Truong, & Atchaisai , 2023)

En Nueva Zelanda, aunque es un país de menor extensión, también se aplican estándares robustos para asegurar el manejo adecuado de muestras clínicas. Por ejemplo, el país ha adoptado el estándar internacional ISO 20658:2023, que establece buenas prácticas y requisitos para la recolección, transporte y manejo de muestras destinadas a análisis clínicos, garantizando su integridad durante todo el proceso. (International Organization for Standardization, 2023) .

Esta normativa, junto con una sólida coordinación entre los servicios de salud, ayuda a fortalecer la capacidad del sistema sanitario para mantener la calidad y la puntualidad en la entrega de muestras. A través del cumplimiento de estos estándares, Nueva Zelanda asegura que cada muestra llegue en óptimas condiciones y dentro de los tiempos adecuados, lo cual es esencial para una atención médica eficiente y confiable.

#### 2.1.1.3.4 ESTADOS UNIDOS.

Estados Unidos es reconocido a nivel mundial como un referente en el ámbito de la salud y la tecnología médica, albergando hospitales de prestigio internacional que marcan estándares de calidad en atención y gestión sanitaria. Uno de los más importantes es el Mayo Clinic, ubicado en Rochester, Minnesota, considerado líder en innovación, investigación y buenas prácticas en el sector salud.

En este hospital, cada muestra de paciente recibe el mismo cuidado como si se tratara de un paciente en sí mismo, e incluso más, ya que muchas de ellas no pueden volver a obtenerse. Desde el instante en que se recolecta, el personal aplica protocolos de máxima rigurosidad, empleando sistemas de rastreo que permiten conocer en todo momento la ubicación de la muestra durante su

traslado. (Mayo Clinic, 2021).

Ese seguimiento cuidadoso requiere coordinar con diferentes mensajerías y trabajar estrechamente con proveedores para garantizar que cada muestra ya sea de sangre, tejidos o fluidos llegue a su destino en las condiciones adecuadas de temperatura y sin contratiempos, asegurando así la confiabilidad de los resultados y la continuidad de la atención médica. (Mayo Clinic, 2021)

Parte del éxito de este proceso radica en la implementación de tecnología RFID (identificación por radiofrecuencia). Etiquetas inteligentes acompañan cada muestra desde el punto de recolección hasta el laboratorio, lo que ha permitido una reducción del 93 % en muestras mal etiquetadas o extraviadas en comparación con el sistema manual anterior. (Mayo Clinic, 2021)

Finalmente, el uso de cajas especiales las reconocidas “berry boxes” facilita la identificación rápida del contenido por parte del personal de logística. Estas cajas, junto con sistemas automatizados de almacenamiento y convoy interno de muestras, garantizan que cada unidad fluya con seguridad y eficiencia hasta su destino final, integrando un proceso que prioriza red de transporte, temperatura y trazabilidad. (Mayo Clinic, 2021)

#### 2.1.1.3.5 AMÉRICA LATINA.

En América Latina, países como Chile, Brasil y México están realizando importantes avances en la modernización de sus sistemas para el transporte y manejo de muestras clínicas, adaptándolos a las condiciones y recursos propios de la región. A pesar de los retos que implica la infraestructura y la dispersión geográfica, estas naciones están implementando soluciones tecnológicas que buscan asegurar tanto la integridad como la puntualidad en la entrega de las muestras, lo cual es fundamental para obtener resultados confiables en los laboratorios y, en última instancia, para la salud de los pacientes.

En Chile en particular, se han impulsado proyectos innovadores que apuntan a fortalecer el control y trazabilidad en el transporte de muestras clínicas. Por ejemplo, a través de plataformas digitales y herramientas tecnológicas avanzadas, algunos servicios de salud, como el de Iquique, utilizan sistemas de monitoreo en tiempo real que permiten seguir pacientes, muestras y recursos durante la pandemia. Esta visibilidad constante aporta transparencia, mejora la seguridad en el traslado y fortalece la confiabilidad del proceso logístico durante su recorrido. (eHealth Latin

America Reporter, 2025)

Asimismo, organismos internacionales como la Organización Mundial de la Salud (2005) juegan un papel clave en el fortalecimiento de estas iniciativas, brindando apoyo técnico, capacitación y la difusión de estándares regionales que buscan uniformar y elevar la eficiencia y seguridad en el manejo de muestras médicas en toda América Latina. Estas acciones colaborativas han facilitado la adopción de tecnologías y protocolos que promueven una gestión más eficaz y confiable en el transporte de muestras clínicas, beneficiando la atención sanitaria en la región.

### 2.1.2 ANÁLISIS DEL MICROENTORNO

El microentorno que afecta la operación del transporte de muestras clínicas en San Pedro Sula y sus alrededores está compuesto por diversos factores relacionados con la infraestructura local, las condiciones del sistema sanitario y las características de los centros de salud referidos. Los hospitales, clínicas y laboratorios que generan las muestras presentan demandas específicas en cuanto a horarios de recolección, tipos y volúmenes de muestras, lo que obliga a diseñar rutas y horarios flexibles y adaptados para cumplir con los requerimientos de cada establecimiento.

En cuanto a la infraestructura vial, aunque San Pedro Sula cuenta con vías principales relativamente desarrolladas, muchas zonas de los alrededores presentan calles en condiciones deficientes, con baches y falta de señalización adecuada, lo que genera dificultades en la movilidad y puede provocar retrasos en la recolección y entrega de muestras. Además, el tráfico intenso en horas pico en la ciudad y las áreas urbanas aledañas contribuye a congestionamientos frecuentes, afectando los tiempos planificados para el transporte.

El costo del combustible representa una presión constante sobre los recursos destinados al transporte, afectando la planificación y la posibilidad de implementar tecnologías de monitoreo y optimización de rutas. Por otro lado, la gestión de flotas en la región enfrenta limitaciones por la carencia de sistemas tecnológicos avanzados que permitan el control en tiempo real de los vehículos y una adecuada planificación de rutas, lo cual dificulta la respuesta rápida ante imprevistos.

El sistema sanitario de San Pedro Sula, con una diversidad de establecimientos públicos y privados, exige una coordinación logística eficiente para el manejo y transporte de muestras clínicas, ya que la puntualidad y el correcto manejo son vitales para garantizar resultados

confiables en los laboratorios. Finalmente, el personal encargado del transporte debe estar debidamente capacitado para manejar contingencias y asegurar el cumplimiento de protocolos, lo cual es crucial para mantener la calidad y seguridad en el proceso de transporte de muestras en esta área.

#### 2.1.2.1 LINEAMIENTOS SOBRE MUESTRAS BIOLÓGICAS

La gestión logística dentro de la Secretaría de Salud requiere una amplia coordinación y colaboración entre las distintas unidades que integran su cadena de suministro, así como con los entes regulados. Este trabajo conjunto busca garantizar la eficiencia en los procesos relacionados con el abastecimiento, distribución y transporte de insumos y productos biológicos.

De acuerdo con la Secretaria de Salud (2019), en respuesta a las solicitudes de diversos programas: El proyecto supply chain management system (SCMS), con la colaboración del Cooperative Housing Foundation International (CHF), entidad receptora principal del Fondo Mundial de la Lucha contra el SIDA, la Malaria y la Tuberculosis en Honduras, se llevó a cabo un diagnóstico integral de la cadena logística de medicamentos y sustancias infecciosas. Dicho estudio fue financiado por la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID) en Honduras y tuvo como propósito analizar y documentar los procesos operativos vigentes, incluyendo el control de inventarios, almacenamiento, distribución y el uso de sistemas informáticos para la gestión logística institucional.

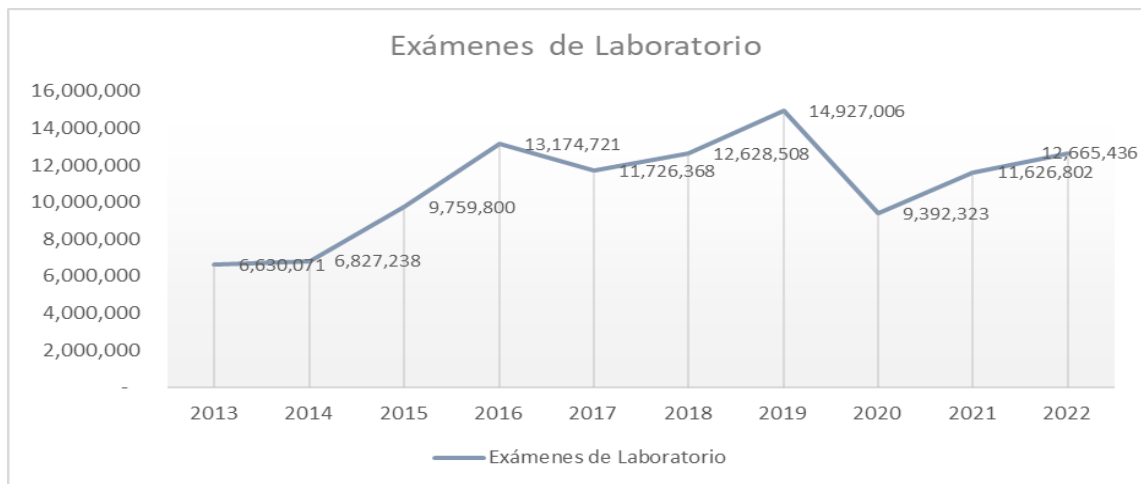
De acuerdo a lo analizado en dicho informe se indica que las diferentes entidades del sistema de salud pública, constantemente acuden al sector privado para solventar situaciones en la que sus recursos disponibles son insuficientes, en aras del cumplimiento del servicio prestado a la población en general.

Al hacer un enfoque en el volumen de análisis clínicos realizados por los diferentes hospitales en el sector de San Pedro Sula a través de los últimos años, se observa un comportamiento ascendente en la demanda de los mismos. Exceptuando el año en que se reportó la Pandemia ocasionado por el COVID-19. Según se observa en la tabla 7 reportada en (Secretaría de Salud, 2022, pág. 54)

#### **Tabla 7. Indicadores hospitalarios de la red de la SESAL**

	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
<b>NÚMERO DE CAMAS CENSA BLES</b>	<b>4,882</b>	<b>4,901</b>	<b>4,938</b>	<b>4,958</b>	<b>5,181</b>	<b>5,630</b>	<b>4,956</b>	<b>5,426</b>	<b>5,522</b>	<b>5,212</b>
<b>NÚMERO DE EGRESOS</b>	355,742	365,011	389,096	404,254	408,148	429,832	452,926	305,621	356,200	352,050
<b>DÍAS ESTANCIA</b>	1,360,008	1,394,832	1,468,930	1,496,810	1,489,419	1,567,631	1,595,994	1,051,045	1,423,700	1,338,851
<b>DÍAS CAMAS DISPONIBLES</b>	1,781,930	1,716,595	1,706,740	1,729,735	1,786,310	2,159,780	1,980,894	2,040,626	2,208,185	2,052,113
<b>PROMEDIO DÍAS ESTANCIA</b>	3.72	3.68	3.62	3.56	3.51	3.80	3.52	3.44	4.00	3.80
<b>PORCENTAJE OCUPACIONAL</b>	76.3	81.26	86.07	86.53	83.38	75.92	223.05	51.50	64.47	65.24
<b>GIRO DE CAMA</b>	74.9	80.59	86.78	88.80	86.76	79.60	84.87	56.33	64.51	67.55
<b>INTERVALO DE SUSTITUCIÓN</b>	1.15	0.85	0.59	0.55	0.70	1.20	-194	3.24	2.20	2.03
<b>% MORTALIDAD &lt;- 48 HORAS</b>	0.5	0.66	0.80	0.70	0.54	0.94	0.83	1.14	2.99	0.01
<b>% MORTALIDAD 48 HRS. Y MÁS</b>	0.88	1.02	0.96	0.93	0.83	0.82	0.85	1.67	1.91	0.01
<b>OPER.MAYORES Y MENORES</b>	88,413	95,734	123,354	128,218	135,977	131,308	127,841	82,732	92,063	112,689
<b>EXAMENES DE LABORATORIO</b>	6,630,071	6,827,238	9,759,800	13,174,721	11,726,368	12,628,508	14,927,006	9,392,323	11,626,802	12,665,436
<b>PLACAS RADIOLÓGICAS</b>	283,503	237,544	470,447	552,383	517,562	479,754	538,334	351,425	554,842	438,363
<b>RECETAS</b>	4,549,141	4,286,799	6,158,991	7,388,900	7,911,500	8,737,341	9,119,392	6,621,460	7,325,334	6,836,305
<b>NÚMERO DE PARTOS</b>	<b>127,718</b>	<b>127,734</b>	<b>159,857</b>	<b>152,357</b>	<b>144,028</b>	<b>126,561</b>	<b>121,389</b>	<b>108,490</b>	<b>112,507</b>	<b>110,525</b>
<b>NORMALES</b>	97,879	104,221	126,383	117,966	111,096	85,296	81,632	72,804	74,609	72,879
<b>CESÁREAS</b>	29,839	23,513	33,474	34,391	32,932	33,896	32,782	30,508	31,546	7,341
<b>DISTÓCICOS</b>	**	**	**	**	**	7,369	6,975	5,178	6,352	30,305
<b>RACIONES</b>	<b>1,921,491</b>	<b>2,319,646</b>	<b>3,081,069</b>	<b>3,376,199</b>	<b>3,547,884</b>	<b>3,583,953</b>	<b>3,580,540</b>	<b>3,174,803</b>	<b>4,091,865</b>	<b>3,715,885</b>
<b>A PACIENTES</b>	1,014,995	1,381,470	1,796,257	2,026,818	2,062,867	2,075,357	2,100,140	1,619,449	2,182,553	2,019,420
<b>A EMPLEADOS</b>	906,496	938,176	1,284,812	1,349,381	1,485,017	1,508,596	1,480,400	1,555,354	1,909,312	1,696,465
<b>NÚMERO DE ATENCIONES</b>	<b>2,938,072</b>	<b>3,038,108</b>	<b>3,176,279</b>	<b>3,170,161</b>	<b>3,085,459</b>	<b>3,115,050</b>	<b>3,240,554</b>	<b>1,800,080</b>	<b>2,198,524</b>	<b>2,620,211</b>
<b>EN CONSULTA EXTERNA</b>	1,902,590	1,957,386	2,060,446	1,992,473	1,857,152	1,915,113	1,902,773	927,260	1,137,174	1,332,186
<b>EN EMERGENCIAS</b>	1,035,482	1,080,722	1,115,833	1,177,688	1,228,307	1,199,937	1,337,781	872,820	1,061,350	1,288,281

Fuente: (Secretaría de Salud, 2022)



**Figura 5. Exámenes de laboratorio en principales Hospitales de S.P.S.**

Fuente: (Secretaría de Salud, 2022)

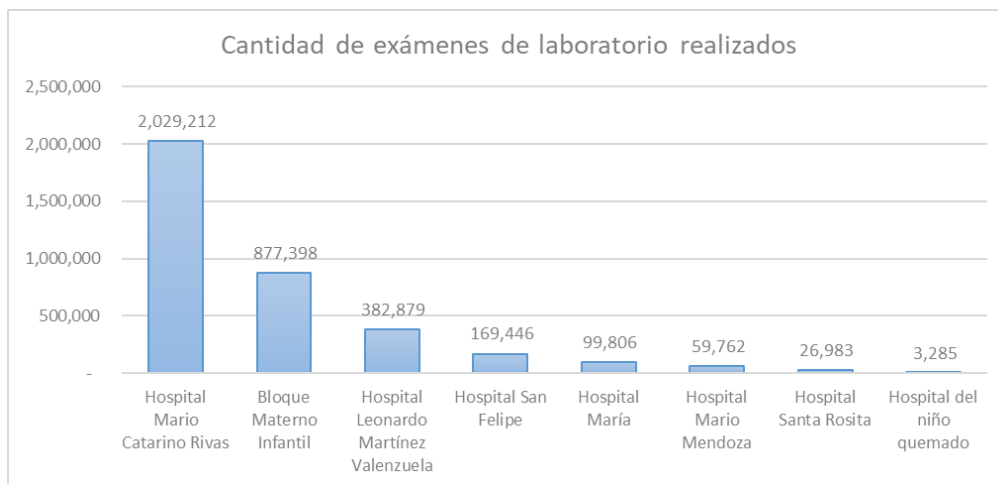
En la figura 5 se logra observar el comportamiento ascendente de demanda de análisis clínicos a nivel general en San Pedro Sula. En el año 2022 se registraron alrededor de 12,000,000 de análisis. Una parte de estos fueron realizados en el Hospital Mario Catarino Rivas, y el Hospital Leonardo Martínez Valenzuela. (Secretaría de Salud, 2022)

En la tabla 8 se muestran el registro de la actividad quirúrgica, partos y exámenes de laboratorio registrados en los diferentes hospitales de San Pedro Sula para el año 2022.

**Tabla 8. Indicadores hospitalarios de la actividad quirúrgica, partos y laboratorio clínico 2022**

HOSPITALES	ACTIVIDAD QUIRURGICA (OPERACIONES)				PARTOS				EXAMENES DE LABORATORIO			
	HOSPITALIZADOS	AMBULATORIA	EMERGENCIA	TOTAL	NORMAL	DISTÓCICO	CESÁREA	TOTAL	HOSPITALIZADOS	CONSULTA EXTERNA	EMERGENCIA	TOTAL
<b>HOSPITALES DE ESPECIALIDADES</b>												
Bloque Médico Quirúrgico	9,359	0	1,288	10,647	9,420	618	2,884	12,922	342,399	434,411	100,588	877,398
Bloque Materno Infantil												
San Felipe	4,938	3,222	0	8,160	3,794	100	1,178	5,072	31,794	132,049	5,603	169,446
Leonardo Martínez Valenzuela	1,619	0	13,292	14,911	10,121	14	3,048	13,183	257,991	50,461	74,427	382,879
Mario Mendoza	**	**	**	**	**	**	**	**	14,778	44,852	132	59,762
Santa Rosita	**	**	**	**	**	**	**	**	19,643	7,340	0	26,983
Mario Catarino Rivas	6,676	0	0	6,676	781	1,629	1,749	4,159	1,068,000	164,851	796,361	2,029,212
Hospital del niño quemado CEHNIC	697	43	257	997	**	**	**	**	3,285	0	0	3,285
Hospital María	475	1,105	0	1,580	**	**	**	**	46,861	52,945	0	99,806

Fuente: (Secretaría de Salud, 2022)



**Figura 6. Exámenes realizados por hospitales de S.P.S**

Fuente: (Secretaría de Salud, 2022)

Según se observa en la figura 6, los dos principales hospitales de la ciudad de San Pedro Sula están posicionados en el lugar número 1 y 3, de entidades que más exámenes de laboratorio realizan.

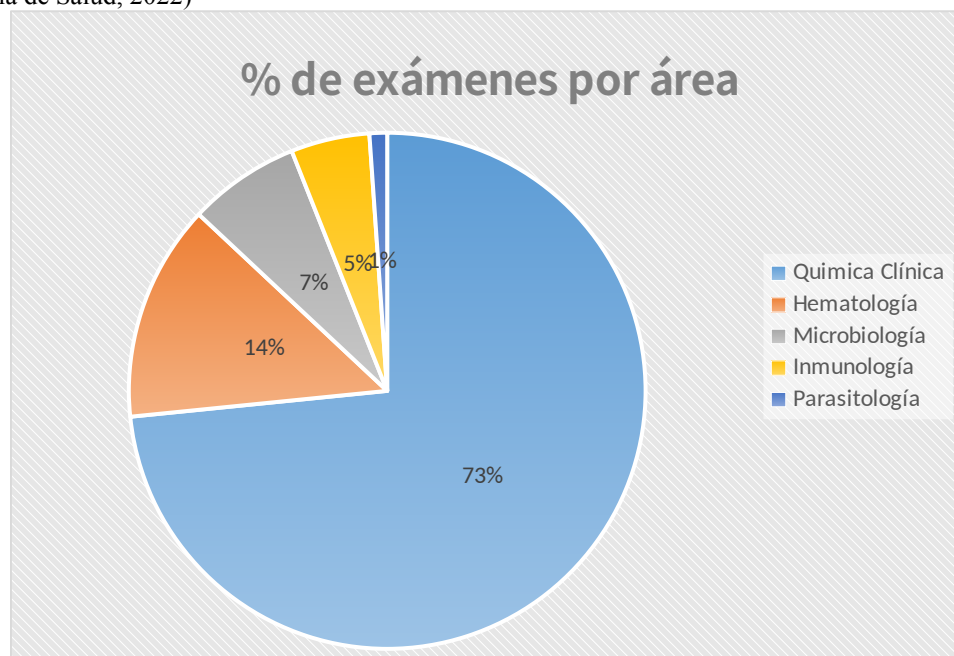
Dentro de los centros de procesamiento de cada hospital, los análisis son procesados en diferentes áreas como ser química clínica, inmunología, hematología entre otros.

En la tabla 9 se observa la distribución de análisis realizados por área en el Hospital Escuela de la ciudad de Tegucigalpa.:

**Tabla 9. Operaciones, exámenes de laboratorio, radiología, recetas y atenciones**

SERVICIOS	TIPO	NUMERO DE ATENCIONES BRINDADAS			TOTAL
		HOSPITALIZADO	CONSULTA EXTERNA	EMERGENCIAS	
LABORATORIO CLÍNICO	QUÍMICO	231,035	357,952	54,411	643,398
	HEMATOLÓGICO	50,712	45,853	22,609	119,174
	INMUNOLÓGICO	18,390	23,361	1,398	43,149
	MICROBIOLOGÍA	39,144	2,456	19,664	61,264
	PARASITOLOGÍA	2,744	4,633	2,265	9,642
	<b>TOTAL</b>	<b>342,025</b>	<b>434,255</b>	<b>100,347</b>	<b>876,627</b>
ELECTROCARDIOGRAMAS	ESTUDIOS	3,543	4,222	1,108	8,873
IMÁGENS MÉDICAS	NO. DE PLACAS DE RX	26,248	8,984	85,480	120,712
	FLUOROSCOPIA	374	156	241	771
	ULTRASONIDO	4,102	1,428	6,945	12,475
	RESONANCIA MAGNÉTICA	518	121	341	980
	TOMOGRAFIA AXIAL COMPUTARIZADA	3,897	481	10,737	15,115
	<b>TOTAL</b>	<b>35,139</b>	<b>11,170</b>	<b>103,744</b>	<b>150,053</b>
FARMACIA	RECETAS	523,577	208,100	366,923	1,098,600
COCINA	RACIONES	A PACIENTES		A EMPLEADOS	TOTAL RACIONES
			237,798	34,765	272,563

Fuente: (Secretaría de Salud, 2022)



**Figura 7. Porcentaje de exámenes por área**

Fuente: (Secretaría de Salud, 2022)

De la figura 7 se puede visualizar que el volumen de demanda de análisis del área de química clínica supera por mucho a las demás áreas. Sin embargo, las pruebas de inmunología que representan solo el 5%, normalmente son pruebas especiales que requieren equipos automatizados que están disponibles en los laboratorios clínicos del sector privado. Por ello, se implementan colaboraciones entre diversas instituciones en el área salud

Para ilustrar un ejemplo de colaboración público-privada en la mejora de los laboratorios clínicos en Honduras la Asociación Nacional de Industriales (2024), reporta la alianza estratégica establecida entre la empresa Roche Diagnostic y el Instituto Hondureño de Seguridad Social, esta colaboración beneficia a miles de derechohabientes, a través del proyecto de centralización de laboratorios clínicos en Tegucigalpa y San Pedro Sula. Gracias a factores como digitalización y automatización de procesos, optimización de flujos de trabajo, e integración de equipos para una mejor gestión operacional, han permitido un incremento en la capacidad de procesamiento de muestras en las áreas de inmunoquímica y hematología.

Para cumplir con las necesidades de alianzas público-privada, los laboratorios privados deben contar con la capacidad logística necesaria.

Según el Instituto de Previsión Social del Profesional del Derecho (2025) en el sector Nor-occidental existe una red de laboratorios sólida y segura. Entre las instituciones que forman parte de esta red se incluyen a Laboratorio Bueso Arias, Laboratorio Labsa, Laboratorio Microlab-Por Salud y DIMECO. Estos laboratorios, están disponibles para la prestación de servicio de procesamiento de muestras de entes del sector público hospitalario.

Dentro de la prestación del servicio de laboratorio, se considera como una de las etapas internas, el transporte de muestras desde clientes externos hacia el centro de procesamiento de Laboratorio Bueso Arias.

#### 2.1.2.1.1 ENFOQUE NORMATIVO.

Desde el punto de vista normativo se pueden mencionar lineamientos establecidos en la norma OHN ISO 15189, que lo laboratorios acreditados bajo esta norma deben seguir.

La norma internacional ISO 15189:2022, enfocada en la calidad y competencia de los laboratorios clínicos, establece requisitos específicos para el transporte de muestras, considerando que este proceso es crítico para garantizar la validez de los resultados. El cumplimiento de estas disposiciones constituye un componente esencial dentro del microentorno operativo de un laboratorio como Bueso Arias, ya que asegura que las condiciones de traslado preserven la integridad de las muestras hasta su procesamiento. (OHN, Organismo Hondureño de Normalización, 2022, pág. 29)

En primer lugar, la norma exige que el laboratorio implemente procedimientos documentados para el embalaje, etiquetado y transporte de las muestras. Esto incluye la selección de recipientes y contenedores que garanticen la seguridad del material biológico, la prevención de derrames y la protección contra factores ambientales como temperatura, vibración o luz. La documentación debe especificar responsabilidades claras tanto para el personal que entrega como para el que recibe las muestras.

Un aspecto clave es el control de la temperatura durante el transporte. La ISO 15189 establece que las condiciones de almacenamiento y traslado deben ser consistentes con los requisitos preanalíticos de cada tipo de análisis. Esto implica que se utilicen sistemas como hieleras térmicas, geles refrigerantes o unidades móviles con control de temperatura, así como el monitoreo de las condiciones durante todo el trayecto.

La norma también contempla la trazabilidad de la cadena de custodia. Cada muestra debe contar con un sistema de identificación inequívoca (códigos, etiquetas o registros electrónicos) que permita verificar su origen, el recorrido realizado y las condiciones en que se transportó. Este control minimiza el riesgo de extravío, confusión o alteración de las muestras, y fortalece la confianza en los resultados emitidos.

Asimismo, la International Organization for Standardization (2022) ISO 15189 enfatiza la importancia de la capacitación del personal involucrado en el transporte, quienes deben conocer los procedimientos de bioseguridad, el manejo de incidentes y las acciones correctivas en caso de exposición accidental, daño del contenedor o retraso en la entrega. El laboratorio debe llevar un registro documentado de estas capacitaciones como parte de su sistema de gestión de calidad.

Por último, la norma recomienda la implementación de sistemas de evaluación y mejora aplicados al transporte, mediante auditorías internas, indicadores de desempeño (como tiempos de entrega y cumplimiento de condiciones de temperatura) y acciones correctivas. De esta manera, se asegura que los procesos no solo cumplan con lo establecido, sino que evolucionen en función de las necesidades del servicio y de los avances tecnológicos.

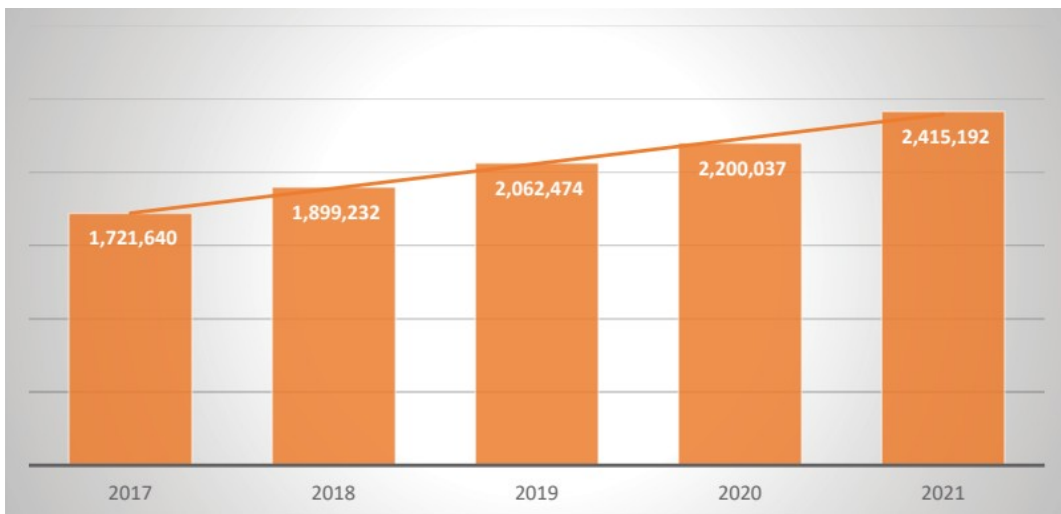
La norma OHN ISO 15189 aporta un marco normativo que fortalece la operación logística del transporte de muestras en el laboratorio clínico. Su aplicación garantiza que este proceso no sea visto únicamente como un aspecto operativo, sino como una parte integral del sistema de calidad que incide directamente en la confiabilidad de los resultados, en la seguridad

del personal y en la satisfacción de los clientes.

### 2.1.2.2 INFRAESTRUCTURA VIAL Y CONDICIONES DE TRÁFICO LOCAL

San Pedro Sula y sus alrededores, es reconocido como el motor económico de Honduras, en los últimos años enfrenta una serie de retos estructurales de su red vial y las condiciones de movilidad urbana. Este sector del territorio nacional concentra gran parte de la actividad industrial y comercial del país, lo que convierte sus vías principales en corredores estratégicos para la circulación tanto de personas como de mercancías. Entre las rutas más relevantes se encuentran el Bulevar del Norte, el Bulevar del Este, el Segundo Anillo Periférico y los accesos directos hacia Puerto Cortés y Tegucigalpa, que funcionan como ejes de conexión nacional e internacional (Diario Tiempo, 2024).

No obstante, el crecimiento acelerado del parque vehicular y el deterioro de la infraestructura han provocado que la circulación diaria en estos corredores se vuelva cada vez más compleja y lenta. (INE, 2024)

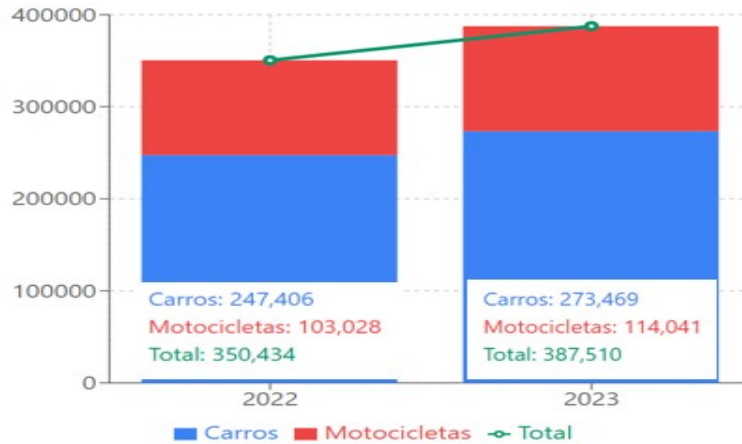


**Figura 8. Crecimiento de la flota vehicular en Honduras**

Fuente: (INE, 2024)

Según se muestra en la figura 8 es un crecimiento del parque automotriz en todo el país y no se tiene información actualizada de una entidad estatal donde mencione estadística de años recientes ni específicamente la ciudad de San Pedro Sula.

Sin embargo, según diario La Prensa con datos recibidos del Instituto de la propiedad en la ciudad de San Pedro Sula hay un aumento significativo entre los años 2022 a 2023 llegando a sumar un 10% el parque vehicular en la ciudad Industrial en tan solo un año. (La Prensa, 2024)



**Figura 9. Crecimiento de flota vehicular en S.P.S**

Fuente: Elaboración propia con datos de La Prensa (2024)

Un factor clave que complica la movilidad en el Valle de Sula es el constante aumento del número de vehículos que circulan diariamente. La ciudad ha visto cómo cada año se suman más automóviles y motocicletas, generando congestión especialmente durante las horas de mayor tráfico. Zonas estratégicas como el centro, los sectores industriales y los principales accesos a las colonias residenciales se ven saturadas, provocando embotellamientos que afectan más a los vehículos que a las motocicletas, las cuales pueden desplazarse con mayor facilidad.

A esta problemática se suma el deterioro visible de calles secundarias y avenidas internas, muchas de las cuales carecen de un mantenimiento adecuado. La presencia de baches, hundimientos y ausencia de señalización no solo representa un riesgo de accidentes, sino que también impacta en el costo operativo de las empresas y de los ciudadanos, especialmente en zonas como los mercados y barrios como Medina y Concepción, donde los baches y la falta de mantenimiento representan un riesgo tanto para conductores como para peatones. La falta de un plan vial integral ha llevado a que el pavimento de muchas calles haya caducado, generando congestión y daños a los vehículos (Diario Tiempo, 2024).

El mayor consumo de combustible, el desgaste vehicular y los retrasos en el transporte de carga se traducen en pérdidas económicas para quienes dependen de una movilidad eficiente. En términos logísticos, estos factores generan un aumento en los costos de distribución y reducen la

competitividad empresarial en la ciudad.

Expertos sugieren que es urgente implementar un plan vial a largo plazo que incluya la sustitución de asfalto por concreto hidráulico, más duradero y resistente a las condiciones climáticas de la ciudad. Además, se estima que el costo para reparar la red vial de la ciudad es de aproximadamente 2,000 millones de lempiras. (La Prensa, 2024)

Sin embargo, en el último año la infraestructura vial ha recibido atención mediante distintos proyectos de mantenimiento y mejoras en calles y avenidas estratégicas. Aunque no se logró localizar un plan de mantenimiento oficial de la Alcaldía que detalle un programa sistemático por sectores, sí se dispone de información sobre obras específicas ejecutadas recientemente, mostrando un esfuerzo por mejorar la movilidad urbana.

Estas acciones incluyen trabajos de bacheo, reparación de pavimentos y mejoras en vías internas que presentaban deterioro, lo que ayuda a disminuir riesgos de accidentes y a optimizar la circulación vehicular. (Municipalidad de San Pedro Sula, 2024)

Para este año, la municipalidad ha anunciado inversiones significativas destinadas a la infraestructura vial, como la instalación de nuevos semáforos con un presupuesto superior a los 60 millones de lempiras y mejoras en señalización vial con un monto aproximado de 25 millones de lempiras (García, 2025).

Además, se proyecta la repavimentación de la trocha oeste del Segundo Anillo de Circunvalación, abarcando desde la 4ª hasta la 33ª calle, junto con soluciones viales complementarias. Estas medidas buscan reducir los congestionamientos y mejorar la seguridad en el tránsito, especialmente en zonas críticas de la ciudad (García, 2025)

Estas obras, aunque no forman parte de un programa formal de mantenimiento, tienen un impacto directo en la logística de empresas que dependen de la movilidad eficiente, como aquellas encargadas de la recolección y transporte de muestras clínicas. La mejora de calles, semaforización y señalización contribuye a disminuir retrasos y costos operativos, asegurando que los insumos y muestras lleguen a tiempo y en condiciones óptimas, fortaleciendo la eficiencia y la calidad del servicio de laboratorios y otras instituciones de salud.

Otro aspecto que empeora la movilidad en San Pedro Sula es la falta de una planificación adecuada del transporte público. Aunque la ciudad cuenta con buses urbanos, rapiditos y taxis

colectivos, estos circulan sin un sistema organizado de rutas y paradas. La ausencia de carriles exclusivos para el transporte público hace que compitan con los vehículos particulares, lo que ralentiza aún más el tráfico. Esta situación es fácilmente perceptible para quienes se trasladan diariamente, ya que los tiempos de espera aumentan y muchas personas prefieren usar su propio vehículo, incrementando la congestión en las calles (Rivera, 2024).

Estas condiciones provocan congestión, retrasos y costos adicionales para los ciudadanos y las empresas, particularmente para Laboratorio Bueso Arias, los retrasos en la recolección y transporte de insumos y muestras clínicas no solo afectan la eficiencia operativa y la puntualidad en la entrega de resultados, sino que también pueden comprometer la calidad del servicio y la atención al cliente. En un sector tan sensible como el de la salud, donde el tiempo es un factor crítico, la falta de movilidad urbana eficiente representa un desafío que va más allá de la logística, impactando la competitividad del laboratorio y la confianza de los pacientes. Esto convierte la situación vial en un problema que tiene repercusiones tanto sociales como económicas, evidenciando la necesidad de estrategias de transporte y planificación que mitiguen estos efectos.

#### 2.1.2.3 DISPONIBILIDAD Y UBICACIÓN DE LABORATORIOS EN EL AREA DE ESTUDIO

En esta sección se analiza la distribución espacial de los laboratorios clínicos en San Pedro Sula, con énfasis en la ubicación de las sucursales de Laboratorio Bueso Arias en comparación con sus principales competidores: Laboratorio Clínico Fiallos, Laboratorio Clínico Analiza y los Centros para el Control y Prevención de Enfermedades (CDC).

En la Tabla 10 se presentan los tiempos y distancias promedio de desplazamiento entre el laboratorio del centro de procesamiento y los clientes potenciales, obtenidos a partir de los registros reales de movilidad.

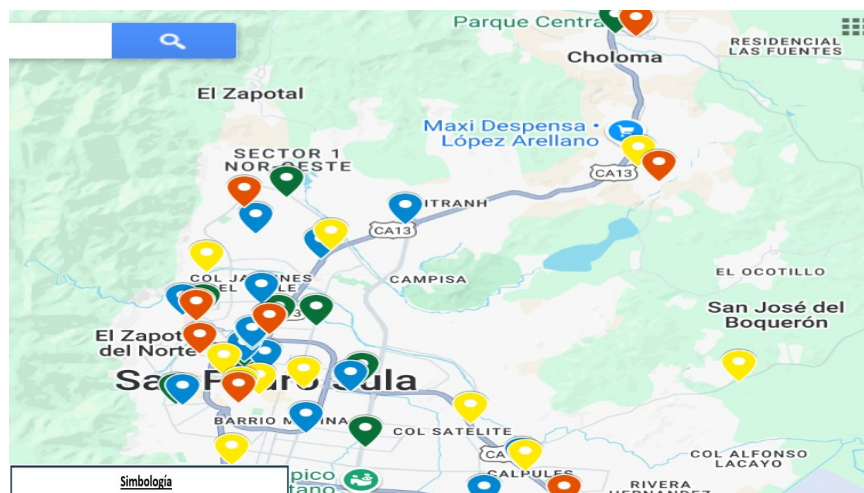
#### **Tabla 10. Distancia y tiempo desde sucursal hasta laboratorios referidos**

Distancia y tiempo desde sucursal principal hasta principales Laboratorios Referidos			
No.	Laboratorio	Tiempo total de ciclo (min)	Distancia total de ciclo (Km)
1	Policlínica Hondureña	00:10	1.8
2	Dimeco	00:11	2.5
3	Dr. Mario Pineda	00:12	2
4	Dr. Mauricio Caballero	00:24	6.8
5	Dr. Sorto Álvarez	00:14	2.5
6	Clínica Ferraro	00:26	6.3
7	Hospital Militar	00:24	5.5
8	Hospital Olimar	00:18	3.75
9	Laboratorio Clinilab	00:20	2
10	Laboratorio Diagnos	00:12	2.9
11	Laboratorio El Centro	00:10	2
12	Laboratorio Genoma	00:28	8.5
13	Laboratorio Peña Vallecillo	00:26	9
14	Laboratorio San Vicente	00:28	8.6
15	Laboratorio Servilab	00:16	7
16	Liga Contra el Cáncer	00:12	2.4
17	Laboratorio Ruth Paz	00:14	2

Fuente: (Laboratorio Bueso Arias, 2025)

Para tal efecto, se presentan mapas que muestran el radio de influencia de Laboratorio Bueso Arias y la presencia de la competencia en un rango de hasta 2 km de distancia desde las sucursales principales. Además, se incluyen tablas comparativas que reflejan el umbral de competencia en cada zona estratégica, lo cual permite evaluar fortalezas y áreas de oportunidad en la cobertura territorial del laboratorio.

Este análisis constituye un insumo fundamental para la toma de decisiones estratégicas en el ámbito logístico y comercial, pues permite identificar sectores con mayor presión competitiva, así como zonas donde existen oportunidades de expansión o consolidación de mercado. Se observa en la figura 10, la ubicación del edificio principal de LBA y la localización de los laboratorios competidores más cercanos, lo que proporciona una visión global del entorno



competitivo.

Fuente: (Elaboración propia a partir de Google My Maps, 2025)

Se observan en la figura 11, las sucursales de LBA y los laboratorios competidores en la zona céntrica, reflejando una alta densidad de servicios de diagnóstico clínico.



Figura 10. Distrib

Figura 11. Distribución competencia en un radio de 2 km de la sucursal principal

Fuente: (Elaboración propia a partir de Google My Maps, 2025)

Tabla 11. Resumen de distancias promedio entre sucursal principal vs otros laboratorios en un radio de 2 km.

SUCURSAL	DISTANCIA
CENTRO DE IMÁGENES BUESO ARIAS	220m
BUESO ARIAS BENQUE	890m
BUESO ARIAS LOS OLIVOS	2.59km
BUESO ARIAS TERRAVISTA	1.77km
CDC PRINCIPAL	496m
CDC COHESA	415m
CDC GALENOS	840m
CDC LOS ANDES	930m
CDC LA TREJO	1.70km
CDC PLAZA UNO	2.37km
LAB CLINICO FIALLOS LOS ANDES	428m
LAB CLINICO FIALLOS PRINCIPAL	820km
LAB CLINICO FIALLOS SAN VICENTE	840m
LAB CLINICO FIALLOS CONCEPCION	1.42m
LAB CLINICO ANALIZA LEONARDO MARTINEZ	1.1km
LAB CLINICO ANALIZA LAFAYYETE	1.18km
LAB CLINICO ANALIZA BOULEVARD DEL NORTE	1.45km

Fuente: (Elaboración propia a partir de Google My Maps, 2025)

Se aprecia en la figura 12 la ubicación de sucursal Altara y competidores en un sector estratégico de alto flujo comercial, lo que evidencia la necesidad de reforzar la presencia de

marca



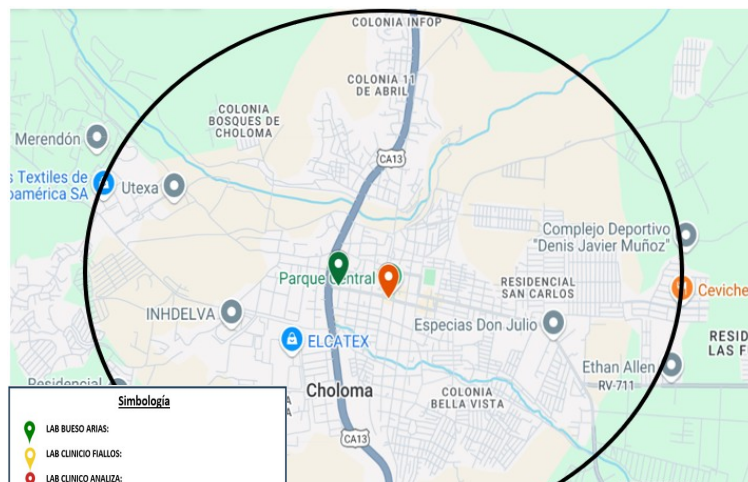
**Figura 12. Distribución competencia en un radio de 2 km de sucursal FAltara**

**Tabla 12. Resumen de Distancias promedio entre sucursal Altara vs Laboratorio en un radio de 2 km**

SUCURSAL	DISTANCIA
CDC MACKAY	1.44km
CDC CHALETS	2.20km
CDC PLAZA LAS MERCEDES	2.74km
LAB CLINICO ANALIZA PLAZA TAYLOR	1.1km
LAB CLINICO FIALLOS EN COLVISULA	2.1km

Fuente: (Elaboración propia a partir de Google My Maps, 2025)

Se observa en la figura 13 la dinámica en una zona industrial con demanda de servicios ocupacionales, donde se identifican varios actores competidores en el sector de Villanueva:



**Figura 13. Distribución de competencia en un radio de 2 km de sucursal Choloma**

Fuente: (Elaboración propia a partir de Google My Maps, 2025)

**Tabla 13. Resumen de distancias promedio entre sucursal Choloma vs otros laboratorios en un radio de 2 km**

SUCURSAL	DISTANCIA
LAB CLINICO ANALIZA CHOLOMA	447m

Fuente: (Elaboración propia a partir de Google My Maps, 2025)

Se visualiza en la figura 14 cobertura de Laboratorio Bueso Arias frente a laboratorios en un área residencial, mostrando oportunidades para consolidar la cartera de clientes.



**Figura 14. Distribución de competencia en un radio de 2 km de sucursal Los Olivos**

Fuente: (Elaboración propia a partir de Google My Maps, 2025)

**Tabla 14. Resumen de distancias promedio entre sucursal Los Olivos vs otros laboratorios en un radio de 2 km**

SUCURSAL	DISTANCIA
CDC LAS PALMAS	2.04Km
CDC PLAZA UNO	347m
LAB CLINICO FIALLOS EN LA SATELITE	2.71Km
LAB CLINICO FIALLOS EN CONCEPCION	1.45Km
BUESO ARIAS SAN JOSE	2.17km

Fuente: (Elaboración propia a partir de Google My Maps, 2025)

Se refleja en la tabla 14 la distribución de la competencia en un sector con fuerte presencia de laboratorios clínicos, lo que implica un alto nivel de rivalidad competitiva.



**Figura 15. Distribución competencia en un radio de 2 km de sucursales Santa Mónica, Century, Guadalupe**

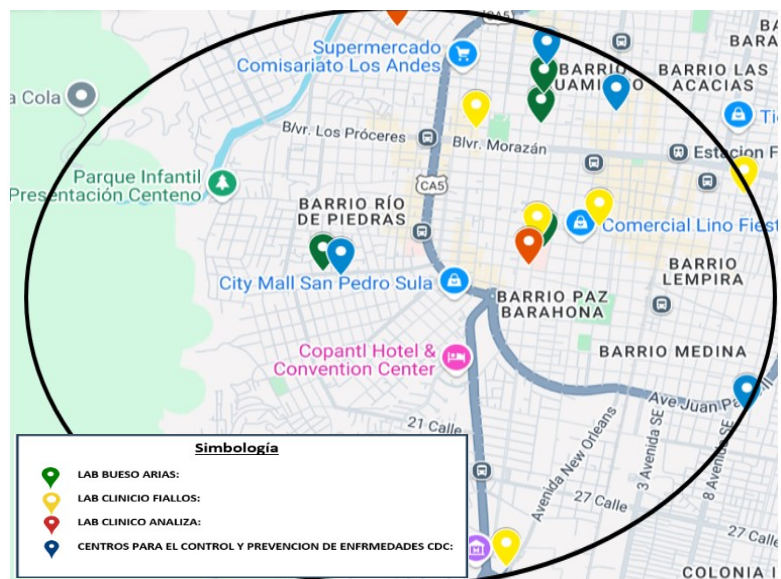
Fuente: (Elaboración propia a partir de Google My Maps, 2025)

**Tabla 15. Resumen de distancias promedio entre sucursales Santa Mónica, Century, Guadalupe Vs otros laboratorios en un radio de 2 km**

SUCURSAL	DISTANCIA
CDC PRINCIPAL	1.57km
CDC LOS ANDES	878m
CDC UNIVERSIDAD	920m
CDC GALENOS	970m
CDC IMEPRO	2.11km
CDC COHESA	1.40km
LAB CLINICO ANALIZA BOULEVARD DEL NORTE	336m
LAB CLINICO ANALIZA LAFAYETTE	1.93km
LAB CLINICO ANALIZA MARIO CATARINO RIVAS	1.76km
LAB CLINICO FIALLOS LOS ANDES	2.3km
LAB CLINICO FIALLOS HMCR	1.74km
BUESO ARIAS CENTURY	1.66km
BUESO ARIAS GUADALUPE	810m

Fuente: (Elaboración propia a partir de Google My Maps, 2025)

En la figura 16 se expone la ubicación relativa de sucursal Terravista en un área de desarrollo urbano en crecimiento, donde aún se percibe un balance favorable frente a la competencia



**Figura 16. Distribución Competencia en un radio de 2 km de sucursales Terravista**  
Fuente: (Elaboración propia a partir de Google My Maps, 2025)

**Tabla 16. Resumen de distancias promedio entre sucursal Terravista vs otros laboratorios en un radio de 2 km.**

SUCURSAL	DISTANCIA
CDC LA TREJO	122m
CDC PRINCIPAL	2.21km
CDC COHESA	2.9km
CDC LAS PALMAS	2.96km
LAB CLINICO ANALIZA HOSPITAL LEONARDO MARTINEZ	1.34km
LAB CLINICO FIALLOS PRINCIPAL	1.85km
LAB CLINICO FIALLOS SAN VICENTE	1.39km
LAB CLINICO FIALLOS CONCEPCION	2.82km
LAB CLINICO FIALLOS LA GUARDIA	2.42km
LAB CLINICO FIALLOS LOS ANDES	1.45km
BUESO ARIAS PRINCIPAL	1.81km
BUESO ARIAS BENQUE	1.40km
CENTRO DE IMÁGENES BUESO ARIAS	1.90km

**Fuente:** (Elaboración propia a partir de Google My Maps, 2025)

En la figura 17 se muestra el panorama competitivo en una zona periférica, donde la presencia de competidores es más limitada, representando una ventaja estratégica para Sucursal Villanueva



**Figura 17. Distribución competencia en un radio de 2 km de sucursales Villanueva**  
**Fuente:** (Elaboración propia a partir de Google My Maps, 2025)

**Tabla 17. Resumen de distancias promedio entre sucursal Villanueva vs otros laboratorios en un radio de 2 km**

SUCURSAL	DISTANCIA
CDC VILLANUEVA	669m
LAB CLINICO FIALLOS VILLANUEVA	592m
LAB CLINICO FIALLOS GRACIAS A DIOS	2.04km

**Fuente:** (Elaboración propia a partir de Google My Maps, 2025)

En la figura 18 se observa la coexistencia de sucursal San José y competidores en un sector tradicional, con fuerte presencia comunitaria de servicios de laboratorio.



**Figura 18. Distribución de competencia en un radio de 2 km de sucursales San José**

Fuente: (Elaboración propia a partir de Google My Maps, 2025)

**Tabla 18. Resumen de distancia promedio entre sucursal San José vs otros laboratorios en un radio de 2 km**

SUCURSAL	DISTANCIA
CDC PLAZA UNO	2.0km
CDC LAS PALMAS	1.38km
LAB CLINICO FIALLOS EN SATELITE	2.37km
LAB CLINICO FIALLOS EN CONCEPCION	2.43km
BUESO ARIAS LOS OLIVOS	2.17km

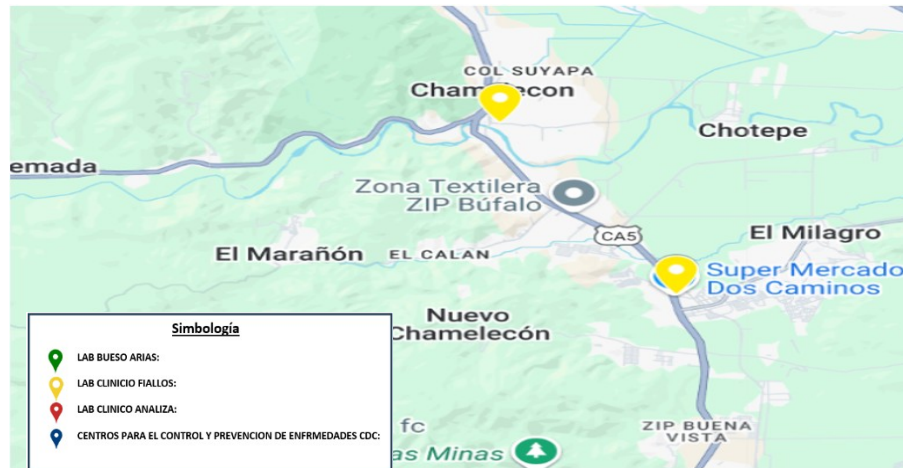
Fuente: (Elaboración propia a partir de Google My Maps, 2025)

En la figura 19 se presenta el entorno competitivo en una ciudad aledaña, donde la ubicación estratégica de Sucursal Aventura en municipio de El Progreso, le permite captar pacientes de diversas colonias y barrios.

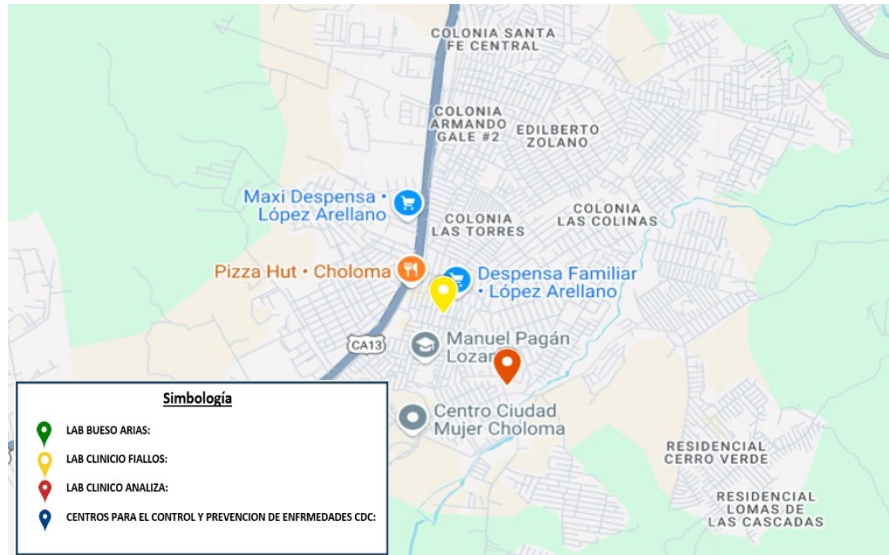


**Figura 19. Distribución competencia en un radio de 2 km de sucursales Aventura**  
**Fuente:** (Elaboración propia a partir de Google My Maps, 2025)

En la figura 20 se identifican áreas como Chamelecón, Dos Caminos, López Arellano y Satélite, en las cuales existe menor presencia de competidores, representando oportunidades de expansión para Laboratorio Bueso Arias.



**Figura 20. Distribución competencia sector Chamelecón, Dos Caminos**  
**Fuente:** (Elaboración propia a partir de Google My Maps, 2025)



**Figura 21. Distribución competencia sector colonia López Arellano**  
 Fuente: (Elaboración propia a partir de Google My Maps, 2025)



**Figura 22. Distribución competencia sector colonia Satélite**  
 Fuente: (Elaboración propia a partir de Google My Maps, 2025)

#### 2.1.2.4 SISTEMA DE MONITOREO PARA EMPRESA DE TRANSPORTE

En la actualidad, las soluciones tecnológicas aplicadas al transporte han transformado la manera en que las empresas gestionan sus flotas y productos sensibles. Los sistemas de monitoreo permiten supervisar en tiempo real la ubicación, velocidad y estado de los vehículos, así como controlar las condiciones de transporte de insumos críticos, garantizando eficiencia, seguridad y reducción de costos operativos.

X-GPS Honduras (s.f) es una plataforma de monitoreo GPS que permite supervisar en tiempo real la ubicación, velocidad y estado de los vehículos, así como recibir alertas inteligentes que facilitan la gestión de flotas.

Estas herramientas permiten que los administradores conozcan el recorrido exacto de cada unidad, identifiquen desviaciones de ruta, optimicen rutas de entrega y controlen remotamente aspectos de los vehículos, como el encendido y apagado del motor. Además, se puede acceder a reportes históricos de cada recorrido, facilitando el análisis del rendimiento de la flota y la planificación de mantenimiento preventivo. La plataforma es accesible desde cualquier dispositivo con conexión a internet, garantizando que la supervisión pueda realizarse en cualquier momento y lugar.

Según Logix GPS (2025), su plataforma permite monitorear en tiempo real las unidades de transporte y gestionar aspectos clave de la operación, como el consumo de combustible y los mantenimientos preventivos. Estas herramientas ofrecen información detallada sobre cada recorrido, ayudando a los administradores a identificar posibles retrasos o riesgos de fallas mecánicas antes de que afecten la operación. Además, la plataforma facilita la planificación de rutas, la optimización de tiempos de traslado y el control eficiente de la flota, lo que contribuye a reducir costos y aumentar la seguridad y confiabilidad del transporte.

Desde su fundación en 2008 Ares- Sun Honduras ha desarrollado una plataforma tecnológica capaz de recopilar información sobre el estado de sensores y entradas de datos en maquinaria y vehículos. A lo largo de los años, ha integrado herramientas para monitoreo de combustible, control de productividad, mantenimiento, cadena de frío, seguimiento de rutas y evaluación de conductores. Esta información se procesa en reportes claros y accesibles, lo que permite supervisar operaciones, optimizar recursos y mejorar la eficiencia logística. (Ares-Sun, 2025)

Gracias a estas soluciones, las empresas en Honduras pueden tener un control integral sobre su flota y maquinaria, asegurando que cada proceso funcione correctamente. La plataforma permite monitorear en tiempo real la productividad de los equipos, gestionar la cadena de frío, controlar el consumo de combustible y evaluar el desempeño de los conductores. Esto no solo ayuda a reducir costos y minimizar riesgos, sino que también mejora la eficiencia logística y la seguridad de los productos durante su transporte, ofreciendo una visión completa de la operación diaria y facilitando la toma de decisiones estratégicas.

En síntesis, las plataformas de monitoreo y gestión de flotas en Honduras, como X-GPS, Logix GPS y Ares-Sun, ofrecen soluciones integrales que combinan el seguimiento en tiempo

real de vehículos con el control de aspectos críticos como el consumo de combustible, el mantenimiento preventivo y la cadena de frío. Estas herramientas permiten a las empresas supervisar de manera precisa cada unidad, optimizar rutas, reducir riesgos operativos y garantizar que los productos transportados se mantengan en condiciones óptimas.

Para empresas que gestionan insumos médicos o muestras clínicas, estas soluciones representan un recurso estratégico. El monitoreo constante de la temperatura, la ubicación y el desempeño de los vehículos asegura que los materiales sensibles lleguen en condiciones seguras y dentro de los tiempos estipulados, mejorando la eficiencia logística y la confiabilidad del servicio. Así, la adopción de tecnologías de seguimiento y control permite no solo optimizar costos y operaciones, sino también fortalecer la seguridad, la calidad del transporte y la competitividad empresarial en entornos críticos como el sector salud.

### 2.1.3 ANÁLISIS INTERNO

El análisis interno del proceso logístico en Bueso Arias permite comprender la manera en que la institución organiza, gestiona y controla los servicios relacionados con la recolección y transporte de muestras biológicas. Dado que el laboratorio ofrece una cobertura amplia tanto a nivel individual como empresarial, el componente logístico se convierte en un eje crítico para garantizar la calidad, la trazabilidad y la confiabilidad de los resultados.

Se presentan a continuación tres enfoques para la descripción del análisis interno:

#### 2.1.3.1 RECURSOS Y FLOTA DE VEHÍCULOS DISPONIBLES

El Laboratorio Bueso Arias cuenta con una flota vehicular diversa y estructurada para atender las distintas necesidades logísticas relacionadas con el transporte de muestras, personal y recursos materiales. Esta flota está conformada por automóviles, camionetas tipo pick up, microbuses, autobuses y motocicletas, lo que permite cubrir tanto rutas cortas dentro de San Pedro Sula como desplazamientos interurbanos hacia municipios aledaños.

Las motocicletas constituyen un recurso clave en la operación diaria, pues su agilidad facilita los traslados frecuentes de muestras en horarios definidos, especialmente en sucursales con alta demanda como Benque, Autoservicio y Choloma. Por su parte, las camionetas y vehículos tipo pick up brindan apoyo en operaciones que requieren mayor capacidad de carga o condiciones de carretera más exigentes, mientras autobuses son utilizados para el transporte de

personal a tomas de muestras empresariales, en donde el equipo de trabajo es numeroso.

Se muestra el listado de vehículos autorizados incluye datos como número de placa, año, descripción, marca, número de serie y color, lo que permite mantener un inventario detallado y actualizado. Asimismo, se especifica qué vehículos cuentan con cajón de fibra para el transporte seguro de hieleras con muestras biológicas.

De manera complementaria, existe un registro de conductores autorizados, tanto para motocicletas como para automóviles, lo cual asegura que solo personal capacitado y debidamente identificado tenga acceso a la operación de las unidades. Esta medida no solo fortalece la seguridad vial, sino también la responsabilidad institucional frente a contingencias o eventualidades (ver anexo 2).

En cuanto a la gestión del recurso energético y el mantenimiento, se implementa un sistema riguroso de control. Cada vehículo debe registrar sus recorridos y consumo de combustible mediante los formatos establecidos (ROMT62, ROMT63 y ROMT79). Estos documentos alimentan el indicador de Rendimiento de Combustible, que permite evaluar la eficiencia de cada unidad y detectar posibles irregularidades en el consumo.

En la tabla 19 se presenta un cuadro resumen de ejemplo de formato ROMT79, en el cual se detalla el rendimiento de combustible de algunos vehículos:

**Tabla 19. Resumen consumo y rendimiento de combustible abril, mayo, junio 2025**



Laboratorio Bueso Arias  
MANTENIMIENTO

Formato de calculo rendimiento de combustible y cumplimiento de entrega de muestras

Codigo: ROMT79 /Revisión:0

Sirviendo con calidez; trabajando con calidad.

RESUMEN CONSUMO DE POR MES MOTOS 2025													
RESUMEN CONSUMO DE POR MES		Abril				Mayo				Junio			
MOTOS	Placa	Km totales	Cantidad de viajes	Litros	Km/L (enero)	Km totales	Cantidad de viajes	Litros	Km/L (Feb)	Km totales	Cantidad de viajes	Litros	Km/L (marz)
M-2	BAS-8264	1311	67	35.32	33.84	824	43	34.81	29.33	1162	66	46.66	24.92
M-3	Nueva	1571	189	47.72	38.06	1226	147	24.01	41.10	1353	164	36.05	40.51
M-4	BDK-0672	1100	62	31.29	36.15	1957	129	47.65	40.40	1704	109	42.79	36.30
M-5	JCN-4956	1936	68	58.42	34.75	2425	103	60.00	40.93	1828	85	48.00	40.81
M-6	BCW-7368	2028	77	60.01	34.64	2491	88	59.81	36.72	2603	104	82.32	34.65
M-7	BDG-0609	1385	151	32.82	40.56	1279	146	36.00	34.25	1396	166	46.84	31.37
M-9	BDZ-4481	805	99	24.00	25.96	1559	129	59.66	27.46	1624	82	59.74	26.27
M-10	BDR-5219	1663	93	47.76	31.70	1682	94	59.37	28.01	1454	87	59.42	25.93
M-11	BCL-2226	1722	181	48.00	35.52	1896	177	60.00	32.90	2135	193	59.34	33.78
M-12	JCI-6936	1931	85	47.36	36.59	669	45	24.00	36.79	1009	64	32.01	28.18
M-13	JCQ-9620	1649	79	47.17	32.80	2660	123	79.87	32.50	2468	116	79.46	34.62
M-14	JCQ-9623				0.00				0.00				0.00
M-18	JBA-9533	1913	93	68.61	28.65	2452	77	75.93	32.94	2682	85	85.96	32.05
<b>Totales</b>		<b>13521</b>	<b>987</b>	<b>385.34</b>	<b>35.09</b>	<b>15339</b>	<b>1056</b>	<b>441.31</b>	<b>34.76</b>	<b>18736</b>	<b>1236</b>	<b>481.16</b>	<b>38.94</b>

Fuente: (Laboratorio Bueso Arias, 2025)

Adicionalmente, la empresa realiza un monitoreo continuo mediante GPS, lo que posibilita conocer en tiempo real la ubicación de cada vehículo, verificar que se respeten las rutas programadas y, en caso necesario, reasignar movimientos para optimizar los recursos. Esta herramienta también resulta útil para fines de seguridad, al dar trazabilidad a los desplazamientos de las unidades.

Según se detalla en Laboratorio Bueso Arias (2025), el mantenimiento preventivo y correctivo constituye otra prioridad dentro de la gestión de la flota. El director de Mantenimiento y Logística tiene la responsabilidad de garantizar que todas las unidades se mantengan en condiciones mecánicas óptimas, programando revisiones periódicas y coordinando reparaciones inmediatas en caso de desperfectos. Esto asegura la continuidad de las operaciones y evita riesgos asociados a fallas mecánicas en ruta.

En conjunto, la flota vehicular de Laboratorio Bueso Arias no solo representa un recurso físico indispensable para el cumplimiento de su misión institucional, sino también un sistema integral de gestión que combina planificación seguridad operativa y eficiencia energética.

### 2.1.3.2 PLANIFICACIÓN Y EJECUCIÓN DE RUTAS

#### 2.1.3.2.1 TOMA DE MUESTRAS A DOMICILIO.

La toma de muestras a domicilio constituye un servicio estratégico dentro del portafolio de Bueso Arias, ya que permite acercar la prestación del servicio a pacientes que, por motivos de salud, comodidad o conveniencia, requieren la visita de personal técnico en sus hogares.

Según se establece en Laboratorio Bueso Arias (2025, pág. 8) se asignan de dos a tres vehículos o más, según la demanda, los cuales son coordinados directamente por la encargada de la sucursal de Domicilios. Cada vehículo cuenta con un flebotomista designado que acompaña al transportista en la prestación del servicio. Esta dupla garantiza tanto la eficiencia en el desplazamiento como la calidad en la recolección de las muestras.

La flexibilidad operativa es un rasgo relevante. En caso de indisponibilidad de vehículos por mantenimiento o reasignación, el director de Mantenimiento y Logística debe reorganizar la flota o contratar proveedores externos previamente aprobados. Este respaldo asegura la continuidad del servicio sin comprometer la satisfacción del paciente.

Una característica a destacar es la posibilidad de que los vehículos asignados a domicilios realicen transporte de personal cuando no interfiera con la programación de visitas. Esto refleja un aprovechamiento eficiente de recursos, aunque también demanda una estricta supervisión para evitar solapamientos que afecten la puntualidad en la toma de muestras.

En términos de gestión, este servicio implica un reto en la planificación de rutas diarias, ya que las visitas deben ajustarse a criterios de proximidad según ubicación, horarios estipulados con los pacientes y tiempos de traslado que se aproximen a la realidad del contexto vial de San Pedro Sula y alrededores. El cumplimiento de estas condiciones se relaciona directamente con la percepción de calidad del servicio y en la confiabilidad de los resultados de laboratorio, al garantizar que las muestras lleguen en condiciones óptimas al centro de procesamiento.

#### 2.1.3.2.2 TOMA DE MUESTRAS EMPRESARIALES.

El servicio de toma de muestras en empresas responde a la necesidad de clientes corporativos que requieren monitoreo de salud ocupacional y evaluaciones periódicas a sus colaboradores.

El proceso inicia con la programación del transporte con al menos un día de anticipación, vía correo electrónico, por parte de la Coordinadora de Soluciones Corporativas en Salud o personal autorizado. En la solicitud se incluyen datos detallados como la empresa a visitar, dirección exacta, número de pacientes, perfiles de examen, personal requerido, hora de salida, regreso y necesidades de transporte.

Este nivel de planificación permite a Laboratorio Bueso Arias garantizar puntualidad y coordinar los recursos humanos y logísticos necesarios. El transportista designado puede esperar a que finalice la toma de muestras o, si es requerido, realizar traslados parciales de muestras ya recolectadas para optimizar el flujo. La flexibilidad de este modelo minimiza riesgos de retrasos en el procesamiento de muestra y eventual entrega de resultados. Además de permitir un mayor aprovechamiento de la capacidad instalada de transporte.

Asimismo, se contemplan escenarios de contingencia: en caso de inconvenientes, el personal de Soluciones Corporativas puede coordinar directamente con el director de Mantenimiento y Logística la reasignación de vehículos o la contratación de transporte externo. Esto resalta la importancia de contar con un esquema de soporte inmediato que preserve la continuidad del servicio, un factor altamente valorado por los clientes empresariales.

El servicio empresarial, además de generar ingresos directos, fortalece la imagen institucional de Laboratorio Bueso Arias como aliado estratégico en salud laboral. Desde la perspectiva logística, la anticipación en la programación y la estandarización en la comunicación son claves que permiten la eficiencia operativa.

#### 2.1.3.2.3 TRANSPORTE DE MUESTRAS DE SUCURSALES.

El transporte de muestras constituye el núcleo del proceso logístico en Laboratorio Bueso Arias, dado que en cierta medida de este depende la continuidad del flujo de muestras clínicas y la entrega de resultados confiables dentro de los plazos acordados con los pacientes y clientes.

Se define entre dos y cinco traslados diarios desde sucursales auxiliares hacia el centro de procesamiento, ajustados según la demanda de cada punto. En sucursales de alta carga, como Benque y Autoservicio, se establecen horarios específicos con intervalos de una a dos horas. Este nivel de frecuencia evidencia la importancia de asegurar un ciclo de recolección constante que evite acumulación de muestras y reduzca riesgos de deterioro.

El transporte también abarca laboratorios referidos y clientes externos (hospitales, farmacias y entes gubernamentales). La inclusión de este tipo de clientes amplía la red de cobertura y exige mayor adaptabilidad de las rutas, con horarios indefinidos de acuerdo con la demanda de cada actor.

Desde el punto de vista técnico, se establece en procedimientos de Laboratorio Bueso Arias (2025, pág. 23) que cada ruta debe permitir el traslado de al menos dos hieleras por sucursal, diferenciadas por rangos de temperatura (2–8 °C y 18–24 °C). Este requisito refleja el cumplimiento de estándares internacionales en conservación de muestras, asegurando la validez de los análisis posteriores.

Un elemento importante es la previsión ante contingencias. Se establecen protocolos en caso de accidentes, desperfectos mecánicos o condiciones climáticas adversas. Se estipula que, en caso de incidentes, el director de Mantenimiento y Logística debe coordinar la continuidad inmediata de la ruta mediante reubicación de transportistas, auxilio al personal y verificación de la integridad de las muestras. Además, se contempla la documentación y seguimiento específico de las muestras implicadas en accidentes, garantizando la trazabilidad y transparencia en el proceso. (Laboratorio Bueso Arias, 2025, pág. 10)

El sistema también se apoya en el monitoreo GPS, lo que permite controlar en tiempo real la ubicación de las unidades, verificar el cumplimiento de las rutas y, de ser necesario, reasignar movimientos para optimizar recursos. Este mecanismo de control constituye una fortaleza clave en términos de eficiencia operativa y seguridad de las muestras transportadas.

Finalmente, el transporte de muestras representa el punto donde convergen la eficiencia, la seguridad y la calidad. Un retraso o una falla en este eslabón puede comprometer la cadena de valor completa del laboratorio. Por ello, Bueso Arias ha estructurado un modelo de gestión

robusto, con rutas predefinidas, protocolos de contingencia y tecnologías de monitoreo, consolidando una ventaja competitiva frente a otros laboratorios clínicos.

.En el sistema de transporte de laboratorio se describe un esquema de horarios para la recolección de muestras en sucursales propias y laboratorios externos. Se especifica cual transportista es el responsable del traslado de muestras de las sucursales en cada una de las rutas. (ver anexo 3)

### 2.1.3.3 COMUNICACIÓN DE REQUERIMIENTOS DE LABORATORIOS REFERIDOS

El Laboratorio Bueso Arias mantiene una relación estrecha y estructurada con los laboratorios referidos, los cuales remiten muestras para ser procesadas en sus instalaciones. Este vínculo se apoya en una comunicación constante, clara y estandarizada, que asegura la trazabilidad de las muestras y la confiabilidad de los resultados entregados.

Se detalla en procedimientos de Laboratorio Bueso Arias (2016, pág. 4), la interacción inicia con la recepción de solicitudes. Los laboratorios referidos se comunican principalmente vía telefónica, y cada llamada es registrada en el formato oficial de atención (ROPA09). Esta comunicación permite coordinar la recolección de muestras en horarios previamente definidos por rutas establecidas. En casos de urgencia, se instruye a los clientes a enviar directamente las muestras a la sede principal para garantizar un análisis inmediato

La recolección de muestras se documenta mediante el formato ROPA04-A, donde el mensajero asignado registra la hora, la cantidad y el tipo de muestras recibidas. Al momento de la entrega en las instalaciones de Bueso Arias, se verifica la conformidad con los registros y se firma el recibo correspondiente. Este procedimiento asegura transparencia y control sobre cada traslado

Posteriormente, el personal responsable revisa las condiciones de las muestras, verificando la temperatura de las hieleras y los datos de las órdenes enviadas (ROPA01). Estas órdenes son ingresadas al sistema Hexalis, donde se generan etiquetas y viñetas que permiten el rastreo individualizado de cada muestra. Una vez preparadas, las muestras son rotuladas y escaneadas para su envío al área de procesos analíticos

La comunicación también es esencial en situaciones especiales. Por ejemplo, cuando una

muestra no cumple con las condiciones necesarias para el análisis, el área de procesos notifica directamente al laboratorio referido, solicitando autorización expresa para proceder. Esta autorización queda registrada por escrito (correo electrónico o WhatsApp) o mediante constancia en el sistema de gestión (Gestor SGC). De igual manera, cuando se procesan pruebas especiales o derivadas, se utiliza el módulo de Ofrecimientos en el sistema para informar a los clientes sobre los plazos de entrega.

Finalmente, la entrega de resultados se realiza a través de múltiples canales: envío por correo electrónico según protocolos de confidencialidad, impresión y empaque físico para clientes que lo requieren, y entrega siguiendo lo estipulado en el procedimiento de liberación de resultados (POPO01). En caso de reclamos, estos se registran formalmente en el módulo de Gestor SGC, lo que permite un seguimiento adecuado y la implementación de acciones correctivas

En síntesis, la comunicación con los laboratorios referidos en Laboratorio Bueso Arias está sustentada en formatos normalizados, sistemas informáticos y protocolos de atención que garantizan fluidez, seguridad y transparencia en todo el ciclo. Desde el momento en el que se realiza la solicitud inicial hasta la entrega final de resultados. Este proceso fortalece la confianza entre las partes y posiciona al laboratorio como un aliado estratégico en el diagnóstico clínico regional.

#### 2.1.3.4 SISTEMAS POSTERIORES AL TRANSPORTE DE MUESTRAS

El sistema de transporte de muestras clínicas constituye un subsistema independiente dentro del proceso integral de diagnóstico, que incluye etapas posteriores de procesamiento y emisión de resultados. Para efectos de este estudio, se delimita el análisis a la productividad del sistema de transporte, bajo el supuesto de que las áreas posteriores poseen la capacidad instalada suficiente para procesar las muestras y generar resultados en el tiempo requerido. Esta consideración permite aislar el desempeño del transporte como variable crítica que puede impactar directamente en la oportunidad de entrega de resultados, garantizando que cualquier variación identificada en este indicador se deba exclusivamente al comportamiento del sistema logístico de recolección y traslado. De esta manera, se evita introducir sesgos derivados de procesos ya equilibrados o fuera del alcance de este análisis, manteniendo la congruencia metodológica del estudio.

## **2.2 CONCEPTUALIZACIÓN.**

En esta sección se presentan las variables dependientes e independientes derivadas del sustento teórico, que guiarán el desarrollo de la investigación. La identificación de estas variables permite establecer un marco de análisis claro sobre el sistema de transporte de muestras clínicas, resaltando los factores que influyen directamente en la productividad y en el cumplimiento de los objetivos logísticos.

### **2.2.1 VARIABLE DEPENDIENTE**

#### **2.2.1.1 PRODUCTIVIDAD DEL SISTEMA DE TRANSPORTE**

La productividad en transporte se define como la relación entre los recursos utilizados (tiempo, distancia, combustible, vehículos) y los resultados obtenidos en términos de entregas exitosas o muestras recolectadas. Según Ballou (2004), la productividad logística refleja el grado de aprovechamiento de los recursos en comparación con el nivel de servicio alcanzado.

En este estudio, la productividad del sistema de transporte se define como la relación entre el tiempo real requerido para completar el traslado de una cantidad específica de laboratorios referidos y el tiempo teórico estimado mediante simulación bajo condiciones óptimas de operación. Este indicador expresa el nivel de eficiencia con que el sistema aprovecha sus recursos logísticos frente al desempeño potencial calculado. En otras palabras, mide cuán cerca se encuentra el desempeño real del escenario ideal proyectado por el modelo. La productividad está determinada por factores como el tiempo de servicio en cada punto, la secuencia de visitas, las condiciones ambientales, el tiempo de traslado, la competencia del conductor, el tipo de vehículo y las ventanas de horario disponibles, los cuales influyen directamente en la duración total del ciclo de transporte y, por tanto, en la eficiencia global del sistema.

La productividad del sistema de transporte se calculará comparando el tiempo real empleado para completar una ruta con el tiempo teórico obtenido mediante simulación. Este valor se expresará como un porcentaje que refleja el grado de eficiencia operativa alcanzada respecto al desempeño óptimo proyectado. De esta forma, una productividad igual o superior al 100 % indica un desempeño igual o mejor que el proyectado, mientras que valores inferiores reflejan pérdidas de eficiencia atribuibles a factores operativos. Los datos necesarios para este cálculo se obtendrán de los registros de bitácora de ruta, los reportes del sistema GPS Vigía Smart, y los formatos de control ROMT-79, que documentan cada operación de transporte y sus

tiempos asociados.

Además, se estimará una productividad teórica óptima, obtenida a partir del tiempo total ideal para la ejecución de las rutas, determinado mediante métodos analíticos que se desarrollarán en capítulos posteriores. Esta comparación permitirá establecer una referencia de mejora y cuantificar la brecha entre el desempeño actual y el potencial del sistema.”

## 2.2.2 VARIABLES INDEPENDIENTES.

### 2.2.2.1 TIPO DE VEHÍCULO

El tipo de vehículo influye en la capacidad de carga, velocidad de operación y requerimientos de mantenimiento. Christopher (2016) señala que la selección adecuada de vehículos dentro de la cadena de suministro es esencial para cumplir con estándares de eficiencia y seguridad, especialmente en transporte sensible como el de productos sanitarios.

Se definen los tipos de vehículos según el observatorio de transporte de Euskadi (2024), como “vehículo de carretera provisto de un motor que constituye su único medio de propulsión, proyectado, exclusiva o principalmente, para el transporte de mercancías o para remolcar vehículos utilizados para el transporte de mercancías”.

Para efectos de este estudio, el medio de transporte objeto de análisis es la motocicleta equipada con cajón de fibra de vidrio, diseñado para brindar protección y estabilidad a las muestras durante el traslado. Se asume que la capacidad de carga por recolección es suficiente para transportar el total de muestras generadas en cada ruta, considerando que los recipientes utilizados para sangre, orina, heces u otros tipos de muestras biológicas tienen un tamaño reducido en comparación con el volumen disponible del cajón.

Entre las ventajas operativas de este tipo de vehículo destaca su alta maniobrabilidad en comparación con automóviles, lo que permite desplazarse con mayor eficiencia en calles de difícil acceso, zonas con tráfico denso o situaciones imprevistas como accidentes. Estas características hacen de la motocicleta una opción idónea para entornos urbanos donde la rapidez y la agilidad en la recolección son factores críticos para garantizar la productividad y mantener la cadena de frío.

### 2.2.2.2 COMPETENCIAS DEL CONDUCTOR

La competencia del conductor afecta directamente la seguridad y eficiencia del transporte. Según la Organización Mundial de la Salud (2018), la formación y la experiencia de los operadores de transporte constituyen factores determinantes en la reducción de accidentes y en la optimización del tiempo de recorrido.

De acuerdo con la Empresa de Renovación y Desarrollo Urbano de Bogotá, las competencias laborales representan la capacidad que posee una persona para ejecutar adecuadamente las funciones propias de un cargo dentro del sector público, considerando los estándares de calidad y los resultados esperados. Esta capacidad se fundamenta en la integración de conocimientos, destrezas, valores, actitudes y aptitudes que el servidor público debe desarrollar y demostrar en su labor cotidiana. En este sentido, las competencias reflejan el conjunto de saberes teóricos y prácticos que permiten un desempeño eficaz, evidenciado a través de las conductas y acciones del colaborador” (Empresa de Renovación y Desarrollo Urbano de Bogotá, 2023, pág. 3).

La competencia del conductor constituye un factor determinante en el desempeño del sistema de transporte, ya que influye directamente en la capacidad para anticipar y gestionar escenarios adversos como tráfico vehicular, calles en mal estado u otras eventualidades que pueden generar variabilidad en los tiempos de traslado. El conocimiento adquirido mediante la práctica diaria permite al transportista seleccionar rutas más eficientes y seguras, optimizando los recorridos y reduciendo retrasos.

Asimismo, la experiencia aporta un conocimiento empírico del trato personalizado en cada laboratorio visitado, lo que fortalece la satisfacción del cliente al combinar un servicio logístico ágil con una atención respetuosa y puntual. Este factor contribuye no solo al cumplimiento de la entrega oportuna de resultados, sino también a la consolidación de relaciones de confianza entre el laboratorio central y los centros de recolección.

### 2.2.2.3 HORARIOS DISPONIBLES

Según el diccionario de términos contables de Lexicón (2024), los horarios disponibles denotan, el número total de horas que se pueden asignar para completar un trabajo, tarea o proceso específico dentro de un período contable definido. Estas horas son cruciales para la planificación de la capacidad y la medición de la productividad, proporcionando una ventana calculable para completar tareas de manera eficiente. Las evaluaciones de las horas disponibles

generalmente incluyen horas de trabajo directo, horas de máquina u horas de producción.

Los horarios disponibles establecen la ventana de tiempo durante la cual se brinda el servicio de transporte de muestras a los laboratorios referidos. Este intervalo define la disponibilidad de vehículos y transportistas para atender tanto la demanda programada como solicitudes imprevistas, asegurando la continuidad del servicio.

La planificación de estos horarios debe estar directamente alineada con el cumplimiento de los tiempos comprometidos para la entrega de resultados a los pacientes, garantizando así la calidad y oportunidad del servicio ofrecido.

#### 2.2.2.4 CONDICIONES AMBIENTALES EN CONTEXTO DE TRANSPORTE

De acuerdo a los autores Chopra y Meindl (2007) , las condiciones ambientales en el contexto logístico son el clima y factores externos que inciden en la duración y seguridad del transporte, generando riesgos en la gestión de cadenas logísticas, especialmente en sectores que requieren condiciones controladas.

Factores externos como el clima, el nivel de tráfico vehicular y el estado de calles y carreteras influyen significativamente en los tiempos de transporte. Condiciones adversas, como lluvia intensa o temperaturas ambientales elevadas, pueden provocar desviaciones respecto a las rutas previamente definidas como óptimas, incrementando el riesgo de retrasos en la recolección de muestras y en la eventual entrega de resultados a los pacientes. Asimismo, el mal estado de las vías contribuye al tráfico lento y obliga a los conductores a extremar precauciones para evitar daños mecánicos a los vehículos, lo que impacta negativamente en la productividad.

De forma complementaria, las condiciones climáticas extremas pueden afectar la conservación de la cadena de frío de las muestras transportadas. Incluso siguiendo los procedimientos establecidos para la preparación de hieleras y empaques, temperaturas ambientales demasiado altas pueden provocar desviaciones en los rangos de conservación, comprometiendo así la integridad y confiabilidad de las muestras durante su traslado.

#### 2.2.2.5 TIEMPO DE VIAJE

Según se define en el informe Transportation Mobility Measures (2005). El tiempo de viaje es el requerido para recorrer un tramo o completar un trayecto desde el punto de recolección hasta el centro de procesamiento. Se cuantifica habitualmente en minutos y puede medirse

directamente en el campo o mediante registros históricos de tráfico.

Para el presente estudio, el tiempo de traslado se define como el promedio de tiempo necesario para desplazarse de un laboratorio a otro, tomando como referencia los datos históricos registrados en formatos de control operacional y en reportes generados por sistemas GPS.

Cada laboratorio identificado dentro del alcance del estudio contará con valores específicos de tiempo de desplazamiento respecto a los demás puntos, considerando ambas direcciones (de laboratorio  $i$  a  $j$  y de  $j$  a  $i$ ), para reflejar la realidad del recorrido.

Estos valores promedio se obtendrán mediante un tratamiento estadístico de los datos recopilados, con el objetivo de garantizar que sean representativos y fiables de las condiciones reales del sistema de transporte.

#### 2.2.2.6 TIEMPO DE SERVICIO EN LABORATORIOS

Según se define en la página web de la plataforma para planeación de rutas logísticas UPPER (2024), El tiempo de servicio se refiere a la duración requerida para completar un servicio o transacción específica en una ubicación particular. Incluye el tiempo de preparación, el tiempo de transacción, el tiempo de interacción y el tiempo posterior al servicio, todos ellos parte de la prestación de un servicio.

El tiempo de servicio se define como el período que transcurre desde la llegada del transportista a un laboratorio que ha solicitado transporte de muestras, hasta el momento en que es despachado con las muestras debidamente recolectadas. Este intervalo puede variar según factores como condiciones de pago, afluencia de pacientes en el laboratorio y tiempos de preparación de las muestras, los cuales dependen de su naturaleza y requisitos específicos de manejo.

Al igual que el tiempo de traslado, los valores promedio del tiempo de servicio se obtendrán mediante un tratamiento estadístico de los datos recopilados, con el propósito de asegurar que los resultados sean representativos y confiables de las condiciones reales del sistema de transporte.

#### 2.2.2.7 CANTIDAD DE LABORATORIOS

Según Benini (2021) la cantidad de laboratorios se puede interpretar como el número de nodos o puntos que se traducen como paradas que son determinantes en la viabilidad de las

soluciones de ruteo, dado que influyen directamente en los tiempos totales y en la necesidad de recursos adicionales.

La cantidad de laboratorios incluidos en cada ruta constituye un factor clave para la planificación del sistema de transporte, ya que determina directamente la secuencia de recolección que se seguirá y sirve como base para identificar opciones óptimas que reduzcan los tiempos totales de viaje.

Este número estará sujeto a restricciones operativas orientadas a evitar que el tiempo total de recorrido se extienda excesivamente, lo que podría retrasar la llegada de las primeras muestras recolectadas al centro de procesamiento y, en consecuencia, comprometer la entrega oportuna de resultados. Así, aunque teóricamente sería posible incluir numerosos laboratorios en una sola ruta, se priorizará el equilibrio entre cobertura y oportunidad, garantizando que las muestras mantengan su integridad y se procesen dentro de los tiempos establecidos.

## **2.3 TEORÍAS DE SUSTENTO**

### **2.3.1 BASES TEÓRICAS**

#### **2.3.1.1 INVESTIGACIÓN OPERATIVA COMO METODOLOGÍA**

La Investigación Operativa (IO) es una disciplina que emplea modelos matemáticos, estadísticos y algoritmos para optimizar procesos de toma de decisiones (Hillier y Lieberman, 2021). Su metodología típica incluye:

1. Definición del problema.

Antes de abordar cualquier modelo o algoritmo, es clave comprender y delimitar con precisión el problema que se pretende resolver. Esto implica conversar con quienes toman las decisiones, entender sus objetivos principales, reconocer las restricciones del entorno y considerar cómo este problema se relaciona con otras políticas o funciones dentro de la organización. También es fundamental explorar posibles alternativas de acción y tener claro el plazo en el que se espera una solución. Esta etapa es esencial, ya que una definición deficiente puede conducir a resultados ineficaces o irrelevantes. (Hillier y Lieberman, 2021)

2. Recolección y análisis de datos.

Una vez que se ha definido claramente el problema a abordar, el siguiente paso esencial es reunir los datos necesarios y examinarlos con rigor. Esta etapa implica buscar información

relevante y confiable, puede provenir de registros históricos, sistemas de información o encuesta, para fundamentar el modelo que vayamos a construir, especialmente en el segmento “Defining the Problem and Gathering Data” del Capítulo 2). (Hillier y Lieberman, 2021, págs. 8-9),

Durante esta fase, se analizan los datos para detectar patrones, identificar valores inconsistentes o faltantes y comprender mejor las relaciones dentro del sistema. Por ejemplo, si estamos modelando rutas de transporte de muestras clínicas, es crucial contar con datos precisos sobre tiempos de recorrido, frecuencias de recolección y condiciones geográficas o climáticas que puedan influir en el desempeño logístico.

El objetivo es asegurarse de que el modelo refleje fielmente la realidad operativa, lo que solo es posible si los datos utilizados son completos y de calidad. En situaciones donde hay escasez de datos, puede ser útil implementar un sistema de gestión de información interno o utilizar técnicas de muestreo y minería de datos para cubrir vacíos. Por otro lado, cuando hay exceso de datos disponibles, es importante aplicar criterios de filtrado para enfocarse en los más importantes y evitar ruido que complique el análisis.

### 3. Formulación del modelo.

Esta fase es esencial dentro del enfoque de la investigación operativa, ya que permite construir una representación matemática clara y funcional del problema real. En concreto, al formular el modelo se deben definir tres componentes clave:

Las Variables de decisión son elementos que capturan las acciones posibles dentro del sistema analizado, tales como niveles de producción, asignación de recursos o tiempos de operación.

La Función objetivo es una expresión matemática que define como maximizar beneficios o minimizar costos que refleja el propósito central del análisis, alineado con los objetivos estratégicos del estudio.

Las restricciones son las condiciones que limitan las variables de decisión, incluyendo la disponibilidad de recursos, capacidades técnicas o regulaciones vigentes.

Este modelo sirve como el puente entre el problema del mundo real y las herramientas cuantitativas que se aplicarán posteriormente.

La formulación precisa del modelo determina la validez y utilidad del análisis. Un modelo mal definido omitiendo variables relevantes o incluyendo detalles irrelevantes puede conducir a soluciones irreales o ineficaces. Por ello, la claridad y relevancia de cada componente son determinantes para garantizar que los métodos de solución sean aplicables y efectivos.

#### 4. Selección del método de solución.

Una vez formulado el modelo matemático, el siguiente paso crítico en la investigación operativa es la selección del método adecuado para resolverlo. Este método debe ser capaz de encontrar soluciones óptimas o satisfactorias dentro del marco de tiempo y recursos disponibles, garantizando además la aplicabilidad práctica de los resultados.

Según Hillier y Lieberman (2021) mencionan que la selección del método depende fundamentalmente del tipo y complejidad del modelo formulado. Por ejemplo, para modelos lineales con variables continuas, los métodos clásicos como el método simplex son adecuados y eficientes. Sin embargo, en problemas con variables discretas o con restricciones no lineales, se requieren técnicas más especializadas, como algoritmos de búsqueda heurística, programación entera, o métodos metaheurísticos.

Además, la disponibilidad de software especializado y la experiencia del equipo técnico influyen en la decisión. La correcta selección del método no solo impacta la calidad y precisión de la solución, sino también la viabilidad de la implementación en el entorno real.

Por lo tanto, es indispensable realizar un análisis cuidadoso que incluya:

- 1) La estructura matemática del modelo (lineal, entero, no lineal).
- 2) La escala y tamaño del problema (número de variables y restricciones).
- 3) Los requisitos de tiempo para obtener la solución.
- 4) La precisión deseada en la solución.

Este análisis guía la elección del método que mejor se adapte a las necesidades del problema y a los recursos disponibles, optimizando la toma de decisiones basada en la investigación operativa. (Hillier y Lieberman, 2021, pág. 19)

#### 5. Verificación y validación de resultados.

Una vez obtenido el resultado del modelo mediante el método seleccionado, es

indispensable realizar procesos rigurosos de verificación y validación para asegurar que las soluciones propuestas sean confiables y aplicables en la realidad.

La verificación consiste en comprobar que el modelo matemático y el algoritmo utilizado para resolverlo estén correctamente implementados, es decir, que no existan errores de cálculo, codificación o interpretación. Este proceso incluye la revisión minuciosa de las fórmulas, la programación del software y la coherencia interna del modelo.

La validación, implica contrastar los resultados obtenidos con datos o comportamientos reales del sistema estudiado. Esto puede involucrar pruebas piloto, comparación con resultados históricos, o consultas con expertos para garantizar que las soluciones sean efectivas y realistas.

En su libro, Hillier y Lieberman (2002) enfatizan que ambos procesos son fundamentales para evitar decisiones basadas en modelos defectuosos, que podrían generar pérdidas económicas o fallos operativos. La verificación y validación no solo incrementan la confianza en el modelo, sino que también permiten ajustar parámetros y mejorar su precisión antes de su implementación definitiva (pág. 17).

#### 2.3.1.2 PROBLEMA DEL VIAJANTE (TSP)

El TSP consiste en encontrar la ruta más corta que permita visitar un conjunto de ciudades una sola vez y regresar al punto de origen (Lawler et al., 1985). Este problema es NP-Hard, lo que significa que su complejidad crece factorialmente con el número de puntos.

En logística sanitaria, el TSP se aplica para planificar la secuencia óptima de visitas a puntos de recolección, minimizando tiempos y distancias. La resolución por fuerza bruta consiste en evaluar todas las permutaciones posibles de la ruta, garantizando encontrar la solución óptima (Applegate et al., 2006)

#### 2.3.1.3 PROBLEMA DE RUTEO DE VEHÍCULOS (VRP)

El VRP generaliza el TSP para múltiples vehículos y puede incorporar restricciones como capacidad, ventanas de tiempo y demanda variable. Una variante relevante es el DVRP (Dynamic VRP), donde la información cambia en tiempo real y la ruta debe adaptarse sobre la marcha (Toth y Vigo, 2014).

#### 2.3.1.4 MÉTODO GENERAL DE TRANSPORTE (MODI)

El Método General de Transporte, también conocido como Método de Distribución

Modificada (MODI), es una técnica de optimización utilizada para resolver problemas de transporte balanceados. Este método surge como una alternativa al enfoque de fuerza bruta, ya que evita la evaluación exhaustiva de todas las posibles asignaciones de oferta y demanda, y en su lugar emplea un procedimiento sistemático para mejorar iterativamente una solución inicial hasta alcanzar el costo mínimo total. (Bernard W. Taylor III, 2016, pág. 257)

En el contexto logístico, el Método General de Transporte se aplica para determinar el plan óptimo de distribución entre múltiples puntos de origen y destino, minimizando los costos asociados al traslado de bienes o muestras. A diferencia de la enumeración exhaustiva, el MODI parte de una solución inicial obtenida mediante métodos como esquina noroeste, costo mínimo o Vogel, y posteriormente calcula los costos de oportunidad de las celdas no ocupadas. A través de este análisis, identifica posibles mejoras en la asignación y ajusta la solución hasta que no existan nuevas oportunidades de reducción de costos.

La principal ventaja del MODI es su eficiencia computacional frente al método de fuerza bruta, ya que permite resolver problemas de transporte de mayor escala en un tiempo significativamente menor, manteniendo la garantía de optimalidad. En logística sanitaria, este método resulta especialmente útil para diseñar rutas y asignaciones de transporte de muestras clínicas entre sucursales y laboratorios centrales, asegurando que el flujo se realice con la menor inversión de recursos y bajo las condiciones de calidad requeridas. (Bernard W. Taylor III, 2016, pág. 257)

### 2.3.2 METODOLOGÍAS DESARROLLADAS POR OTROS INVESTIGADORES

#### 2.3.2.1 METAHEURÍSTICA PARA VRP Y VRP CON VENTANA DE TIEMPO

Se detalla en Toth y Vigo (2014), que esta metodología modela el problema como un enrutamiento de vehículos con ventanas de tiempo y usa algoritmos de alto desempeño, para minimizar variables como distancia y tiempo. Construye rutas que son iteradas y respetan restricciones de capacidad y ventanas de servicio.

#### 2.3.2.2 PROGRAMACIÓN ENTERA MIXTA CON BRANCH END PRICE

Según Desaulniers et. al, (2005) una formula el enrutamiento y resuelve el problema exactamente por descomposición por columnas y Branch and Price, minimizando el tiempo total de recorrido y asignando penalizaciones por tardanzas. En el problema maestro formula una ruta, y un subproblema que genera rutas nuevas de costo reducido. Las cuales se van ramificando

progresivamente hasta encontrar una solución óptima.

#### 2.3.2.3 SIMULACIÓN DE EVENTOS DISCRETOS

Se detalla en Banks et. al (2019) una metodología cuando se trata con tiempos aleatorios. Y que permita estimar y reducir el tiempo total del sistema, probando alternativas de asignación de flotas, horarios y reglas operativas. Se modelan procesos que se combinan con técnicas metaheurísticas o de optimización por simulación, para encontrar una configuración que minimice tiempos.

#### 2.3.2.4 COMPARACIÓN ENTRE TEORÍAS DE SUSTENTO

Con el propósito de diferenciar claramente las teorías de sustento adoptadas en el presente estudio de las metodologías desarrolladas y utilizadas por otros investigadores, se presenta a continuación en la tabla 20 una matriz comparativa de enfoques metodológicos aplicados al ruteo y transporte logístico. Esta matriz no busca evaluar el desempeño técnico o computacional de cada método, sino describir sus características generales, su ámbito de aplicación y su nivel de complejidad, con el fin de justificar la pertinencia del enfoque seleccionado. De este modo, se contextualiza la elección de la Investigación Operativa clásica, en conjunto con el Problema del Viajante y el Método General de Transporte, como una alternativa metodológicamente sólida, operativamente viable y coherente con los objetivos y restricciones del sistema analizado.

**Tabla 20. Comparación teorías de teorías de sustento**

Enfoque metodológico	Descripción general	Tipo de problema que resuelve	Nivel de complejidad computacional	Requerimientos de datos y software	Aplicación típica reportada en la literatura	Razón de no adopción / adopción en el estudio
<b>Metaheurísticas para VRP / VRPTW</b>	Utilizan algoritmos de búsqueda avanzada (ej. búsqueda tabú, algoritmos genéticos, ALNS) para encontrar soluciones cercanas al óptimo en problemas complejos de ruteo con múltiples restricciones.	VRP con ventanas de tiempo, capacidad, múltiples vehículos y alta variabilidad.	Alta; no garantizan optimalidad exacta, pero ofrecen buenas soluciones aproximadas.	Requieren gran volumen de datos, parametrización fina y software especializado.	Sistemas logísticos de gran escala, distribución urbana, empresas con infraestructura informática avanzada.	<b>No adoptada</b> por su alta complejidad, dependencia de software especializado y limitada aplicabilidad operativa en entornos que requieren soluciones simples y replicables.
<b>Programación Entera Mixta con Branch and Price</b>	Método exacto basado en descomposición por columnas, que resuelve el VRP mediante un problema maestro y subproblemas de generación de rutas.	VRP clásico y variantes complejas con solución óptima garantizada.	Muy alta; crecimiento exponencial del tiempo computacional.	Requiere modelado matemático avanzado y software de optimización (CPLEX, Gurobi).	Estudios académicos y planificación estratégica de largo plazo.	<b>No adoptada</b> debido a su elevada complejidad matemática y computacional, poco viable para implementación práctica en operaciones diarias.
<b>Simulación de eventos discretos</b>	Modela el sistema logístico como una secuencia de eventos aleatorios para evaluar desempeño bajo distintos escenarios operativos.	Sistemas con alta incertidumbre en tiempos y flujos.	Media-alta; no optimiza directamente, evalúa escenarios.	Requiere supuestos probabilísticos y herramientas de simulación.	Evaluación de políticas operativas, análisis de capacidad y congestión.	<b>No adoptada como método principal</b> porque no genera rutas óptimas directamente, sino que complementa procesos de optimización.
<b>Investigación Operativa + TSP + Método General de Transporte (MODI)</b>	Combina modelación matemática clásica para estructurar el problema, optimizar secuencias de visita (TSP) y asignar flujos mínimos de transporte mediante MODI.	Optimización de rutas y asignación de transporte en sistemas con estructura definida.	Moderada; soluciones óptimas o cuasi-óptimas con alta trazabilidad.	Requiere datos operativos básicos y puede implementarse en Excel u hojas de cálculo.	Logística sanitaria, transporte de muestras, sistemas con recursos limitados.	<b>Adoptada</b> por su equilibrio entre rigor matemático, facilidad de implementación, transparencia de resultados y aplicabilidad operativa real.

Fuente: propia

A diferencia de los enfoques avanzados reportados en la literatura, como las metaheurísticas, la programación entera mixta con Branch and Price o la simulación de eventos discretos, el presente estudio adopta un enfoque basado en la Investigación Operativa clásica, integrando el Problema del Viajante (TSP) y el Método General de Transporte (MODI). Esta elección responde a la necesidad de contar con una metodología rigurosa pero operativamente viable, capaz de ser implementada con herramientas accesibles, ofreciendo soluciones trazables, reproducibles y alineadas con las condiciones reales del sistema de transporte de muestras clínicas. De este modo, el enfoque seleccionado prioriza la aplicabilidad práctica sin sacrificar fundamentos teóricos sólidos.

## 2.3.3 INSTRUMENTOS UTILIZADOS POR OTROS INVESTIGADORES.

### 2.3.3.1 LISTAS DE CHEQUEO O VERIFICACIÓN

Las listas de verificación son herramientas que facilitan la organización y la transparencia en los procesos, al mismo tiempo que reducen el riesgo de errores humanos. Por estas características, se han implementado con éxito en diferentes contextos, incluyendo la enseñanza de estudiantes de investigación, como se muestra en el estudio de Makram et al. (2022) que evaluó su efectividad mediante encuestas.

### 2.3.3.2 ESCALA DE ESTIMACIÓN

La escala de estimación es un instrumento de observación que supera la simple indicación de presencia o ausencia de determinados aspectos, comportamientos o hechos. Su principal utilidad radica en que permite evaluar la intensidad, frecuencia o calidad con la que se manifiesta la situación, conducta o hecho objeto de estudio. Para ello, se emplean criterios previamente definidos y se establecen diferentes niveles o gradaciones que permiten jerarquizar, clasificar y valorar los elementos observados de manera sistemática.

Este tipo de escala facilita no solo la recolección de datos más precisa y detallada, sino también la interpretación de los mismos, al proporcionar una medida cuantitativa o cualitativa que refleja de manera más completa el fenómeno observado. Además, su diseño puede adaptarse a distintos contextos de investigación, permitiendo al investigador identificar patrones, variaciones y tendencias que serían difíciles de detectar mediante instrumentos más simples como listas de cotejo o chequeo. (Gudiño, 2017)

### 2.3.3.3 FORMATO DE ANÁLISIS

El análisis documental se utiliza para revisar y comprender la información contenida en diferentes documentos, los cuales pueden variar en su forma, contenido o propósito. Por esta razón, el instrumento empleado no es único, sino que debe ajustarse a las características del material que se analiza, ya sean informes, reglamentos, actas, artículos o registros institucionales. De esta manera, el investigador puede asegurarse de que los datos extraídos sean útiles y relevantes para los objetivos del estudio.

Para facilitar este proceso, suele elaborarse un formato de análisis que guíe la revisión de los documentos y asegure que todos los aspectos esenciales sean considerados. Dicho formato

incluye elementos como el tipo de documento, la fecha, la procedencia, el autor y los principales contenidos a destacar. Esto no solo aporta orden y claridad a la recolección de información, sino que también permite interpretar los hallazgos de manera más objetiva, convirtiendo al análisis documental en una técnica práctica y valiosa en diferentes investigaciones. (Gudiño, 2017)

#### 2.3.3.4 SOFTWARE ESPECIALIZADO

Los softwares especializados se han consolidado como instrumentos clave en la investigación, en particular en el análisis de datos cualitativos. Aunque sus orígenes se remontan a la década de 1960, ha sido en los últimos años cuando alcanzaron mayor reconocimiento y sofisticación, ofreciendo al investigador herramientas mucho más potentes. Hoy en día existen más de treinta programas de este tipo, conocidos como CAQDAS (Computer-Assisted Qualitative Data Analysis Software), que van desde aplicaciones básicas de recuperación de texto hasta plataformas avanzadas que permiten organizar información, generar categorías e incluso apoyar la construcción de teorías. Entre los más utilizados a nivel académico destacan NVivo, ATLAS.ti y MAXQDA, los cuales facilitan la sistematización de datos, mejoran la organización de la información y potencian la interpretación de resultados, convirtiéndose en un verdadero apoyo metodológico para los investigadores. ( Carvajal Llamas, 2025)

## 2.4 MARCO LEGAL

### 2.4.1 MARCO LEGAL INTERNO

#### 2.4.1.1 REGLAMENTO TÉCNICO HONDUREÑO

El transporte de muestras clínicas en Honduras se rige por disposiciones del Ministerio de Salud, que establecen condiciones de embalaje, etiquetado y control de temperatura, en la sección 7.15.3 del “Reglamento Técnico Hondureño RTH-SALUD 11.01.121”, secretaria de Salud de Honduras (2009) se establece que los servicios de laboratorio deben contar con los recursos técnicos necesarios para garantizar un manejo adecuado de las muestras clínicas. Esto incluye su toma, conservación, almacenamiento y transporte. La normativa hace énfasis en varios aspectos fundamentales que deben cumplirse para asegurar la calidad y confiabilidad del proceso.

Entre ellos se encuentra la necesidad de utilizar embalajes y recipientes adecuados, que permitan mantener las condiciones necesarias de temperatura y eviten cualquier tipo de contaminación. Además, se resalta la importancia de mantener una cadena de frío eficiente, que

permita preservar la estabilidad de las muestras y los reactivos durante todo el trayecto. También se considera clave que el proceso logístico, incluyendo el transporte de reactivos y medios de cultivo, se desarrolle bajo estándares que aseguren la integridad de los insumos desde el momento en que son recolectados hasta que llegan al laboratorio.

El transporte de muestras clínicas en Honduras se rige por disposiciones del Ministerio de Salud, que establecen condiciones de embalaje, etiquetado y control de temperatura.

El Código de Salud establece el marco jurídico que regula la organización, autorización y funcionamiento de los laboratorios clínicos en el país. (Congreso Nacional, 1991)

En primer lugar, el Artículo 156 define como instituciones de salud a todos los establecimientos, públicos o privados, dedicados a la prevención, curación y rehabilitación de la salud. Esto incluye a los laboratorios clínicos dentro de las entidades sometidas a control sanitario.

El Artículo 157 especifica que la instalación, ampliación, modificación, traslado y funcionamiento de laboratorios de salud, bancos de sangre, centros de diagnóstico y demás establecimientos relacionados, deben ser autorizados por la Secretaría de Salud. Asimismo, establece que el personal profesional que labore en estas instituciones debe estar acreditado por el colegio profesional correspondiente.

En complemento, el Artículo 159 faculta a la Secretaría para reglamentar los requisitos mínimos que deben cumplir estas instituciones en cuanto a infraestructura, equipo, personal, organización y funcionamiento, con el fin de garantizar un nivel de atención apropiado para los usuarios.

De manera específica, el Artículo 183 establece la creación de un sistema nacional de referencia de laboratorios, bajo la dirección de la Secretaría de Salud, al cual deben incorporarse tanto los laboratorios oficiales como privados, así como aquellos vinculados indirectamente al sector salud.

El Artículo 184 determina que los resultados de pruebas de laboratorio relacionadas con contaminación, toxicidad o calidad de medicamentos, alimentos, cosméticos, plaguicidas, agua, suelos y aire, se consideran información epidemiológica y están sujetos a las normas del Código y sus reglamentos.

En conjunto, estos artículos evidencian que el marco legal hondureño otorga a la Secretaría de Salud un rol central en la supervisión y regulación de los laboratorios clínicos, asegurando que operen bajo criterios de calidad, seguridad y confiabilidad. Para instituciones como Laboratorio Bueso Arias, este marco normativo constituye la base para garantizar la legalidad de sus operaciones, la acreditación de su personal, la validez de sus resultados y la integración en el sistema nacional de referencia.

#### 2.4.1.2 LEY DE TRÁNSITO

La Ley de Tránsito de Honduras establece los lineamientos principales para la regulación del transporte vehicular y la seguridad vial, aspectos fundamentales para aquellas empresas que utilizan automóviles y motocicletas en el desarrollo de sus operaciones. En el caso específico de las actividades relacionadas con la recolección de muestras, resulta esencial cumplir con las disposiciones que garantizan tanto la seguridad de los conductores como la integridad de los materiales trasladados.

En primer lugar, el **Artículo 2 de la Ley de Tránsito** define que toda circulación de vehículos en las vías públicas debe ajustarse a las disposiciones de la normativa, lo que implica que las unidades utilizadas por la empresa (tanto automóviles como motocicletas) deben estar debidamente registradas, portar placas oficiales y cumplir con los requisitos técnicos establecidos para poder operar legalmente (Ley de Tránsito, s. f.)

Asimismo, el **Artículo 27** establece la obligatoriedad de que los vehículos mantengan condiciones mecánicas adecuadas para circular, lo que conlleva la responsabilidad de la empresa de realizar mantenimientos preventivos periódicos, especialmente en motocicletas que transportan material sensible, con el fin de evitar accidentes y garantizar la continuidad de las operaciones.

El **Artículo 30** refuerza esta disposición al indicar que los vehículos deben contar con los dispositivos de seguridad necesarios, como frenos, luces y espejos, que permitan un desplazamiento seguro. Esto es particularmente relevante cuando se trasladan muestras que requieren un manejo cuidadoso, ya que la falla en algún sistema puede poner en riesgo la entrega y conservación de los materiales.

Por otro lado, el **Artículo 95** hace referencia a las sanciones por la conducción temeraria y negligente, lo que subraya la necesidad de que los conductores de la empresa estén capacitados

en normas de tránsito, respeten los límites de velocidad y apliquen buenas prácticas de conducción defensiva.

Finalmente, aunque la Ley de Tránsito no regula de manera específica el transporte de materiales biológicos o especiales, sí establece lineamientos generales de seguridad y responsabilidad que pueden extrapolarse a este tipo de actividades. Por ejemplo, la obligación de portar la documentación en regla (Art. 56) y el uso de implementos de protección personal, como el casco en el caso de motociclistas (Art. 98), refuerzan la importancia de la seguridad en el traslado de muestras.

En conclusión, la Ley de Tránsito constituye un marco normativo esencial para la empresa, ya que regula el uso adecuado de vehículos y motocicletas en la vía pública, obliga a mantener condiciones óptimas de operación y promueve la seguridad vial. Estos aspectos deben ser observados rigurosamente en el proceso de transporte de muestras, ya que de ello depende tanto la eficiencia operativa como el cumplimiento legal.

## CAPÍTULO III. METODOLOGÍA

Después de identificar el problema de investigación y desarrollar el marco teórico, la fase siguiente consiste en presentar la metodología que guiará el estudio sobre la incidencia de variables del sistema de transporte sobre su productividad. En esta sección se precisan los enfoques y procedimientos seleccionados para alcanzar los objetivos propuestos, dejando explícito el alcance del análisis: las etapas posteriores de procesamiento y emisión de resultados se asumen balanceadas y fuera del estudio, de modo que cualquier variación observada en la oportunidad de entrega se atribuye al desempeño del transporte.

Como primer punto, se define el diseño de investigación. A continuación, se caracteriza la población y la muestra, considerando como unidades de análisis cada trayecto entre laboratorios (par ordenado  $i \rightarrow j$ ) y cada evento referente al tiempo de atención en los laboratorios; la selección de días se realizará mediante muestreo que represente de la mejor manera posible la población. Asimismo, se describen los instrumentos de recolección de datos mencionado, bitácoras operativas (ROPA04-A), registros de GPS, observación en campo y entrevistas breves. Además, se presenta la operacionalización de variables con sus dimensiones, indicadores, unidades y fuentes de datos, junto con el procedimiento de depuración y consolidación de información.

De forma complementaria, se realizará un planteamiento para explorar la relación entre la variable dependiente productividad y las variables independientes tipo de vehículo, competencia del conductor, horarios disponibles, condiciones ambientales, tiempo de viaje, tiempo de servicio, y cantidad de laboratorios, según se plantea en el objetivo general. En conjunto, esta metodología asegura la coherencia, validez y fiabilidad del estudio, y proporciona un marco sistemático para la toma de decisiones y la mejora del sistema de transporte.

### 3.1 CONGRUENCIA METODOLÓGICA

Este apartado explicará la coherencia entre el problema de investigación, los objetivos, las variables y el diseño metodológico. Debe establecerse una relación clara entre la pregunta principal de investigación, el objetivo general y la selección de métodos cuantitativos y cualitativos.

Se presentará un diagrama de congruencia metodológica que muestra cómo las variables

dependientes (productividad del sistema de transporte) y las variables independientes (tipo de vehículo, experiencia del conductor, horarios disponibles, condiciones ambientales, distancias logísticas, tiempo de atención y cantidad de laboratorios) se vinculan con los objetivos específicos y el diseño de la investigación.

### 3.1.1 MATRIZ METODOLÓGICA

El profesor Oscar Hugo Pedraza de la facultad de Economía Vasco de Quiroga perteneciente a la universidad de Michoacán en México (2021), explica que la matriz metodológica funciona como un instrumento que facilita la organización y coherencia del proceso investigativo. Su estructura en formato de matriz permite observar de manera clara la relación entre los distintos elementos del estudio, reduciendo el tiempo de elaboración y ayudando a identificar posibles inconsistencias o duplicidades en las etapas de la investigación.

Se presenta a continuación en la Tabla 21 la matriz metodológica planteada para el presente estudio:

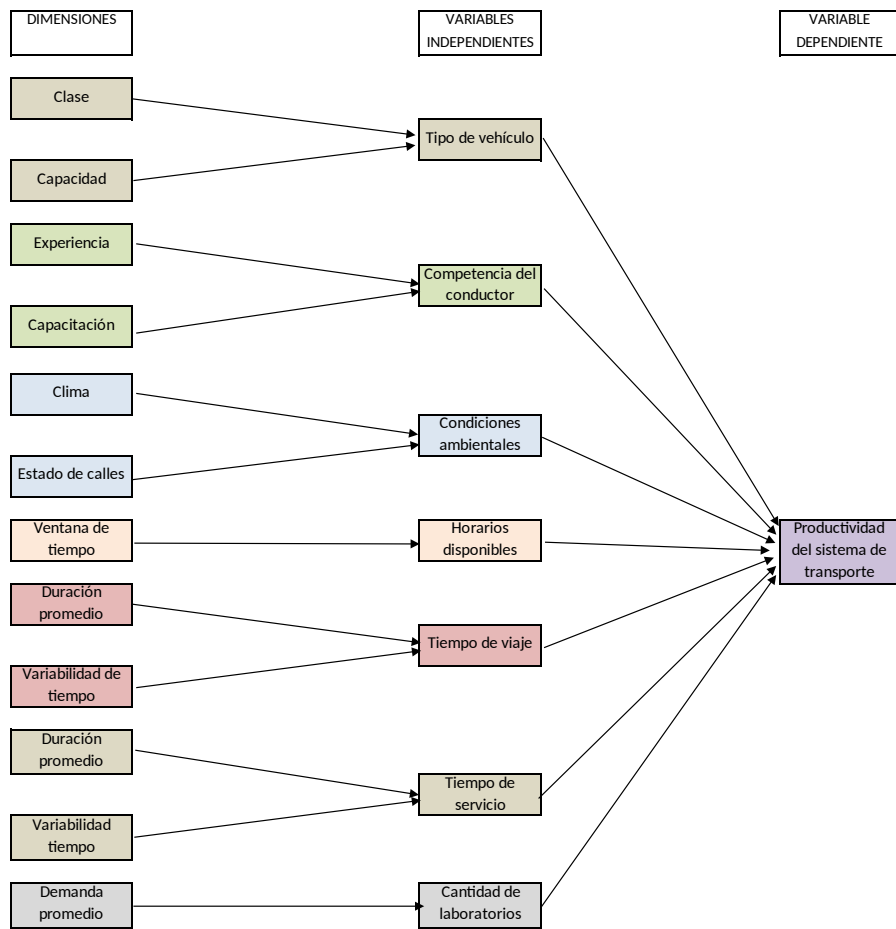
**Tabla 21. Matriz de Congruencia Metodológica**

Título de la Investigación	Objetivos de Investigación		Variables	
	General	Específicos	Dependiente	Independiente
Revisión de productividad en sistema de transporte de muestras clínicas mediante metodología de investigación de operaciones	Determinar cómo influyen factores internos y externos propios del sistema de transporte en su productividad	Identificar de manera concreta los factores positivos y negativos que influyen en el sistema de transporte actual bajo el cual opera Laboratorio Bueso Arias	Productividad del sistema de transporte	Competencia del conductor
				Condiciones Ambientales
				Horarios Disponibles
		Tipo de vehículo		
		Tiempo de viaje		
		Tiempo de servicio en laboratorio		
		Desarrollar alternativas que permitan incrementar la productividad del sistema de transporte de muestras de Laboratorio Bueso Arias.		Cantidad de laboratorios
		Establecer la relación beneficio-costos que podría obtener el Laboratorio Bueso Arias, al mejorar la productividad del sistema de transporte de muestras.		
		Elaborar una propuesta de implementación metodológica de investigación de operaciones, que permita mejorar la productividad del sistema de transporte.		

**Fuente:** Elaboración propia (2025)

### 3.1.2 ESQUEMA DE VARIABLES DE ESTUDIO

El esquema de variables organiza la variable dependiente: Productividad del sistema de transporte (laboratorios visitados/hora) y las variables independientes que la explican; Tiempo de traslado entre pares de laboratorios, tiempo de atención en sitio, cantidad y secuencia de laboratorios por ruta, horarios disponibles, tipo de vehículo utilizado, competencias del conductor y condiciones ambientales (tráfico, clima, estado de vías). Cada variable independiente actúa sobre la productividad a través de dimensiones de duración, variabilidad y cumplimiento de ventanas.



**Figura 23. Esquema de variables de estudio**

Fuente: Elaboración propia

El diagrama sagital de la figura 23, sintetiza la estructura causal del estudio, destacando cómo los factores de entrada condicionan el desempeño del sistema de transporte y, en última

instancia, su productividad. En primer término, los recursos propios del sistema como tipo de vehículo (clase y capacidad) y competencia del conductor (experiencia y capacitación), determinan la confiabilidad operativa y la capacidad de respuesta en ruta. A continuación, los factores de contexto como condiciones ambientales (clima y estado de calles) y horarios disponibles (ventanas de tiempo), fijan los límites y restricciones bajo los cuales se ejecuta la operación diaria. Estas condiciones inciden directamente en los tiempos de proceso: Tiempo de viaje (duración y variabilidad) y tiempo de servicio en sitio, que, junto con la cantidad de laboratorios a atender, conforman el rendimiento observado en laboratorios por hora. El resultado esperado es un sistema con mayor oportunidad y estabilidad, dado que las etapas posteriores al transporte se asumen balanceadas y fuera del alcance de este análisis.

### 3.1.3 OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES

El proceso de operacionalización de variables es de vital importancia para el diseño de la investigación. Debido a que se define la manera correcta de medir las variables a estudiar. Se define en el capítulo del libro Metodología de la investigación (2018), el concepto de operacionalización como el paso de una variable teórica a indicadores empíricos verificables y medibles.

El propósito de la operacionalización es convertir conceptos teóricos o abstractos en medidas observables y cuantificables dentro del contexto de la investigación.

Se muestra a continuación en la tabla 22, el resumen del proceso de operacionalización de las variables para el presente estudio.

### 3.1.3.1 MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES

**Tabla 22. Operacionalización de las variables**

No.	Variable	Tipo	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Ítems	Indicador	Escala	Fuente	Instrumento	Sección de análisis
1	Productividad del sistema de transporte	Dependiente	Relación entre los recursos utilizados (tiempo, distancia, combustible, vehículos) y los resultados obtenidos en términos de entregas exitosas o muestras recolectadas. (Ballou, 2004)	Se mide a través de las variables independientes.	1. Todas las variables independientes	Tiempo de real de transporte comparado al tiempo óptimo simulado (%)	minutos (reales) vrs minutos (simulados)	Razón (%)	Matriz de cálculo de productividad a partir de tiempos reales y tiempo óptimos simulados	Hoja de Cálculo, Matriz de simulación de escenarios (QM for Windows)	4.2 - Resultados y análisis de técnicas aplicadas
2	Tipo de vehículo	Independiente	Vehículo de carretera provisto de un motor que constituye su único medio de propulsión, proyectado, exclusiva o principalmente, para el transporte de mercancías o para remolcar vehículos utilizados para el transporte de mercancías (Observatorio del Transporte de Euskadi, s.f)	Configuración del vehículo que ejecuta la ruta de transporte de muestras	1. Clase 2. Capacidad	1. Número de vehículos 2. Rendimiento de combustible (Km/l)	Número de placas	Nominal (Número de placa)	Formato de recorrido ROMT63, Política de Logística de transporte ROMT59	Bases de datos en Microsoft excel	4.2.1.1 - Variable de competencia de conductor - Objetivo específico # 1
3	Competencia del conductor	Independiente	“Las competencias laborales se definen como la capacidad de una persona para desempeñar, en diferentes contextos y con base en los requerimientos de calidad y resultados esperados en el sector público, las funciones inherentes a un empleo; capacidad que está determinada por los conocimientos, destrezas, habilidades, valores, actitudes y aptitudes que debe poseer y demostrar el servidor público. Son todos aquellos conocimientos, habilidades, actitudes y destrezas que permiten al trabajador tener un desempeño exitoso en su puesto de trabajo y que se deben evidenciar a través de conductas. Las competencias se demuestran por el saber, hacer y el saber-hacer del colaborador.” (Empresa de Renovación y Desarrollo Urbano de Bogotá, 2023)	Trayectoria y formación del transportista, referente al conocimiento de los laboratorios, y rutas de navegación vial.	1. Experiencia 2. Capacitación	1. Cantidad de años de trabajo en transporte 2. Número de capacitaciones recibidas	Conductor asignado	Nominal (Nombre)	Formato de recorrido ROMT63, Expedientes de Recursos Humanos	Expedientes	4.2.1.2 - Variable Tipo de vehículo - Objetivo específico # 1
4	Horarios Disponibles	Independiente	Denotar el número total de horas que se pueden asignar para completar un trabajo, tarea o proceso específico dentro de un período contable definido. Estas horas son cruciales para la planificación de la capacidad y la medición de la productividad, proporcionando una ventana calculable para completar tareas de manera eficiente. Las evaluaciones de las horas disponibles generalmente incluyen horas de trabajo directo, horas de máquina u horas de producción. (Lexicon, 2024)	Restricciones de tiempo para atender a los laboratorios	1. Ventana de tiempo	1. Rango de la ventana de tiempo	Jornadas laborales	Intervalo (min)	Formato de recorrido ROMT63 App GPS Vigiasmart	Bases de datos en Microsoft excel, Reportes de plataforma de GPS	4.2.1.3 - Variable Horarios disponibles - Objetivo específico # 1, 3
5	Condiciones ambientales	Independiente	Clima y factores externos que inciden en la duración y seguridad del transporte, generando riesgos en la gestión de cadenas logísticas, especialmente en sectores que requieren condiciones controladas. (Chopra & Meindl, 2007)	Entorno que afecta la duración de la ruta de transporte por condiciones climáticas adversas como lluvia, o mal estado de calles.	1. Clima 2. Estado de calles	1. Presencia de lluvia y temperatura ambiental (°C) 2. Condición vial (Buena o mala)	Temperatura ambiental	Ordinal (°C)	App meteorológicas (www.tiempo3.com)	Base de datos de aplicaciones meteorológicas	4.2.1.4 - Variable Condiciones ambientales - Objetivo específico # 1, 2
6	Tiempo de viaje	Independiente	Tiempo requerido para recorrer un tramo o completar un trayecto desde el punto de recolección hasta el centro de procesamiento. Se cuantifica habitualmente en minutos y puede medirse directamente en el campo o mediante registros históricos de tráfico. (Texas Transportation Institute, 2005)	Diferencia entre el tiempo de salida y el tiempo de llegada entre dos laboratorios.	1. Duración promedio del viaje 2. Variabilidad del tiempo	1. Tiempo total de traslado (min) 2. Cálculo de dispersión por ruta de transporte (min)	Tiempo de traslado entre nodos	Ordinal (min)	ROMT79 - Formato de cálculo de rendimiento de combustible	Hojas de cálculo en microsoft excel, Hojas de control de rutas	4.2.1.5 - Variable Tiempo de viaje - Objetivo específico # 1, 4
7	Tiempo de servicio en laboratorios	Independiente	Se refiere a la duración requerida para completar un servicio o transacción específica en una ubicación particular. Incluye el tiempo de preparación, el tiempo de transacción, el tiempo de interacción y el tiempo posterior al servicio, todos ellos parte de la prestación de un servicio. (Upper, 2024)	Tiempo medido desde que el transportista llega al laboratorio referido hasta que finaliza el proceso de recolección de muestras.	1. Duración promedio del servicio 2. Variabilidad del tiempo	1. Tiempo medio de atención (min) 2. Dispersión de tiempo de atención (min)	Tiempo de atención en los laboratorios referidos	Ordinal (min)	Formato de recorrido ROMT63	Hojas de cálculo en microsoft excel, Hojas de control de rutas	4.2.1.6 - Variable Tiempo de servicio - Objetivo específico # 1, 4
8	Cantidad de laboratorios	Independiente	Número de nodos o puntos que se traducen como paradas que son determinantes en la viabilidad de las soluciones de ruteo, dado que influyen directamente en los tiempos totales y en la necesidad de recursos adicionales (Benini, Detti, & Zabalo Manrique, 2021)	Número y secuencia de laboratorios visitados en una determinada ventana de tiempo (Número de laboratorios)	1. Demanda promedio de laboratorios	1. Número de laboratorios a visitar	Número de laboratorios visitados por escenario	Ordinal (cantidad)	Formato de recorrido ROMT63	Hojas de cálculo en microsoft excel, Hojas de control de rutas	4.2.1.7 - Variable Cantidad de laboratorios - Objetivo específico # 1, 4

Fuente: Elaboración propia 2025

### 3.1.4 HIPÓTESIS

A continuación, se plantea la hipótesis de investigación y su contraparte nula, para su eventual análisis y sometimiento a prueba. Lo cual nos ayudará a validar las ideas iniciales planteadas en las preguntas de investigación y objetivo general.

Según se define en el libro Metodología de la investigación de Hernández Sampieri (2004) Una prueba de hipótesis en el contexto de la estadística inferencial es una proposición respecto a uno o varios parámetros, y lo que el investigador propone a través de la prueba de hipótesis es si existe consistencia con los datos obtenidos de la muestra analizada.

Partiendo del concepto mencionado en el párrafo anterior, se plantea la siguiente correlación entre las variables definidas como dependientes e independientes para este estudio, a través de las siguientes hipótesis:

#### 3.1.4.1 HIPÓTESIS NULA

**H<sub>0</sub>:** Las variables tipo de vehículo, competencia de conductor, condiciones ambientales, horarios disponibles, tiempo de viaje, tiempo de servicio y cantidad de laboratorios no influyen significativamente en la productividad del sistema de transporte.

#### 3.1.4.2 HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN

**H<sub>1</sub>:** Las variables tipo de vehículo, competencia de conductor, condiciones ambientales, horarios disponibles, tiempo de viaje, tiempo de servicio y cantidad de laboratorios influyen significativamente en la productividad del sistema de transporte.

Se aísla el sistema de transporte como único factor de análisis, asumiendo que las áreas de procesamiento de muestras y de emisión de resultados están balanceadas.

## 3.2 ENFOQUE Y MÉTODOS

### 3.2.1 ENFOQUE

De acuerdo a lo planteado por Hernández Sampieri & Mendoza (2018) , se define el método de investigación como un híbrido que representa un “conjunto de datos tanto cuantitativos como cualitativos, así como su integración y discusión conjunta, para realizar inferencias producto de toda la información recabada”.

Por ello, se define que la investigación tendrá un enfoque mixto, combinando análisis

cuantitativo (medición de tiempos, distancias, productividad y análisis estadístico) con elementos cualitativos (observación del proceso de transporte y entrevistas al personal involucrado). Esto permite obtener una visión integral del sistema, tanto desde los datos numéricos como desde las prácticas operativas reales.

### 3.2.2 ALCANCE

Según lo que define Hernández Sampieri, Fernández Collado, & Baptista Lucio (2014), las investigaciones con alcance descriptivo buscan especificar propiedades importantes de personas, grupos o cualquier otro objeto de estudio que sea sometido a análisis. O sea, miden diversos aspectos, dimensiones o componentes del fenómeno a investigar.

Por tanto, el estudio posee un alcance descriptivo-correlacional porque su objetivo principal es caracterizar y documentar el comportamiento actual del sistema de transporte de muestras clínicas, detallando variables como tiempos de traslado, tiempos de atención, frecuencia de recolecciones y factores internos y externos que influyen en la productividad. Este enfoque permite obtener una visión clara y estructurada del funcionamiento real de la operación logística, sin alterar las condiciones del sistema, facilitando así la identificación de patrones, oportunidades de mejora y la base para desarrollar modelos de optimización fundamentados en datos reales.

### 3.2.3 DISEÑO

#### 3.2.3.1 ENFOQUE CUANTITATIVO

Según lo explica Hernández Sampieri, Fernández Collado, & Baptista Lucio (2014), “la investigación no experimental es aquella que se realiza sin manipular deliberadamente variables. Es decir, no hacemos variar intencionalmente las variables independientes”.

Por tanto, se define que el diseño de la investigación es: No experimental, ya que se analizan los datos sin manipular variables. Solamente se observa el sistema de transporte de muestras en su contexto natural.

Como una subclasificación dentro de los diseños de investigación no experimentales, se menciona el tipo transversal-descriptivo, cuya definición de Hernández Sampieri, Fernández Collado, & Baptista Lucio (2014) enuncia como aquellos diseños que tienen como objeto describir relaciones entre dos o más variables en un momento determinado.

Por tanto, se define que el estudio tendrá un diseño Transversal-descriptivo, ya que analiza la relación entre variables clave como: Tiempo de traslado, tiempo de servicio, número de laboratorios atendidos, condiciones ambientales, y su impacto en la productividad en un tiempo específico.

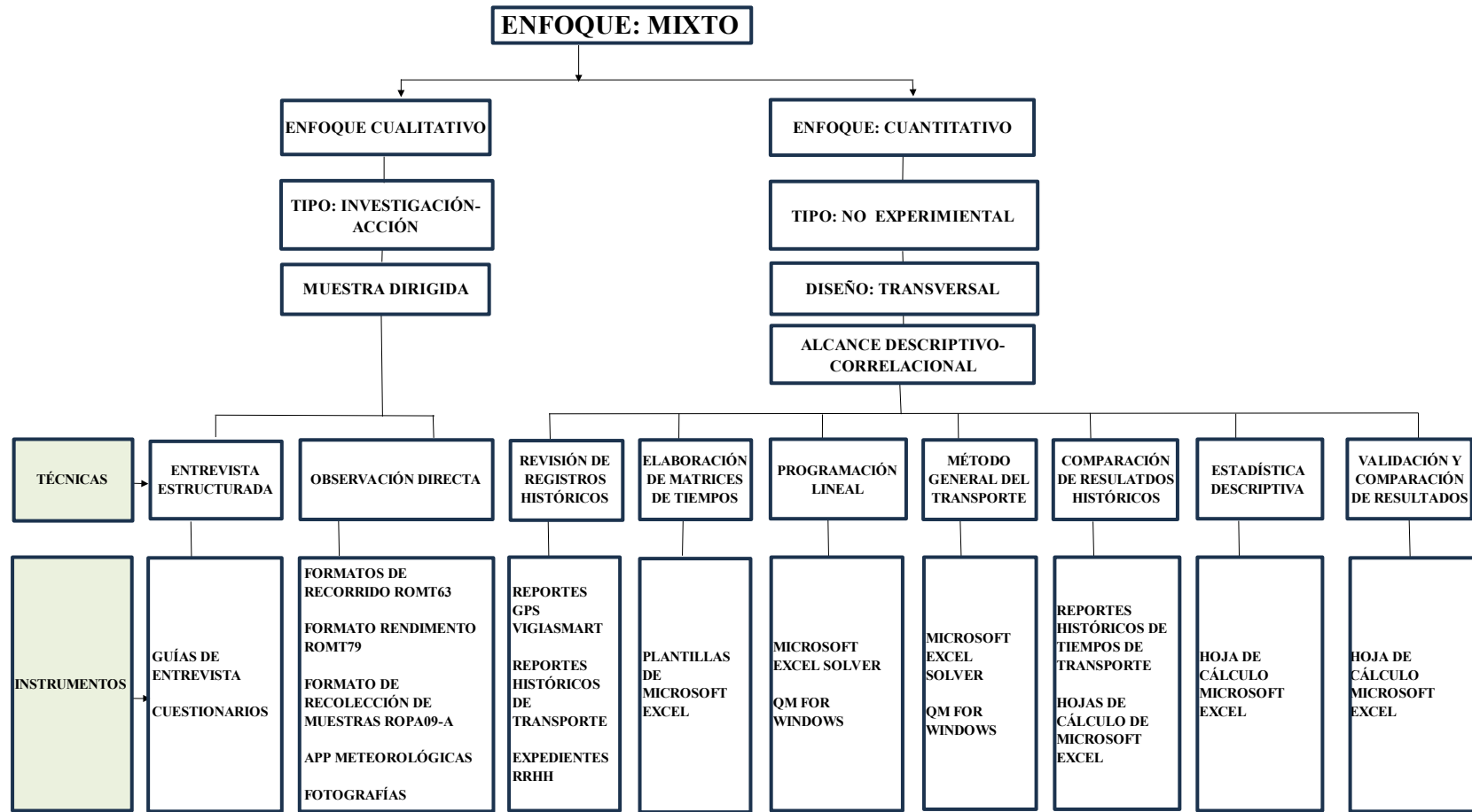
### 3.2.3.2 ENFOQUE CUALITATIVO

Como lo describe Hernández Sampieri & Mendoza (2018) dentro de un enfoque de investigación cualitativa el tipo de investigación: Investigación-acción, como aquel que comprender y resolver problemáticas específicas de una colectividad vinculada a un ambiente, frecuentemente aplicando teorías y mejores prácticas de acuerdo al planteamiento. Es decir, su precepto básico es que debe conducir al cambio y por lo tanto dicho cambio debe incorporarse dentro del proceso de investigación.

Por ello, se define un tipo de investigación-acción dentro del enfoque cualitativo para el estudio, ya que se busca la adopción de mejores prácticas operativas dentro del sistema de transporte en el proceso de la mejora de su productividad.

Se trabajará con muestra dirigida o no probabilística, tipo muestra de expertos para las entrevistas, ya que se requiere recabar información detallada y clave para entender problemas y formular datos.

Se detalla en la figura 24, los conceptos enunciados en la sección 3.2 referentes al diseño de la investigación:



**Figura 24. Enfoque y métodos de la Investigación**

Fuente: Elaboración propia 2025

### 3.3 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

Se muestra a continuación la definición de población y muestra para el presente estudio:

#### 3.3.1. POBLACIÓN

Según se define Hernández Sampieri & Mendoza (2014) el concepto de población se refiere al conjunto de todos los casos que concuerdan con una serie de especificaciones.

La población objeto de estudio se considera finita y está conformada por 497 escenarios operativos de rutas de recolección de muestras correspondientes a laboratorios referidos cuyo punto de partida y de retorno es el centro de procesamiento ubicado en la sucursal principal. Cada escenario representa un ciclo completo de recolección, en el cual se visitan distintos laboratorios dentro del municipio de San Pedro Sula.

Los límites de la población se definen según las variables de estudio de la siguiente manera:

**Competencia de conductores:** Se considera todas las rutas de recolección de muestras en laboratorios referidos realizadas por los conductores José Cartagena (JC) y Marcos Sandoval (MS).

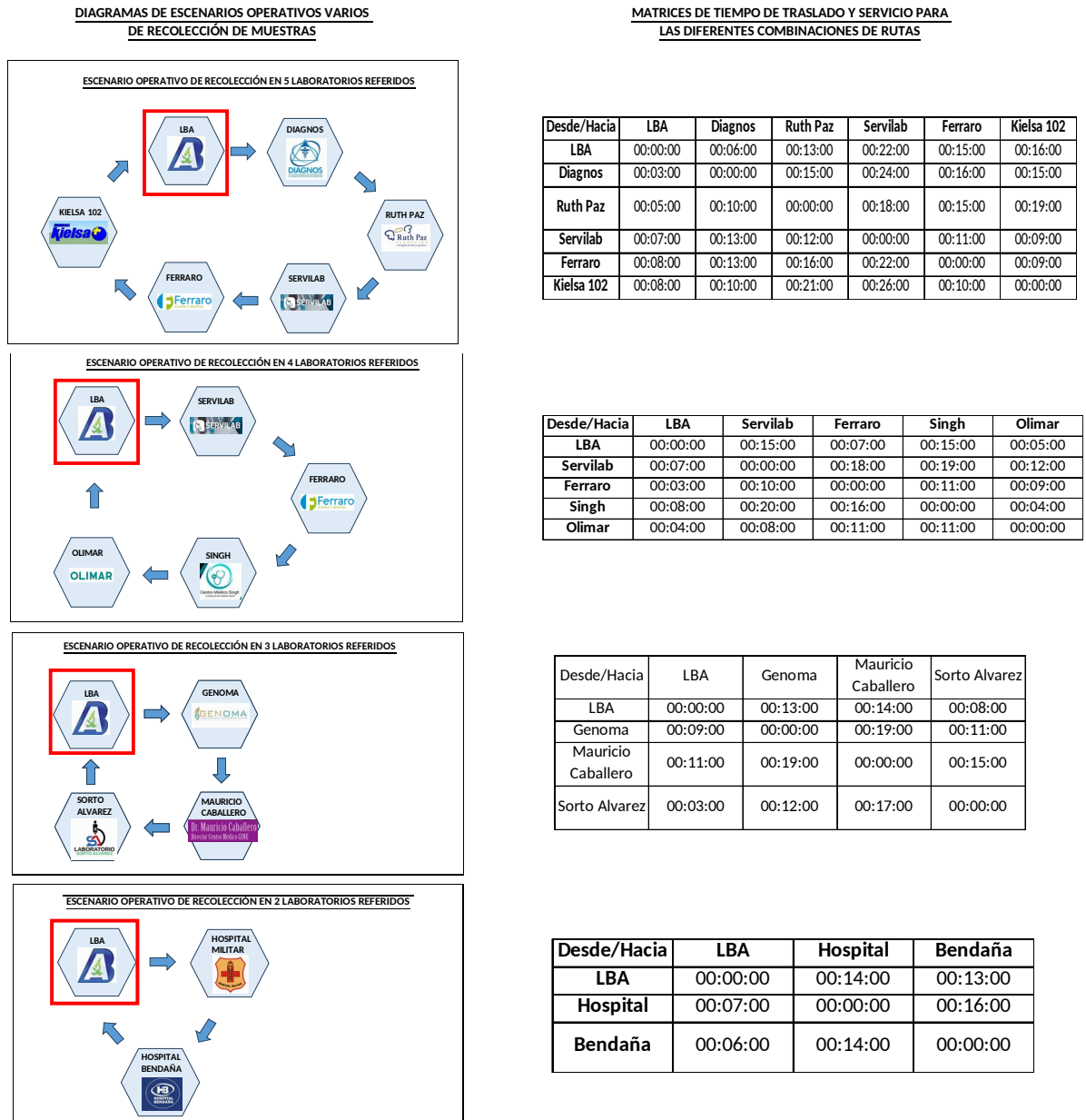
**Tipo de vehículos:** Se consideran todas las rutas de recolección de muestras en laboratorios referidos realizadas por los conductores JC y MS, utilizando las motocicletas con número de placa: BCL2226, BDG0609, JCI6936.

**Condiciones ambientales:** Se consideran todos los escenarios de recolección de muestras en laboratorios referidos realizados por los conductores y vehículos mencionados, cuya temperatura ambiental osciló entre 27.8°C y 38.4°C.

**Horarios disponibles:** Se consideran todos los escenarios de recolección de muestras en laboratorios referidos realizados por los conductores y vehículos definidos en los meses de mayo, junio, julio, agosto y septiembre del año 2025. En cada día se considera el horario nominal de servicio de recolección implementado por Laboratorio Bueso Arias, que va desde las 7:00 am a las 4:00 pm.

Cada uno de los escenarios operativos de recolección de muestras se considera una sucesión discreta de visitas a diferentes cantidades de laboratorios, partiendo siempre de la sede principal y terminando en la misma, ya con las muestras recolectadas.

Se muestra a continuación en la figura 25, diferentes diagramas de secuencia de recolecciones para diferentes cantidades de laboratorio:



**Figura 25. Diagramas de secuencia de recolección**

Fuente: propia

En la tabla 23 se muestran a continuación, todos los laboratorios referidos en los cuales se realizó recolección de muestras.

**Tabla 23. Laboratorios referidos con recolección de muestras**

1	Dra. Ana Jimenez	11	Clínica Cristiana	21	Congolón	31	Liga contra el cáncer	41	Dr. Sorto Alvarez
2	Ashonplafa	12	CyC	22	Ginelab	32	Mario Pineda	42	Singh
3	Hospital Bendaña	13	Hospital del Valle	23	Hospital Militar	33	Mauricio Caballero	43	Clínica Ferraro
4	Biocell	14	Dimeco	24	Clínica Irías	34	Medicina Comunal	44	Clinilab
5	Dra. Bono	15	Diagnos	25	Kielsen 112	35	Laboratorio Olimar	45	Laboratorio Fiorella
6	Canaan	16	Dr. Edurado Bueso	26	Kielsen 102	36	Peña Vallecillo Ave. Junior	46	Genoma
7	Canaan Armenta	17	El Centro	27	Kielsen 66	37	Policlínica Hondureña	47	Labtec
8	Cardiovascular	18	Dra. Fátima Estrada	28	Kielsen 53	38	Polidiagnóstico	48	Clínica Ledezma
9	Hospital Cemehsa	19	Clínica Ferraro Satélite	29	Peña Vallecillo	39	Ruth Paz	49	Servilab
10	Clínica Betesta	20	Laboratorio Fiallos	30	Labsa	40	San Vicente	50	Sinaí

Fuente: propia

Debido a que la unidad de análisis de la población está constituida por escenarios operativos discretos de recolección, los 50 laboratorios indicados se combinan entre sí, para formar dichos escenarios operativo. Por tanto, a partir de estos, se originan los 497 escenarios de transporte en el período de tiempo indicado, ejecutado por los conductores y vehículos mencionados previamente.

### 3.3.2 MUESTRA

De acuerdo a lo estudiado por Hernández Sampieri & Mendoza (2014) el concepto de muestra se define como un subconjunto dentro de la población, es decir elementos que pertenecen a un conjunto definido por ciertas características,

La muestra seleccionada para el estudio está conformada por 155 escenarios operativos de recolección correspondientes a laboratorios referidos ubicados en el municipio de San Pedro Sula, lo que representa el 31.1 % del total de los 497 escenarios que conforman la población finita. Estos escenarios abarcan un conjunto de 21 laboratorios (dentro de los 50 posibles), en los cuales se concentra aproximadamente el 82 % del total de las operaciones de traslado realizadas. En otras palabras, este grupo corresponde a los laboratorios con mayor frecuencia de visitas dentro del sistema de transporte.

Los escenarios analizados corresponden a los registros operativos de los meses de mayo, junio, julio, agosto y septiembre del año 2025. En la Tabla 24 se presentan los nombres de los 21 laboratorios referidos que conforman este grupo, el cual concentra la mayoría de las operaciones

logísticas de transporte de muestras en el período definido.

**Tabla 24. 21 laboratorios referidos**

No.	Nombre de Laboratorio	Número de visitas	% de visitas	% acumulado de visitas
1	Ferraro	164	13%	13%
2	Servilab	89	7%	21%
3	Liga contra el cáncer	82	7%	27%
4	Mario Pineda	75	6%	33%
5	Ruth Paz	74	6%	40%
6	Diagnos	68	6%	45%
7	Hospital Militar	63	5%	50%
8	Sorto Alvarez	44	4%	54%
9	Congolón	42	3%	57%
10	Policlínica Hondureña	40	3%	61%
11	Dimeco	37	3%	64%
12	El centro	29	2%	66%
13	Genoma	29	2%	68%
14	Canaan	27	2%	71%
15	San Vicente	27	2%	73%
16	Hospital Bendaña	27	2%	75%
17	Sing	21	2%	77%
18	Peña Vallecillo Cabañas	17	1%	78%
19	Clinilab	17	1%	79%
20	Kielsa 102	17	1%	81%
21	Kielsa 112	16	1%	82%
22	Mauricio Caballero	13	1%	83%
23	Olimar	11	1%	84%
24	Biocell	9	1%	85%
25	Ferraro Satélite	9	1%	86%
26	Hospital del Valle	9	1%	86%

Fuente: Elaboración propia 2025

La selección de la muestra se realizó mediante un muestreo no probabilístico de tipo sujeto-tipo, priorizando los escenarios en los que las rutas incluyeran exclusivamente laboratorios pertenecientes al conjunto de los 21 previamente definidos. Este criterio permitió focalizar el análisis en los puntos más representativos de la red de transporte, asegurando una

base de datos robusta y detallada para la evaluación de la productividad y la optimización del sistema logístico, sin requerir la aplicación de métodos aleatorios de selección.

### 3.3.3 TÉCNICAS DE MUESTREO

La técnica de muestreo utilizada es no probabilística de clase sujeto-tipo, ya que se seleccionaron estratégicamente 21 laboratorios referidos que concentran el 82% de las recolecciones registradas en el periodo de análisis, garantizando representatividad y suficiencia de datos para el estudio.

Según lo definen Hernández Sampieri, Fernández Collado, & Baptista Lucio (2014), el muestreo no probabilístico clase sujeto-tipo, son las que se obtienen mediante un procedimiento informal y un poco arbitrario, donde el objetivo es la riqueza, profundidad y calidad de la información, y no la cantidad y la estandarización.

Cabe mencionar que para estos laboratorios (seleccionados de manera no probabilística), se analiza la totalidad de los registros disponibles de transporte y atención, sin realizar submuestras adicionales. Se evalúan individualmente los tiempos de traslado entre cada par ordenado de laboratorios ( $i \rightarrow j$  y  $j \rightarrow i$ ), así como los tiempos de atención en cada punto de recolección. Este enfoque permite obtener información detallada y confiable sobre los patrones de operación y productividad del sistema de transporte, sentando las bases para el tratamiento estadístico y la optimización de rutas que se desarrollarán en apartados posteriores.

## 3.4 TÉCNICAS, INSTRUMENTOS Y PROCEDIMIENTOS APLICADOS

### 3.4.1 TÉCNICAS APLICADAS

#### 3.4.1.1 ENFOQUE CUALITATIVO

1) Entrevista estructurada, al personal de transporte y coordinación, para lograr tener una mejor comprensión del sistema, identificar sus retos y oportunidades de mejora.

2) Observación directa, según definen, Hernández Sampieri, Fernández Collado, & Baptista Lucio, (2014), la observación es el registro sistemático, válido y confiable de comportamiento y conductas manifiestas bajo diferentes circunstancias. Por tanto, es un instrumento aplicable para el sistema de transporte definido para las rutas y laboratorios que entrarán dentro del estudio.

#### 3.4.1.1.1 VALIDACIÓN Y APLICACIÓN DE LOS INSTRUMENTOS CUALITATIVOS

Los instrumentos cualitativos utilizados en la presente investigación, específicamente la guía de entrevista estructurada y el instrumento de observación del proceso, fueron diseñados en coherencia con los objetivos del estudio y las variables asociadas a la productividad del sistema de transporte de muestras clínicas del Laboratorio Bueso Arias.

La validación de contenido de la guía de entrevista se realizó mediante el juicio de expertos, contando con la revisión de dos profesionales con formación y experiencia en el área temática de la investigación y en metodología de la investigación científica. Dichos expertos evaluaron la claridad, pertinencia y coherencia de las preguntas en relación con los objetivos planteados, emitiendo observaciones que confirmaron la adecuación del instrumento para su aplicación. Los formatos y resultados del proceso de validación por juicio de expertos se presentan en el Anexo 5.

Posteriormente, la guía de entrevista fue sometida a un pilotaje funcional, el cual se aplicó a dos conductores del Laboratorio Bueso Arias que presentan características similares a la población objetivo del estudio. Debido a las condiciones operativas y a la disponibilidad del personal, las entrevistas se realizaron mediante llamadas telefónicas, las cuales fueron grabadas con el fin de garantizar la fidelidad de la información recopilada. Esta modalidad permitió verificar la comprensión de las preguntas, la secuencia lógica de los ítems y la pertinencia de la información obtenida, sin requerirse modificaciones sustanciales al instrumento.

En relación con la observación del proceso, esta fue validada a partir de su alineación con las categorías de análisis definidas en la investigación. Para su registro se emplearon formatos estructurados (ROMT79 y ROPA04-A), los cuales permiten documentar de manera sistemática información relacionada con los recorridos, tiempos de atención, consumo de combustible, laboratorios visitados y cantidad de muestras recolectadas. La información observacional fue contrastada y verificada con un informante clave, con conocimiento directo del funcionamiento y la operatividad del sistema de transporte de muestras en la ciudad de San Pedro Sula, fortaleciendo la consistencia de los datos obtenidos.

La información recopilada mediante las entrevistas y la verificación del proceso fue registrada a través de notas de campo y matrices de sistematización, lo que permitió garantizar la

trazabilidad, consistencia y confiabilidad de los datos cualitativos. Posteriormente, dichos datos fueron organizados y analizados, y los resultados derivados de este proceso se presentan en el Capítulo IV.

#### 3.4.1.2 ENFOQUE CUANTITATIVO

1) Revisión de registros históricos, encontrados en formatos de controles operativos y plataforma de sistema de GPS utilizado por los vehículos de la organización.

2) Matrices de tiempos, para organizar y representar los tiempos de traslado entre diferentes puntos o nodos de un sistema logístico en una estructura tabular.

3) Programación lineal: Según Anderson D. , Sweeney, Williams , Damm, & Martin (2011), es una técnica de solución de problemas desarrollada para situaciones que involucran la maximización o minimización de una función lineal sujeta a restricciones lineales que limitan el grado al cual se puede intentar lograr el objetivo.

4) Método general del transporte: Según Taylor III (2016), es una técnica formulada para una clase de problema con la característica única siguiente: Un producto debe ser transportado desde un número de fuentes a un número de destinos en el menor tiempo posible, y con el menor costo.

5) Comparación de resultados históricos versus optimizados, para contrastar datos reales obtenidos en operaciones previas con resultados generados mediante modelos de optimización, para evaluar mejoras, validar modelos y medir el impacto de nuevas estrategias.

6) Estadística descriptiva, para organizar, resumir y analizar datos mediante medidas como promedios, medianas, desviaciones estándar y distribuciones de frecuencia, facilitando la comprensión del comportamiento de las variables del sistema. Anderson, Sweeney, & Williams (2012) lo definen como resúmenes de datos que pueden ser tablas, gráficos o números.

7) Validación y comparación de resultados, implica contrastar resultados entre diferentes fuentes, métodos o instrumentos para garantizar su fiabilidad y detectar discrepancias que requieran ajuste o interpretación.

### 3.4.2 INSTRUMENTOS APLICADOS

#### 3.4.2.1 ENFOQUE CUALITATIVO

1) Guías de entrevista o cuestionarios, según lo plantean Hernández Sampieri, Fernández Collado, & Baptista Lucio (2014), consiste en un conjunto de preguntas respecto a una o más variables a medir. Lo cual, se ajusta bien como instrumento de recolección de información referente a la operación del sistema de transporte, desde el punto de vista de los transportistas y personal de servicio al cliente.

2) Formato ROMT79 Rendimiento y consumo de combustible, documento estandarizado dentro del sistema de gestión de laboratorio Bueso Arias, el cual es utilizado para registrar datos de rutas, tiempos de traslado y consumo de combustible, proporcionando información confiable para el análisis logístico.

3) Formato de recolección de muestras ROPA04-A, documento estandarizado dentro del sistema de gestión de laboratorio Bueso Arias, el cual es utilizado para registrar datos de laboratorios visitados y cantidad de muestras, proporcionando información confiable para el análisis logístico.

4) APP meteorológicas, herramientas digitales que proporcionan información actualizada y pronósticos sobre condiciones climáticas (temperatura, lluvias, viento, etc.), usadas para planificar operaciones sensibles al clima.

5) Expedientes Recursos Humanos, registros organizados que contienen la información laboral, académica y administrativa de cada empleado, utilizados para verificar experiencia, capacitación y competencias del personal.

#### 3.4.2.2 ENFOQUE CUANTITATIVO

1) Reportes generados de plataforma de GPS Vigiasmart, informes digitales emitidos por el sistema de rastreo satelital Vigiasmart, que permiten monitorear recorridos, tiempos de desplazamiento y ubicación de las unidades de transporte en tiempo real.

2) Hojas de cálculo en Microsoft Excel para captura de datos, herramienta digital para registrar, organizar y analizar datos de transporte, facilitando la creación de tablas, gráficos y resúmenes estadísticos, como se muestra en el Anexo 5

3) Microsoft Excel Solver, complemento de optimización de Excel que permite resolver

modelos matemáticos lineales y no lineales, facilitando la búsqueda de soluciones óptimas en problemas de transporte.

4) QM para Windows (Production and Operations Management, Quantitative Methods), según se define en el instructivo Prácticas de IO con POM-QM (Vargas Avíles, 2014), es una herramienta que contiene los principales métodos cuantitativos para el desarrollo de una investigación de operaciones. Resuelve problemas de programación lineal, transporte y asignación, brindando resultados rápidos y detallados para análisis comparativo.

5) Plantillas en Excel para matrices de tiempo, archivos predefinidos que organizan tiempos de traslado entre puntos de origen y destino, sirviendo como base para modelar y optimizar rutas logísticas.

6) Reportes históricos de tiempo de transporte, documentos que consolidan datos reales de recorridos pasados, permitiendo analizar patrones de operación y validar modelos de optimización

### 3.4.3 PROCEDIMIENTOS APLICADOS

Para el desarrollo de este estudio se emplea la metodología de Investigación de Operaciones (IO) como marco de análisis principal. Esta metodología, ampliamente descrita por Hillier y Lieberman (2021), se fundamenta en el uso de modelos matemáticos, estadísticos para la toma de decisiones en sistemas, ofreciendo soluciones óptimas o cercanas al óptimo para problemas logísticos y operativos. Su aplicación es especialmente relevante en el ámbito del transporte de muestras clínicas, dado que permite integrar datos reales, restricciones operativas y objetivos estratégicos para formular modelos que representen fielmente el sistema de transporte. La metodología de investigación de operaciones se estructura en cinco etapas fundamentales:

- 1) Definición del problema.
- 2) Recolección y análisis de datos.
- 3) Formulación del modelo matemático.
- 4) Selección de soluciones y optimización.
- 5) Verificación y validación de resultados.

A continuación, cada etapa se describe en detalle, especificando las técnicas y instrumentos aplicados para garantizar la coherencia metodológica del estudio.

#### 3.4.3.1 DEFINICION DEL PROBLEMA

En esta etapa se delimita y comprende con claridad el sistema de transporte de muestras clínicas, identificando las variables que afectan su productividad, así como las restricciones logísticas y operativas. Para ello se recurre a técnicas cualitativas que permiten integrar la experiencia del personal de transporte y responsables de logística:

- 1) Técnicas utilizadas: Entrevista estructurada y observación directa.
- 2) Instrumentos: Guías de entrevista elaboradas para el personal involucrado, y formatos de registro ROMT79, que documentan recorridos, tiempos de atención y consumo de combustible, formato de registro ROPA04-A en el cual se documentan los laboratorios referidos que se visitan y la cantidad de muestras que se recolectan. App meteorológicas para monitoreo de condiciones climáticas. Fotografías, para documentar estado de vías de tránsito entre los laboratorios definidos en el alcance del estudio.

El uso de entrevistas estructuradas aporta información cualitativa clave sobre la toma de decisiones en ruta, mientras que la observación directa permite registrar in situ el comportamiento operativo, lo que fortalece la definición precisa del problema.

#### 3.4.3.2 RECOLECCIÓN Y ANÁLISIS DE DATOS

Esta fase tiene como objetivo obtener datos cuantitativos y cualitativos que describan el funcionamiento real del sistema. Se recopilan los registros históricos de transporte, incluyendo tiempos de traslado, frecuencias de recolección y tiempos de atención, así como información proveniente de dispositivos de monitoreo GPS.

- 1) Técnicas utilizadas: Revisión de registros históricos y elaboración de matrices de tiempos.
- 2) Instrumentos: Reportes generados por la plataforma Vigiasmart, reportes históricos de

transporte y plantillas de Microsoft Excel diseñadas para el procesamiento inicial de datos. Expedientes de recursos humanos en cuanto a capacitaciones de personal de transporte.

Esta etapa incluye la depuración de datos, identificación de valores atípicos y organización de la información para su uso posterior en la modelación matemática.

#### 3.4.3.3 FORMULACIÓN DEL MODELO MATEMÁTICO

En este paso se construye una representación matemática del sistema de transporte mediante programación lineal y el método general del transporte, lo que permite expresar de manera formal los objetivos de optimización (minimizar tiempo de recorrido y mejorar productividad) y las restricciones operativas (capacidad de vehículos, rutas, horarios).

- 1) Técnicas utilizadas: Programación lineal y método general del transporte.
- 2) Instrumentos: Microsoft Excel Solver y QM for Windows, herramientas que permiten resolver modelos de optimización y obtener soluciones factibles. El modelo se fundamenta en información real de los laboratorios seleccionados y sienta las bases para la comparación entre resultados históricos y optimizados.

#### 3.4.3.4 SELECCIÓN DE SOLUCIONES Y OPTIMIZACIÓN

Una vez formulado el modelo, se procede a analizar diferentes configuraciones de rutas y escenarios de transporte. Se realiza una comparación detallada entre los tiempos históricos de operación y los tiempos óptimos generados por el modelo, con el objetivo de proponer mejoras en la productividad.

- 1) Técnicas utilizadas: Comparación de resultados históricos.
- 2) Instrumentos: Reportes históricos de tiempos de transporte y hojas de cálculo en Microsoft Excel para documentar los resultados de cada escenario. Este proceso permite cuantificar los beneficios de aplicar modelos de optimización y orientar las propuestas de mejora logística.

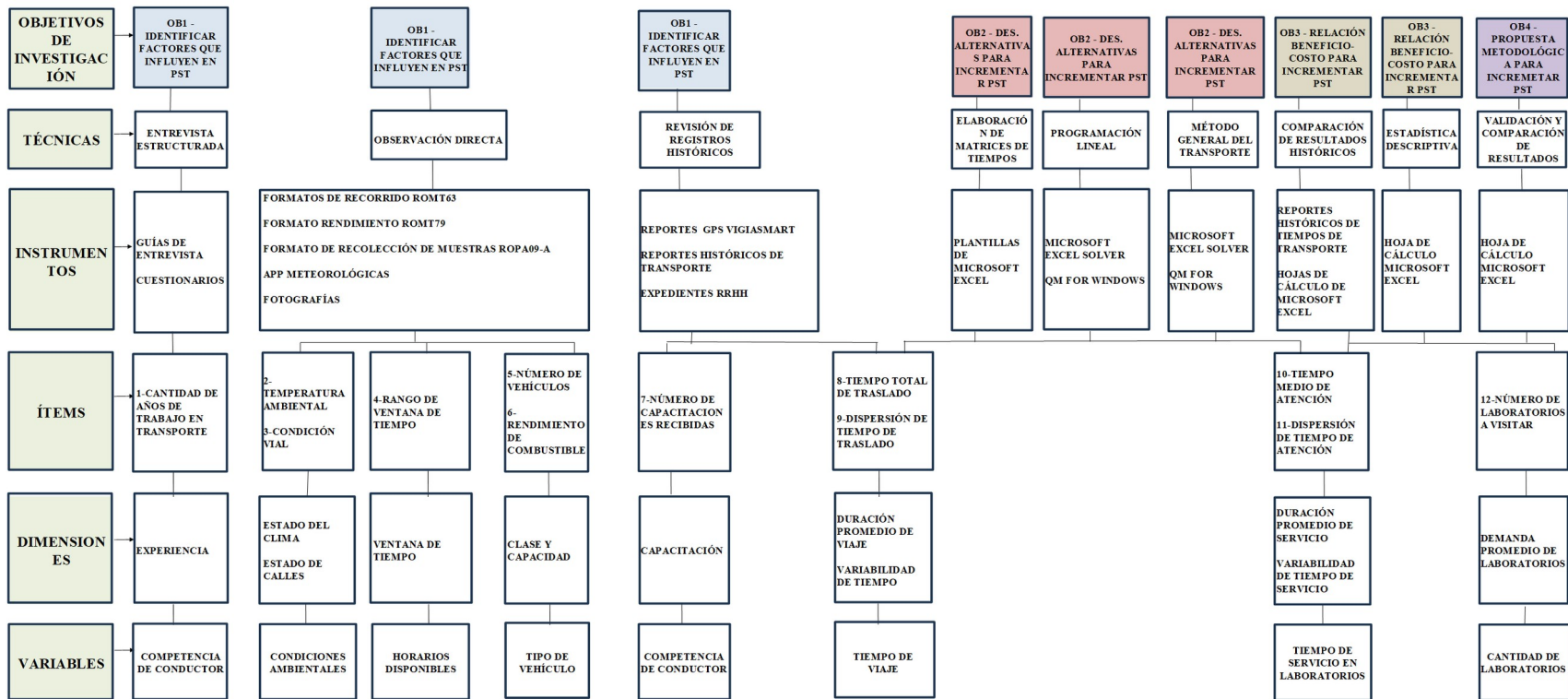
#### 3.4.3.5 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN DE RESULTADOS

En la última etapa se valida la coherencia del modelo matemático y la aplicabilidad de las soluciones propuestas. Se utilizan técnicas de estadística descriptiva para evaluar la consistencia de los resultados, verificando que los valores obtenidos reflejen el comportamiento real del

sistema.

- 1) Técnicas utilizadas: Estadística descriptiva, validación y comparación de resultados estimados versus las medias obtenidas. La validación garantiza que el modelo no solo resuelva el problema de manera teórica, sino que sea factible de implementar en el contexto operativo del laboratorio.
- 2) Instrumentos: Hojas de cálculo en Microsoft Excel, que facilitan el análisis de media, desviación estándar y representaciones gráficas de los resultados.

Según se establece las técnicas e instrumentos que se utilizarán dentro de las fases de la metodología de la investigación de operaciones, se establece a continuación en la figura 26, la relación que hay entre objetivos de investigación, técnicas, instrumentos, ítems, dimensiones y variables.



**Figura 26. Diagrama general de congruencia metodológica.**

Fuente: Elaboración propia (2025)

Se define en la figura 25, PST: Productividad de Sistema de Transporte

### **3.5 FUENTES DE INFORMACIÓN.**

Se clasifican las fuentes de información utilizadas en el estudio en las siguientes categorías:

#### **3.5.1 FUENTES PRIMARIAS**

##### **3.5.1.1 BASES DE DATOS OPERATIVOS Y REGISTROS HISTÓRICOS**

Para el desarrollo de este estudio se emplearon bases de datos internas de Laboratorio Bueso Arias, que incluyen información detallada sobre rutas de recolección, tiempos de viaje, tiempos de servicio, frecuencia de visitas y volúmenes de muestras trasladadas. Estos registros históricos permitirán analizar patrones de comportamiento del sistema de transporte y establecer parámetros de referencia para el modelado de escenarios de optimización. La información se encuentra organizada en hojas de cálculo y sistemas internos de registro (ROMT79, ROMT63), actualizados regularmente por el personal operativo. Este acceso directo a datos reales proporciona una base sólida para el análisis cuantitativo y garantiza la representatividad de los resultados.

##### **3.5.1.2 REGISTROS DE PLANEACIÓN LOGÍSTICA Y GESTIÓN DE RECURSOS**

Se recopilaron documentos internos relacionados con la planificación logística, asignación de rutas, utilización de recursos humanos y flota vehicular (ROMT59). Esta información será esencial para comprender el contexto operativo actual, identificar limitaciones en la asignación de personal y vehículos, y evaluar los efectos de dichas variables en la productividad del sistema de transporte.

#### **3.5.2 FUENTES SECUNDARIAS**

##### **3.5.2.1 LIBROS DE TEXTO Y REFERENCIAS ACADÉMICAS**

Se emplearon diversas obras académicas para fundamentar el marco teórico, los métodos de análisis y la estructura metodológica de la investigación:

- 1) Introducción a la Investigación de Operaciones como referencia metodológica central para la planificación y ejecución del estudio. (Hillier y Lieberman, 2021)
- 2) Metodología de la investigación como referencia metodológica central para la planificación y diseño de la investigación, así como la aplicación de instrumentos como entrevistas y observación directa. (Hernández Sampieri, Fernández Collado, & Baptista

- 3) Estadística para Negocios y Economía que servirá como base para los análisis estadísticos de dispersión, correlación y validación de datos. (Anderson, Sweeney, & Williams , 2012)
- 4) Introduction to Management Science que proporciona fundamentos en programación lineal y modelos cuantitativos de toma de decisiones. (Taylor III, 2016)

#### 3.5.2.2 ARTÍCULOS CIENTÍFICOS Y PUBLICACIONES ESPECIALIZADAS

Se incluirán artículos científicos y literatura especializada que aborden problemas de optimización de rutas, incluyendo variantes del Problema del Viajero (TSP) y del Problema de Ruteo de Vehículos (VRP).

A Vehicle Routing Problem for Biological Sample Transportation in Healthcare: Mathematical Formulations and a Metaheuristic Approach por su relevancia directa en el transporte de muestras biológicas. ( Benini , Detti, & Manrique , 2021)

The traveling salesman problem: An overview of exact and approximate algorithms como base para el planteamiento del modelo matemático en el cual se fundamenta el estudio. (Laporte, 1992)

#### 3.5.2.3 FUENTES DE LINEAMIENTOS NORMATIVOS Y REGULATORIOS

Se incluyen reportes y documentos oficiales de algunos entes nacionales e internacionales que desempeñan una función importante en el contexto de transporte de muestras biológicas.

- 1) Informes oficiales de la organización mundial de la salud (Organización Mundial de la Salud, 2009).
- 2) Informes oficiales del ministerio de Secretaría de Salud en Honduras (Secretaria de Salud de Honduras, 2009)
- 3) Norma internacional OHN ISO 15189 para aseguramiento de la calidad en Laboratorios Clínicos (International Organization for Standardization, 2022)

## **CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y ANÁLISIS**

### **4.1 INFORME DE PROCESO DE RECOLECCIÓN DE DATOS.**

El proceso de recolección de datos se desarrolló de acuerdo con las etapas contempladas en la metodología de investigación de operaciones, utilizando las técnicas e instrumentos previamente descritos en el capítulo anterior.

#### **4.1.1 INSTRUMENTOS APLICADOS EN ETAPA DE DEFINICIÓN DE PROBLEMA**

En esta primera fase, el propósito fue comprender de manera integral el sistema actual de transporte de muestras clínicas y los factores que condicionan su productividad. Para ello se aplicaron las técnicas de entrevista estructurada y observación directa de registros, orientadas a obtener tanto información sobre la operación diaria como evidencia de los tiempos operativos.

Durante esta etapa se identificaron variables críticas que conformaron el foco de análisis, mencionando las siguientes: Competencia del conductor, tipo de vehículo, ventana de horario, condiciones ambientales, tiempo de viaje, tiempo de servicio y cantidad de laboratorios.

##### **4.1.1.1 GUÍA DE ENTREVISTAS Y CUESTIONARIOS**

Documento estructurado aplicado a conductores que recopiló información sobre decisiones en ruta, tiempos de recolección y percepciones de eficiencia. Esta entrevista se realizó de manera telefónica debido a la disponibilidad de tiempo de los empleados

La entrevista telefónica aplicada a los conductores del Laboratorio Bueso Arias permitió identificar diversos factores que influyen en la eficiencia del proceso de recolección y entrega de muestras entre los laboratorios referidos y la sede principal, Ver Anexo 4.

Se detallan a continuación las preguntas realizadas a los conductores:

- ¿Considera que el tipo o estado de la motocicleta que utiliza influye en la rapidez o eficiencia con que realiza los recorridos?
- ¿Qué aspectos de su experiencia o capacitación cree que más influye en realizar las rutas de forma eficiente y sin contratiempos?
- ¿Cómo describiría los tiempos de espera en los laboratorios referidos al momento de entregar o recoger muestras?

- ¿De qué manera las condiciones del clima, como el calor o la lluvia, afectan su labor durante los recorridos?

- ¿Qué mejoras propondría para hacer más eficiente la recolección y entrega de muestras entre los laboratorios referidos y la sede principal?

#### 4.1.1.2 FORMATO DE RECORRIDO ROMT63

Es un formato de control operativo diseñado para registrar detalladamente cada traslado efectuado por el personal de transporte. Antes de iniciar la ruta se anotan la hora de salida y el kilometraje inicial del vehículo; al concluir la operación, se registran la hora de llegada, el kilometraje final, el destino atendido, el nombre del transportista responsable y la placa del vehículo utilizado. Este registro permite asegurar la trazabilidad y control de cada servicio de transporte.

En la Figura 27, se muestra a continuación un ejemplo del formato ROMT63, con información registrada por el personal de transporte:

Fecha	Hora	Placa	Operador	Km. inicial	Km. final	H. salida	H. llegada	Destino	Materia	Observaciones
27	N/A	N/A	N/A	63027	63027	7:19	7:21	Benque	marcos	muestras
27	N/A	N/A	N/A	63027	63028	7:31	7:34	Principal	marcos	N/A
27	N/A	N/A	N/A	63028	63031	7:52	7:59	Ferraro	marcos	muestras
27	N/A	N/A	N/A	63031	63033	8:5	8:9	Congolon	marcos	muestras
27	N/A	N/A	N/A	63033	63034	8:12	8:16	Principal	marcos	N/A
27	N/A	N/A	N/A	63034	63036	9:10	9:15	Clinglob	marcos	muestras
27	N/A	N/A	N/A	63036	63038	9:19	9:24	Olmos	marcos	muestras
27	N/A	N/A	N/A	63038	63043	9:27	9:37	Sasa	marcos	muestras
27	N/A	N/A	N/A	63043	63050	9:42	9:53	Principal	marcos	N/A
27	N/A	N/A	N/A	63050	63058	10:5	10:19	Singh	marcos	muestras
27	N/A	N/A	N/A	63058	63066	10:21	10:39	Genodo	marcos	muestras
27	N/A	N/A	N/A	63066	63067	10:44	10:48	Principal	marcos	N/A
27	N/A	N/A	N/A	63067	63068	11:25	11:28	La Liga	marcos	muestras
27	N/A	N/A	N/A	63068	63069	11:36	11:40	Av. H. Paz	marcos	muestras
27	N/A	N/A	N/A	63069	63070	11:45	11:47	Sevilla	marcos	muestras

**Figura 27. formato ROMT63**

Fuente: (Laboratorio Bueso Arias, 2025)

De este formato se genera la información que alimenta el formato ROMT79, el cual consolida toda la información registrada en tiempo real, mientras se realizan las operaciones de traslado.

### 4.1.1.3 FORMATO DE RENDIMIENTO DE COMBUSTIBLE ROMT79

Este documento permite visualizar todas las operaciones de transporte registradas por el personal de transporte.

Debido a que se consolida la información se permite identificar ventanas de tiempo y su rango para diferentes escenarios de transporte de muestras. De igual manera, permite visualizar en un formato electrónico la clase de vehículo, el rendimiento y la cantidad disponible de los mismos para las operaciones logísticas.

Se muestra en la figura 28 un ejemplo de cómo se ve la información consolidada en formato ROMT79.

Laboratorio Bueso Arias  
MAINTENIMIENTO  
Formato de cálculo rendimiento de combustible y cumplimiento de entrega de muestras  
Codigo: ROMT79/Revisión 0

**CONTROL KILOMETROS RECORRIDOS**

AÑO: [en: 2025]    MES: [en: febrero]    DIAZ: [en: 17]

Fecha	Dia	DIA	Placa	Marca	Combustible	Motociclista	Teléfono	Km inicio	Km final	Total Km X Ubicación	Hora Salida	Hora entrada	Hora STD de entrada	Desfase de tiempo con respecto a hora	Viajes a sucursales para traer muestras	Destinos	Muestras / Otros	Prom. Tiempo tomó	
17/02/25	martes	M7	B0G-0609	Moto Turismo B0X0	Gasolina Super	Marcos Sandoval	0104-9989-00577	96531455	5752	5772	20	07:40	08:45	NE5	N/A	No Sucursal	Ferraro-Lab. San Vicente-Lab. Peña Vallechillo	Refendos	
17/02/25	martes	M7	B0G-0609	Moto Turismo B0X0	Gasolina Super	Marcos Sandoval	0104-9989-00577	96531455	5772	5773	1	09:10	09:15	NE5	N/A	No Sucursal	Clinica Hondureña	Refendos	
17/02/25	martes	M7	B0G-0609	Moto Turismo B0X0	Gasolina Super	Marcos Sandoval	0104-9989-00577	96531455	5773	5778	5	09:25	09:45	NE5	N/A	No Sucursal	Dr. Marco Tulio Paz	Refendos	
17/02/25	martes	M7	B0G-0609	Moto Turismo B0X0	Gasolina Super	Marcos Sandoval	0104-9989-00577	96531455	5778	5789	12	10:12	10:46	NE5	N/A	No Sucursal	Lab. Canaan	Refendos	
17/02/25	martes	M7	B0G-0609	Moto Turismo B0X0	Gasolina Super	Marcos Sandoval	0104-9989-00577	96531455	5789	5793	3	11:00	11:10	NE5	N/A	No Sucursal	Liga control de cancer	Refendos	
17/02/25	martes	M7	B0G-0609	Moto Turismo B0X0	Gasolina Super	Marcos Sandoval	0104-9989-00577	96531455	5793	5720	17	11:25	12:30	NE5	N/A	No Sucursal	Ferraro-Lab. San Vicente-Ruh Paz	Refendos	
17/02/25	martes	M7	B0G-0609	Moto Turismo B0X0	Gasolina Super	Marcos Sandoval	0104-9989-00577	96531455	5720	5725	5	13:32	13:50	NE5	N/A	No Sucursal	Hosp. Militar	Refendos	
17/02/25	martes	M7	B0G-0609	Moto Turismo B0X0	Gasolina Super	Marcos Sandoval	0104-9989-00577	96531455	5725	5725	0	14:45	15:01	NE5	N/A	No Sucursal	Lab. Canaan	Refendos	
27/02/25	miércoles	M7	B0G-0609	Moto Turismo B0X0	Gasolina Super	Marcos Sandoval	0104-9989-00577	96531455	5727	5727	0	07:50	08:30	NE5	N/A	No Sucursal	Ferraro-Gastomera	Refendos	
27/02/25	miércoles	M7	B0G-0609	Moto Turismo B0X0	Gasolina Super	Marcos Sandoval	0104-9989-00577	96531455	5727	5745	8	08:40	09:05	NE5	N/A	No Sucursal	Hosp. Celanno	Refendos	
27/02/25	miércoles	M7	B0G-0609	Moto Turismo B0X0	Gasolina Super	Marcos Sandoval	0104-9989-00577	96531455	5745	5748	3	09:15	09:27	NE5	N/A	No Sucursal	Dirección	Refendos	

**Figura 28. Información consolidada ROMT79**

Fuente: (Laboratorio Bueso Arias, 2025)

Utilizando filtros del instrumento Microsoft Excel, se logra recopilar datos históricos de tiempo entre pares de laboratorios, que entran dentro del alcance del estudio, los cuales serán de utilidad en las etapas siguientes.

### 4.1.1.4 APP METEOROLÓGICAS

Se utiliza la aplicación “ Tiempo3.com”, para revisar el estado del clima, representada por su dimensión de Temperatura ambiental, según las ventanas de horario que sean identificadas.

En la Figura 29, se muestra un ejemplo de la interfaz de la aplicación en donde es posible

revisar las condiciones ambientales registradas de manera histórica.



**Figura 29. interfaz de aplicación meteorológica**

Fuente: (tiempo3.com, 2025)

#### 4.1.1.5 FOTOGRAFÍAS.

Evidencias visuales de las condiciones de las vías y los puntos de entrega utilizadas para validar la observación directa. Se muestran a continuación en la figura 30 y 31 algunos ejemplos de fotografías del estado de calles recorridas en rutas de transporte referentes a la recolección en los principales laboratorios referidos.



**Figura 30. condiciones de las vías en puntos de entrega Policlínica**

Fuente: Propia



**Figura 31. Condiciones de las vías en puntos de entrega zona centro de S.P.S**

Fuente: Propia

#### 4.1.2 INSTRUMENTOS APLICADO EN ETAPA DE RECOLECCIÓN Y ANÁLISIS DE DATOS:

Durante esta etapa se consolidó la información operativa y se transformaron los registros cualitativos en datos cuantificables. Se aplicaron las técnicas de revisión de registros históricos y elaboración de matrices de tiempos, las cuales permitieron integrar información de múltiples fuentes, tanto digitales como documentales.

Esta integración garantizó una descripción detallada del funcionamiento real del sistema, constituyendo la base numérica para los análisis estadísticos y para la posterior formulación del modelo matemático. La confiabilidad de los datos fue verificada mediante contraste cruzado entre fuentes (GPS, ROMT79 y registros manuales), asegurando la trazabilidad del proceso de transporte.

##### 4.1.2.1 REPORTE DE PLATAFORMA VIGIASMART

Los reportes generados por la plataforma proporcionaron información detallada sobre los tiempos de traslado, las detenciones y el recorrido total realizado por cada vehículo. Gracias a la

alta precisión del sistema, fue posible identificar los intervalos de traslado y de espera entre laboratorios, y analizar su variabilidad en distintas condiciones operativas. Estos datos se organizaron posteriormente en matrices dentro de Microsoft Excel, que sirvieron como base para el análisis estadístico y la formulación del modelo de optimización.

Se muestra a continuación en la figura 32, una imagen de los reportes generados por la plataforma VigiaSmart.

Hora de inicio	Ubicación de inicio	Hora de finalización	Ubicación final
2025-09-30			
07:21:39	Plaza Comercial El Maria, 12 Avenida NO, colonia Santa Ana, San Pedro Sula, Cortés, 21104, Honduras	07:24:02	Consulado de El Salvador, 7a Avenida SO, San Pedro Sula, Cortés, 21104, Honduras
07:30:33	3a Calle SO, San Pedro Sula, Cortés, 21104, Honduras	07:33:36	3 calle, 11 Avenida NO, San Pedro Sula, Cortés, 21104, Honduras
07:53:27	3 calle, 11 Avenida NO, San Pedro Sula, Cortés, 21104, Honduras	08:00:35	Clinica Ferraro, 6a Avenida SE, San Pedro Sula, Cortés, 21104, Honduras
08:05:26	Clinica Ferraro, 6a Avenida SE, San Pedro Sula, Cortés, 21104, Honduras	08:15:38	4a Avenida NO, colonia Santa Ana, San Pedro Sula, Cortés, 21102, Honduras
08:19:06	Activa, 4a Calle NO, San Pedro Sula, Cortés, 21104, Honduras	08:23:13	3 calle, 11 Avenida NO, San Pedro Sula, Cortés, 21104, Honduras
08:31:39	Laboratorio Bueso Arias, 11 Avenida NO, San Pedro Sula, Cortés, 21104, Honduras	08:34:25	9a Calle NO, colonia Santa Ana, San Pedro Sula, Cortés, 21102, Honduras
08:35:26	9a Calle NO, colonia Santa Ana, San Pedro Sula, Cortés, 21102, Honduras	08:44:10	10a Avenida SO, San Pedro Sula, Cortés, 21104, Honduras
08:49:36	10a Avenida SO, San Pedro Sula, Cortés, 21104, Honduras	08:52:36	37, 5a Calle SO, San Pedro Sula, Cortés, 21104, Honduras
08:56:36	37, 5a Calle SO, San Pedro Sula, Cortés, 21104, Honduras	09:03:21	ICNOSA, 22 Calle SO, San Pedro Sula, Cortés, 21104, Honduras
09:07:28	ICNOSA, 22 Calle SO, San Pedro Sula, Cortés, 21104, Honduras	09:18:54	Laboratorio Clinico Fiallos, Bulvar Mario Catarino Rivas, San Pedro Sula, Cortés, 21105, Honduras
09:23:21	Laboratorio Clinico Fiallos, Bulvar Mario Catarino Rivas, San Pedro Sula, Cortés, 21102, Honduras	09:29:23	Serviteca, 2a Calle NO, San Pedro Sula, Cortés, 21104, Honduras
09:51:14	Funeraria La Auxiliadora, 11 Avenida SO, San Pedro Sula, Cortés, 21104, Honduras	10:09:06	Hospital Militar, 24 Avenida NO, colonia Santa Ana, San Pedro Sula, Cortés, 21102, Honduras
10:13:33	Hospital Militar, 24 Avenida NO, colonia Santa Ana, San Pedro Sula, Cortés, 21102, Honduras	10:27:29	5a Calle A NE, Colonia Smith, San Pedro Sula, Cortés, 21104, Honduras
10:36:27	5a Calle A NE, Colonia Smith, San Pedro Sula, Cortés, 21104, Honduras	10:40:31	4a Avenida NO, colonia Santa Ana, San Pedro Sula, Cortés, 21102, Honduras
10:44:07	Farmacia Nacional Farmaceutica, 3a Calle NO, San Pedro Sula, Cortés, 21104, Honduras	10:46:11	3 calle, 11 Avenida NO, San Pedro Sula, Cortés, 21104, Honduras
10:58:47	Laboratorio Bueso Arias, 11 Avenida NO, San Pedro Sula, Cortés, 21104, Honduras	11:01:19	11 Avenida SO, San Pedro Sula, Cortés, 21104, Honduras
11:04:31	10a Avenida SO, San Pedro Sula, Cortés, 21104, Honduras	11:08:41	HospitalBendafia, Avenida Circunvalación, San Pedro Sula, Cortés, 21104, Honduras
11:14:47	The Sign Shop, Avenida Circunvalación, San Pedro Sula, Cortés, 21104, Honduras	11:26:20	San Pedro Sula, Cortés, 21103, Honduras
11:30:57	San Pedro Sula, Cortés, 21103, Honduras	11:36:48	Clinica Ferraro, 6a Avenida SE, San Pedro Sula, Cortés, 21104, Honduras
11:44:16	11 Calle SE, San Pedro Sula, Cortés, 21104, Honduras	11:50:58	3 calle, 11 Avenida NO, San Pedro Sula, Cortés, 21104, Honduras
13:36:45	Hotel Crowne Plaza, 2a Calle NO, San Pedro Sula, Cortés, 21104, Honduras	13:49:46	3 calle, 11 Avenida NO, San Pedro Sula, Cortés, 21104, Honduras
14:08:23	Hotel Crowne Plaza, 2a Calle NO, San Pedro Sula, Cortés, 21104, Honduras	14:10:14	9a Calle NO, colonia Santa Ana, San Pedro Sula, Cortés, 21102, Honduras
14:18:10	Tamarindo Hostal, 11 Avenida NO, colonia Santa Ana, San Pedro Sula, Cortés, 21102, Honduras	14:21:36	Activa, 4a Calle NO, San Pedro Sula, Cortés, 21104, Honduras

**Figura 32. Plataforma VigiaSmart**

Fuente: (Laboratorio Bueso Arias, 2025)

### 4.1.2.2 REPORTE HISTÓRICOS

Utilizando los registros generados por la plataforma GPS VigiaSmart, y la consolidación de datos del Formato ROMT79, se crearon las siguientes matrices de datos:

Listado de laboratorios referidos más visitados: De acuerdo a los valores registrados en formato ROMT79, se calculó el grupo de laboratorios que representan aproximadamente el 80% del total de las operaciones logísticas referentes a prestación de servicios a laboratorios externos referidos.

Según se presenta en la tabla 22, en Capítulo III, página 79 el listado de 21 laboratorios referidos y en base a este grupo de 21 laboratorios se calcularon los tiempos promedios de traslado y su dispersión, permitiendo construir una matriz de tiempos de traslado y espera entre cada par de laboratorios.

Se muestra a continuación en la figura 32, una parte de la matriz de tiempos de traslado entre laboratorios referidos en todas las posibles combinaciones.

	LBA	Ferraro	Servilab	Liga Contra el Cáncer	Ruth Paz	Mario Pineda	Diagnos	Hospital Militar	Sorto Alvarez	Casco Rosa	Policlínica Hondureña	Dimeco	El Centro	Genoma	Canaan	San Vicente
LBA	0	00:07	00:06	00:03	00:04	00:04	00:03	00:08	00:02	00:03	00:02	00:04	00:04	00:08	00:10	00:09
Ferraro	00:08	0	00:06	00:05	00:07	00:09	00:10	00:11	00:09	00:04	00:08	00:10	00:05	00:15	00:07	00:14
Servilab	00:07	00:03	0	00:03	00:03	00:05	00:10	00:06	00:06	00:05	00:05	00:04	00:03	00:03	00:05	00:08
Liga Contra el Cáncer	00:03	00:09	00:04	0	00:06	00:03	00:03	00:08	00:03	00:03	00:03	00:11	00:02	00:02	00:09	00:03
Ruth Paz	00:05	00:07	00:02	00:03	0	00:04	00:07	00:10	00:05	00:02	00:06	00:11	00:02	00:02	00:09	00:02
Mario Pineda	00:04	00:05	00:06	00:05	00:05	0	00:06	00:06	00:03	00:09	00:04	00:02	00:05	00:05	00:15	00:05
Diagnos	00:03	00:08	00:08	00:04	00:06	00:08	0	00:05	00:03	00:08	00:02	00:03	00:04	00:07	00:14	00:06
Hospital Militar	00:07	00:10	00:09	00:08	00:09	00:08	00:05	0	00:04	00:09	00:05	00:04	00:04	00:05	00:20	00:05
Sorto Alvarez	00:03	00:06	00:04	00:10	00:04	00:04	00:02	00:05	0	00:05	00:02	00:07	00:06	00:07	00:13	00:09
Casco Rosa	00:04	00:03	00:06	00:04	00:03	00:10	00:09	00:10	00:05	0	00:05	00:04	00:05	00:01	00:09	00:02
Policlínica Hondureña	00:02	00:10	00:06	00:03	00:05	00:03	00:02	00:07	00:10	00:04	0	00:02	00:05	00:05	00:16	00:04
Dimeco	00:03	00:10	00:11	00:05	00:04	00:02	00:04	00:05	00:02	00:05	00:02	0	00:03	00:08	00:12	00:02
El Centro	00:05	00:05	00:03	00:03	00:03	00:03	00:06	00:04	00:03	00:07	00:05	00:01	0	00:03	00:09	00:02
Genoma	00:09	00:12	00:08	00:12	00:09	00:08	00:05	00:03	00:05	00:10	00:05	00:05	00:05	0	00:15	00:07
Canaan	00:11	00:05	00:01	00:09	00:10	00:11	00:08	00:15	00:09	00:08	00:07	00:07	00:07	00:14	0	00:10
San Vicente	00:07	00:11	00:10	00:09	00:10	00:10	00:05	00:07	00:06	00:10	00:04	00:09	00:10	00:07	00:11	0
Sing	00:18	00:12	00:14	00:12	00:17	00:17	00:18	00:15	00:14	00:15	00:17	00:12	00:18	00:18	00:18	00:19
Bendaña	00:06	00:06	00:05	00:04	00:07	00:08	00:04	00:08	00:05	00:08	00:04	00:08	00:05	00:10	00:11	00:06
Peña Vallecillo	00:10	00:05	00:13	00:09	00:07	00:07	00:08	00:11	00:10	00:05	00:10	00:00	00:10	00:14	00:01	00:10
Clinilab	00:03	00:05	00:03	00:03	00:03	00:03	00:06	00:04	00:02	00:07	00:05	00:03	00:03	00:03	00:09	00:03
Kielsa 102	00:08	00:02	00:10	00:07	00:12	00:07	00:07	00:06	00:06	00:07	00:05	00:05	00:03	00:07	00:09	00:05
Kielsa 112	00:03	00:03	00:15	00:08	00:15	00:05	00:10	00:03	00:07	00:07	00:06	00:03	00:04	00:05	00:10	00:04

**Figura 33. Matriz de tiempos de traslado entre laboratorios referidos**

Fuente: propia

Es importante mencionar, que algunos tiempos de traslado entre laboratorios tuvieron que ser imputados por aproximaciones geográficas. Debido a que no se encontraron todas las posibles combinaciones en la revisión de los instrumentos.

#### 4.1.2.3 EXPEDIENTES RECURSOS HUMANOS

Como parte de las fuentes de información utilizadas en esta investigación, se cuenta con expedientes del personal de conductores que laboran en el área de transporte de muestras biológicas del Laboratorio Bueso Arias. Estos documentos constituyen una fuente primaria de datos administrativos que permite conocer las características del personal responsable del traslado de muestras entre los laboratorios referidos y el laboratorio central.

Los expedientes contienen información relevante para el análisis de la gestión del transporte, incluyendo:

1. **Datos generales del empleado:** nombre, edad, fecha de ingreso, puesto y tipo de contrato.
2. **Formación y capacitación:** constancias de cursos o entrenamientos en bioseguridad, manejo de muestras biológicas, transporte seguro y normativas de tránsito.
3. **Licencias y permisos:** registro de licencias de conducir vigentes, categoría de licencia y comprobantes de renovaciones.

4. **Evaluaciones médicas y psicológicas:** resultados de exámenes ocupacionales que certifican la aptitud física y mental del conductor.
5. **Historial laboral:** registros de desempeño, reportes de cumplimiento de rutas, incidentes o sanciones disciplinarias.

La revisión de estos expedientes permitió verificar la idoneidad del personal, identificar posibles debilidades en capacitación o documentación y obtener insumos para el análisis del nivel de cumplimiento de las normas de bioseguridad en el transporte de muestras. Asimismo, esta información contribuyó a validar los datos obtenidos mediante entrevistas y observaciones de campo, fortaleciendo la confiabilidad del estudio, dentro de ellos podemos mencionar en la experiencia que tienen el Conductor José Cartagena que por su mayor tiempo de laborar tiene un mayor conocimiento de las rutas y pericia al momento de hacer las coordinaciones con los laboratorios referidos.

*recomendado por Maílen Assaf.  
a Ud. le brinca de moto!!*

**CURRICULUM VITAE**

**Perfil**

- Soy una persona responsable, dedicado, creativo, con iniciativa, altamente ético, capaz de identificar y resolver problemas y tomar decisiones, con disciplina hacia el trabajo, con buena capacidad de aprendizaje y rápida adaptación a las exigencias del evolucionante mercado profesional.

**Información Personal**

- Nombre completo: José Enrique Cartagena Pérez
- Fecha de nacimiento: 11 de marzo 1985
- No. De identidad: 0419-1985-00059
- Edad: 38 años
- Nacionalidad: Hondureño
- Estado civil: Casado
- Dirección actual: Col. San José V, 33 Calle, 8 y 10 avenida, Zona 2
- Teléfono: 9327-4974
- WhatsApp: 89482112

**Educación**

- Educación Primaria**  
Escuela Manuel luna castillo
- Educación Secundaria**  
Instituto Héctor Mejía Lara
- Título Obtenido: Mecánico Automotriz

**Experiencia laboral**

Inversiones Monsol  
Cargo: Motorista Equipo pesado. Carga y descarga de producto  
Tiempo: 2005 al 2010

**Figura 34. Formato de expediente de Conductores**

Fuente: (Laboratorio Bueso Arias , 2025)

#### 4.1.3 INSTRUMENTOS APLICADO EN ETAPA DE FORMULACIÓN DEL MODELO MATEMÁTICO:

En esta fase se representó el sistema de transporte mediante un modelo cuantitativo que relaciona variables operativas, restricciones y objetivos de optimización. Se aplicaron las

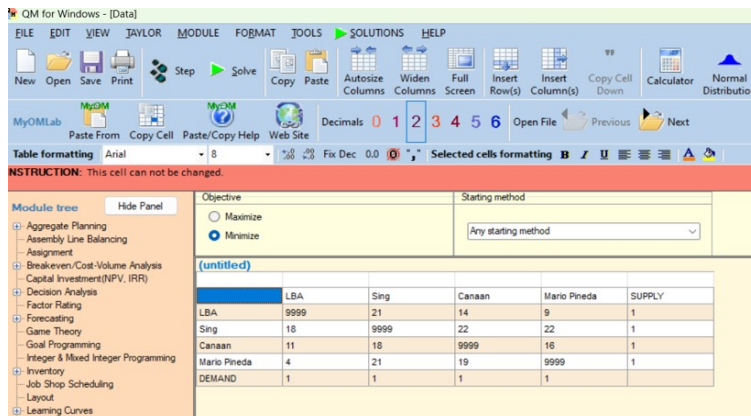


A través de esta aplicación se establecieron las matrices correspondientes a las combinaciones de tiempos de viaje y tiempos de servicio, con el propósito de simular múltiples escenarios operativos que representaran el comportamiento real del sistema de transporte de muestras.

Estas simulaciones posibilitaron evaluar todas las posibles secuencias de visitas entre laboratorios, con el fin de determinar la configuración óptima de rutas que minimice el tiempo total de operación y, en consecuencia, mejora la productividad del sistema logístico.

De esta forma, el uso de QM for Windows resultó esencial para identificar la solución óptima del modelo, aportando evidencia cuantitativa que respalda las decisiones de planificación y optimización de rutas propuestas en este estudio.

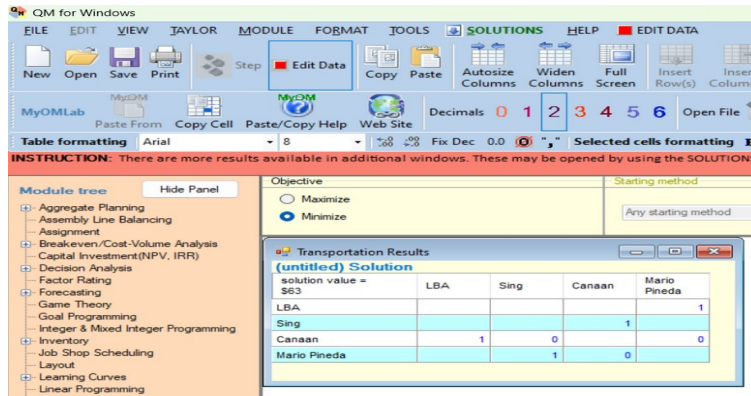
A continuación, en las figuras 35 y 36, se presentan las imágenes correspondientes a la matriz de combinaciones de tiempos construida en el software QM for Windows, así como la resolución del modelo obtenido tras la ejecución del simulador. Estas figuras ilustran el proceso de análisis empleado para identificar la secuencia óptima de rutas y el tiempo mínimo total de



operación.

**Figura 35. Ejemplo de matriz de tiempo**

Fuente: Propia



**Figura 36. Ejemplo de resolución de modelo**

Fuente: Propia

#### 4.1.4 INSTRUMENTOS APLICADO EN ETAPA DE SELECCIÓN DE SOLUCIÓN ÓPTIMA

##### 4.1.4.1 MATRICES DE DATOS EN MICROSOFT EXCEL CON REGISTROS HISTÓRICOS

Una vez formulado y resuelto el modelo, se realizó una comparación entre los escenarios óptimos simulados y los registros reales de operación. Este análisis permitió calcular el índice de productividad, entendido como la relación entre el desempeño actual y el desempeño teórico máximo del sistema, considerando cada una de las variables independientes definidas en el estudio.

La Tabla 27 presenta un ejemplo de la comparación entre los resultados teóricos obtenidos a partir de las simulaciones realizadas en QM for Windows y los resultados reales registrados por los transportistas según la secuencia de recolección efectivamente ejecutada.

Finalmente, se incluye el cálculo de productividad, determinado como el cociente entre los tiempos simulados y los tiempos observados en campo, lo que permite cuantificar el grado de eficiencia alcanzado por el sistema de transporte.

**Tabla 27. Comparación entre los resultados obtenidos**

Ruta Real	Tiempo Real	Ruta óptima	Tiempo óptimo	Productividad
LBA-Sing-Canaan-Mario Pineda-LBA	01:03:00	LBA-Mario Pineda-Sing-Canaan-LBA	01:03	100%

Fuente: Propia

## 4.2 RESULTADOS Y ANÁLISIS DE LAS TÉCNICAS APLICADAS

Previo a la presentación e interpretación de los resultados, se estableció un procedimiento de análisis orientado a evaluar la relación entre cada variable independiente y la productividad del sistema de transporte de muestras clínicas, en función de los objetivos específicos planteados en el estudio.

Para ello, las variables se organizaron en sub grupos o categorías que permitieran realizar comparaciones homogéneas mediante el Análisis de Varianza (ANOVA) de un factor, técnica seleccionada por su capacidad para identificar diferencias significativas entre medias de productividad.

Para la variable tipo de vehículo, las categorías se definieron con base en las placas identificadas (BCL2226, BDG0609 y JCI6936). La competencia del conductor se agrupó según los nombres del personal de transporte asignado a cada ruta, siendo codificados como “JC” y “MS”. Para los horarios disponibles, se identificaron tres ventanas operativas distribuidas a lo largo de la jornada laboral, siendo categorizados como: V1 (7:00 am – 10:30 am), V2 (10:31 am – 1:30 pm) y V3 (1:31 pm – 4:00 pm).

Por su parte, las variables condiciones ambientales, tiempo de servicio, tiempo de viaje y cantidad de laboratorios visitados, se clasificaron en subgrupos por cuartiles, calculados a partir de la distribución de los datos, con el propósito de establecer límites que facilitarían la comparación entre intervalos de desempeño.

Esta estructura permitió aplicar de manera sistemática el ANOVA y determinar si las diferencias observadas en productividad entre los grupos eran estadísticamente significativas.

Posteriormente, se decidió aplicar el método de Tukey-Kramer para analizar con mayor precisión aquellas variables que mostraron valores p significativos en el análisis de varianza de un factor, en relación con el nivel de significancia establecido. Este método permitió comparar los pares de subgrupos o categorías definidos en cada variable, identificando cuáles presentaron diferencias significativas entre sí, con base en la diferencia de medias y la diferencia crítica. El propósito fue determinar de manera específica en qué segmentos de los datos se concentran las variaciones relevantes.

El nivel de significancia establecido como parámetro de referencia en el análisis de varianza de un factor fue del 5 % para la mayoría de las variables y del 10 % para algunas de

ellas. Esta decisión se debió a que ciertos resultados presentaron valores de p ligeramente superiores al umbral del 5 %, por lo que se amplió el nivel de significancia al 10 % en esos casos, con el fin de examinar con mayor detalle las posibles diferencias entre grupos.

#### 4.2.1 OBJETIVO ESPECÍFICO #1.

Este objetivo específico se planteó como: Identificar los factores que influyen positiva o negativamente en la productividad del sistema de transporte de muestras clínicas.

El análisis de las variables asociadas al estudio permitió evaluar la estabilidad operativa del sistema actual, identificando aquellas variables cuyos subgrupos o categorías presentaron diferencias de medias estadísticamente significativas, lo que evidencia su impacto en la productividad.

A continuación, se analiza cada variable independiente con respecto a la productividad:

##### 4.2.1.1 VARIABLE COMPETENCIA DE CONDUCTOR

Respecto a la competencia del conductor, se identificaron dos conductores dentro del alcance del estudio. Cada conductor fue categorizado como JC y MS.

El primer conductor (JC), según los registros del área de Recursos Humanos, cuenta con más de ocho años de experiencia en actividades de recolección utilizando motocicletas. Por su parte, el segundo conductor (MS) no posee experiencia previa en el transporte de bienes en motocicleta como actividad nominal.

Ambos colaboradores participaron en el plan de inducción establecido en el formato RORH10, así como en las capacitaciones programadas por el área de Desarrollo de Talento, que abarcan tanto competencias técnicas (duras) como competencias interpersonales (blandas).

A continuación, se presenta un resumen de las respuestas obtenidas en las entrevistas estructuradas aplicadas a los transportistas evaluados:

- ¿Considera que el tipo o estado de la motocicleta que utiliza influye en la rapidez o eficiencia con que realiza los recorridos?

Los conductores coincidieron en que el estado óptimo de la motocicleta es determinante

para cumplir las rutas de forma eficiente. Mencionaron que cuando el vehículo se encuentra en buenas condiciones mecánicas no se presentan inconvenientes significativos. Además, destacaron que el desempeño mejora cuando cada conductor utiliza la motocicleta que le ha sido asignada, ya que conoce su funcionamiento y puede anticipar cualquier anomalía.

- ¿Qué aspectos de su experiencia o capacitación cree que más influye en realizar las rutas de forma eficiente y sin contratiempos?

Los participantes resaltaron la importancia del conocimiento de la ciudad y la experiencia adquirida en el manejo de motocicletas para cumplir con las rutas de manera ágil. Asimismo, valoraron la capacitación recibida sobre el manejo y transporte adecuado de muestras biológicas, la cual consideran un factor clave para evitar errores o contratiempos durante el proceso.

- ¿Cómo describiría los tiempos de espera en los laboratorios referidos al momento de entregar o recoger muestras?

Los conductores manifestaron que, en general, los tiempos de espera son adecuados. No obstante, señalaron que en algunos casos deben esperar más del promedio cuando reciben notificaciones para acudir a un laboratorio cercano, ya que en ocasiones el personal aún no tiene listas las muestras al momento de su llegada.

- ¿De qué manera las condiciones del clima, como el calor o la lluvia, afectan su labor durante los recorridos?

Indicaron que las condiciones del clima no afectan de forma significativa su labor, excepto en los días de lluvia, cuando deben reducir la velocidad para garantizar su seguridad y proteger las muestras.

- ¿Qué mejoras propondría para hacer más eficiente la recolección y entrega de muestras entre los laboratorios referidos y la sede principal?

Entre las sugerencias planteadas, uno de los conductores propuso implementar un sistema de código de barras para registrar las muestras y evitar el llenado manual de formatos, lo que optimizaría el proceso y reduciría errores. Otro conductor recomendó asignar un conductor exclusivo para las rutas más alejadas del centro de la ciudad, con el fin de mejorar los tiempos de respuesta y distribución.

En conjunto, las respuestas obtenidas evidencian que los conductores reconocen la

importancia del mantenimiento preventivo de las motocicletas, la experiencia operativa y la capacitación técnica como factores determinantes para lograr una recolección eficiente y segura de muestras. Asimismo, identifican aspectos externos, como los tiempos de espera en los laboratorios y las condiciones climáticas, como elementos que pueden afectar parcialmente el cumplimiento óptimo de las rutas. Finalmente, las sugerencias planteadas reflejan una disposición proactiva hacia la mejora continua del sistema, destacando la necesidad de modernizar los procesos mediante herramientas tecnológicas y de ajustar la asignación de recursos según la complejidad y distancia de las rutas.

Con el fin de complementar esta información cualitativa con evidencia estadística, se analizó la variable “Competencia del conductor” mediante un análisis de varianza de un factor.

Se presenta a continuación en la tabla 28, los resultados de productividad para cada uno de los conductores:

**Tabla 28. Resultados de productividad de cada conductor**

<u>Competencia del conductor</u>	<u>JC</u>	<u>MS</u>
Media	0.979	0.923
Desviación estándar	0.200	0.171
n	86	69
Coefficiente de Variación	20%	18%

Fuente: Propia

Como se puede observar en la tabla 28, la productividad promedio del conductor JC es ligeramente superior que la del conductor MS, y la dispersión de la misma es muy cercana entre ambos conductores. De igual manera el coeficiente de variación entre ambos conductores varía entre sí solo por 2%.

Se muestra a continuación en la tabla 29, los resultados de la prueba de Análisis de Varianza de un factor, para comparar las medias de productividad entre cada conductor

**Tabla 29. Resultados de prueba de análisis de varianza de un factor**

ANÁLISIS DE VARIANZA						
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	0.12104	1	0.12104	3.44118423	0.06551447	2.738607
Dentro de los grupos	5.381614	153	0.0351739			
Total	5.502654	154				

Fuente: Propia

Para esta variable se estableció un nivel de significancia del 10 % ( $\alpha = 0.1$ ). Dado que el estadístico F (3.441) es mayor que el valor crítico F (2.738), y el valor de p (0.06) resulta inferior al nivel de significancia definido ( $\alpha = 0.1$ ), se concluye que existe evidencia estadísticamente significativa de que la competencia del conductor influye en la productividad del sistema de transporte.

Este hallazgo es coherente con la dimensión de “capacitación y experiencia”, en la que se evidencia que la formación continua contribuye a mantener un desempeño operativo uniforme. No obstante, se confirma que las productividades promedio difieren en aproximadamente un 8 % entre ambos conductores, lo cual se relaciona con la diferencia en los años de experiencia acumulada, reforzando el impacto de este factor en la eficiencia del sistema.

#### 4.2.1.2 VARIABLE TIPO DE VEHÍCULO

Respecto al tipo de vehículo, se identificaron tres vehículos dentro del alcance del estudio. Cada vehículo fue categorizado por su número de placa, siendo estos: BCL2226, BDG0609, JCI6936. Los tres vehículos son marca BAJAJ, tipo turismo, modelo BOXER 150X según se detalla en Política de Logística y Transporte ROMT59 (Laboratorio Bueso Arias, 2025). La característica que las distingue es el año de fabricación, siendo el vehículo con placa BCL2226 manufacturada en el año 2024, BDG0609 manufacturada en el año 2023, y la JCI6936 manufacturada en el año 2025.

Se presenta a continuación en la tabla 30, los resultados de productividad para cada uno de los vehículos:

**Tabla 30. Resultados de productividad de vehículos**

<u>Tipo de vehículo</u>	<u>BCL2226</u>	<u>BDG0609</u>	<u>JCI6936</u>
Media	0.98	0.90	0.89
Desviación estándar	0.20	0.16	0.18
n	89	58	8
Coefficiente de Variación	21%	17%	20%

Fuente: Propia

Como se puede observar en la tabla 30, la productividad promedio de los vehículos BDG0609 y JCI6936 son muy similares (90% a 89%). La productividad promedio del vehículo con placa BCL2226 es superior a las de los otros dos vehículos (98%). En cuanto al coeficiente de variación observamos que los valores para los tres vehículos oscilan entre valores aceptables (17% a 21%).

Se muestra a continuación en la tabla 31, los resultados de la prueba de Análisis de Varianza de un factor, para comparar las medias de productividad entre cada tipo de vehículo

**Tabla 31. Prueba de análisis de varianza de un factor**

ANÁLISIS DE VARIANZA						
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	0.25538603	2	0.127693014	3.69894152	0.02700467	3.055557928
Dentro de los grupos	5.24726817	152	0.034521501			
Total	5.50265419	154				

Fuente: Propia

Para esta variable se estableció un nivel de significancia del 5 % ( $\alpha = 0.05$ ). Dado que el estadístico F (3.698) es menor que el valor crítico F (3.055), y el valor de p (0.027) resulta inferior al nivel de significancia definido ( $\alpha = 0.05$ ), se concluye que existe evidencia estadísticamente significativa de que el tipo de vehículo influye en la productividad del sistema de transporte.

Estos resultados ponen de manifiesto la necesidad de fortalecer el control técnico preventivo de las motocicletas, asegurando mantenimientos periódicos y registros de desempeño mecánico que garanticen un funcionamiento óptimo. Asimismo, se resalta la importancia de

asignar los vehículos de manera estratégica, considerando factores como la distancia, la frecuencia de recolección e incluso el conductor que será asignado a cada vehículo, de modo que cada unidad opere dentro de sus condiciones ideales. Implementar estas acciones permitiría minimizar el riesgo de fallas, mejorar los tiempos de respuesta y elevar la productividad del sistema logístico de transporte de muestras.

#### 4.2.1.3 VARIABLE HORARIOS DISPONIBLES

Respecto a los horarios disponibles, se identificaron tres ventanas de horarios dentro del alcance del estudio. Cada ventana se categorizó como V1 cubriendo un rango de 7:00 am a 10:30 am, V2 cubriendo un rango de 10:31 am a 1:30 pm, y V3 cubriendo un rango de 1:31 pm a 4:00 pm.

Se presenta a continuación en la tabla 32, los resultados de productividad para cada una de las ventanas definidas como horarios disponibles:

**Tabla 32. Resultados de productividad para ventanas definidas**

<b>Horarios disponibles</b>	<b>V1</b>	<b>V2</b>	<b>V3</b>
	<b>(7:00 am - 10:30 am)</b>	<b>(10:31 am - 1:30 pm)</b>	<b>(1:31 pm - 4:00 pm)</b>
Media	0.96	0.96	0.88
Desviación estándar	0.17	0.22	0.12
n	86	59	10
Coefficiente de Variación	18%	23%	14%

Fuente: Propia

Como se muestra en la Tabla 32, la productividad promedio de las tres ventanas horarias definidas como V1, V2 y V3 oscila entre 88 % y 96 %. La menor productividad corresponde a la ventana V3, asociada al horario vespertino, con un 88 %, valor inferior al registrado en las ventanas V1 y V2.

Respecto al coeficiente de variación, se observa que la productividad en la ventana V1, correspondiente a las primeras horas de la jornada laboral, presenta una variabilidad intermedia (18 %). La ventana V2 muestra la mayor dispersión (23 %), mientras que la V3 registra la menor variabilidad (14 %). No obstante, esta última ventana incluye únicamente 10 escenarios analizados, por lo que su representatividad estadística es limitada, y los resultados deben interpretarse con precaución.

Se muestra a continuación en la tabla 33, los resultados de la prueba de Análisis de Varianza de un factor, para comparar las medias de productividad entre cada horario disponible.

**Tabla 33. Resultados de la prueba A.V.F para comparar las medias de productividad de horarios**

ANÁLISIS DE VARIANZA						
<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	0.0189428	2	0.00947138	0.262532	0.76944982	3.055579
Dentro de los grupos	5.4837114	152	0.03607705			
Total	5.5026542	154				

Fuente: Propia

Para esta variable se estableció un nivel de significancia del 5 % ( $\alpha = 0.05$ ). Dado que el estadístico F (0.262) es menor que el valor crítico F (3.055), y el valor p (0.769) resulta superior al nivel de significancia definido ( $\alpha = 0.05$ ), se concluye que no existe evidencia estadísticamente significativa de que el horario disponible en el que se realizan las recolecciones influye en la productividad del sistema de transporte.

Lo que revela que la carga operativa está bien distribuida durante el día y no se concentran picos de ineficiencia en horarios específicos.

#### 4.2.1.4 VARIABLE CONDICIONES AMBIENTALES

Respecto a la variable condiciones ambientales, se calcularon cuartiles para poder agrupar los datos registrados de temperatura para cada uno de los escenarios estudiados.

A continuación, en la Tabla 34, se presentan los límites establecidos para cada grupo de datos, definidos a partir de los cuartiles calculados de la variable temperatura.

**Tabla 34. Límites establecidos para cada grupo de datos.**

Número de Cuartil	Límite de Cuartil
Q1	27.8
Q2	30.2
Q3	33.05
Q4	38.4

Fuente: Propia

Los grupos se estructuraron de la siguiente manera: Q1, conformado por las productividades correspondientes a escenarios con temperaturas menores o iguales a 27.8 °C. Q2, integrado por escenarios en los que la temperatura se encuentra entre 27.8 °C y 30.2 °C. Q3, que agrupa las productividades registradas en escenarios con temperaturas entre 33 °C y 30.2 °C. Finalmente, Q4, compuesto por los escenarios con temperaturas entre 33 °C y 38.4 °C.

Esta clasificación permitió organizar la información en intervalos homogéneos, facilitando la comparación entre grupos y el análisis de la posible influencia de la temperatura sobre la productividad mediante la aplicación del ANOVA de un factor.

Se presenta a continuación en la tabla 35, los resultados de productividad para cada una de los intervalos de temperatura definidos:

**Tabla 35. Resultados de productividad para intervalos de temperatura.**

Condiciones	Q1 T<27.8°C	Q2 27.8°C<T<30.2°C	Q3 30.2°C<T<33°C	Q4 33°C<T<38.4°C
Media	0.94	0.9	0.99	0.99
Desviacion estandar	0.14	0.16	0.21	0.23
n	40	39	37	39
Coefficiente de Variacion	15%	18%	21%	23%

Fuente: Propia

Las productividades promedio correspondientes a cada intervalo de temperatura se sitúan entre 90 % y 99 %. El cuartil Q2 presenta la menor productividad promedio (90 %), mientras que los cuartiles Q3 y Q4 alcanzan los valores más elevados (99 %).

En cuanto a la variabilidad, se observa una ligera tendencia ascendente a medida que aumenta la temperatura ambiental, lo que sugiere una posible relación positiva entre ambos

factores dentro del rango analizado.

Se muestra a continuación en la tabla 36, los resultados de la prueba de Análisis de Varianza de un factor, para comparar las medias de productividad entre cada rango de temperatura definido.

**Tabla 36. Comparación de medias de productividad entre rango de temperatura**

ANÁLISIS DE VARIANZA						
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	0.249229	3	0.08307634	2.3878758	0.07120257	2.120409
Dentro de los grupos	5.2534252	151	0.0347909			
Total	5.5026542	154				

Fuente: Propia

Para esta variable se estableció un nivel de significancia del 10 % ( $\alpha = 0.1$ ). Dado que el estadístico F (2.387) es mayor que el valor crítico F (2.120), y el valor p (0.07) resulta inferior al nivel de significancia definido ( $\alpha = 0.1$ ), se concluye que existe evidencia estadísticamente significativa de que las condiciones ambientales en las que se realizan las recolecciones influyen en la productividad del sistema de transporte.

En consecuencia, estos hallazgos resaltan la importancia de monitorear y registrar de manera sistemática la temperatura ambiental durante las operaciones de transporte, a fin de optimizar la planificación de rutas, horarios y mantenimiento de los vehículos, especialmente en contextos donde las variaciones térmicas puedan incidir en la eficiencia del servicio.

#### 4.2.1.5 VARIABLE TIEMPO DE VIAJE

Respecto a la variable tiempo de viaje, se calcularon cuartiles para poder agrupar los datos registrados de tiempos para cada uno de los escenarios estudiados.

A continuación, en la Tabla 37, se presentan los límites establecidos para cada grupo de datos, definidos a partir de los cuartiles calculados de la variable tiempo de viaje.

**Tabla 37. Límites establecidos para cada grupo de datos de la variable tiempo de viaje**

Número de Cuartil	Límite de Cuartil
Q1	00:14:00
Q2	00:19:00
Q3	00:28:30
Q4	01:05:00

Fuente: Propia

Los grupos se estructuraron de la siguiente manera: Q1, conformado por las productividades correspondientes a escenarios con tiempos de viaje menores o iguales a 14 min. Q2, integrado por escenarios en los que el tiempo de viaje se encuentra entre 14 min y 19 min. Q3, que agrupa las productividades registradas en escenarios con tiempo de viaje entre 19 min y 28 min. Finalmente, Q4, compuesto por los escenarios con tiempos de viaje entre 28 min y 65 min.

Esta clasificación permitió organizar la información en intervalos homogéneos, facilitando la comparación entre grupos y el análisis de la posible influencia de la ubicación geográfica y el tiempo que toma desplazarse de un laboratorio a otro, sobre la productividad mediante la aplicación del ANOVA de un factor.

Se presenta a continuación en la tabla 38, los resultados de productividad para cada una de los intervalos de tiempo de viaje definidos:

**Tabla 38. Productividad intervalos de tiempo de viaje definidos**

Tiempo de viaje	Q1 (T<14 min)	Q2 (14 min <T<19 min)	Q3 (19 min <T<28 min)	Q4 (28 min <T<65 min)
Media	1.00	0.91	0.96	0.94
Desviación Estándar	0.21	0.15	0.19	0.19
n	41	37	38	39
Coefficiente de Variación	22%	16%	20%	20%

Fuente: Propia

Las productividades promedio correspondientes a los distintos cuartiles de tiempo de viaje oscilan entre 91 % y 100 %. Los cuartiles Q1 (<14 min) y Q3 (19–28 min) presentan las

productividades más altas (100 % y 96 %, respectivamente), mientras que conforme el tiempo de viaje aumenta, se observa una ligera tendencia a la disminución de la productividad.

En cuanto a la variabilidad, los coeficientes de variación se mantienen dentro de un rango estable (20 %–22 %), a excepción del cuartil Q2, que muestra la menor variación (16 %), aunque coincide con la productividad más baja del conjunto (91 %).

Se muestra a continuación en la tabla 39, los resultados de la prueba de Análisis de Varianza de un factor, para comparar las medias de productividad entre cada rango de tiempos de viaje definidos.

**Tabla 39. Prueba de análisis de varianza para comparar medias de productividad de tiempos de viaje definidos**

ANÁLISIS DE VARIANZA						
<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	0.15023916	3	0.0500797	1.4128272	0.24127759	2.6645042
Dentro de los grupos	5.35241503	151	0.0354465			
Total	5.50265419	154				

Fuente: Propia

Para esta variable se estableció un nivel de significancia del 5% ( $\alpha = 0.05$ ). Dado que el estadístico F (1.412) es menor que el valor crítico F (2.664), y el valor p (0.241) resulta superior al nivel de significancia definido ( $\alpha = 0.05$ ), se concluye que no existe evidencia estadísticamente significativa de que el tiempo de viaje que toma realizar las recolecciones influye en la productividad del sistema de transporte

Esto sugiere que las variaciones observadas en productividad no dependen directamente de la duración del recorrido, sino posiblemente de otros factores operativos, como la planificación de las rutas, la secuencia de recolección o las condiciones del tráfico.

Aun así, esta evidencia refuerza la importancia de optimizar la asignación de rutas para equilibrar las distancias y tiempos de viaje, evitando concentrar trayectos extensos en un mismo turno y promoviendo una distribución más uniforme de la carga operativa. Mantener este equilibrio contribuiría a preservar niveles de productividad altos y estables, al tiempo que se

mejora la productividad del sistema de transporte de muestras clínicas.

#### 4.2.1.6 VARIABLE TIEMPO DE SERVICIO

Respecto a la variable tiempo de servicio, se calcularon cuartiles para poder agrupar los datos registrados de tiempos para cada uno de los escenarios estudiados.

A continuación, en la Tabla 40, se presentan los límites establecidos para cada grupo de datos, definidos a partir de los cuartiles calculados de la variable tiempo de servicio.

**Tabla 40. Límites establecidos de la variable tiempo de servicio**

Número de Cuartil	Límite de Cuartil
Q1	00:11:00
Q2	00:14:00
Q3	00:20:00
Q4	00:49:00

Fuente: Propia

Los grupos se estructuraron de la siguiente manera: Q1, conformado por las productividades correspondientes a escenarios con tiempos de servicio menores o iguales a 11 min. Q2, integrado por escenarios en los que el tiempo de servicio se encuentra entre 11 min y 14 min. Q3, que agrupa las productividades registradas en escenarios con tiempo de servicio entre 14 min y 20 min. Finalmente, Q4, compuesto por los escenarios con tiempos de servicio entre 20 min y 49 min.

Esta clasificación permitió organizar la información en intervalos homogéneos, facilitando la comparación entre grupos y el análisis de la posible influencia de los procedimientos internos de cada laboratorio referido referente al despacho de muestras, sobre la productividad mediante la aplicación del ANOVA de un factor.

Se presenta a continuación en la tabla 41, los resultados de productividad para cada una de los intervalos de tiempo de servicio definidos:

**Tabla 41. Resultados de productividad de intervalos tiempo de servicio**

<b>Tiempo de</b>	<b>Q1 (T&lt;11 min)</b>	<b>Q2 (11 min&lt;T&lt;14)</b>	<b>Q3 (14 min&lt;T&lt;20)</b>	<b>Q4 (20 min&lt;T&lt;49 min)</b>
Media	0.99	1.01	0.90	0.91
Desviación estándar	0.22	0.17	0.15	0.18
n	47	34	36	38
Coefficiente de Variación	22%	17%	17%	20%

Fuente: Propia

Las productividades promedio entre los cuartiles definidos oscilan entre el 90 % y el 101 %. Los cuartiles Q1 y Q2 presentan los valores más altos (99% y 101%), mientras que los cuartiles Q3 y Q4, registran la menor productividad promedio del conjunto (90% y 91%).

En cuanto la variación, se puede observar que el cuartil Q1, correspondiente al grupo de escenarios con el menor tiempo de servicio en los laboratorios, presenta el valor más alto (22%). De igual manera el cuartil Q4, correspondiente al grupo de escenarios con mayor tiempo de servicio, presentan la segunda variación más alta (20%). Siendo los cuartiles Q2 y Q3, correspondientes a tiempos intermedios los que presentan la menor variación (17%).

Se muestra a continuación en la tabla 42, los resultados de la prueba de Análisis de Varianza de un factor, para comparar las medias de productividad entre cada rango de tiempos de servicio definidos.

**Tabla 42. Comparación de productividad entre rango de tiempos de servicio**

ANÁLISIS DE VARIANZA						
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	0.3611346	3	0.120378198	3.535357128	0.01630142	2.66450415
Dentro de los grupos	5.1415196	151	0.034049799			
Total	5.50265419	154				

Fuente: Propia

Para esta variable se estableció un nivel de significancia del 5% ( $\alpha = 0.05$ ). Dado que el estadístico F (3.535) es mayor que el valor crítico F (2.664), y el valor p (0.016) resulta inferior al nivel de significancia definido ( $\alpha = 0.05$ ), se concluye que existe evidencia estadísticamente significativa de que el tiempo de servicio registrado en los laboratorios en donde se realizan las recolecciones influye en la productividad del sistema de transporte.

Los resultados obtenidos demuestran que el tiempo de servicio en los laboratorios tiene un impacto estadísticamente significativo en la productividad del sistema de transporte de muestras clínicas. Se observa que las mayores productividades promedio corresponden a los escenarios con tiempos de servicio más cortos, mientras que los intervalos de servicio más prolongados se asocian con una reducción notable en la eficiencia. Este comportamiento evidencia que los retrasos en la atención o entrega dentro de los laboratorios repercuten directamente en el cumplimiento de las rutas y en la eficiencia global del sistema,

Además, los mayores coeficientes de variación en los extremos del rango, sugieren una mayor inestabilidad operativa en condiciones de servicio muy cortas o excesivamente largas. Por tanto, los hallazgos refuerzan la necesidad de optimizar los tiempos de recepción de muestras en los laboratorios, mediante la coordinación entre personal operativo y administrativo, a fin de minimizar esperas, homogenizar los procesos y sostener niveles de productividad elevados en el sistema logístico.

#### 4.2.1.7 VARIABLE CANTIDAD DE LABORATORIOS

Respecto a la variable cantidad de laboratorios, se calcularon cuartiles para poder agrupar los datos registrados de tiempos para cada uno de los escenarios estudiados.

A continuación, en la Tabla 43, se presentan los límites establecidos para cada grupo de datos, definidos a partir de los cuartiles calculados de la variable cantidad de laboratorios.

**Tabla 43. Límites establecidos de variable cantidad de laboratorios.**

Número de Cuartil	Límites de Cuartil
Q1	2
Q2	3
Q3	4
Q4	6

Fuente: Propia

Los grupos se estructuraron de la siguiente manera: Q1, conformado por las productividades correspondientes a escenarios con cantidad de laboratorios visitados menores o iguales a 2 laboratorios. Q2, integrado por escenarios en los que las cantidades de laboratorios visitados se encuentra entre 2 y 3 laboratorios. Q3, que agrupa las productividades registradas en escenarios con cantidad de laboratorios visitados entre 3 y 4 laboratorios, y por último Q4, agrupa las productividades registradas para escenarios visitados entre 4 y 6 laboratorios.

Esta clasificación permitió organizar la información en intervalos homogéneos según la cantidad de laboratorios visitados por ciclo, facilitando la comparación entre grupos y el análisis de la posible influencia de la extensión de las rutas y el número de puntos de recolección sobre la productividad del sistema.

Se presenta a continuación en la tabla 44, los resultados de productividad para cada una de los intervalos de tiempo de servicio definidos:

**Tabla 44. Resultados de productividad de tiempo de servicio definidos**

<b>Cantidad de laboratorios</b>	<b>Q1 (<math>&lt;N \leq 2</math>)</b>	<b>Q2 (<math>2 &lt; N \leq 3</math>)</b>	<b>Q3 (<math>3 &lt; N \leq 4</math>)</b>	<b>Q4 (<math>4 &lt; N \leq 6</math>)</b>
Media	0.96	0.92	0.89	1.07
Desviación estándar	0.20	0.15	0.22	0.22
n	76	46	22	11
Coefficiente de Variación	20%	16%	25%	20%

Fuente: Propia

Las productividades promedio correspondientes a los cuartiles definidos oscilan entre 89 % y 107 %. Los escenarios agrupados en los cuartiles Q1 y Q2 presentan los valores más altos de productividad (96 % y 107 %), en contraste con los cuartiles Q3 y Q4, cuyos promedios son inferiores (92 % y 89 %).

En cuanto al grado de variación, no se observa un comportamiento uniforme a medida que aumenta el número de laboratorios visitados, evidenciándose una tendencia irregular, con fluctuaciones entre valores altos y bajos de variabilidad, lo que sugiere que la cantidad de laboratorios por recorrido no sigue una relación lineal con la productividad del sistema.

Se muestra a continuación en la tabla 45, los resultados de la prueba de Análisis de Varianza de un factor, para comparar las medias de productividad entre cada rango de cantidad de laboratorios a visitar.

**Tabla 45. Comparación de productividad entre cantidad de laboratorios a visitar.**

ANÁLISIS DE VARIANZA						
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	0.13508722	3	0.0450291	1.26675457	0.2879131	2.664504
Dentro de los grupos	5.36756698	151	0.0355468			
Total	5.50265419	154				

Fuente: Propia

Para esta variable se estableció un nivel de significancia del 5% ( $\alpha = 0.05$ ). Dado que el estadístico F (1.266) es menor que el valor crítico F (2.664), y el valor p (0.287) resulta superior al nivel de significancia definido ( $\alpha = 0.05$ ), se concluye que no existe evidencia estadísticamente significativa de que la cantidad de laboratorios visitados influye en la productividad del sistema de transporte.

En consecuencia, los resultados del análisis indican que la cantidad de laboratorios visitados no ejerce una influencia estadísticamente significativa sobre la productividad del sistema de transporte de muestras clínicas. Si bien se observa una tendencia general de disminución en la productividad promedio conforme aumenta el número de laboratorios en la ruta, esta variación no resulta consistente ni significativa desde el punto de vista estadístico.

Asimismo, la irregularidad en los coeficientes de variación sugiere que factores adicionales, como la ubicación geográfica de los laboratorios, los tiempos de espera y la eficiencia en la planificación de las rutas, podrían tener un mayor impacto en la productividad global. En este sentido, los hallazgos refuerzan la importancia de optimizar la distribución de los puntos de recolección priorizando la secuencia lógica de las rutas y la coordinación operativa, más que el número total de laboratorios visitados, con el fin de mantener un equilibrio entre cobertura, tiempos de servicio y eficiencia operativa.

#### 4.2.1.8 PRUEBA TUKEY-KRAMER PARA RESULTADOS QUE FUERON SIGNIFICATIVOS

A continuación, se presentan los resultados de la prueba de Tukey-Kramer, aplicada a las variables que mostraron diferencias estadísticamente significativas según el análisis de varianza de un factor (ANOVA). Este procedimiento se realizó con el propósito de identificar con mayor

precisión qué segmentos o subgrupos dentro de cada variable presentan las diferencias más relevantes, y así determinar qué factores ejercen una influencia más marcada sobre la productividad del sistema de transporte.

#### 4.2.1.8.1 PRUEBA TUKEY KRAMER PARA VARIABLE TIPO DE VEHÍCULO

A continuación, en la Tabla 46, se presenta la comparación entre las diferencias de medias de las categorías de cada variable y la diferencia crítica determinada por la prueba de Tukey-Kramer, con el fin de identificar cuáles contrastes entre grupos resultan estadísticamente significativos.

**Tabla 46. Prueba para variable tipo de vehículo**

Prueba Tukey-Kramer		MSW	0.0345215	Q <sub>criti</sub>	3.314
i	j	Media <sub>i</sub> -Media <sub>j</sub>	Error estándar de diferencias (SE i-j)	Diferencia Crítica (CD i-j)	Significancia
BCL2226	BDG0609	0.083002712	0.02217071	0.07347372	Sí
BCL2226	JCI6936	0.009367978	0.04849263	0.16070456	No
BDG0609	JCI6936	0.09237069	0.0495499	0.16420838	No

Fuente: propia

De acuerdo con los resultados obtenidos, se observa que, para la variable “Tipo de vehículo”, existe una diferencia estadísticamente significativa entre las productividades promedio de las motocicletas con número de placa BCL2226 y BDG0609, según lo evidenciado por la prueba de Tukey-Kramer. Esta diferencia sugiere que el desempeño operativo del vehículo BCL2226 es superior, lo cual podría estar influenciado por factores como un mejor estado mecánico, una mayor frecuencia de mantenimiento preventivo, o una asignación de rutas más favorables en términos de distancia, tráfico y condiciones del terreno. Asimismo, el factor humano podría tener un papel relevante, considerando que la experiencia y el estilo de conducción del operador asignado inciden directamente en la eficiencia del recorrido y el cumplimiento de los tiempos de entrega.

En conjunto, estos hallazgos refuerzan la necesidad de mantener programas de

mantenimiento técnico estandarizados y de asignar los vehículos considerando tanto las condiciones de las rutas como las competencias del conductor, con el fin de maximizar la productividad y asegurar la sostenibilidad operativa del sistema de transporte de muestras clínicas.

#### 4.2.1.8.2 PRUEBA TUKEY KRAMER PARA VARIABLE CONDICIONES AMBIENTALES

A continuación, en la Tabla 47, se presenta la comparación entre las diferencias de medias de los subgrupos de cada variable y la diferencia crítica determinada por la prueba de Tukey-Kramer, con el fin de identificar cuáles contrastes entre grupos resultan estadísticamente significativos.

**Tabla 47. Prueba para variable condiciones ambientales**

Tukey-Kramer		MSW	0.0347909	Qcrti	3.24
i	j	Mediai-Mediaj	Error estándar de diferencias (SE i-j)	Diferencia Crítica (CD i-j)	Significancia
Q1	Q2	0.0383141	0.02968035	0.09616434	No
Q1	Q3	0.0569527	0.03008377	0.09747143	No
Q1	Q4	0.05604487	0.02968035	0.09616434	No
Q2	Q3	0.09526681	0.03026854	0.09807006	No
Q2	Q4	0.09435897	0.02986761	0.09677106	No
Q3	Q4	0.00090783	0.03026854	0.09807006	No

Fuente: Propia

Según los resultados obtenidos, a nivel global existe evidencia de un efecto de la temperatura sobre la productividad, pero las diferencias entre pares específicos de intervalos no son estadísticamente significativas, lo que indica que el efecto puede ser leve o distribuido de manera homogénea entre los distintos rangos de temperatura.

#### 4.2.1.8.3 PRUEBA TUKEY KRAMER PARA VARIABLE TEMPO DE SERVICIO

A continuación, en la Tabla 48, se presenta la comparación entre las diferencias de medias de los subgrupos de cada variable y la diferencia crítica determinada por la prueba de Tukey-Kramer, con el fin de identificar cuáles contrastes entre grupos resultan estadísticamente significativos.

**Tabla 48. Prueba para variable tiempo de servicio**

Tukey-Kramer		MSW	0.034049799	Qcrti	3.633
i	j	Mediai-Mediaj	Error estándar de diferencias (SE i-j)	Diferencia Crítica (CD i-j)	Significancia
Q1	Q2	0.019230288	0.029376253	0.10672393	No
Q1	Q3	0.095508274	0.028898889	0.10498966	No
Q1	Q4	0.078695409	0.028464988	0.1034133	No
Q2	Q3	0.114738562	0.031203304	0.1133616	Sí
Q2	Q4	0.097925697	0.030801883	0.11190324	No
Q3	Q4	0.016812865	0.030346953	0.11025048	No

Fuente: Propia

De acuerdo a los resultados observados, se confirmó que la diferencia entre los cuartiles Q2 y Q3 es estadísticamente significativa, lo cual indica que la transición de tiempos de servicio cortos ( $\leq 14$  minutos) hacia tiempos intermedios o prolongados ( $\geq 14$  minutos) marca un punto de inflexión en la eficiencia del transporte. En otras palabras, cuando el tiempo de atención en los laboratorios supera los 14 minutos, se produce una disminución estadísticamente comprobable en la productividad.

En síntesis, se puede argumentar que las variables competencia del conductor, tipo de vehículo, tiempo de servicio y, en menor medida, las condiciones ambientales, afectan de forma significativa y en algunos casos negativamente, la productividad del sistema de transporte, especialmente al comparar determinadas categorías o subgrupos dentro de cada variable, según lo evidenciado en las pruebas de ANOVA de un factor y Tukey-Kramer.

Por el contrario, las variables ventana horaria disponible, tiempo de viaje y cantidad de laboratorios visitados no mostraron diferencias estadísticamente significativas, lo que indica que no ejercen un efecto relevante, ni positivo ni negativo, sobre la productividad global del sistema de transporte de muestras clínicas del Laboratorio Bueso Arias.

#### 4.2.2 OBJETIVO ESPECÍFICO #2.

Este objetivo específico se planteó como: Desarrollar alternativas que permitan incrementar la productividad del sistema de transporte de muestras clínicas.

Para su cumplimiento, se tomaron en cuenta las variables que presentaron significancia estadística relevante en el estudio, con el propósito de identificar y proponer acciones orientadas a mejorar la eficiencia y el desempeño del sistema de transporte.

Se describe a continuación el planteamiento de dichas alternativas enfocándose en cada variable:

#### 4.2.2.1 ALTERNATIVA BASADA EN DESARROLLO DE VARIABLE COMPETENCIA DE CONDUCTOR

De acuerdo con los resultados del análisis de varianza (ANOVA) y la prueba de Tukey-Kramer, la competencia del conductor mostró una influencia estadísticamente significativa sobre la productividad del sistema de transporte. Las diferencias observadas entre conductores reflejan que la experiencia, la capacitación técnica y el conocimiento de las rutas son factores determinantes en el cumplimiento eficiente de las recolecciones.

Como alternativa, se propone implementar un programa de fortalecimiento de competencias, que incluya capacitaciones periódicas en conducción segura, gestión del tiempo, atención al cliente interno y manejo de muestras biológicas, así como un sistema de evaluación del desempeño operativo. Este programa permitirá homogeneizar las habilidades del personal de transporte, reducir errores y optimizar los tiempos de desplazamiento y entrega. Complementariamente, se sugiere establecer rutas de aprendizaje escalonadas, donde conductores con mayor experiencia actúen como mentores operativos, promoviendo la transmisión de buenas prácticas y el desarrollo continuo del equipo.

La dinámica de asignación de tutores experimentados para la capacitación en rutas de transporte de muestras destinadas a laboratorios referidos se propone considerando la participación temporal de conductores provenientes de otras áreas o rutas, como el servicio de toma de muestras a domicilio o el transporte desde sucursales propias del Laboratorio Bueso Arias, las cuales presentan menor complejidad operativa, dado que cuentan con horarios fijos y ubicaciones únicas.

De esta manera, un conductor asignado habitualmente a rutas fijas podrá integrarse al proceso de inducción en rutas de laboratorios referidos, acompañando a un conductor con mayor experiencia, mientras otro colaborador cubre su ruta nominal durante el período de entrenamiento. En caso de no disponer de personal interno, esta cobertura podrá realizarse mediante la subcontratación temporal de transporte tercerizado, una práctica ya implementada por la institución, principalmente para el servicio de toma de muestras a domicilio y, en menor medida, para sucursales auxiliares.

Este proceso deberá mantenerse de forma continua, permitiendo la actualización del personal ante la incorporación de nuevos laboratorios referidos en la cartera de clientes.

El costo asociado a la subcontratación temporal se detallará en el siguiente objetivo, para evaluar su viabilidad económica y relación beneficio–costo dentro del plan de mejora propuesto.

#### 4.2.2.2 ALTERNATIVA BASADA EN DESARROLLO DE VARIABLE TIPO DE VEHÍCULO

La variable tipo de vehículo también presentó diferencias estadísticamente significativas en relación con la productividad, especialmente entre motocicletas con diferentes condiciones mecánicas o asignaciones de ruta. Los resultados permiten plantear que un factor es realizar el mantenimiento preventivo regular y adecuada correspondiente entre vehículo y recorrido presentan mejores niveles de desempeño.

En consecuencia, se plantea como alternativa la implementación de un plan integral de mantenimiento preventivo y correctivo, basado en un calendario de inspecciones técnicas estandarizadas. Este plan debe incluir la evaluación de desempeño mecánico por kilometraje, control de consumo de combustible y monitoreo de incidencias mediante un registro digital. Asimismo, se recomienda asignar los vehículos considerando el tipo de recorrido, distancia promedio, condiciones del terreno y experiencia del conductor, para maximizar la eficiencia operativa y minimizar el riesgo de fallas mecánicas durante las rutas.

Adicionalmente, el plan de mantenimiento propone la contratación de un mecánico de planta que asuma las funciones de inspección, mantenimiento preventivo y correctivo de la flota de motocicletas, con el fin de garantizar una atención más oportuna y un tiempo de respuesta reducido ante eventuales fallas mecánicas. Esta medida permitiría mantener un mayor control operativo, mediante la verificación diaria del estado de las unidades y la programación sistemática de mantenimientos preventivos conforme al kilometraje o tiempo de uso.

Asimismo, se plantea implementar un sistema electrónico de seguimiento y control de motocicletas, para registrar el historial de cada vehículo, incluyendo costos de mantenimiento, rendimiento de combustible, frecuencia de fallas y tiempos de inactividad, facilitando la toma de decisiones basada en datos y la planificación eficiente de recursos técnicos. El impacto financiero asociado a la incorporación del nuevo colaborador será evaluado en el siguiente objetivo, contrastando su costo con los beneficios derivados de la continuidad

ininterrumpida del servicio de transporte de muestras, la reducción de fallas imprevistas y la mayor eficiencia operativa del sistema.

#### 4.2.2.3 ALTERNATIVA BASADA EN DESARROLLO DE VARIABLE CONDICIONES AMBIENTALES

El análisis estadístico evidenció que las condiciones ambientales, particularmente la temperatura ambiental, tienen un efecto significativo sobre la productividad, aunque de manera moderada. Se observó una tendencia a mayor eficiencia en rangos térmicos más altos, lo que sugiere que las condiciones climáticas influyen en la estabilidad del medio térmico y en el rendimiento operativo del personal.

Por lo tanto, se propone la implementación de un sistema de monitoreo y registro de condiciones ambientales en tiempo real, incorporado al control de rutas. Este sistema permitiría ajustar los tiempos de salida, la duración de las paradas y la priorización de recolecciones según la temperatura o la lluvia, reduciendo riesgos operativos. Adicionalmente, se recomienda fortalecer la protección térmica de las hieleras de transporte, inclusive de ser posible se podría implementar hieleras con control automático de temperatura, además de proveer equipamiento adecuado al personal (impermeables, guantes térmicos, protectores solares, etc.), garantizando la conservación de las muestras y la seguridad del conductor bajo diferentes escenarios climáticos.

Un factor implícito pero relevante que influye en el tiempo de viaje y, por consiguiente, en la productividad del sistema de transporte, es el tiempo destinado a la preparación y acondicionamiento térmico de las hieleras utilizadas para el traslado de muestras. A medida que aumenta la temperatura ambiental, los conductores deben ajustar manualmente las condiciones internas de las hieleras, empleando más tiempo para alcanzar y mantener la temperatura óptima de conservación. Este proceso, aunque necesario para garantizar la integridad de las muestras biológicas, implica un consumo acumulativo de tiempo operativo que, al repetirse en cada jornada, puede generar una reducción significativa en la productividad general del sistema.

Por ello, se plantea como alternativa la implementación de sistemas de regulación automática de temperatura en las unidades de transporte o en las hieleras térmicas inteligentes, capaces de mantener de forma continua el rango térmico adecuado sin requerir ajustes manuales. Esta innovación permitiría reducir los tiempos de preparación previos a la ruta, mejorar la eficiencia logística y optimizar el control de calidad en el transporte de muestras clínicas,

asegurando tanto la trazabilidad del proceso como la constancia de la cadena de frío.

#### 4.2.2.4 ALTERNATIVA BASADA EN DESARROLLO DE VARIABLE TIEMPO DE SERVICIO

Los resultados del ANOVA y la prueba de Tukey-Kramer confirmaron que el tiempo de servicio en los laboratorios influye significativamente en la productividad, evidenciándose una reducción del rendimiento cuando los tiempos de atención superan los 14 minutos. Este hallazgo refleja que los retrasos en la recepción de muestras constituyen un cuello de botella dentro del proceso logístico.

En función de ello, se propone establecer protocolos estandarizados de atención en los puntos de recolección, con tiempos máximos definidos para recepción y entrega, además de capacitar al personal de los laboratorios referidos en la gestión eficiente del flujo de muestras.

Para complementar los protocolos estandarizados de atención en los laboratorios y fortalecer la coordinación operativa entre el personal y los transportistas, se propone la implementación de un sistema digital de gestión y comunicación en tiempo real.

Este sistema sería desarrollado bajo una aplicación compatible con dispositivos móviles y computadoras, que permita la interacción directa entre los laboratorios referidos y los conductores encargados de las recolecciones.

Dicha herramienta facilitaría la notificación inmediata de la disponibilidad de muestras, la confirmación de llegada del transportista y la actualización automática del estado de cada recolección, contribuyendo a una mayor precisión en los tiempos de respuesta y coordinación logística.

Además, la aplicación permitiría optimizar el aprovechamiento del tiempo de los conductores, reduciendo períodos de espera innecesarios y mejorando la planificación dinámica de las rutas, al priorizar aquellas solicitudes que estén listas para ser retiradas.

Complementariamente, el sistema podría integrarse con un módulo de registro histórico, donde se almacenen datos sobre horarios de recolección, tiempos de entrega y eventos logísticos, fortaleciendo la trazabilidad del proceso y proporcionando información clave para la toma de decisiones estratégicas orientadas a la mejora continua de la productividad.

### 4.2.3 OBJETIVO ESPECÍFICO #3.

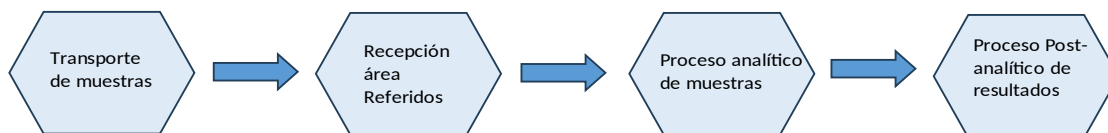
Este objetivo específico se formuló como: “Analizar la relación beneficio–costo de las variables operativas del sistema de transporte de muestras clínicas.”

El presente análisis tiene como objetivo establecer una relación beneficio–costo debido a las potenciales mejoras de la productividad en el sistema de transporte de muestras clínicas. Para ello, se parte del supuesto de que en los escenarios donde la productividad observada no alcanzó el 100%, el sistema incurrió en un tiempo adicional de transporte que pudo haberse evitado. Bajo esta premisa, se estima el beneficio potencial como el número de minutos que se habrían ahorrado si cada escenario hubiera alcanzado una productividad óptima, tomando como referencia el tiempo total real registrado frente al tiempo ideal esperado. Este enfoque permite cuantificar con objetividad las pérdidas de eficiencia asociadas a las variables analizadas y proyectar el impacto real de las alternativas de mejora.

Una vez determinado el ahorro de tiempo por escenario, y contando con el total de minutos que podrían recuperarse si todos los escenarios operaran al 100% de productividad, se procede a consolidar dicho beneficio en términos globales. Este acumulado representa la magnitud del impacto operativo que tendría la implementación de las alternativas propuestas y constituye la base para comparar, el retorno que dichas mejoras podrían generar. El beneficio, expresado en minutos ahorrados, refleja directamente la reducción del tiempo total de transporte y, por ende, la optimización del flujo logístico desde la recolección hasta la entrega final de muestras.

Para completar la relación beneficio–costo, el costo por minuto se relacionará al costo operativo total de las áreas involucradas en el proceso completo de manejo de muestras: transporte, recepción de referidos, proceso analítico y post-analítico.

Se presenta a continuación en la figura 37, un diagrama secuencial de las áreas relacionados a la cadena de valor del tratamiento de las muestras.



**Figura 37. Diagrama secuencial de áreas a la cadena de valor**

Fuente: Propia

Sobre esta combinación se reflejará el costo integral de cada minuto que una muestra permanece en el sistema, considerando recursos humanos, infraestructura, tiempos de servicio y cargas de trabajo. De este modo, la relación beneficio–costo obtenido permitirá determinar si la reducción de tiempo lograda por la implementación de las variables de mejora justifica la inversión requerida, proporcionando una herramienta objetiva para la toma de decisiones estratégicas orientadas a elevar la productividad del sistema.

A continuación, en la tabla 49, se presentan el tiempo improductivo total acumulado para los escenarios que presentaron productividades menores a 100% en los 4 meses analizados, y adicionalmente el tiempo improductivo mensual estimado.

**Tabla 49. Tiempo improductivo acumulado**

<b>Tiempo improductivo total en el estudio (hh:mm)</b>	10:21
<b>Tiempo improductivo/mes (hh:mm)</b>	02:35

Fuente: Propia

Se presenta a continuación en la tabla 50 el detalle del costo operativo por minuto de cada una de las áreas involucrados en la cadena de valor posterior al proceso de transporte, en un período de 9 meses (enero a septiembre 2025). Estos datos fueron suministrados de los módulos contables del sistema SAP según licencias otorgadas a Laboratorio Bueso Arias.

**Tabla 50. Costo operativo por minuto de cada una de las áreas involucrados en la cadena de valor**

<b>Proceso</b>	<b>Costo operativo acumulado de Enero a Septiembre 2025 (lps)</b>	<b>Costo operativo mensual (lps)</b>	<b>Costo operativo por minuto (lps/min)</b>
<b>Atención a clientes Referidos</b>	1,438,099.00	159,788.78	16.64
<b>Transporte</b>	6,355,145.00	706,127.22	73.55
<b>Proceso analítico</b>	13,057,327.00	1,450,814.11	151.13
<b>Proceso Post analítico</b>	2,900,457.00	322,273.00	33.57
		<b>Total</b>	<b>274.90</b>

Fuente: propia

En la Tabla 51 se presenta el ahorro potencial derivado del aprovechamiento eficiente del

tiempo en todas las áreas que intervienen en la cadena de valor, bajo el supuesto de que no ocurran atrasos en el transporte que provoquen demoras subsecuentes en los procesos posteriores. Proyectando el valor de ahorro potencial a un período de un año fiscal (12 meses).

**Tabla 51. Ahorro potencial derivado del aprovechamiento eficiente**

Descripción	Valores
Tiempo improductivo (min/mes)	155.00
Costo operativo mensual (lps/min)	274.90
Ahorro potencial por aprovechamiento de tiempo mensual (lps/mes)	42,609.50
Ahorro potencial por aprovechamiento de tiempo anual (lps/año)	<b>511,314.00</b>

Fuente: Propia

El análisis conjunto del tiempo improductivo acumulado y del costo operativo por minuto de todas las áreas involucradas evidencia que cada minuto de atraso en el transporte genera un efecto en cadena que impacta la recepción de referidos, el proceso analítico y el post-analítico. Esto implica que los minutos perdidos no solo representan ineficiencia logística, sino también un costo real para toda la operación. Al disponer ahora de la cuantificación precisa de esos minutos improductivos y del costo promedio por minuto que representan, es posible estimar el beneficio económico potencial que se obtendría si la productividad alcanzara niveles óptimos. Este beneficio constituye la base para comparar, de forma objetiva, si las alternativas de mejora propuestas generan un retorno suficiente frente a su costo de implementación, dando paso al análisis de la relación beneficio-costo para cada una de ellas.

#### 4.2.3.1 RELACIÓN BENEFICIO–COSTO DE LA ALTERNATIVA 1: PROGRAMA DE INDUCCIÓN OPERATIVA POR TUTORES EXPERIMENTADOS

La Alternativa 1, orientada al fortalecimiento de la competencia del conductor, propone la implementación de un programa de inducción operativa en el cual los conductores con menor experiencia en rutas de laboratorios referidos reciban entrenamiento directo por parte de conductores experimentados.

Este proceso permitirá homogeneizar las competencias operativas, mejorar la capacidad de

respuesta ante eventualidades y asegurar que, en caso de relevo o sustitución temporal, no se produzcan disminuciones significativas en la productividad del sistema de transporte.

El programa de inducción se plantea con una frecuencia de una semana por mes, en la que cada transportista participará en jornadas de acompañamiento con un conductor tutor designado. Durante este período, el conductor en entrenamiento dejará temporalmente su ruta nominal, la cual será cubierta mediante subcontratación de transporte externo (servicio de taxi), tal como se realiza actualmente en los casos de apoyo a servicios de toma de muestras a domicilio.

Por tanto, la relación beneficio–costo de esta alternativa se evaluará comparando el costo promedio anual proyectando los costos mensuales indicados a un año fiscal (12 meses) de subcontratación del servicio de taxi, utilizado para cubrir la ausencia del conductor en inducción, cuyo valor se detalla en la tabla 52, con los beneficios esperados en términos de mejora de productividad y reducción de tiempos operativos asociados a la falta de personal entrenado para rutas críticas.

**Tabla 52. Beneficio-costo subcontratación de taxi**

	LPS/semana
<b>Costo de subcontratación de servicio de taxi</b>	7,900.00

Fuente: Propia

El costo promedio semanal por la subcontratación del servicio de taxi se encuentra documentado en el formato ROMT60-A, cuyo detalle se presenta a continuación en la Figura 37.

LABORATORIO BUESO ARIAS  
COMUNICACION INTERNA, XELENIA  
Formate para Control de uso de Transporte (Taxi)  
Codigo: BDMTSD-A/Revision: 2

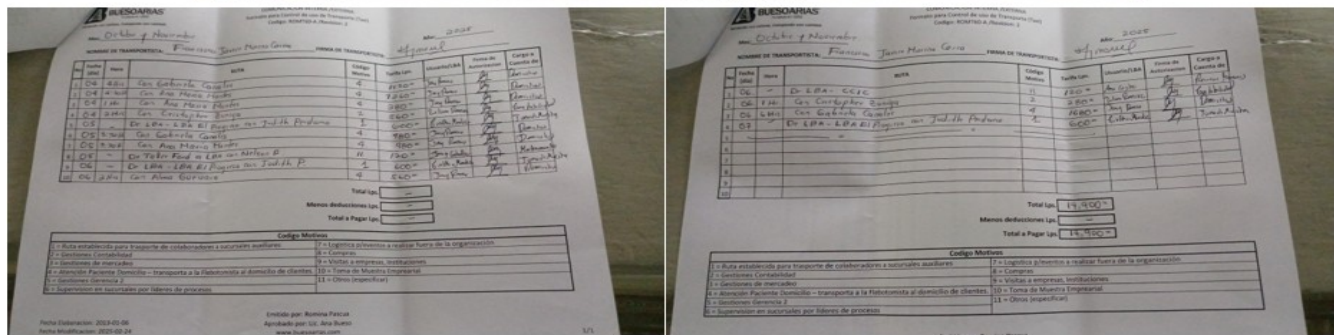
Octubre y Noviembre  
Año: 2025

NUMERO DE TRANSPORTISTA: FRANCISCO JAVIER MORO GOMEZ FIRMA DE TRANSPORTISTA: *[Firma]*

No.	Fecha (día)	Nombre	RUTA	Código Motivos	Tarifa Lps.	Usuario/LBA	Forma de Autorización	Cargo a Cuenta de	
1	30	-	De Lomas del Caimito a LBA con Martín P 4:10 AM	10	300	Sandra Torres	[Firma]	SEES	
2	31	24H	Con Christopher Zuniga	2	560	Christopher Zuniga	[Firma]	Contabilidad	
3	01	24H	Con Gabriela Concha	4	840	José Benito	[Firma]	Contabilidad	
4	01	14H 30	Con Christopher Zuniga	3	420	Christopher Zuniga	[Firma]	SEES	
5	03	-	De Lomas del Caimito a LBA con Martín P 9:10 AM	10	300	Sandra Torres	[Firma]	Toma de Muestra	
6	03	-	De LBA - LBA El Playazo con Judith Pardo	1	600	Christopher Zuniga	[Firma]	SEES	
7	03	14H	Con Ana María Morúa	4	380	José Benito	[Firma]	Contabilidad	
8	03	3:30H	Con Gabriela Concha	4	980	José Benito	[Firma]	Contabilidad	
9	03	14H	Con Christopher Zuniga	2	280	José Benito	[Firma]	Contabilidad	
10	04	-	De LBA - LBA El Playazo con Judith Pardo	1	600	Sandra Torres	[Firma]	Toma de Muestra	
Total Lps.					-				
Menos deducciones Lps.					-				
Total a Pagar Lps.					-				

**Código Motivos**

1 = Ruta establecida para transporte de colaboradores a sucursales auxiliares	7 = Logística p/ eventos a realizar fuera de la organización
2 = Gestiones Contabilidad	8 = Compras
3 = Gestiones de mercadeo	9 = Visitas a empresas, instituciones
4 = Atención Paciente Domicilio - transporta a la Flebotomista al domicilio de clientes	10 = Toma de Muestra Empreal
5 = Gestiones Gerencia 2	11 = Otros (especificar)



**Figura 38. Costo promedio semanal por la subcontratación del servicio de taxi**

Fuente: Registros Laboratorio Bueso Arias (2025)

A continuación, se muestra en la tabla 53, el cálculo del índice Beneficio-Costo, para la alternativa propuesta, considerando el beneficio de tiempo aprovechable debido al aumento en la productividad del sistema de transporte, proyectado a 1 año fiscal (12 meses)

**Tabla 53. Cálculo del índice Beneficio-Costo**

	Escenario de implementación de alternativa
<b>Ahorro potencial por aprovechamiento de tiempo (lps/año)</b>	511,314.00
<b>Costo de subcontratación de servicio de taxi (lps/año)</b>	94,800.00
<b>Índice Beneficio-Costo (B/C)</b>	<b>5.39</b>

Fuente: Propia

Con base en el beneficio económico estimado a partir del tiempo aprovechable que se obtendría al mejorar la productividad del transporte, y considerando el costo de la subcontratación tercerizada mediante servicio de taxi, se calculó la relación beneficio-costos (B/C) para este escenario. Los resultados muestran un índice B/C de 5.39, lo que indica que por cada lempira destinado al servicio tercerizado se generarían beneficios equivalentes a 5.39

lempiras en tiempo operativo recuperado a lo largo de toda la cadena de valor. Este resultado evidencia que la contratación de un servicio externo de taxi no solo compensa ampliamente su costo, sino que constituye una alternativa financieramente atractiva y operativamente eficiente para reducir los atrasos, mejorar la continuidad del proceso y maximizar la productividad del sistema de transporte de muestras clínicas.

#### 4.2.3.2 RELACIÓN BENEFICIO–COSTO DE LA ALTERNATIVA 2: PLAN INTEGRAL DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y CORRECTIVO

La Alternativa 2 propone la creación e implementación de un plan integral de mantenimiento preventivo y correctivo para las motocicletas del sistema de transporte, con el fin de garantizar una mayor disponibilidad operativa, reducir los tiempos de inactividad por fallas mecánicas y optimizar el control técnico de cada unidad.

Para el análisis de relación beneficio–costo, se considerará como costo de implementación el salario anual estimado de un mecánico de planta, quien asumirá las funciones de inspección, mantenimiento y registro técnico de la flota.

Asimismo, dentro del análisis se incorporará el ahorro estimado en los costos actuales de mano de obra que el taller tercerizado cobra por mantenimiento preventivo y correctivo, ya que estas tareas serían absorbidas por el nuevo mecánico de planta.

De igual manera, se destaca que el seguimiento electrónico de las fichas de mantenimiento no generará costos adicionales, puesto que el laboratorio ya dispone de una plataforma digital capaz de crear y actualizar las fichas de control de cada motocicleta, permitiendo así un monitoreo permanente de costos, rendimiento y tiempos de servicio.

El balance final entre el costo del recurso humano, los ahorros operativos y los beneficios derivados de la reducción de fallas y aumento de productividad, permitirá estimar la viabilidad económica y el retorno esperado de esta alternativa.

A continuación, en la Tabla 54, se presenta el costo estimado por la contratación de un mecánico de planta, incluyendo su salario base y las cargas sociales correspondientes. Asimismo, se incorpora el ahorro promedio proyectado en mano de obra, derivado de la eliminación de los pagos actuales al taller tercerizado que realiza los mantenimientos preventivos y correctivos de

las motocicletas.

**Tabla 54. Costo estimado por la contratación de un mecánico de planta**

<b>Salario nominal mecánico de planta (lps)</b>	17,000.00
<b>Carga Fiscal (lps)</b>	2,040.00
<b>Sueldo Total (lps)</b>	<b>19,040.00</b>
<b>Costo mano de obra taller tercerizado (lps)</b>	
<b>Mes</b>	<b>Costo mano de obra taller tercerizado (lps)</b>
Enero	12,710.00
Febrero	10,350.00
Marzo	7,700.00
Abril	10,020.00
Mayo	8,450.00
Junio	12,200.00
Julio	29,950.00
Agosto	5,060.00
Septiembre	5,350.00
Octubre	11,970.00
<b>Costo promedio</b>	<b>10,185.00</b>

Fuente: Propia

Con los datos presentados en la tabla 54, se construye la tabla 55, con el cálculo de la relación Beneficio-Costo, para la alternativa propuesta, considerando el beneficio de tiempo aprovechable debido al aumento en la productividad del sistema de transporte. Se proyectarán los valores promedio mensuales a un período de 1 año fiscal (12 meses)

**Tabla 55. valores promedio mensuales a un período de 1 año fiscal**

	<b>Escenario de implementación de alternativa</b>
<b>Ahorro potencial por aprovechamiento de tiempo (lps/año)</b>	511,314.00
<b>Ahorro promedio anual de mano de obra realizada por taller tercerizado (lps/año)</b>	122,220.00
<b>Sueldo total mecánico de planta (lps/año)</b>	228,480.00
<b>Indice Beneficio-Costo (B/C)</b>	<b>2.77</b>

Fuente: Propia

En la Tabla 55 se presenta el resumen de la relación beneficio–costo correspondiente a la Alternativa 2: Contratación de un mecánico de planta para asumir el mantenimiento preventivo y

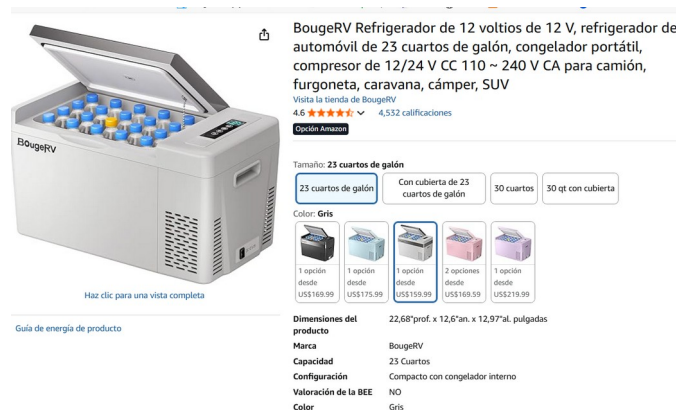
correctivo de la flota vehicular. Al comparar el costo anual de incorporar este recurso interno con los beneficios derivados tanto del ahorro en mano de obra actualmente pagada al taller tercerizado como del cumplimiento de los tiempos óptimos de transporte, producto de contar con vehículos en mejores condiciones mecánicas, se obtiene un índice beneficio–costo (B/C) de 2.77. Esto significa que por cada lempira invertido en la contratación del mecánico de planta se generarían 2.77 lempiras en beneficios operativos. Estos resultados confirman que esta alternativa es económicamente favorable, dado que el beneficio supera al costo de implementación y contribuye a mejorar la disponibilidad de la flota, reducir fallas imprevistas y fortalecer la continuidad operativa del sistema de transporte de muestras clínicas.

#### 4.2.3.3 RELACIÓN BENEFICIO–COSTO DE LA ALTERNATIVA 3: IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE MONITOREO Y REGISTRO DE CONDICIONES AMBIENTALES EN TIEMPO REAL

La Alternativa 3 plantea la implementación de un sistema de monitoreo y registro de condiciones ambientales en tiempo real, orientado a garantizar la estabilidad térmica durante el transporte de muestras clínicas y a reducir las variaciones que puedan afectar la calidad del material biológico.

El sistema estará conformado por hieleras equipadas con control automático de temperatura y sensores de medición, capaces de transmitir los datos térmicos en tiempo real hacia una plataforma digital de seguimiento. Esta innovación permitirá mantener la trazabilidad completa de la cadena de frío, disminuir el riesgo de pérdida o deterioro de muestras y optimizar los procesos de preparación previos a cada ruta.

Se muestra a continuación en la figura 39, una imagen del contenedor térmico propuesto



**Figura 39. Contenedor térmico propuesto**

Fuente: BougeRV (s.f)

Se muestra a continuación en la figura 40, una imagen de los dispositivos inalámbricos para seguimiento de temperatura en tiempo real

**1. Transmisor de Temperatura Inalámbrico LoRaWAN (Modelo TS302-915M)**

Dispositivo de medición de temperatura de alta precisión con conectividad LoRaWAN. Diseñado para entornos industriales y de laboratorio, permite transmisión de datos a larga distancia con bajo consumo energético.



**2. Sonda PT100 Tipo A (Modelo SP11 PN A03-050-150)**

SP11-A03-050-150 (Low Temperature Applications)	-200 °C ~ 50 °C	A	Typ. $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ (-175°C~50°C), $\pm 0.6^{\circ}\text{C}$ (-200°C~-175°C)	Straight tube, 304 Stainless Steel, $\Phi 4^{\circ}30$ mm, IP67	1.5 m, Teflon, -200 °C~290 °C	Cont
--	-----------------	---	--	---	-------------------------------	------

**Figura 40. Transmisor de temperatura inalámbrico**

Fuente: Milesight (s.f)

Se muestra a continuación en la tabla 56, el resumen de información de costos referente a este sistema de control y monitoreo de temperatura en tiempo real.

**Tabla 56. información de costos sistema de control y monitoreo de temperatura**

Descripción	Costo (lps)
Costo de transmisor de temperatura inalámbrico LoRaWAN TS302-915M	3,775.00
Sonda PT100 tipo A SP11PN A03-050-150	659.92
Gateway LoRaWAN Industrial UG65-915M-EA	15,597.00
Instalación de equipo	7,590.00
Servicio de implementación de plataforma Dashborad IoT visualización	20,800.00
<b>Total</b>	<b>55,685.21</b>

Fuente: Propia

Con los datos presentados en la tabla 56, se construye la tabla 57, con el cálculo de la relación Beneficio-Costo para la alternativa propuesta, considerando el beneficio de tiempo aprovechable debido al aumento en la productividad del sistema de transporte.

**Tabla 57. Beneficio-costo para alternativa propuesta**

	<b>Escenario de implementación de alternativa</b>
<b>Ahorro potencial por aprovechamiento de tiempo (lps/año)</b>	511,314.00
<b>Costo Total de contenedor térmico BougeRV (lps/año)</b>	5,262.40
<b>Costo Total de contenedor térmico con control automatizado y plataforma de seguimiento en tiempo real (lps/año)</b>	55,685.21
<b>Costo anual por mantenimiento de la plataforma (lps/año)</b>	120,000.00
<b>Índice Beneficio-Costo (B/C)</b>	<b>2.83</b>

Fuente: Propia

En la Tabla 57, se presenta el resumen del análisis beneficio–costo correspondiente a la Alternativa 3: implementación de hieleras con control automático de temperatura y sistema de monitoreo en tiempo real para fortalecer la trazabilidad de la cadena de frío. Al comparar el costo mensual estimado de inversión y operación de estos equipos con el beneficio económico proyectado derivado del tiempo aprovechable por la mejora en la productividad, al evitar retrasos asociados a reprocesos, incumplimiento de temperatura o tiempos de preparación prolongados, se obtiene un índice beneficio–costo (B/C) de 2.83. Este valor indica que, en el escenario actual, por cada lempira invertido se recuperan únicamente 2.83 lempiras en beneficios operativos. Lo que muestra que la alternativa es económicamente viable en termino de 1 año.

#### 4.2.3.4 RELACIÓN BENEFICIO–COSTO DE LA ALTERNATIVA 4: IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DIGITAL DE GESTIÓN Y COMUNICACIÓN EN TIEMPO REAL.

La Alternativa 4 propone la implementación de un sistema digital de gestión y comunicación en tiempo real, orientado a optimizar la coordinación entre los laboratorios referidos y los conductores del sistema de transporte de muestras clínicas.

Esta herramienta permitirá establecer una interacción directa y bidireccional mediante una aplicación móvil y de escritorio, que facilitará la notificación inmediata de disponibilidad de muestras, la confirmación de llegada de los transportistas y la actualización automática del estado de cada recolección, garantizando una mejor sincronización operativa y reducción de

tiempos de espera.

Para el análisis de la relación beneficio–costo se considerará como beneficio principal el tiempo aprovechable generado en todas las áreas que integran la cadena de valor de las muestras, derivado de las mejoras en la productividad del sistema de transporte. Adicionalmente, se incorporará un beneficio proyectado asociado a la captación de ingresos por la prestación de servicios a un nuevo cliente, bajo un escenario conservador, tomando como referencia los supuestos descritos a continuación en la tabla 58.

**Tabla 58. Cálculos de beneficio proyectado**

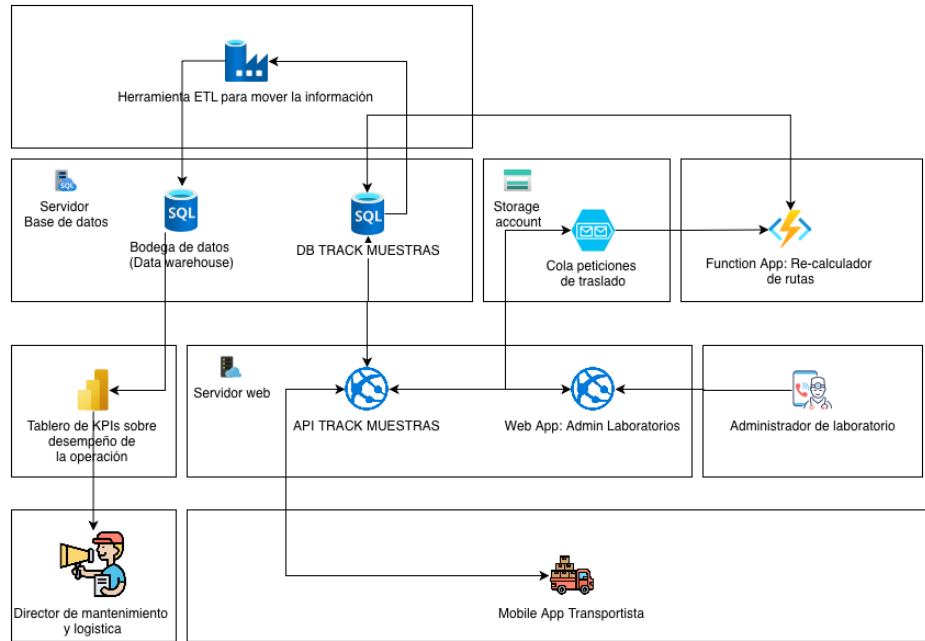
Código de cliente	Nombre del cliente	% DE LAS VENTAS	INGRESO (LPS)
LR000252	HOSPITAL MILITAR REGIONAL DEL NORTE	3.60%	22,077.24
LR000045	DIAGNOSTICO MEDICO DIGITAL (Ferraro)	2.10%	12,878.39
LR000108	DIAGNOS	2.00%	12,265.14
LR000029	BENDAÑA	1.80%	11,038.62
LR000430	FUNDACION RUTH PAZ	1.40%	8,585.60
LR000083	INV DE LAB PINEDA AYALA S DE R.L. DE C.V	1.20%	7,359.08
LR000054	LIGA CONTRA EL CANCER	1.10%	6,745.82
EM001033	LABORATORIO CLINICO SORTO ALVAREZ S.DRL	0.70%	4,292.80
LR000687	CONSULTORIO MEDICO CANAAN	0.50%	3,066.28
LR000088	SERVILAB	0.40%	2,453.03
LR000613	LABORATORIO CLINICO SAN VICENTE	0.40%	2,453.03
LR001125	LABORATORIO GENOMA	0.40%	2,453.03
LR001241	LABORATORIO CASCO ROSA	0.30%	1,839.77
LR000184	PEÑA VALLECILLO	0.30%	1,839.77
LR000060	DIMECO	0.30%	1,839.77
LR000042	EL CENTRO	0.30%	1,839.77
LR001331	KIELSA CLINICA Y LAB # 102	0.30%	1,839.77
LR000050	POLICLÍNICA HONDUREÑA	0.20%	1,226.51
LR001640	CENTRO MEDICO SING SERVICIO SING	0.20%	1,226.51
LR001190	KIELSA FARMACEUTICA, S.A. SUC.112	0.20%	1,226.51
LR000718	LABORATORIO CLINILAB	0.10%	613.26
	% ACUMUALDO	17.8%	-
	<b>INGRESO TOTAL MENSUAL LABORATORIOS REFERIDOS</b>	-	<b>109,159.71</b>
	<b>INGRESO TOTAL PERCIBIDO MENSUAL</b>	<b>613,256.38</b>	

Fuente: Propia

El ingreso adicional por la captación de nuevos clientes se estimará tomando como referencia una participación aproximada del 3.6 % de las ventas totales, lo que equivale a un ingreso neto proyectado de 22,000 lps.

El costo de inversión a contrastar estará constituido por el desarrollo e implementación del sistema digital, incluyendo la configuración inicial, licencias de software y mantenimiento técnico básico. De esta manera, el análisis permitirá determinar la viabilidad económica y el impacto operativo positivo de esta solución tecnológica, tanto en términos de eficiencia y trazabilidad, como de sostenibilidad y competitividad del servicio logístico del Laboratorio Bueso Arias.

Se muestra a continuación en la figura 41, el diagrama de arquitectura que describe el flujo principal del funcionamiento del sistema digital.



**Figura 41. Diagrama de arquitectura del funcionamiento del sistema digital**

Fuente: Propuesta económica de consultor independiente (2025)

Se muestra a continuación en la tabla 59, el resumen de información de costos referente a la implementación del sistema digital de gestión y comunicación en tiempo real.

**Tabla 59. Costos de implementación**

Descripción de actividad	Costo (lps)
Diseño de BD (OLTP: Conductores, labs, muestras)	126,000.00
Diseño de Azure function (Integración de Queues, lógica de actualización de estado)	126,000.00
PO/BI, desarrolla dashboards en Power BI, diseño y construcción de DW y ETLs	84,000.00
Prueba de QA, pruebas de usuario (UAT), despliegue de producción	42,000.00
<b>Total</b>	<b>378,000.00</b>

Fuente: Propuesta económica de consultor independiente (2025)

Se muestra a continuación en la tabla 60, el resumen de información de costos referentes al mantenimiento mensual de la plataforma, proyectándolo a 1 año fiscal (12 meses)

**Tabla 60. Resumen de costos de mantenimiento mensual**

<b>Descripción de actividad</b>	<b>Costo (lps)</b>
Azure function (Motor de asignación de rutas)	69,888.00
APP service (Web interna y API)	43,274.40
Storage accounts (Almacenamiento y colas de peticiones)	2,361.84
Azure SQL Data base (OLTP y DW)	18,367.44
Azure data factory (Alimentador DW (ETL))	9,213.36
Power BI pro (KPIs operaciones, 3 licencias)	25,272.00
<b>Total</b>	<b>168,377.04</b>

Fuente: Propuesta económica de consultor independiente (2025)

Con los datos presentados en las tablas 59 y 60, se construye la tabla 61, con el cálculo de la relación Beneficio-Costo para la alternativa propuesta, considerando el beneficio por tiempo aprovechable por mejoras en la productividad del sistema de transporte.

**Tabla 61. Escenario Implementación**

	<b>Escenario de implementación de alternativa</b>
Ahorro potencial por aprovechamiento de tiempo (lps/año)	511,314.00
Beneficio adicional por captación de nuevos clientes (lps/año)	264,000.00
Costo implementación sistema digital de gestión y comunicación para transporte de muestras (lps/año)	378,000.00
Costo mantenimiento anual sistema digital de gestión y comunicación para transporte de muestras (lps/año)	168,377.00
<b>Indice Beneficio-Costo (B/C)</b>	<b>1.42</b>

Fuente: Propia

En la Tabla 61 se presenta el resumen del análisis beneficio–costo correspondiente a la Alternativa 4: Implementación de un sistema digital de gestión para la coordinación en tiempo real de las recolecciones de muestras en los laboratorios referidos. Al comparar el beneficio económico estimado, derivado del tiempo aprovechable por mejoras en la productividad del

transporte y la captación de un nuevo cliente en un escenario conservador, con el costo anual asociado al desarrollo, implementación y operación de la herramienta digital y su mantenimiento anual, se obtiene un índice beneficio–costo (B/C) de 1.42. Este valor indica que, en las condiciones actuales, la inversión recuperara completamente el costo incurrido, dado que por cada lempira invertido se generan únicamente 1.42 lempiras en beneficios operativos por cada lempira invertido. Esta alternativa aporta beneficios estratégicos relevantes, como una mejor coordinación entre laboratorios referidos, reducción de tiempos improductivos por esperas, mayor trazabilidad operativa y optimización del flujo de comunicación, elementos que fortalecen la eficiencia del proceso logístico y podrían traducirse en retornos mayores en escenarios de mayor demanda o mayor variabilidad operativa.

#### 4.2.4 OBJETIVO ESPECÍFICO #4.

Este objetivo específico se definió como proponer una metodología para la mejora de la productividad del sistema de transporte de muestras clínicas, a partir de las alternativas identificadas en el análisis estadístico y económico previo.

El propósito de esta sección es establecer los lineamientos metodológicos generales que orientarán la fase de implementación, la cual será desarrollada en el Capítulo VI.

Las alternativas se priorizan en función de su relación beneficio–costo y de su impacto operativo esperado, considerando que cada una responde a un enfoque metodológico distinto, complementario entre sí, y orientado a fortalecer la eficiencia, confiabilidad y sostenibilidad del sistema de transporte.

**Alternativa 1:** Programa de tutoría entre conductores experimentados y nuevos en rutas de laboratorios referidos

Esta alternativa se fundamenta en la formación continua del personal operativo, con el propósito de reducir la variabilidad en la productividad ante sustituciones o emergencias. La propuesta se alinea con los principios de la capacitación basada en competencias laborales, los cuales promueven la transferencia de conocimiento práctico y la estandarización del desempeño mediante procesos de acompañamiento y retroalimentación directa.

De acuerdo con lo establecido por la ISO 10015:2019 (Gestión de la calidad, Directrices para la gestión de la competencia y el desarrollo de las personas), los programas de formación

deben ser continuos, medibles y orientados a resultados operativos. En este sentido, el plan de tutorías propuesto se ejecutaría de manera programada (una semana por mes), asegurando la actualización constante del personal ante la incorporación de nuevos laboratorios referidos o cambios en las rutas de transporte.

**Alternativa 2:** Plan integral de mantenimiento preventivo y correctivo con un mecánico de planta.

El desarrollo de esta alternativa se sustenta en los lineamientos de la Metodología de Mantenimiento Productivo Total (Total Productive Maintenance, TPM), cuyo enfoque busca maximizar la disponibilidad de los equipos mediante la prevención de fallas, la inspección autónoma y la mejora continua de los procedimientos de mantenimiento.

La incorporación de un mecánico de planta permitirá un control más estricto sobre los mantenimientos preventivos, reduciendo los tiempos de inactividad y los costos por correctivos no planificados. Además, la gestión digital de fichas de control de cada motocicleta, ya integrada en la plataforma tecnológica existente del laboratorio, garantizará un seguimiento permanente de los indicadores de rendimiento, costos y fallas recurrentes.

Esta práctica contribuye directamente al principio de confiabilidad operacional, fundamental en sistemas logísticos donde la continuidad del servicio es crítica para la preservación de la cadena de custodia de las muestras.

**Alternativa 3:** Implementación de un sistema de monitoreo y registro de condiciones ambientales en tiempo real

Esta propuesta se vincula directamente con los requisitos técnicos y de aseguramiento de la calidad establecidos por la norma ISO 15189:2022, particularmente en lo referente a las condiciones ambientales de transporte y almacenamiento de muestras biológicas.

La implementación de hieleras con control automático de temperatura y sensores de monitoreo en tiempo real permitirá mantener la integridad preanalítica de las muestras, reducir los riesgos de desviaciones térmicas y fortalecer la trazabilidad de cada recolección. Su aplicación progresiva, priorizando las rutas de mayor criticidad o volumen, contribuirá a la optimización de la gestión de calidad del transporte y al cumplimiento de los estándares internacionales de bioseguridad y gestión de riesgo clínico.

#### **Alternativa 4:** Sistema digital de gestión y comunicación en tiempo real

Esta alternativa constituye la fase final de la metodología de Investigación de Operaciones (IO) aplicada a este estudio (Hillier & Lieberman, 2002), correspondiente a la etapa de implementación del modelo (Fase 6).

Tras la identificación del problema, la recolección y análisis de datos, la formulación del modelo matemático, la simulación de escenarios y la validación de resultados, la implementación de un sistema integral de gestión representa la materialización práctica de las soluciones optimizadas propuestas durante el proceso analítico.

El sistema digital propuesto permitirá integrar en una sola plataforma la comunicación entre laboratorios referidos y transportistas, la gestión dinámica de rutas y la retroalimentación en tiempo real del estado de las recolecciones.

Desde el enfoque de la IO, esta acción constituye la conversión del modelo teórico en un sistema operativo de soporte a la decisión, capaz de mantener un flujo de información continuo, minimizar tiempos de espera y garantizar la trazabilidad total de las operaciones logísticas.

Su implementación consolidará los resultados del proceso investigativo, demostrando la aplicabilidad práctica de la metodología de Investigación de Operaciones al contexto real del transporte de muestras clínicas.

#### **4.3 COMPROBACIÓN DE LA HIPÓTESIS.**

En la Tabla 62 se presenta la consolidación de los resultados obtenidos para cada una de las variables independientes consideradas en la hipótesis de investigación. Para ello, se aplicó un análisis de varianza de un factor (ANOVA) y, posteriormente, la prueba de Tukey-Kramer, con el propósito de determinar el grado de significancia estadística de cada variable en relación con la variable dependiente definida como la productividad del sistema de transporte.

El análisis permitió contrastar la hipótesis de investigación, la cual planteaba que todas las variables definidas: tipo de vehículo, competencia del conductor, horarios disponibles, cantidad de laboratorios, condiciones ambientales, tiempo de viaje y tiempo de servicio, influyen significativamente en la productividad del sistema de transporte de muestras clínicas.

**Tabla 62. Consolidación de resultados obtenidos de cada objetivo específico del estudio**

No.	Variable Dependiente	Variable Independiente	Valor p	Grado de significancia	Interpretación
1	Productividad del sistema de transporte	Competencia de Conductor	0.065	0.1	Dado que el valor de p (0.06) resulta inferior al nivel de significancia definido ( $\alpha = 0.1$ ), se concluye que existe evidencia estadísticamente significativa de que la competencia del conductor influye en la productividad del sistema de transporte.
2		Tipo de Vehículo	0.027	0.05	Dado que el valor de p (0.027) resulta inferior al nivel de significancia definido ( $\alpha = 0.05$ ), se concluye que existe evidencia estadísticamente significativa de que el tipo de vehículo influye en la productividad del sistema de transporte.
3		Horarios disponibles	0.769	0.05	Dado que el valor p (0.769) resulta superior al nivel de significancia definido ( $\alpha = 0.05$ ), se concluye que no existe evidencia estadísticamente significativa de que el horario disponible en el que se realizan las recolecciones influye en la productividad del sistema de transporte.
4		Condiciones ambientales	0.071	0.1	Dado que el valor p (0.07) resulta inferior al nivel de significancia definido ( $\alpha = 0.1$ ), se concluye que existe evidencia estadísticamente significativa de que las condiciones ambientales en las que se realizan las recolecciones influyen en la productividad del sistema de transporte.
5		Tiempo de viaje	0.241	0.05	Dado que el valor p (0.241) resulta superior al nivel de significancia definido ( $\alpha = 0.05$ ), se concluye que no existe evidencia estadísticamente significativa de que el tiempo de viaje que toma realizar las recolecciones influye en la productividad del sistema de transporte.
6		Tiempo de servicio	0.016	0.05	Dado que el valor p (0.016) resulta inferior al nivel de significancia definido ( $\alpha = 0.05$ ), se concluye que existe evidencia estadísticamente significativa de que el tiempo de servicio registrado en los laboratorios en donde se realizan las recolecciones influye en la productividad del sistema de transporte.
7		Cantidad de laboratorios	0.288	0.05	Dado que el valor p (0.288) resulta superior al nivel de significancia definido ( $\alpha = 0.05$ ), se concluye que no existe evidencia estadísticamente significativa de que la cantidad de laboratorios visitados influye en la productividad del sistema de transporte.

Fuente: Propia

De acuerdo con los resultados obtenidos, las variables Competencia de conductor, tipo de vehículo, condiciones ambientales, tiempo de servicio presentaron valores p inferiores al nivel de significancia definido, lo que demuestra la existencia de diferencias estadísticamente significativas entre los grupos definidos por sus respectivos cuartiles o categorías. En consecuencia, la hipótesis de investigación se acepta parcialmente, ya que solo estas variables evidencian un efecto comprobable sobre la productividad del sistema de transporte de muestras clínicas, mientras que las demás variables no mostraron diferencias significativas entre sus medias.

Aunque las variables restantes no alcanzaron significancia estadística, el análisis de sus parámetros descriptivos, especialmente las medias, desviaciones estándar y coeficientes de variación, aporta información relevante sobre el comportamiento operativo del sistema y su estabilidad bajo distintas condiciones logísticas.

En primer lugar, la variable tipo de vehículo evidenció una diferencia significativa entre los grupos, confirmada mediante la prueba Tukey–Kramer, que indicó una variación estadísticamente comprobable entre los vehículos BCL2226 y BDG0609. Este resultado sugiere que las características mecánicas o de rendimiento del vehículo pueden influir en la productividad, reflejando posibles diferencias asociadas al estado técnico, mantenimiento o tipo de ruta asignada. Aun así, el resto de comparaciones entre vehículos no mostraron diferencias significativas, por lo que el efecto debe considerarse parcial dentro del conjunto total de operaciones.

Por su parte, la variable competencia del conductor presentó un valor p de 0.065, inferior al nivel de significancia ( $\alpha = 0.1$ ). Este resultado indica que las habilidades, experiencia y conocimiento de rutas del personal conductor tienen un efecto sobre la productividad.

La variable condiciones ambientales (temperatura promedio durante las operaciones) mostró un valor p = 0.071, menor al grado de significancia ( $\alpha = 0.1$ ). Aunque inicialmente se consideró como influyente, la aplicación de la prueba Tukey–Kramer confirmó que no existen diferencias estadísticamente significativas entre los intervalos de temperatura definidos por cuartiles. Esto sugiere que las variaciones térmicas no afectan de forma sustancial el rendimiento operativo, lo cual refleja la adaptabilidad del sistema ante distintos rangos de temperatura ambiental, manteniendo productividades promedio estables (entre 0.90 y 0.99) y coeficientes de variación inferiores al 25 %.

En cuanto a la variable tiempo de servicio, mostró una diferencia estadísticamente significativa sólida ( $p < 0.05$ ), confirmando que los tiempos empleados en la entrega, verificación y gestión administrativa de las muestras en los laboratorios influyen directamente en la productividad del sistema. Los grupos con menores tiempos de servicio (Q1 y Q2) presentaron mayores productividades promedio (superiores al 0.98) con dispersiones aceptables, lo que refuerza la hipótesis de que la reducción de los tiempos de atención en sitio representa una oportunidad concreta de mejora operativa.

Por otro lado, las variables tiempo de viaje, cantidad de laboratorios visitados y ventana de horario no presentaron diferencias significativas, pero sus promedios de productividad cercanos al 1.00 y baja dispersión reflejan una consistencia general del sistema, con un desempeño homogéneo y sin picos de ineficiencia a lo largo del día.

En conjunto, los resultados permiten concluir que la hipótesis de investigación se acepta parcialmente, dado que solo algunas variables, evidencian un efecto medible sobre la productividad. Sin embargo, el análisis global revela un sistema logístico estable, eficiente y con variabilidad controlada, en el cual la mejora de los tiempos de servicio, la estandarización operativa entre conductores y la asignación óptima de vehículos constituyen las principales oportunidades de optimización para incrementar la eficiencia global del transporte de muestras clínicas.

## CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1

#### CONCLUSIONES.

1- El análisis estadístico aplicado a las siete variables independientes demostró que cuatro de ellas presentan influencia significativa sobre la productividad del sistema de transporte de muestras clínicas: competencia del conductor, tipo de vehículo, condiciones ambientales y tiempo de servicio en los laboratorios referidos (Capítulo IV, Tabla 62. Página 142). Estas variables explican las fluctuaciones observadas en los niveles de eficiencia y permiten identificar factores positivos, como un conductor experimentado y vehículos en buen estado, así como factores negativos asociados a tiempos de servicio prolongados y condiciones climáticas adversas (lo cual permite lograr el objetivo específico 1, referente a la identificación de factores positivos y negativos que afectan la productividad del sistema de transporte de muestras). Con base en estos resultados, la hipótesis de investigación se acepta parcialmente, confirmando que algunos factores inciden de manera directa en la productividad, mientras que otros, como tiempo de viaje, horarios y cantidad de laboratorios, no demostraron significancia estadística bajo los escenarios evaluados.

2- A partir de los hallazgos del Capítulo IV se desarrollaron cuatro alternativas orientadas a mejorar la productividad del sistema de transporte: La subcontratación parcial de taxis para liberar conductores experimentados y asignarlos programas de tutorías (sección 4.2.2.1, página 123); la contratación de un mecánico de planta, complementada con un programa de Mantenimiento Productivo Total (TPM) para asegurar la disponibilidad continua de la flota (sección 4.2.2.2, página 124); la implementación de contenedores térmicos con control automático de temperatura y seguimiento ambiental en tiempo real (sección 4.2.2.3, página 125); y el desarrollo de un sistema digital de gestión y comunicación para coordinar eficientemente las recolecciones entre transportistas y laboratorios referidos (sección 4.2.2.4, página 126). Estas alternativas responden de forma integral a los factores significativos detectados y ofrecen soluciones operativas y tecnológicas que permiten fortalecer la continuidad, trazabilidad y confiabilidad del proceso logístico. Lo cual de manera integral cumple el objetivo de desarrollo de alternativas para mejorar la productividad del transporte de muestras.

3- El análisis de la relación beneficio–costo muestra que todas las alternativas evaluadas

son económicamente viables, con índices B/C superiores a 1, aunque con retornos de magnitud distinta. Las alternativas operativas, como la subcontratación de taxis (B/C = 5.39, capítulo IV, tabla 53 página 131) y la contratación de un mecánico de planta (B/C = 2.77, capítulo IV, tabla 55, página 133), presentan los beneficios más altos por su impacto directo en la reducción de tiempos improductivos y costos externos. La alternativa tecnológica de contenedores térmicos automatizados (B/C = 2.83, capítulo IV, tabla 57, página 135) también resulta favorable, aportando además mejoras estratégicas en control térmico y calidad preanalítica. Finalmente, el sistema digital de gestión (B/C = 1.42, capítulo IV, tabla 61, página 139), aunque con el retorno más moderado, sigue siendo rentable y destaca por fortalecer la trazabilidad, la modernización operativa y la capacidad de expansión del servicio. En conjunto, los resultados confirman que las alternativas operativas generan los mayores retornos inmediatos, mientras que las tecnológicas aportan valor institucional y sostenibilidad a mediano plazo. Lo cual, en conjunto contribuye al cumplimiento del objetivo de obtener una relación beneficio-costo por implementación de alternativas para mejora de productividad del sistema de transporte.

4- Finalmente, la propuesta metodológica desarrollada constituye un enfoque integral que articula los principios de la Investigación de Operaciones, el Mantenimiento Productivo Total y los lineamientos normativos de ISO 10015 e ISO 15189 (Capítulo IV, sección 4.2.4, páginas 140-142), con el propósito de intervenir directamente sobre las variables que demostraron incidencia significativa en la productividad. Esta integración permite estructurar un modelo de mejora continua que combina análisis cuantitativo, gestión de recursos, fortalecimiento de competencias y aseguramiento de la calidad, brindando al laboratorio una ruta metodológica sólida para optimizar su sistema de transporte de muestras y garantizar su sostenibilidad operativa en el tiempo. Lo cual apoya el hecho base del objetivo de investigación referente a definir una propuesta de implementación integral de investigación.

## 5.2 RECOMENDACIONES.

1- Fortalecer la capacitación técnica y operativa de los conductores mediante programas estructurados basados en ISO 10015, estandarizar los tiempos de servicio en laboratorios referidos, asignar vehículos en óptimo estado a rutas críticas y establecer protocolos de actuación ante condiciones climáticas adversas, con el fin de minimizar el impacto de los factores significativos detectados.

2- Implementar de manera secuencial las alternativas planteadas, iniciando con las intervenciones de mayor retorno operativo (subcontratación táctica de taxis y mecánico de planta), seguido de la adopción progresiva de tecnologías como contenedores térmicos automatizados y sistemas de monitoreo, priorizando su incorporación en rutas con mayor variabilidad ambiental o tiempos sensibles.

3- Tomar decisiones de inversión basadas en los índices B/C obtenidos, priorizando aquellas alternativas con rentabilidad confirmada y planificando la implementación de las alternativas tecnológicas bajo escenarios de mayor volumen, expansión de clientes o incremento en la criticidad del servicio, donde la inversión pueda recuperarse con mayor certeza y generar valor agregado.

4 - Adoptar la metodología integral propuesta, asegurando la continuidad del ciclo de mejora mediante indicadores de productividad, KPIs logísticos, matrices de rutas, validación periódica del modelo matemático y auditorías internas basadas en ISO 15189. Se recomienda institucionalizar la metodología como parte de la gestión operativa y logística del laboratorio para garantizar sostenibilidad y actualización continua del sistema de transporte de muestras.

## **CAPÍTULO VI. APLICABILIDAD**

### **6.1 NOMBRE DE LA PROPUESTA**

Plan integral de implementación metodológica para la mejora de la productividad del sistema de transporte de muestras clínicas.

### **6.2 JUSTIFICACIÓN DE LA PROPUESTA**

La propuesta de implementación metodológica para optimizar la productividad del sistema de transporte de muestras clínicas del Laboratorio Bueso Arias surge como respuesta a los desafíos operativos detectados en el análisis de desempeño logístico realizado. Se identificaron factores críticos que afectan la eficiencia global del sistema, entre ellos: la variabilidad en la competencia técnica de los conductores, la falta de estandarización en los programas de mantenimiento preventivo, la exposición a condiciones ambientales no controladas y la ausencia de un sistema digital que integre la comunicación y trazabilidad del servicio en tiempo real.

Estos hallazgos reflejan ineficiencias estructurales que se traducen en diferencias en la productividad entre vehículos, demoras en los tiempos de servicio en los laboratorios y riesgos asociados a la conservación térmica de las muestras biológicas. Asimismo, la dependencia de procesos manuales y la limitada retroalimentación operativa impiden aprovechar el potencial de mejora que ofrecen las herramientas tecnológicas actuales.

Ante este panorama, se vuelve imperativo adoptar un enfoque integral de gestión basado en metodologías comprobadas, entre ellas:

La Investigación de Operaciones (IO), para la optimización de recursos y rutas mediante análisis cuantitativo y modelado.

El Mantenimiento Productivo Total (TPM), que asegura la disponibilidad técnica de los vehículos mediante el control sistemático del mantenimiento preventivo y correctivo.

La Gestión de Competencias (ISO 10015:2019), orientada al desarrollo continuo del talento operativo.

Y el Aseguramiento de la Calidad (ISO 15189:2022), que garantiza la integridad del transporte bajo condiciones térmicas controladas y trazabilidad de las muestras.

Al integrar estas metodologías en un plan estructurado, se establece un marco de acción sostenible y medible, capaz de abordar simultáneamente las dimensiones técnica, humana, ambiental y tecnológica del sistema. Este enfoque no solo permitirá elevar los niveles de productividad y confiabilidad del transporte, sino también fortalecer el cumplimiento normativo y la satisfacción de los laboratorios referidos, que constituyen una parte esencial de la red de servicios del Laboratorio Bueso Arias.

La implementación escalonada del plan, priorizando las alternativas con mayor relación beneficio–costo, contribuirá a una mejora tangible en la eficiencia operativa, la reducción de costos asociados a mantenimiento y la prevención de interrupciones en el servicio. Además, al incorporar mecanismos de monitoreo y control continuo, se promueve un proceso de mejora continua basado en evidencia que alinea los objetivos operativos con la visión institucional de excelencia y calidad diagnóstica.

En resumen, la presente propuesta busca transformar el sistema de transporte de muestras clínicas en un modelo operativo eficiente, seguro y sostenible, apoyado en metodologías integradas de mejora de procesos. Su implementación efectiva permitirá consolidar un sistema logístico más competitivo, adaptable y alineado con los estándares internacionales de calidad y productividad en el sector de diagnóstico clínico.

### **6.3 ALCANCE DE LA PROPUESTA**

El alcance de la presente propuesta abarca una evaluación integral y aplicada de metodologías de gestión y mejora de procesos, entre ellas la Investigación de Operaciones (IO), el Mantenimiento Productivo Total (TPM), la Gestión de Competencias (ISO 10015:2019) y el Aseguramiento de la Calidad (International Organization for Standardization, 2022).

El objetivo es determinar su efectividad en la optimización de la productividad, disponibilidad y eficiencia operativa del sistema de transporte de muestras clínicas del Laboratorio Bueso Arias.

Se llevará a cabo un análisis detallado de las áreas críticas identificadas en la operación logística, con el propósito de definir acciones correctivas y estrategias que permitan la aplicación coordinada de dichas metodologías. Entre las áreas de enfoque se incluyen la capacitación de

conductores, la planificación y ejecución del mantenimiento preventivo, el control de las condiciones ambientales durante el transporte, y la digitalización del sistema de comunicación y gestión operativa. Siendo los procesos de logística, mantenimiento, proceso pre analítico, Atención al cliente domicilios, sistemas de información (IT), y Gestión de calidad actores principales en las diferentes fases de implementación.

Asimismo, se evaluará el nivel de coordinación entre las unidades funcionales involucradas, incluyendo logística, mantenimiento y gestión de calidad, a fin de identificar los puntos de desconexión que impactan en la eficiencia del proceso de recolección y entrega de muestras. Con base en estos hallazgos, se propondrán acciones específicas para fortalecer la integración interdepartamental, optimizar los flujos de información y reducir los tiempos de respuesta.

De igual manera, se realizará un análisis financiero–operativo exhaustivo para valorar el impacto económico de las medidas propuestas, considerando tanto los costos de implementación (capacitaciones, contratación técnica, adquisición de equipos o herramientas tecnológicas) como los beneficios proyectados en ahorro de mantenimiento, reducción de tiempos improductivos y mejora en la continuidad del servicio.

Este análisis permitirá determinar la viabilidad técnica y financiera de las alternativas planteadas, asegurando una asignación eficiente de recursos y una ejecución escalonada y sostenible en el tiempo. Finalmente, los resultados de esta evaluación servirán como base para el Plan de Implementación Operativa descrito en las etapas posteriores del capítulo, el cual consolidará las estrategias seleccionadas para la mejora continua de la productividad y el cumplimiento de los estándares de calidad requeridos en el transporte de muestras clínicas.

#### 6.3.1 OBJETIVOS DE LA PROPUESTA:

1. Estandarizar las competencias operativas del personal de transporte mediante un programa continuo de tutorías y capacitación técnica.
2. Garantizar la disponibilidad mecánica y confiabilidad de la flota a través de un plan integral de mantenimiento preventivo y correctivo bajo la metodología TPM.
3. Fortalecer el control ambiental y la trazabilidad térmica del transporte de muestras, mediante la implementación gradual de hieleras con regulación automática de temperatura y

sensores de monitoreo.

4. Consolidar un sistema digital de gestión y comunicación en tiempo real, como etapa final del modelo de Investigación de Operaciones, que integre las variables logísticas y facilite la toma de decisiones.

## **6.4 DESCRIPCIÓN Y DESARROLLO DE LA PROPUESTA**

### **6.4.1 DESCRIPCIÓN**

La propuesta metodológica inicia con una evaluación integral de enfoques aplicables a la mejora del sistema de transporte de muestras, incluyendo Investigación de Operaciones (IO), Mantenimiento Productivo Total (TPM), la Gestión de Competencias basada en ISO 10015:2019 y los requisitos de aseguramiento de la calidad establecidos en ISO 15189:2022. En este punto se revisa literatura técnica, modelos utilizados en el sector salud y logístico, y se consulta con especialistas, con el fin de determinar la pertinencia de cada metodología dentro del contexto operativo del Laboratorio Bueso Arias y establecer los lineamientos generales para la mejora del proceso.

Posteriormente, se desarrolla un diagnóstico detallado del sistema actual, considerando la planificación de rutas, el mantenimiento de la flota, el control de condiciones ambientales durante el transporte y la comunicación operativa. Con base en datos históricos, productividad, tiempos de servicio, registros de mantenimiento y comportamiento térmico, se identifican las principales ineficiencias del sistema y las áreas críticas que pueden mejorarse mediante la integración de las metodologías seleccionadas. Estos hallazgos sirven como fundamento para estructurar las estrategias de intervención.

Finalmente, se diseña un plan de implementación que incluye capacitación técnica para el personal, ejecución de un programa integral de mantenimiento preventivo y correctivo, incorporación de un sistema digital de gestión y monitoreo ambiental, y fortalecimiento de la inducción operativa entre conductores. La ejecución se acompaña de mecanismos de control, retroalimentación continua y una evaluación posterior de indicadores de productividad y rentabilidad, con el fin de medir el impacto de las acciones implementadas y consolidar un ciclo de mejora continua en la operación logística del laboratorio.

## 6.4.2 DESARROLLO

### 6.4.2.1 HERRAMIENTAS DE GESTIÓN Y SEGUIMIENTO DEL PROYECTO

Para la planificación, ejecución y monitoreo del plan integral de mejora de la productividad del sistema de transporte de muestras clínicas, se emplearán herramientas tecnológicas de gestión y control que permitan documentar, analizar y evaluar los resultados en cada fase de implementación.

Se utilizarán las siguientes herramientas principales:

I - Microsoft Project: Para la planificación y control del cronograma maestro del plan, seguimiento de etapas y asignación de recursos humanos y materiales. Esta herramienta será fundamental, ya que, al plantearse un plan en etapas, el control de tiempos será fundamental en función de los recursos asignados. Sobre todo, el recurso humano pertinente en la etapa de capacitación y tutorías, procurando optimizar tiempos para no afectar de manera significativa la operación diaria.

II - Microsoft Excel: para la consolidación y análisis de datos operativos, financieros y de desempeño. Se diseñarán plantillas que integren registros de productividad, tiempos de servicio, indicadores de mantenimiento y temperatura. Esta herramienta será muy importante, ya que a través de ella se conformará la base de datos que servirá de fuente de información para el programa del sistema digital de gestión y comunicación en tiempo real, mediante el cual interactuarán los laboratorios referidos y los transportistas.

III - Plataforma Lynx (Recursos Humanos): para gestionar las capacitaciones, tutorías y evaluaciones de desempeño del personal de transporte, con registro individual de avances. Las capacidades de la plataforma **Lynx** permiten realizar un seguimiento detallado del desarrollo de competencias del personal, identificando brechas específicas y midiendo su progreso a lo largo del tiempo. Gracias a esta funcionalidad, las actividades formativas podrán registrarse y conservarse como evidencia digital, facilitando análisis posteriores sobre los resultados alcanzados. De esta forma, el sistema de capacitación podrá ajustarse y perfeccionarse continuamente con base en la retroalimentación obtenida de todos los actores involucrados en el

proceso.

IV Módulo de Mantenimiento en Gestor-LBA: como plataforma digital para registrar y controlar mantenimientos preventivos y correctivos, costos asociados y disponibilidad de vehículos. La contratación del mecánico de planta se planificará en función de que sea el principal usuario del módulo de mantenimiento, y así crear una hoja de vida personalizada de cada vehículo, la cual servirá como fuente de información para la toma de decisiones con respecto a la administración de los mismos. Esta información ayudará a complementar el seguimiento de métricas como rendimiento de combustible por kilómetros recorridos, ya que el estado mecánico de los vehículos condiciona directamente la cantidad de combustible requerida para realizar una ruta.

V. Plataforma de monitoreo térmico (TempTale, LogTag, Elitech Cloud): para registrar temperaturas en tiempo real, emitir alertas automáticas y conservar reportes de trazabilidad térmica.

Estas herramientas no solo facilitarán la gestión de la implementación, sino que también serán los principales instrumentos para la recolección y almacenamiento de datos operativos, asegurando un flujo de información continuo para la toma de decisiones.

#### 6.4.2.2 HERRAMIENTAS DE MODELADO Y DOCUMENTACIÓN DE PROCESOS

La representación gráfica y rediseño de los procesos se realizará en Microsoft Visio, permitiendo visualizar flujos de trabajo actuales y propuestos, identificar cuellos de botella, redundancias y puntos de control críticos.

Los diagramas incluirán las interacciones entre los departamentos de logística, mantenimiento, gestión de calidad, IT y recursos humanos, y servirán como referencia visual para la recolección de datos y evaluación de indicadores durante cada etapa.

#### 6.4.2.3 PROCESOS POR ETAPA DE IMPLEMENTACIÓN

La ejecución del plan se desarrollará en cuatro etapas secuenciales, priorizadas según la relación beneficio–costo y el impacto operativo de cada alternativa. En todas las etapas, se establecerán mecanismos de recolección y análisis de datos, con el fin de medir los resultados obtenidos y validar la efectividad de las medidas aplicadas.

#### 6.4.2.3.1 ETAPA I – CAPACITACIÓN Y TUTORÍAS OPERATIVAS (GESTIÓN DE COMPETENCIAS)

El propósito de esta etapa es fortalecer las competencias técnicas y operativas del personal de transporte mediante un programa estructurado de tutorías y capacitaciones continuas, orientado a mejorar la productividad, el cumplimiento de rutas y la respuesta ante imprevistos.

Se plantean las siguientes actividades:

##### **1. Identificación de necesidades**

**(Duración estimada: 1 semana)**

Se realizará un diagnóstico inicial mediante entrevistas estructuradas, observación directa en ruta y revisión de indicadores operativos previos. El objetivo es identificar brechas de conocimiento, desempeño y comunicación. La información se documentará en la plataforma Lynx, quedando vinculada al expediente digital de cada transportista para dar seguimiento histórico a su progreso.

Además, se recopilarán incidencias operativas (desvíos de ruta, incumplimientos de horarios, errores en la manipulación de muestras) para orientar el diseño del plan formativo.

Se integrará un equipo multidisciplinario, para la realización de dicha identificación.

##### **2. Diseño del plan de capacitación**

**(Duración estimada: 2 semana)**

Con base en el diagnóstico, se elaborará un plan mensual que incluya: temas específicos, objetivos de aprendizaje, duración de sesiones, responsables, modalidad y métodos de evaluación. Se integrará un sistema formal de tutorías, en el cual conductores experimentados acompañarán a los de menor experiencia durante una semana por mes, reforzando buenas prácticas operativas y el cumplimiento de procedimientos internos.

##### **3. Otros puntos importantes:**

Contenido del programa:

Los módulos formativos incluirán:

- Planificación eficiente de rutas
- Manejo seguro de muestras según POMT06
- Control y monitoreo de temperatura en el transporte
- Conducción eficiente y reducción de tiempos ociosos
- Comunicación efectiva con laboratorios referidos
- Reporte de incidencias y uso adecuado de herramientas digitales

El contenido será revisado semestralmente para asegurar alineación con normas, procesos internos y cambios tecnológicos.

#### Metodología de enseñanza

Se implementará una metodología combinada teórico-práctica, con sesiones presenciales breves, demostraciones en campo, simulaciones, acompañamiento en ruta y retroalimentación inmediata durante la operación. Se emplearán estudios de caso basados en incidentes reales y ejercicios prácticos de respuesta ante contingencias.

#### Recursos de apoyo

El programa dispondrá de:

- Guías digitales y manuales de operación
- Registros electrónicos de asistencia
- Fichas de tutoría y checklists integrados en Lynx
- Videos cortos de instrucción técnica
- Tableros de seguimiento en Excel para indicadores individuales y grupales

Estos recursos permitirán estandarizar los procesos y asegurar trazabilidad del aprendizaje.

#### Evaluación y seguimiento

Cada módulo contará con evaluaciones prácticas y teóricas, incluyendo ejercicios de ruta, simulaciones y pruebas de retención de procedimientos. Se medirán: tiempos de entrega, cumplimiento de rutas, incidencias reportadas y desempeño en la manipulación de muestras. Los resultados se consolidarán mensualmente en Excel, permitiendo identificar mejoras,

retrocesos o necesidades de reforzamiento.

#### Actualización continua

El programa será revisado cada seis meses considerando:

- Resultados operativos
- Retroalimentación de conductores y supervisores
- Cambios tecnológicos
- Actualizaciones normativas (ISO 10015, ISO 15189)

Las mejoras se integrarán al plan de capacitación para mantener su relevancia y efectividad.

#### Recolección de datos asociados a esta fase

- Datos cuantitativos: asistencia, horas de capacitación, puntajes, incidencias corregidas.
- Datos cualitativos: entrevistas estructuradas sobre utilidad percibida, confianza operativa, dificultades reportadas.
- Análisis: consolidación en Excel para medir impacto sobre la productividad.
- Departamentos involucrados: Recursos Humanos, Logística y Gestión de Calidad.

#### 6.4.2.3.2 ETAPA II – PLAN INTEGRAL DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y CORRECTIVO (TPM)

Esta etapa implementará la metodología de Mantenimiento Productivo Total (TPM) con el propósito de garantizar la disponibilidad técnica de la flota vehicular, reducir los tiempos de inactividad y asegurar la continuidad del transporte de muestras clínicas. El enfoque se basa en la estandarización del mantenimiento, la reducción de fallas y la creación de una cultura preventiva en la operación.

Se detallan las siguientes actividades a implementar:

#### **1. Contratación del mecánico de planta y definición del cronograma de mantenimiento**

**(Duración estimada: 4 semanas)**

Se incorporará un mecánico de planta responsable de ejecutar y supervisar todos los procesos de mantenimiento preventivo y correctivo. En conjunto con el área de Logística, se elaborará un cronograma semestral que incluirá actividades programadas por kilometraje, horas motor, historial de fallas y criticidad de cada vehículo. Este cronograma permitirá establecer intervalos óptimos de mantenimiento y asegurar que ningún vehículo opere fuera de especificación técnica. También se formalizarán procedimientos de inspección diaria por parte de los conductores.

## **2. Implementación de módulo de mantenimiento en plataforma gestor, para el control de fichas digitales de los vehículos**

**(Duración estimada: 3 semanas)**

Se configurará una plataforma digital módulo de Gestor-LBA para gestionar órdenes de trabajo, programaciones preventivas, inventario de repuestos, historial de reparaciones y alertas automáticas. La herramienta permitirá centralizar toda la información mecánica de la flota y facilitar la trazabilidad del mantenimiento. Asimismo, se capacitará al mecánico, supervisores y personal de logística en el uso del sistema, asegurando registros consistentes y reportes periódicos de desempeño.

## **3. Otros puntos importantes**

### Registro de órdenes de trabajo, costos y tiempos de reparación

Cada intervención mecánica se documentará mediante órdenes de trabajo digitales que incluirán: diagnóstico, tareas realizadas, repuestos utilizados, tiempo de reparación y costos asociados. Esto permitirá identificar patrones de fallas, medir el tiempo promedio fuera de servicio y optimizar el uso de recursos técnicos. La información será exportada periódicamente a Excel para evaluar tendencias y costos acumulados, fortaleciendo la toma de decisiones operativas y presupuestarias.

### Análisis de fallas recurrentes y programación preventiva

Se realizará un análisis sistemático de fallas recurrentes utilizando indicadores como

MTBF (tiempo medio entre fallas). Con esta información, se ajustará el plan preventivo, priorizando vehículos y componentes críticos. Se programarán inspecciones adicionales cuando se detecten anomalías y se definirán acciones correctivas estructurales, como reemplazos anticipados o ajustes de uso. Este análisis permitirá reducir averías inesperadas y mejorar progresivamente la confiabilidad de la flota.

Recolección y análisis de datos asociados a esta etapa

- Datos técnicos: kilometraje, frecuencia de fallas, tiempo fuera de operación, tiempos de reparación y repuestos utilizados.
- Datos financieros: costos mensuales del mantenimiento interno vs. ahorro por reducción de servicios tercerizados.
- Análisis: consolidación en Excel para visualizar tendencias de confiabilidad, disponibilidad y costos.
- Departamentos involucrados: Mantenimiento, Logística y Gestión de Calidad.

#### 6.4.2.3.3 ETAPA III – CONTROL DE CONDICIONES AMBIENTALES (ISO 15189)

El objetivo de esta etapa es garantizar la trazabilidad térmica y la integridad de las muestras durante el transporte mediante un sistema de monitoreo digital continuo, alineado con los requisitos de la norma ISO 15189. Esta etapa busca reducir desviaciones térmicas, documentar adecuadamente la cadena de frío y fortalecer la confiabilidad del proceso de recolección y traslado.

Adicionalmente, se propone la adquisición de hieleras térmicas con control automático de temperatura, para que garantice la estabilidad de esta variable en diferentes escenarios de temperatura y ambiental, y permita minimizar el tiempo de preparación y supervisión de las hieleras, pasando de un procedimiento manual a uno automatizado.

Se describen las siguientes actividades:

#### **1. Adquisición e integración de hieleras con sensores automáticos**

**(Duración estimada: 4 semanas)**

Se adquirirá un lote inicial de hieleras de temperatura regulada y sensores digitales (TempTale, LogTag o Elitech), seleccionados según su precisión, intervalo de muestreo y compatibilidad con plataformas en la nube. El personal de logística configurará los dispositivos y validará su instalación en las rutas críticas. Cada hielera quedará identificada con un código único para permitir su trazabilidad, y se establecerán procedimientos para la carga, verificación previa y aseguramiento del cierre térmico antes de cada salida.

## **2. Entrenamiento del personal sobre el uso de las plataformas TempTale / LogTag / Elitech Cloud**

### **(Duración estimada: 1 semana)**

Se capacitará a los transportistas, supervisores y personal de laboratorio en el manejo de los dispositivos, descarga de datos, interpretación de gráficas térmicas y verificación de alarmas. La formación incluirá ejercicios prácticos con escenarios simulados de desviaciones de temperatura para reforzar la respuesta inmediata. También se documentarán procedimientos operativos estándar para asegurar un uso homogéneo y evitar errores de manipulación que puedan comprometer la calidad de las muestras.

### **3. Configuración de alarmas:**

#### **(Duración estimada: 1 semana inicial)**

Se configurarán alertas automáticas que serán enviadas por correo electrónico o aplicación móvil cuando la temperatura supere los límites establecidos para el tipo de muestra. Los reportes de desviación incluirán hora, duración, temperatura registrada y acción correctiva implementada. La plataforma digital permitirá almacenar todos los registros, generar reportes semanales y descargar evidencia para auditorías internas o externas. Este sistema facilitará el cumplimiento de los puntos de control que exige ISO 15189 para garantizar la integridad preanalítica.

### **4. Otros puntos importantes:**

#### Recolección y análisis de datos asociados a esta fase

- Registros en tiempo real: curvas térmicas, estabilidad promedio, picos de desviación.
- Alertas: frecuencia, causas, tiempos de corrección y eventos repetitivos.
- Datos cualitativos: entrevistas estructuradas con transportistas y personal analítico sobre facilidad de uso, confiabilidad y oportunidades de mejora.
- Análisis: consolidación en Excel, identificación de rutas más vulnerables y evaluación de

cumplimiento térmico.

- Departamentos involucrados: Logística, Mantenimiento y Gestión de Calidad.

#### 6.4.2.3.4 ETAPA IV – SISTEMA DE GESTIÓN Y COMUNICACIÓN (INVESTIGACIÓN DE OPERACIONES)

La última etapa implementará un sistema digital integral de gestión y comunicación en tiempo real, diseñado junto con el área de IT, para conectar a transportistas, logística, calidad, mantenimiento y laboratorios referidos. Esta herramienta permitirá centralizar la operación, optimizar rutas, mejorar la trazabilidad de la información y reducir los tiempos improductivos mediante la automatización del flujo de trabajo.

Se detallan las siguientes actividades:

##### **1. Desarrollo e integración del sistema digital (versión web y móvil)**

**(Duración estimada: 6 semanas)**

Se desarrollará una plataforma digital accesible desde dispositivos móviles y computadoras, diseñada para registrar en tiempo real las actividades del transporte de muestras. El sistema incluirá funciones de autenticación de usuarios, perfiles por área, paneles administrativos, repositorio de eventos y un motor de cálculos operativos basado en Investigación de Operaciones. La integración con GPS y herramientas de mensajería interna permitirá el seguimiento continuo de la operación. IT y Logística definirán los parámetros, accesos, estructura de la base de datos y la arquitectura general del sistema.

##### **2. Creación de módulos de registro de entregas, tiempos de viaje, geolocalización y comunicación instantánea**

**(Duración estimada: 8 semanas)**

Se desarrollarán módulos funcionales que permitan:

- Registrar la hora exacta de recolección y entrega.
- Automatizar el cálculo de tiempos de viaje y espera.
- Registrar la geolocalización en tiempo real del vehículo.

- Enviar notificaciones automáticas ante retrasos, desvíos o incidentes.
- Mantener comunicación directa entre transportistas y laboratorios referidos.

Estos módulos estarán vinculados a tableros operativos donde se visualizarán indicadores clave como productividad, cumplimiento de rutas y variación de tiempos respecto al promedio histórico.

### **3. Implementación piloto, ajuste y despliegue general**

#### **(Duración estimada: 2 semanas)**

Se ejecutará un piloto controlado en una o dos rutas estratégicas para validar la funcionalidad del sistema, identificar errores y realizar ajustes antes del despliegue total. Durante el piloto se recopilarán métricas sobre facilidad de uso, tiempos de registro, incidentes reportados, estabilidad de la geolocalización y efectividad de las alertas. Posteriormente, se aplicarán mejoras en usabilidad, tiempos de carga y exactitud de los reportes. Una vez validado, se procederá a la implementación general en toda la operación de transporte.

#### **4. Otros puntos importantes**

##### Recolección y análisis de datos asociados a esta etapa

- Registros automáticos: tiempos de servicio, rutas, ubicación, alertas, duración de incidentes y cierre de tareas.
- Datos cualitativos: encuestas a transportistas y personal de laboratorio sobre facilidad de uso, claridad de la interfaz y confiabilidad del sistema.
- Análisis: consolidación de la información en Excel para evaluar variaciones de tiempo, cumplimiento de rutas, productividad y reducción de tiempos ociosos.
- Departamentos involucrados: Logística, IT, Calidad, Mantenimiento y Práctica Analítica.

### **6.5 MEDIDAS DE CONTROL**

Para asegurar la efectividad de las alternativas planteadas y garantizar una mejora real en la productividad del sistema de transporte de muestras clínicas, es necesario establecer un conjunto de indicadores que permitan medir, monitorear y controlar su desempeño. Estos indicadores funcionarán como herramientas objetivas para evaluar si las acciones implementadas están cumpliendo con los objetivos operativos y de calidad, identificar desviaciones a tiempo y

facilitar la toma de decisiones basada en evidencia.

Los indicadores seleccionados se diseñarán en función de la naturaleza de cada alternativa propuesta, y considerarán tanto variables de eficiencia como de calidad y trazabilidad. Su aplicación sistemática permitirá comparar el desempeño antes y después de la implementación, así como establecer mecanismos de mejora continua alineados con las exigencias operativas del laboratorio.

### 6.5.1 INDICADORES DE CONTROL ETAPA I – CAPACITACIÓN Y TUTORÍAS OPERATIVAS (GESTIÓN DE COMPETENCIAS)

Para garantizar la mejora continua del personal operativo y asegurar que las actividades del sistema de transporte se ejecuten bajo estándares óptimos de calidad, se establecieron dos indicadores clave orientados a medir el nivel de competencia alcanzado por los colaboradores después de los procesos de capacitación.

Ambos indicadores permiten evaluar de manera objetiva el nivel de dominio técnico y la eficacia del entrenamiento, utilizando escalas de desempeño categorizadas en necesita mejorar, bueno y sobresaliente. Estas escalas facilitan la interpretación de los resultados y proporcionan una guía clara para la toma de decisiones relacionadas con refuerzos formativos, certificación interna y monitoreo del progreso individual y grupal.

Se muestra a continuación en la tabla 63, los indicadores propuestos, su frecuencia de medición, las herramientas de recolección de información asociadas y los límites de aceptación

**Tabla 63. Indicadores de control Etapa I**

Descripción	Frecuencia de medición	Herramientas de recolección de datos	Límite inferior zona de aceptación	Límite superior e inferior zona de aceptación	Límite inferior zona sobresaliente
Puntaje de evaluación post entrenamiento	Mensual	Formato RORH19 - Evaluación de competencias	< 71 % Necesita mejorar	71 % - 90 % Bueno	> 90 % Excelente
Productividad de ruta de transporte de muestras	Mensual	Formato ROMT79	< 90 % Necesita mejorar	90 % - 97 % Bueno	> 97 % Excelente

Fuente: Propia

El Indicador de desempeño en competencias laborales (post-capacitación), mide el porcentaje de aciertos obtenido por cada colaborador en un examen posterior a la capacitación. Permite determinar si el entrenamiento brindado generó el nivel de dominio esperado sobre los conocimientos y habilidades esenciales para la operación. Dicho indicador se

calcula mediante la ecuación 2, según se describe a continuación

El indicador de productividad de transporte de muestras para cada ruta definida, evalúa el cumplimiento del estándar mínimo aceptable de aprendizaje según los rangos establecidos (necesita mejorar, bueno y sobresaliente). Este indicador permite clasificar el nivel de logro alcanzado y definir acciones correctivas o refuerzos formativos cuando sean necesarios. El indicador de productividad se calcula mediante la ecuación 3, según se detalla a continuación

(2)

#### 6.5.2 INDICADORES DE CONTROL ETAPA II – PLAN INTEGRAL DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y CORRECTIVO (TPM)

Para asegurar la confiabilidad operativa de los vehículos utilizados en el transporte de muestras clínicas y optimizar la continuidad del servicio, se incorporan indicadores fundamentales de la metodología de Mantenimiento Productivo Total (TPM). Estos indicadores permiten cuantificar el desempeño del mantenimiento, la estabilidad operacional de la flota y la proporción de intervenciones planificadas, proporcionando una evaluación objetiva del estado del sistema y orientando las decisiones estratégicas para prevenir fallas.

El uso de rangos categorizados en zonas de aceptación, transición, nivel recomendado y excelencia operacional, permite interpretar de forma clara el nivel de madurez del mantenimiento. De esta manera, se identifican oportunidades de mejora, se justifican inversiones en mantenimiento preventivo y se establece un marco técnico para lograr una mayor disponibilidad, reducir costos correctivos y avanzar hacia estándares de clase mundial.

Se muestra a continuación en la tabla 64, los indicadores propuestos, su frecuencia de medición, las herramientas de recolección de información asociadas y los límites de aceptación.

#### **Tabla 64. Indicadores de control Etapa II**

Descripción	Frecuencia de medición	Herramientas de recolección de datos	Límite inferior zona de aceptación	Límite superior e inferior zona de aceptación	Límite inferior zona sobresaliente
% Mantenimiento planificado (PMP)	Mensual	Módulo de mantenimiento en Gestor LBA	< 85 % Transición a TPM	85 % - 90 % Nivel Recomendado TPM	> 90 % Excelencia Operacional
Tiempo medio entre fallas (MTBF)	Mensual	ROMT79	< 300 horas Transición a TPM	300 h - 1000 h Aceptable a TPM	> 1000 horas Excelente

Fuente: Propia

El porcentaje de mantenimiento planificado (PMP), evalúa la proporción del mantenimiento total que corresponde a intervenciones preventivas y programadas. Un valor entre 85 % y 90 % representa el estándar recomendado por TPM, mientras que valores superiores al 90 % reflejan un nivel de excelencia operacional. Niveles inferiores al 85 % indican un predominio del mantenimiento reactivo y una transición hacia la implementación plena del TPM. Se calcula el indicador mediante la ecuación 4, según se detalla a continuación.

(3)

El tiempo medio entre fallas (MTBF), mide la confiabilidad de los vehículos al calcular el tiempo promedio de operación entre fallas. En el contexto de TPM, un MTBF entre 300 y 1000 horas se considera aceptable para un sistema en estabilización, mientras que valores superiores a 1000 horas reflejan una operación altamente confiable. Un MTBF por debajo de 300 horas indica alta recurrencia de fallas y necesidad de reforzar mantenimiento preventivo y análisis de causa raíz. Se calcula este indicador mediante la ecuación 5, según se detalla a continuación.

(4)

### 6.5.3 INDICADORES DE CONTROL ETAPA III – CONTROL DE CONDICIONES AMBIENTALES (ISO 15189)

La conservación adecuada de la temperatura durante el transporte de muestras clínicas es un requisito crítico para garantizar su estabilidad preanalítica y la confiabilidad de los resultados. La ISO 15189:2022, en sus apartados relacionados con el transporte, establece que el laboratorio debe asegurar que las condiciones ambientales, incluyendo la temperatura, se mantengan dentro de rangos especificados para cada tipo de muestra, de manera que se eviten alteraciones que comprometan la integridad o induzcan errores analíticos. En este contexto, evaluar el porcentaje de cumplimiento del rango térmico durante el traslado permite monitorear la capacidad del

sistema logístico para mantener las condiciones necesarias para la conservación del material biológico.

La clasificación del desempeño por zonas de aceptación, necesita mejorar, bueno y excelente, facilita la interpretación del indicador y permite identificar desviaciones que puedan representar riesgos para la integridad de las muestras. Un cumplimiento entre 96 % y 99 % se considera adecuado para las exigencias de calidad, mientras que niveles superiores al 99 % reflejan un control térmico altamente confiable y alineado con prácticas de excelencia. Valores inferiores al 96 % indican deficiencias en la cadena de frío o en las condiciones del transporte, lo cual puede poner en riesgo la estabilidad de los analitos y generar no conformidades respecto a los requisitos de la ISO 15189:2022.

Se muestra a continuación en la tabla 65, los indicadores propuestos, su frecuencia de medición, las herramientas de recolección de información asociadas y los límites de aceptación.

**Tabla 65. Indicadores de control Etapa III**

Descripción	Frecuencia de medición	Herramientas de recolección de datos	Límite inferior zona de aceptación	Límite superior e inferior zona de aceptación	Límite inferior zona sobresaliente
% de tiempo de cumplimiento de rango de temperatura	Mensual	Dispositivo Gateway LoRaWAN Industrial	< 96 % Necesita mejorar	96 % - 99 % Bueno	> 99 % Excelente

Fuente: Propia

El indicador % de tiempo de cumplimiento de rango de temperatura, mide el porcentaje del tiempo total de traslado en que la temperatura dentro del contenedor o medio de transporte se mantiene dentro del rango establecido para la conservación de las muestras clínicas. Este indicador permite verificar el cumplimiento de los requisitos de manejo preanalítico y control ambiental descritos en la ISO 15189:2022, asegurando que las muestras arriben al laboratorio sin cambios que afecten su estabilidad. Un valor entre 96 % y 99 % representa un nivel aceptable de control térmico, mientras que un cumplimiento superior al 99 % indica desempeño sobresaliente y robustez del sistema de transporte. Valores inferiores al 96 % evidencian deficiencias en la cadena de frío, posibles fallos de equipos o errores en el empaque, requiriendo acciones correctivas inmediatas para mitigar riesgos a la integridad de las muestras. Se calcula dicho

indicador por medio de la ecuación 6, según se detalla a continuación.

#### 6.5.4 INDICADORES DE CONTROL ETAPA IV - GESTIÓN Y COMUNICACIÓN (INVESTIGACIÓN DE OPERACIONES)

Esta última etapa de implementación coincide con el último paso de la metodología de investigación de operaciones, el cual corresponde a la implementación del problema de que se modelo anteriormente. El enfoque se dirige a evaluar la productividad real del sistema de transporte, analizando los tiempos de servicio que experimentan los transportistas en los laboratorios referidos. El tiempo de espera para la entrega de las muestras es un componente crítico del desempeño operacional, ya que influye directamente en el tiempo total de ruta, la puntualidad, la eficiencia global y la satisfacción de los usuarios internos. Medir este comportamiento permite identificar cuellos de botella, prácticas ineficientes y oportunidades de mejora dentro del proceso logístico.

La clasificación del desempeño en zonas de aceptación, necesita mejorar, bueno y excelente (sobresaliente), permite interpretar con objetividad el nivel de cumplimiento de los tiempos de servicio y del porcentaje de rutas ejecutadas dentro de los estándares definidos. Esta categorización facilita el control operativo, ayuda a establecer metas alcanzables y permite evidenciar el impacto de las alternativas implementadas para optimizar la operación. De esta manera, los indicadores proporcionan una visión clara del rendimiento final del sistema y respaldan la toma de decisiones en el marco de la mejora continua.

Para garantizar la medición continua de estos indicadores y facilitar el control operativo del sistema de transporte, se implementará una aplicación digital interna que automatiza el registro de solicitudes, la asignación dinámica de rutas y el monitoreo de los tiempos de servicio experimentados por los transportistas. Esta plataforma, desarrollada como aplicación web y móvil, integrada a una API central y a un motor de lógica en Azure, permitirá capturar datos en tiempo real sobre tiempos de espera, cumplimiento operativo y eficiencia de rutas, proporcionando información precisa y estandarizada para la evaluación del sistema.

Se muestra a continuación en la tabla 66, los indicadores propuestos, su frecuencia de medición, las herramientas de recolección de información asociadas y los límites de aceptación.

#### **Tabla 66. indicadores de control Etapa IV**

Descripción	Frecuencia de medición	Herramientas de recolección de datos	Límite inferior zona de aceptación	Límite superior e inferior zona de aceptación	Límite inferior zona sobresaliente
Tiempo de servicio en laboratorios referidos	Mensual	Formato ROMT79	> 14 min Necesita mejorar	11 min - 14 min Bueno	< 11 min Excelente
Productividad de ruta de transporte de muestras	Mensual	Formato ROMT79	< 90 % Necesita mejorar	90 % - 97 % Bueno	> 97 % Excelente

Fuente: Propia

El indicador tiempo de servicio, mide el tiempo que transcurre desde que el transportista llega al laboratorio referido hasta que recibe las muestras para iniciar el traslado. El rango aceptable se sitúa entre 11 y 14 minutos, indicando un desempeño adecuado. Tiempos menores a 11 minutos representan una operación altamente eficiente, mientras que tiempos superiores a 14 minutos evidencian retrasos que afectan la productividad del sistema y requieren acciones de mejora en el proceso de entrega de muestras. Este indicador se calcula de acuerdo a la ecuación 7, según se describe a continuación.

El indicador de productividad de transporte de muestras para cada ruta defini (6) evalúa el cumplimiento del estándar mínimo aceptable de aprendizaje según los rangos establecidos (necesita mejorar, bueno y sobresaliente). Este indicador permite clasificar el nivel de logro alcanzado y definir acciones correctivas o refuerzos formativos cuando sean necesarios. Se calcula mediante la ecuación 8, según se detalla a continuación

(7)

## 6.6 CRONOGRAMA DE IMPLEMENTACIÓN

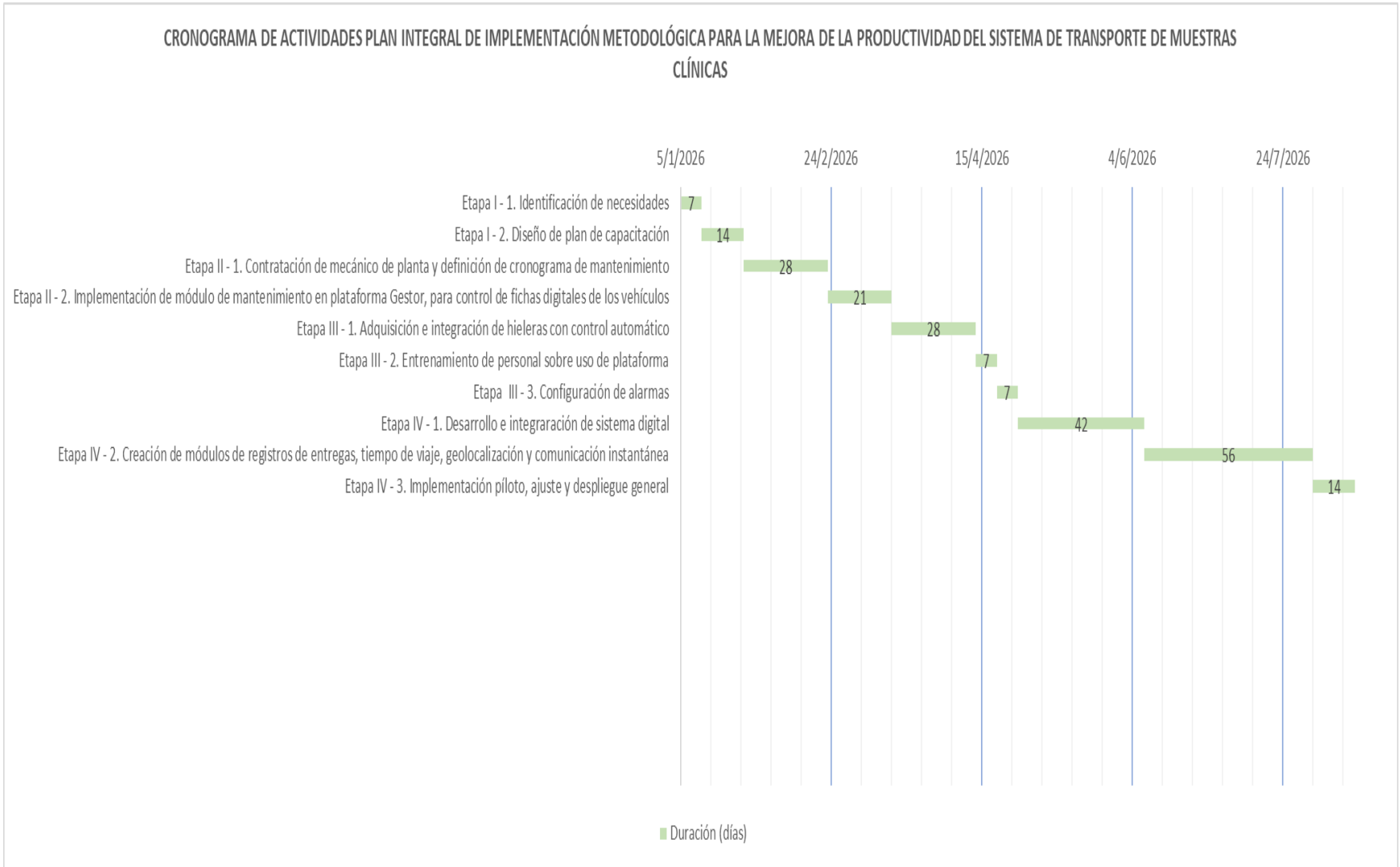
Se presenta a continuación en la tabla 67, el cronograma de implementación propuesto. El cual se agrupa por etapas correspondientes a las 4 alternativas para mejorar la productividad del sistema de transporte siendo un tiempo total de 224 días.

### Tabla 67. Cronograma de implementación

Número de Etapa	Descripción de etapa	Descripción de actividades de implementación	Responsable de ejecución	Fecha de inicio de actividad	Duración (días)	Fecha de finalización de actividad
I	Capacitación y tutorías operativas	1. Identificación de necesidades	1. Director de Mantenimiento y Logística 2. Coordinador de Recursos Humanos	5/1/2026	7	12/1/2026
		2. Diseño de plan de capacitación	1. Director de Mantenimiento y Logística 2. Transportista experimentado	12/1/2026	14	26/1/2026
II	Plan integral de mantenimiento preventivo y correctivo	1. Contratación de mecánico de planta y definición de cronograma de mantenimiento	1. Director de Mantenimiento y Logística 2. Coordinador de Recursos Humanos	26/1/2026	28	23/2/2026
		2. Implementación de módulo de mantenimiento en plataforma Gestor, para control de fichas digitales de los vehículos	1. Director de Mantenimiento y Logística 2. Coordinador de IT	23/2/2026	21	16/3/2026
III	Control de condiciones ambientales	1. Adquisición e integración de hieleras con control automático	1. Director de Mantenimiento y Logística 2. Coordinador de compras	16/3/2026	28	13/4/2026
		2. Entrenamiento de personal sobre uso de plataforma	1. Director de Mantenimiento y Logística 2. Proveedor de plataforma	13/4/2026	7	20/4/2026
		3. Configuración de alarmas	3. Proveedor de plataforma	20/4/2026	7	27/4/2026
IV	Sistema de gestión y comunicación	1. Desarrollo e integración de sistema digital	1. Director de Mantenimiento y Logística 2. Proveedor de plataforma 3. Coordinador IT	27/4/2026	42	8/6/2026
		2. Creación de módulos de registros de entregas, tiempo de viaje, geolocalización y comunicación instantánea	1. Director de Mantenimiento y Logística 2. Proveedor de plataforma 3. Coordinador IT	8/6/2026	56	3/8/2026
		3. Implementación piloto, ajuste y despliegue general	1. Director de Mantenimiento y Logística 2. Proveedor de plataforma 3. Coordinador IT	3/8/2026	14	17/8/2026

Fuente: Propia

Se muestra a continuación en la figura 42, el diagrama de Gantt en donde describe el tiempo requerido para cada actividad de cada etapa del plan integral de implementación.



**Figura 42. Diagrama de Gantt**  
Fuente: Propia

El cronograma de actividades y su representación en el diagrama de Gantt permiten visualizar de manera clara, ordenada y secuencial todas las etapas contempladas en el plan integral de implementación metodológica para mejorar la productividad del sistema de transporte de muestras clínicas. En el cronograma se describen, con precisión, las tareas específicas de cada etapa, los responsables asignados, las fechas estimadas de inicio y la duración de cada actividad, proporcionando una estructura lógica y verificable del proceso. Por su parte, el diagrama de Gantt traduce esta misma información en una representación gráfica que facilita identificar solapamientos, dependencias, hitos y la progresión temporal del proyecto, permitiendo así un seguimiento operativo más eficiente. En conjunto, ambas herramientas no solo ordenan y documentan la planificación, sino que también fortalecen la gestión del proyecto al ofrecer una visión integral que respalda la toma de decisiones, optimiza la asignación de recursos y evidencia la coherencia y viabilidad de la estrategia planteada para alcanzar la mejora continua del sistema de transporte.

## **6.7 PRESUPUESTO E IMPACTO DEL PRESUPUESTO**

### **6.7.1 PRESUPUESTO**

Se detalla a continuación el análisis financiero asociado a la implementación integral de las cuatro alternativas propuestas para mejorar la productividad del sistema de transporte de muestras clínicas. Se desglosa el costo total por etapa, considerando los recursos necesarios para la capacitación del personal, la mejora del sistema de mantenimiento, la integración del control térmico automatizado y el desarrollo de la plataforma digital de gestión y trazabilidad. De manera complementaria, también se presenta una estimación del beneficio económico proyectado para un año fiscal completo, basado en la reducción de tiempos improductivos, el aumento en la eficiencia operacional y el aprovechamiento óptimo de los recursos logísticos, ver Anexos 7 y 8.

En conjunto, ambas herramientas permiten visualizar de manera clara la relación entre inversión y retorno esperado, así como la sostenibilidad financiera del plan. Al integrar los costos de implementación con el beneficio anual estimado, se puede evaluar la viabilidad del proyecto y la pertinencia de las decisiones operativas tomadas, garantizando que las mejoras propuestas no solo fortalecen la eficiencia del sistema, sino que también contribuyen de manera significativa a la rentabilidad y continuidad del servicio.

A continuación, se presenta en la tabla 68, un resumen de los costos planteadas como implementación de cada alternativa propuesta por etapas

**Tabla 68. Costos de Implementación por etapas**

RESUMEN DE COSTOS PLANTEADOS POR IMPLEMENTACIONES POR ETAPAS		
Etapa I	Costo de subcontratación de servicio de taxi (lps/año)	94,800.00
Etapa II	Sueldo total mecánico de planta (lps/año)	228,480.00
Etapa III	Costo Total de contenedor térmico BougeRV (lps/año)	5,262.40
	Costo Total de contenedor térmico con control automatizado y plataforma de seguimiento en tiempo real (lps/año)	55,685.21
	Costo anual por mantenimiento de la plataforma (lps/año)	120,000.00
Etapa IV	Costo implementación sistema digital de gestión y comunicación para transporte de muestras (lps/año)	378,000.00
	Costo mantenimiento anual sistema digital de gestión y comunicación para transporte de muestras (lps/año)	168,377.00
<b>TOTAL (lps)</b>		<b>1,050,604.61</b>

Fuente: Propia

A continuación, se presenta en la tabla 69, un resumen de los beneficios planteados por implementación de cada alternativa propuesta por fases

**Tabla 69. Beneficios proyectados por implementación**

RESUMEN DE BENEFICIOS PROYECTADOS POR IMPLEMENTACIONES PLANTEADAS		
Etapa II	Ahorro promedio anual de mano de obra realizada por taller tercerizado (lps/año)	122,220.00
Etapa IV	Beneficio adicional por captación de nuevos clientes (lps/año)	264,000.00
Todas las etapas	Ahorro potencial por aprovechamiento de tiempo (lps/año)	511,314.00
<b>TOTAL (lps)</b>		<b>897,534.00</b>

Fuente: Propia

Con los datos planteados en las tablas 68 y 69, calculamos el payback para el primer año fiscal según la ecuación 9.

(8)

Para la evaluación financiera del proyecto, se consideró inicialmente el período de recuperación de la inversión (Payback), cuyo resultado fue mayor a un año, lo que indica que la inversión no se recupera dentro del primer periodo operativo. Debido a ello, y con el fin de incorporar adecuadamente el valor del dinero en el tiempo, se procedió a calcular el Valor Presente Neto (VPN). Para este análisis se estableció un horizonte de evaluación de dos años, criterio coherente con el período inmediatamente superior al Payback obtenido, y se asumió una tasa de descuento conservadora del 10 %, comúnmente utilizada en proyectos operativos internos y sugerido por la gerencia Financiera de Laboratorio Bueso Arias. Bajo estas condiciones, el VPN permite estimar de manera más precisa la creación de valor del proyecto a lo largo de su vida útil.

Se detalla el valor del VPN mediante la ecuación 10, según se muestra a continuación

(9)

El Valor Presente Neto obtenido para el horizonte de dos años fue positivo, lo que indica que el proyecto genera un retorno superior al costo de inversión, aun después de ajustar los flujos por el valor del dinero en el tiempo. Bajo este resultado, se concluye que el proyecto es financieramente viable y aporta valor dentro del período evaluado, por lo que su implementación resulta justificable.

## 6.7.2 IMPACTO CUALITATIVO Y CUANTITATIVO DEL PRESUPUESTO

### 6.7.2.1 IMPACTO CUALITATIVO DEL PRESUPUESTO

La implementación integral de las cuatro alternativas propuestas genera un impacto cualitativo significativo en la eficiencia y confiabilidad del sistema de transporte de muestras clínicas. El fortalecimiento de las competencias del personal, la consolidación de un programa de mantenimiento preventivo, la mejora del control térmico durante el transporte y la introducción de una plataforma digital de gestión permiten elevar la calidad del servicio, reducir la variabilidad operativa y asegurar el cumplimiento de estándares como ISO 15189:2022. En conjunto, estas mejoras se traducen en un sistema más estable, trazable y profesionalizado, donde los transportistas experimentan tiempos de servicio más constantes, los laboratorios referidos reciben un proceso más ágil, y la institución avanza hacia una operación moderna, estandarizada y orientada a la mejora continua.

### 6.7.2.2 IMPACTO CUANTITATIVO DEL PRESUPUESTO

Desde el enfoque cuantitativo, los resultados financieros obtenidos evidencian un escenario favorable para la inversión propuesta. Si bien en el primer año fiscal la recuperación del capital inicial no se completa debido al monto requerido para la puesta en marcha, la evaluación proyectada a dos años, incorporando el valor del dinero en el tiempo, demuestra la solidez del proyecto. El cálculo del Valor Presente Neto (VPN), obtenido bajo una tasa de descuento conservadora del 10 %, resultó positivo, lo que confirma que los beneficios estimados generan un rendimiento superior al costo de la inversión. Este resultado se complementa con el análisis del período de recuperación descontado (Payback ajustado), alcanzado alrededor de los 14 a 15 meses, lo que significa que a partir del segundo año el proyecto no solo compensa su inversión inicial, sino que produce excedentes netos.

## **6.8 CONCORDANCIA DE LOS SEGMENTOS DE LA TESIS CON LA PROPUESTA**

La siguiente tabla 70 presenta una síntesis estructurada de los elementos centrales de la investigación, integrando en un solo espacio el título del estudio, los objetivos, general y específicos, las teorías y fundamentos conceptuales que sustentan la propuesta metodológica, así como la definición de variables independientes y dependientes y la población de estudio. Además, se incluyen las técnicas empleadas para el análisis, las conclusiones principales derivadas del trabajo y la denominación de la propuesta de implementación, junto con sus respectivos objetivos operativos. Esta consolidación permite visualizar de manera clara y ordenada la coherencia interna de la tesis y el hilo conductor que articula la problemática, el marco teórico, la metodología aplicada y la solución propuesta.

**Tabla 70. Concordancia de los segmentos de la tesis con la propuesta**

Capítulo I		Capítulo II		Capítulo III		Capítulo V	Capítulo VI		
Título Investigación	Objetivo General	Objetivos Específicos	Teorías/Metodologías de sustento	Variables	Poblaciones	Técnicas	Conclusiones	Nombre de la propuesta	Objetivos de propuesta
Revisión de productividad en sistema de transporte de muestras clínicas de Laboratorio Bueso Arias, mediante metodología de Investigación de Operaciones	Determinar cómo influyen las variables tipo de vehículo, competencia de conductor, condiciones ambientales, horarios disponibles, tiempo de viaje, tiempo de servicio y cantidad de laboratorios en la productividad del sistema de transporte.	1. Identificar de manera concreta los factores positivos y negativos que influyen en el sistema de transporte actual bajo el cual opera Laboratorio Bueso Arias	Metodología de Investigación de Operaciones (IO)	Productividad del sistema de transporte	La población objeto de estudio está conformada por 497 escenarios operativos de rutas de recolección de muestras correspondientes a laboratorios referidos cuyo punto de partida y de retorno es el centro de procesamiento ubicado en la sucursal principal	1. Entrevista Estructurada 2. Observación directa	1- El análisis estadístico aplicado a las siete variables independientes demostró que cuatro de ellas presentan influencia significativa sobre la productividad del sistema de transporte de muestras clínicas: competencia del conductor, tipo de vehículo, condiciones ambientales y tiempo de servicio en los laboratorios referidos. Estas variables explican las fluctuaciones observadas en los niveles de eficiencia y permiten identificar factores positivos, como un conductor experimentado y vehículos en buen estado, así como factores negativos asociados a tiempos de servicio prolongados y condiciones climáticas adversas. Con base en estos resultados, la hipótesis de investigación se acepta parcialmente, confirmando que algunos factores inciden de manera directa en la productividad.	PLAN INTEGRAL DE IMPLEMENTACIÓN METODOLÓGICA PARA LA MEJORA DE LA PRODUCTIVIDAD DEL SISTEMA DE TRANSPORTE DE MUESTRAS CLÍNICAS	1. Estandarizar las competencias operativas del personal de transporte mediante un programa continuo de tutorías y capacitación técnica.
		2. Desarrollar alternativas que permitan incrementar la productividad del sistema de transporte de muestras de Laboratorio Bueso Arias.	Problema del Viajante (TSP)	1. Tipo de vehículo		Se desarrollaron cuatro alternativas orientadas a mejorar la productividad del sistema de transporte: La subcontratación parcial de taxis para liberar conductores experimentados y asignarlos a rutas de mayor criticidad; la contratación de un mecánico de planta, complementada con un programa de Mantenimiento Productivo Total (TPM) para asegurar la disponibilidad continua de la flota; la implementación de contenedores térmicos con control automático de temperatura y seguimiento ambiental en tiempo real; y el desarrollo de un sistema digital de gestión y comunicación para coordinar eficientemente las recolecciones entre transportistas y laboratorios referidos. Estas alternativas responden de forma integral a los factores significativos detectados y ofrecen soluciones operativas y tecnológicas que permiten fortalecer la continuidad, trazabilidad y confiabilidad del proceso logístico.	1. Garantizar la disponibilidad mecánica y confiabilidad de la flota a través de un plan integral de mantenimiento preventivo y correctivo bajo la metodología TPM.		
		3. Establecer la relación beneficio-costeo que podría obtener el Laboratorio Bueso Arias, al mejorar la productividad del sistema de transporte de muestras.	Problema de Ruteo de vehículos (VRP)	2. Competencia del conductor 3. Horarios Disponibles 4. Condiciones Ambientales 5. Tiempo de Viaje 6. Tiempo de Servicio 7. Cantidad de Laboratorios		3- El análisis de la relación beneficio-costeo muestra que todas las alternativas evaluadas son económicamente viables, con índices B/C superiores a 1, aunque con retornos de magnitud distinta. Las alternativas operativas, como la subcontratación de taxis (B/C = 5.39) y la contratación de un mecánico de planta (B/C = 2.77), presentan los beneficios más altos por su impacto directo en la reducción de tiempos improductivos y costos externos. La alternativa tecnológica de contenedores térmicos automatizados (B/C = 2.83) también resulta favorable, aportando además mejoras estratégicas en control térmico y calidad preanalítica. Finalmente, el sistema digital de gestión (B/C = 1.42), aunque con el retorno más moderado, sigue siendo rentable y destaca por fortalecer la trazabilidad, la modernización operativa y la capacidad de expansión del servicio. En conjunto, los resultados confirman que las alternativas operativas generan los mayores retornos inmediatos, mientras que las tecnológicas aportan valor institucional y sostenibilidad a mediano plazo.	3. Fortalecer el control ambiental y la trazabilidad térmica del transporte de muestras, mediante la implementación gradual de hieleras con regulación automática de temperatura y sensores de monitoreo.		
		4. Elaborar una propuesta de implementación metodológica de investigación de operaciones, que permita mejorar la productividad del sistema de transporte.	Método General del transporte (MODI)			la propuesta metodológica desarrollada constituye un enfoque integral que articula los principios de la Investigación de Operaciones, el Mantenimiento Productivo Total y los lineamientos normativos de ISO 10015 e ISO 15189, con el propósito de intervenir directamente sobre las variables que demostraron incidencia significativa en la productividad. Esta integración permite estructurar un modelo de mejora continua que combina análisis cuantitativo, gestión de recursos, fortalecimiento de competencias y aseguramiento de la calidad, brindando al laboratorio una ruta metodológica sólida para optimizar su sistema de transporte de muestras y garantizar su sostenibilidad operativa en el tiempo.	4. Consolidar un sistema digital de gestión y comunicación en tiempo real, como fase final del modelo de Investigación de Operaciones, que integre las variables logísticas y facilite la toma de decisiones.		

Fuente: Propia

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

### BIBLIOGRAFÍA

- Anderson, D., Sweeney, D., & Williams, T. (2012). *Estadística para Negocios y Economía* (11 ed.). México: CENGAGE Learning.
- Anderson, D., Sweeney, D., Williams, T., Damm, J., & Martin, K. (2011). *Métodos Cuantitativos para los negocios*. México: CENGAGE.
- Applegate et al. (2006). *The traveling salesman problem: A computational study*. Princeton University Press.
- Ares-Sun. (2025). *Ares-Sun*. Obtenido de <https://www.ares-telemetry.com/conocenos>
- Asociación Nacional de Industriales. (2 de julio de 2024). Alianza estratégica Roche Diagnostic - IHSS. San Pedro Sula, Cortés, Honduras.
- Australian Commission on Safety and Quality in Health Care. (2022). *Requirements for the packaging and transport of pathology specimens and associated materials*.
- Ballou, R. (2004). *Business Logistic/Supply Chain Management*. Pearson Prentice Hall.
- Banco Interamericano de Desarrollo. (2015). *INFRAESTRUCTURA, LOGÍSTICA Y CONECTIVIDAD*.
- Banco Mundial. (2022). *Perspectivas económicas mundiales: América Latina y el Caribe*.
- Banco Mundial. (4 de Enero de 2024). *blogs.worldbank.org*. Obtenido de <https://blogs.worldbank.org/en/opendata/oil-prices-remain-volatile-amid-uncertainty-arising-geopolitical-conflict>
- Banks et. al. (2019). *Discrete Event System Simulation*. Pearson.
- Benini, M., Detti, P., & Manrique, G. Z. (2021). A vehicle routing problem for biological sample transportation in healthcare: mathematical formulations and metaheuristic approach. *ArXiv*. Obtenido de <https://arxiv.org/abs/2104.09275>
- Bernard W. Taylor III. (2016). *Introduction to Management Science*. Estados Unidos: Pearson.

BougeRV. (s.f). Amazon. Obtenido de amazon: <https://www.amazon.com/BougeRV-Congelador-port%C3%A1til-refrigerador-compresor/dp/B08G1BBBQW/ref>

CDC (Centers for Disease Control and Prevention). (2023). *Specimen Storage and Shipping Guidance*. Centers for Disease Control and Prevention. (2021). *Specimen Storage and Shipping Guidance for Infectious Disease Laboratories*. CDC, Office of the Deputy Director for Infectious Diseases Laboratory. Estados Unidos.

Chatfield, C. (2003). *The analysis of time series: An introduction (6th ed.)*. Chapman & Hall/CRC.

Chopra , S., & Meindl, P. (2007). *Supply Chain Management*. New Jersey: PEARSON.

Chopra y Meindl. (2021). *Supply Chain Management: Strategy, Planning, and Operation*. Pearson.

Christopher, M. (2016). *Logistic & Supply Chain Management*. Pearson.

Congreso Nacional. (1991). *Código de Salud Decreto 65-91*. Tegucigalpa.

Department of Transportation, DOT. (2022). *Transporting-Infectious-Substances-Safely*.

Desaulniers et. al. (2005). *Column Generation*. Springer Science and Business Media.

Diario Tiempo. (26 de septiembre de 2024). Calles tapizadas de baches amenazan a conductores y peatones del barrio Medina. *Diario Tiempo*. Obtenido de <https://tiempo.hn/calles-tapizadas-de-baches-en-barrio-medina/>

Diario Tiempo. (30 de noviembre de 2024). Movilidad Urbana en San Pedro Sula: atrapada en el caos y la incompetencia. *Diario Tiempo*. Obtenido de <https://tiempo.hn/movilidad-urbana-en-sps-atrapada-en-caos-incompetencia/#utm>

eHealth Latin America Reporter. (25 de agosto de 2025). *eHealth Latin America Reporter*. Obtenido de <https://ehealthreporter.com/erick-cortez-en-chile-se-han-conseguido-avances-asombrosos-en-salud-digital/>

Elaboración propia a partir de Google My Maps. (2025). *Distribución General de Laboratorios Clínicos en San Pedro Sula y alrededores*. San Pedro Sula.

Empresa de Renovación y Desarrollo Urbano de Bogotá. (2023). *Manual de competencias y requisitos generales para trabajadores oficiales*. RENOBO, Bogotá.

FMI. (2025). *Resumen de datos del FMI, INFLACION ANUAL MUNDIAL Y PRODUCCION INDUSTRIAL*.

García, L. (31 de enero de 2025). SPS: Vialidad, educación y salud, el plan municipal de 2025. *La Prensa*.

Gudiño, J. (19 de febrero de 2017). *josuegudinomunopsti.blogspot.com*. Obtenido de [https://josuegudinomunopsti.blogspot.com/2017/02/instrumentos-de-investigacion.html?utm\\_source=chatgpt.com](https://josuegudinomunopsti.blogspot.com/2017/02/instrumentos-de-investigacion.html?utm_source=chatgpt.com)

Hair et al., 2. (s.f.). *Multivariate data analysis* (7ma. ed. ed.). Pearson.

Hernández Sampieri, R., & Mendoza, C. P. (2018). *Metodología de la Investigación: Las Rutas Cuantitativa, cualitativa y mixta*. México: McGraw Hill.

Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, M. d. (2014). *Metodología de la investigación* (Quinta ed.). México D.F.: Mc Graw Hill.

Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, M. d. (2014). *Metodología de la investigación* (Quinta ed.). México D.F.: Mc Graw Hill.

Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2004). *Metodología de la Investigación* (Cuarta ed.). Colombia: McGraw Hill.

Hillier y Lieberman, G. (2021). *Introduction to Operation Research*. McGraw Hill.

Hillier, F. S., & Lieberman, G. J. (2002). *Introduction to Operations Research* (7th ed.).

INE. (2024). *Servicios Públicos en Honduras*.

Instituto de Previsión Social del Profesional del Derecho. (2025). *Institutodeprevisióncah.hn*. Obtenido de <https://institutodeprevisióncah.hn/red-de-laboratorios/#>

Instituto Nacional de Estadística. (2024). *Servicios Públicos en Honduras*.

International Organization for Standardization (ISO) & International Electrotechnical Commission (IEC). (2008). *Uncertainty of measurement—Part 3: Guide to the expression of uncertainty in*

*measurement.*

International Organization for Standardization. (2022). *ISO 15189:2022: Medical laboratories — Requirements for quality and competence.* Ginebra.

International Organization for Standardization. (19 de mayo de 2023). *ISO 20658:2023 – Requisitos para la recolección y el transporte de muestras para exámenes de laboratorio médico.* Obtenido de <https://www.iso.org/standard/80035.html?utm>

La Prensa. (28 de enero de 2024). Crece parque vehicular, pero no hay mejora en el transporte. (K. Baquedano, Ed.) *La Prensa.* Obtenido de <https://www.laprensa.hn/sanpedro/honduras-crece-parque-vehicular-transporte-publico>

Laboratorio Bueso Arias . (2025). *Expediente de personal* . San Pedro Sula.

Laboratorio Bueso Arias. (2016). *Procedimiento Atencion al cliente Referidos/derivantes POPA03.* San Pedro Sula.

Laboratorio Bueso Arias. (2025). *Formato ROMT74-Control de Rendimiento de Combustible.* San Pedro Sula: No Publicado.

Laboratorio Bueso Arias. (2025). *Formato ROMT79-Control de Rendimiento de Combustible.* San Pedro Sula: No Publicado.

Laboratorio Bueso Arias. (2025). *Formato: ROMT63 recorrido de conductores.* San Pedro Sula.

Laboratorio Bueso Arias. (2025). *Plataforma Vigia Smart.* San Pedro Sula.

Laboratorio Bueso Arias. (2025). *POMT06 Procedimeinto Insutrumental de Apoyo.* San Pedro Sula: Revisión 28.

Laboratorio Bueso Arias. (2025). *ROMT15-A Cronograma de Mantenimiento Preventivo* . San Pedro Sula: Versión 8.

Laboratorio Bueso Arias. (2025). *ROMT59 Política Logística de Transporte.* San Pedro Sula: Revisión 7.

Laporte. (1992). *The Traveling Salesman Problem: An Overview of exact and approximate algorithms.*

*European Journal of Operation Research.*

Lawler et al. (1985). *The traveling salesman problem: A guided tour of combinatorial optimization.*

Wiley.

Le, N. T., Thwe Chit, M. M., Le Truong, T., & Atchaisai, S. (3 de enero de 2023). "Deployment of Smart Specimen Transport System Using RFID and NB-IoT Technologies for Hospital Laboratory".

*Sensors.* Obtenido de <https://www.mdpi.com/1424-8220/23/1/546?utm>

Lexicon. (2024). *Accounting terms lexicon.* Obtenido de [www.accountingtermslexicon.com/](http://www.accountingtermslexicon.com/):

<https://accountingtermslexicon.com/definitions/a/available-hours/?utm>

Logix GPS. (2025). *Soluciones GPS integrales para tu tranquilidad.* Obtenido de Logix GPS:

<https://logixhn.com/servicios-gps-monitoreo/>

Makram, A., Wang, J., Vaghela, G., Dhir, G., Quan, N., Minh Duc, N. T., . . . Huy, N. T. (2022). ¿Es la lista

de verificación una herramienta eficaz para enseñar a los estudiantes de investigación? Un estudio basado en encuestas. *Educación médica BMC.* Obtenido de

<https://bmcmmededuc.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12909-022-03632-z?utm>

Mayo Clinic. (21 de abril de 2021). *Mayo Clinic Laboratories uses enhanced technology to safeguard*

*patient specimens.* Obtenido de [https://newsnetwork.mayoclinic.org/discussion/mayo-clinic-](https://newsnetwork.mayoclinic.org/discussion/mayo-clinic-laboratories-uses-enhanced-technology-to-safeguard-patient-specimens/)

[laboratories-uses-enhanced-technology-to-safeguard-patient-specimens/](https://newsnetwork.mayoclinic.org/discussion/mayo-clinic-laboratories-uses-enhanced-technology-to-safeguard-patient-specimens/)

Milesight. (s.f). *TS301/TS302 LoRaWAN®.* Obtenido de Milesight:

<https://www.milesight.com/iot/product/lorawan-sensor/ts30x>

Montgomery, D., & Runger, G. C., G. (2014). *Applied statistics and probability for engineers* (Vol. 6th

ed.).

Mora, J. (2025). *NOWPORTS.* Obtenido de [blog.nowports.com](https://blog.nowports.com/): [https://blog.nowports.com/es/flete-](https://blog.nowports.com/es/flete-terrestre-y-el-impacto-del-precio-del-petroleo-mundial)

[terrestre-y-el-impacto-del-precio-del-petroleo-mundial](https://blog.nowports.com/es/flete-terrestre-y-el-impacto-del-precio-del-petroleo-mundial)

Municipalidad de San Pedro Sula. (19 de agosto de 2024). *Mantenimiento de vías pavimentadas de la*

- ciudad. Obtenido de <https://sanpedrosula.hn/obras/detalles/1842>
- Observatorio del transporte de Euskadi. (6 de junio de 2024). *OTEUS*. Obtenido de [www.euskadi.eus](http://www.euskadi.eus):  
<https://www.euskadi.eus/definiciones-de-la-estadistica-de-transporte-de-mercancias-por-carretera-etmc/web01-a1oteusn/es/>
- OHN, Organismo Hondureño de Normalización. (2022). *Norma Hondureña OHN-ISO 15189, Laboratorio clínicos – 7. Requisitos para la calidad y la competencia, 7.2 Procesos preanalíticos, 7.2.5 Transporte de muestras*. Tegucigalpa.
- ONU. (4 de octubre de 2023). *ONU Comercio y Desarrollo*. Obtenido de UNCTAD:  
<https://unctad.org/es/podcast/el-informe-de-la-onu-sobre-comercio-la-economia-mundial-registra-un-debil-crecimiento>
- Organización Mundial de la Salud. (2009). *Informe sobre la situación mundial de la seguridad vial*. Organización Mundial de la Salud. Obtenido de <https://www.who.int/es>
- Organización Panamericana de la Salud. (2005). *WHA58.29: Reforzamiento de la bioseguridad en el laboratorio*. Resoluciones.
- Quest Diagnostic. (23 de Enero de 2025). [www.questdiagnostic.com](http://www.questdiagnostic.com). Obtenido de [http://www.questdiagnostics.com/brand/business/b\\_bus\\_lab\\_presence.html](http://www.questdiagnostics.com/brand/business/b_bus_lab_presence.html)
- Rendón, O. H. (2021). La matriz de congruencia: Una herramienta para realizar investigaciones sociales. *Economía y Sociedad*, 312-316.
- Rivera, J. C. (26 de septiembre de 2024). Tegucigalpa y San Pedro Sula, rezagadas en movilidad urbana por desinterés de todos los gobiernos. *La Prensa*. Obtenido de <https://www.laprensa.hn/honduras/tegucigalpa-san-pedro-sula-movilidadurbana-desinteres-gobiernos-EL21801995>
- Sampera et al. (17 de noviembre de 2011). Rutas de recogida de muestras y error en el proceso analítico. *Revista de Laboratorio clínico*. Obtenido de [www.elsevier.es/LabClin](http://www.elsevier.es/LabClin):

[https://www.elsevier.es/es-revista-revista-del-laboratorio-clinico-282-pdf-S1888400811000961?utm\\_source](https://www.elsevier.es/es-revista-revista-del-laboratorio-clinico-282-pdf-S1888400811000961?utm_source)

Sampera, J. B., Ventura Pedret, S., Gomis Castelvi, M., & March Amengual, J. M. (17 de Noviembre de 2011). Rutas de recogida de muestras y error en el proceso analítico. *Revista del Laboratorio Clínico*, 17. Obtenido de [www.elsevier.es/LabClin](http://www.elsevier.es/LabClin): <https://www.elsevier.es/es-revista-revista-del-laboratorio-clinico-282-articulo-rutas-recogida-muestras-error-el-S1888400811000961>

Sanchez Carretero, R. (2 de mayo de 2025). Transporte de muestras biológicas: Seguridad, Normativa e Innovación. *Transporte de muestras biológicas: Seguridad, Normativa e Innovación*. Madrid, Madrid, España. Obtenido de <https://www.linkedin.com/pulse/transporte-de-muestras-biol%C3%B3gicas-seguridad-normativa-rebeca-dkwyc/>

Sanchez Carretero, R. (2 de mayo de 2025). Transporte de muestras Biológicas: Seguridad, Normativa e Innovación. Madrid, Madrid, España.

Secretaría de Salud. (2019). *Lineamientos de Gestión Logística de Medicamentos*. Tegucigalpa M. D. C.

Secretaría de Salud. (2022). *Anuario Estadístico Segmeto II*. Tegucigalpa M.D.C.: Unidad de Gestión de la información área estadística de la Salud.

Secretaria de Salud de Honduras. (2009). *Reglamento Técnico Hondureño RTH-SALUD 11.01.121*. Tegucigalpa.

SPTel. (2025). *Internet of Things in Singapore's Healthcare: 5 Examples*. Obtenido de SPTel: <https://sptel.com/iot-singapore-healthcare>

Taylor III, B. (2016). *Introduction to management science* (12 ed.). Pearson.

Texas Transportation Institute. (2005). *Transportation Mobility Measures*.

tiempo3.com. (2025). *Tiempo3.com*. Obtenido de <https://www.tiempo3.com/north-america/honduras/cortes/san-pedro-sula?page=past-weather#day=10&month=6>

Toth y Vigo. (2014). *Vehicle Routing: Problem, Methods, and Applications* . SIAM.

UNCTAD. (2024). *Las altas tarifas de flete tensionan las cadenas de suministro globales y amenazan a las economías vulnerables*. Ginebra.

UNECE. (2023). *Acuerdo relativo al transporte internacional de mercancías peligrosas por carretera*.

Obtenido de <https://unece.org/transport/standards/transport/dangerous-goods/adr-2023-agreement-concerning-international-carriage>

Upper. (2 de mayo de 2024). [www.upperinc.com](http://www.upperinc.com). Obtenido de

<https://www.upperinc.com/glossary/route-optimization/service-time/>

Vargas Avíles, J. R. (2014). *PRÁCTICAS DE IO CON POM-QM*. Managua.

doi:<https://jrvargas.wordpress.com/wp-content/uploads/2008/08/practicas-de-io-con-pom-qm2.pdf?utm>

World Health Organization. (2018). *Global Status Report on Road Safety*. Obtenido de

<https://www.who.int/publications/i/item/9789241565684>

World Health Organization. (2021). *Guidance of regulations for the Transport of infectious Substances*.

World Health Organization, Estados Unidos.

## ANEXOS.

### ANEXO 1. LISTADO DE VEHÍCULOS AUTORIZADOS

No.	No. De activo	Placa	Año	Descripción	Marca	Cajón de Fibra	Serie	motor	Color
1	VEH020	HDU 6219	2023	Camioneta Creta 1.497	Hyundai	N/A	MA LPB812 EPM430980	G4FINV383960	BLANCO POLAR
2		HDH 7283	2017	PICK UP BT-50 4X2	MAZDA	N/A	MM7UR3DB4HW594836	P4AT2226303	ALUMINIO
3	VEH0021	HDU 6635	2023	Camioneta Creta 1.497	Hyundai	N/A	MA LPB812 EPM436659	G4FINV384023	BLANCO POLAR
4	VEH0012	HAE 2363	2019	PICK UP RANGER 4X4	FORD	N/A	6FPPXXMI2 PJP28802	SA2HPJP28802	BEIGE METÁLICO
5	VEH0015	HAO 9995	2021	AUTOBUS HIACE	TOYOTA	N/A	JTFNAFAP108021014	1GD 8756477	BLANCO
6	OPERADORA	HDH 5522	2015	CAMIONETA DE LUJO QASHQAI	NISSAN	N/A	SINFBAJ11Z1163568	MR20309967W	GRIS
7		HBR 5818	2016	Microbus N300 cargo	CHEVROLET	N/A	LZWACAGAB86014300	LAQUFC0821144	BLANCO
8	VEH0029	JAK 9107	2024	PICK UP RANGER 4X4	FORD	N/A	6FPA RPF6XRJ132090	YN2QRJ132090	GRIS CLARO
9	VEH0010	BAC 8255	2019	Motocicleta Montaña XM-2002	Genesis	SI	LZSJCMLC7K1007161	ZS167FML-3*5K109033*	AZUL/GRIS
10	VEH0003	BCW 7368	2015	Motocicleta Discovery 125M	Bajaj	SI	MD2A57BZ7FWG48142	PAZWEG86618	AZUL MULTICOLOR
11	VEH0011	BAP 9763	2019	Motocicleta Montaña XM-2002	Genesis	SI	LZSJCMLC6K1008608	ZS167FML35K112386	AZUL/GRIS
12	VEH0014	BBR 9585	2021	Motocicleta Montaña XM-2002	Genesis	SI	LZSJCMLC8M1003607	ZS167FML-3*5M100824*	AZUL/GRIS
13	VEH0016	BEC 7938	2022	Motocicleta BK-150	Genesis	NO	LZSPCLGON1601175	ZS162FMI*2N101460*	NEGRO
14	VEH0017	BA5 8264	2023	MOTOCICLETA BOXER 150X	Bajaj	SI	MD2A21BX3PWA87685	PFXWNA48533	ROJO CON FRANJAS
15	VEH0018	BDG 0609	2023	MOTOCICLETA BOXER 150X	Bajaj	SI	MD2A21BX3PWB86746	PFXWNB18001	NEGRO CON FRANJAS
16	VEH0019	BDZ 4481	2023	MOTOCICLETA BOXER 150X	Bajaj	SI	MD2A21BX2PWC85741	PFXWNC25606	AZUL CON FRANJAS
17	VEH0022	BDR 5219	2023	MOTOCICLETA BOXER 150X	Bajaj	SI	MD2A21BXXPWF85544	PFXWNF43904	AZUL CON FRANJAS
18	VEH0023	BDK 0672	2024	MOTOCICLETA BOXER 150X	Bajaj	SI	MD2A21BX5RWB50434	PFXWPB42543	ROJO CON FRANJAS
19	VEH0024	BCL 2226	2024	MOTOCICLETA BOXER 150X	Bajaj	SI	MD2A21BX6RWE85010	PFXWPE03549	AZUL CON FRANJAS MULTICOLOR
20	VEH0025	JCI 1911	2024	MOTOCICLETA BOXER 150X	Bajaj	SI	MD2A21BX9RWF85165	PFXWPF30603	ROJO CON FRANJAS MULTICOLOR
21	VEH0026	JCI 6936	2024	MOTOCICLETA BOXER 150X	Bajaj	SI	MD2A21BX6RWJ87232	PFXWPJ57508	AZUL CON FRANJAS MULTICOLOR
22	VEH0028	JCN-4956	2025	MOTOCICLETA BOXER 150X	Bajaj	SI	MD2A21BX0SWM85491	PFXWRM22744	NEGRO CON FRANJAS MULTICOLOR
23	VEH0030	JCQ-9623	2025	MOTOCICLETA BOXER 150X	Bajaj	SI	MD2A21BX35WC85711	PFXWRC24913	NEGRO CON FRANJAS MULTICOLOR
24	VEH0031	JCQ-9620	2025	MOTOCICLETA BOXER 150X	Bajaj	SI	MD2A21BX275WB86177	PFXWRB02584	Rojos con franjas multicolor
25	VEH0032	Nueva 1	2025	MOTOCICLETA BOXER 150X	Bajaj	SI	MD2A21BX25WH85486	PFXWRH26049	Negro/Rojos Multicolor
26	VEH0033	Nueva 2	2025	MOTOCICLETA MONTAÑESA	KMF 200	SI	LLCLGL30XSA105737	LC163FML*339657Q4*	Rojos

## ANEXO 2. LISTADO AUTORIZADO PARA MANEJO DE VEHÍCULOS

Motocicletas	Automóviles
Carlos Barahona	Ana Clemencia Bueso.
Carlos Velásquez	Brenda Ordoñez
Enuar Corea	Carlos Barahona
Erazmo Sabillón	Carlos Velásquez
Fredis Hidalgo	Cesar Chávez
Javier Orellana	Daniel Bueso.
Jefry Cruz	Enuar Corea
Jorge Sánchez	Esaú Perez
José Cartagena	Fernando Medina.
José Castellanos	Fredis Hidalgo
Juan Carlos Rodríguez	Gary Belcarris
Juan Ramón Barahona	Imix Caballero
Kelvin Mejía	Javier Castro
Manuel Portillo	Javier Orellana
Marcos Sandoval	Jefry Cruz
Moisés Sarmiento	José Cartagena
Roger Zelaya	José Manuel Leiva
	Juan José Calderón
	Juan Ramón Barahona
	Karol Cema.
	Luis Sosa.
	Luis Suazo
	Manuel Portillo
	Marcos Sandoval
	Marvin Maldonado
	Nelson Ramirez
	Orbin Flores.
	Roger Zelaya
	Vanessa Membreño

Fuente: (Laboratorio Bueso Arias, 2025, págs. 19,20)

### ANEXO 3. DEFINICIÓN DE RUTAS EN SISTEMA DE TRANSPORTE DE LABORATORIO BUESO ARIAS

Sucursal/Hora	7:30 a. m.	8:00 a. m.	8:30 a. m.	9:00 a. m.	9:30 a. m.	10:00 a. m.	10:30 a. m.	11:00 a. m.	11:30 a. m.	12:00 p. m.	12:30 p. m.
Benque	Transportista 7				Transportista 8				Transportista 2		
Century		Transportista 2				Transportista 2				Transportista 2	
Terravista		Transportista 2				Transportista 2				Transportista 2	
Santa Mónica		Transportista 1				Transportista 3				Transportista 13	
Altara		Transportista 3				Transportista 6				Transportista 13	
Choloma		Transportista 4				Transportista 4				Transportista 4	
Villanueva		Transportista 5								Transportista 1	
Los Olivos	Transportista 6			Transportista 3			Transportista 3				
Autoservicio	Transportista 8		Transportista 8					Transportista 8		Transportista 8	
San José			Transportista 9				Transportista 10				
Aventura				Transportista 10						Transportista 9	
Guadalupe	Transportista 1				Transportista 2				Transportista 3		
Referidos 1 Centro SPS		Transportista 7	Transportista 7	Transportista 7	Transportista 7	Transportista 7	Transportista 7	Transportista 7	Transportista 7	Transportista 7	Transportista 7
Hospital Del Valle								Transportista 3			
Referidos Choloma		Transportista 4				Transportista 4				Transportista 4	
Terminal				Transportista 5	Transportista 5	Transportista 5	Transportista 5	Transportista 5	Transportista 5	Transportista 5	Transportista 5
Biología Molecular			Transportista 1	Transportista 1	Transportista 1	Transportista 1	Transportista 1	Transportista 1	Transportista 1	Transportista 1	Transportista 1
Paquetes Ventas Empresariales											
Farmacias Dos Caminos			Transportista 6						Transportista 6		
Kielsa 53			Transportista 1		Transportista 1			Transportista 1			Transportista 10
Kielsa 112			Transportista 1		Transportista 1			Transportista 1			Transportista 10
Kielsa 102			Transportista 1		Transportista 1			Transportista 1			Transportista 10
Kielsa 66, 248			Transportista 1		Transportista 1			Transportista 1			Transportista 10
Domicilios	Transportista 11/12 (Carro)/Equipo Domicilios	Transportista 11/12 (Carro)/Equipo Domicilios	Transportista 11/12 (Carro)/Equipo Domicilios	Transportista 11/12 (Carro)/Equipo Domicilios	Transportista 11/12 (Carro)/Equipo Domicilios	Transportista 11/12 (Carro)/Equipo Domicilios	Transportista 11/12 (Carro)/Equipo Domicilios	Transportista 11/12 (Carro)/Equipo Domicilios	Transportista 11/12 (Carro)/Equipo Domicilios	Transportista 11/12 (Carro)/Equipo Domicilios	Transportista 11/12 (Carro)/Equipo Domicilios
Centro de Imágenes		Transportista 8	Transportista 8	Transportista 8	Transportista 8	Transportista 8	Transportista 8	Transportista 8	Transportista 8	Transportista 8	Transportista 8

Sucursal/Hora	12:30 p. m.	1:00 p. m.	1:30 p. m.	2:00 p. m.	2:30 p. m.	3:00 p. m.	3:30 p. m.	4:00 p. m.	5:00 p. m.
Benque			Transportista 10	Transportista 6					
Century				Transportista 3					
Terravista									
Santa Mónica									
Altara				Transportista 4					
Choloma									
Villanueva									
Los Olivos		Transportista 6							
Autoservicio		Transportista 8			Transportista 6		Transportista 3		
San José		Transportista 3							
Aventura									
Guadalupe			Transportista 2						
Referidos 1 Centro SPS	Transportista 7	Transportista 7	Transportista 7	Transportista 7	Transportista 7	Transportista 7	Transportista 7		
Hospital Del Valle									
Referidos Choloma									
Terminal	Transportista 5	Transportista 5	Transportista 5	Transportista 5	Transportista 5	Transportista 5	Transportista 5	Transportista 5	
Biología Molecular	Transportista 1	Transportista 1	Transportista 1	Transportista 1	Transportista 1	Transportista 1	Transportista 1		
Paquetes Ventas Empresariales				Transportista 9	Transportista 9	Transportista 9	Transportista 9	Transportista 9	Transportista 9
Farmacías Dos Caminos						Transportista 7			
Kielsa 53	Transportista 10		Transportista 10	Transportista 1	Transportista 1	Transportista 1	Transportista 1		
Kielsa 112	Transportista 10		Transportista 10	Transportista 1	Transportista 1	Transportista 1	Transportista 1		
Kielsa 102	Transportista 10		Transportista 10	Transportista 1	Transportista 1	Transportista 1	Transportista 1		
Kielsa 66, 248	Transportista 10		Transportista 10	Transportista 1	Transportista 1	Transportista 1	Transportista 1		
Domicilios	Transportista 11/12 (Carro)/Equipo Domicilios	Transportista 11/12 (Carro)/Equipo Domicilios	Transportista 11/12 (Carro)/Equipo Domicilios	Transportista 11/12 (Carro)/Equipo Domicilios	Transportista 11/12 (Carro)/Equipo Domicilios	Transportista 11/12 (Carro)/Equipo Domicilios	Transportista 11/12 (Carro)/Equipo Domicilios	Transportista 11/12 (Carro)/Equipo Domicilios	Transportista 11/12 (Carro)/Equipo Domicilios
Centro de Imágenes	Transportista 8	Transportista 8							

Fuente: (Laboratorio Bueso Arias, 2025)

ANEXO 6. RESULTADOS TIEMPOS DE TRASLADO ENTRE LABORATORIOS

**Escenario 1, Tiempo de traslado 6 laboratorios referidos.**

L0	LBA							
L1	Hospital Militar							
L2	San Vicente							
L3	Liga Contra el cáncer							
L4	Ferraro							
L5	Casco Rosa							
L6	Dimeco							
	Desde/Hacia	LBA	Hospital Militar	San Vicente	Liga Contra el cáncer	Ferraro	Casco Rosa	Dimeco
	LBA	00:00:00	00:14:00	00:15:00	00:08:00	00:15:00	00:05:00	00:09:00
	Hospital Militar	00:07:00	00:00:00	00:11:00	00:13:00	00:18:00	00:11:00	00:09:00
	San Vicente	00:07:00	00:13:00	00:00:00	00:14:00	00:19:00	00:12:00	00:14:00
	Liga Contra el cáncer	00:03:00	00:14:00	00:09:00	00:00:00	00:17:00	00:05:00	00:16:00
	Ferraro	00:08:00	00:17:00	00:20:00	00:10:00	00:00:00	00:06:00	00:15:00
	Casco Rosa	00:04:00	00:16:00	00:08:00	00:09:00	00:11:00	00:00:00	00:04:00
	Dimeco	00:03:00	00:11:00	00:08:00	00:10:00	00:18:00	00:07:00	00:05:00

Fuente: Propia

**Escenario 7, Tiempo de traslado 5 laboratorios referidos.**

L0	LBA						
L1	San Vicente						
L2	Diagnos						
L3	El Centro						
L4	Servilab						
L5	Ferraro						
	Desde/Hacia	LBA	San Vicente	Diagnos	El Centro	Servilab	Ferraro
	LBA	00:00:00	00:15:00	00:06:00	00:08:00	00:22:00	00:15:00
	San Vicente	00:07:00	00:00:00	00:08:00	00:14:00	00:26:00	00:19:00
	Diagnos	00:03:00	00:12:00	00:00:00	00:08:00	00:24:00	00:16:00
	El Centro	00:05:00	00:08:00	00:09:00	00:00:00	00:19:00	00:13:00
	Servilab	00:07:00	00:14:00	00:13:00	00:07:00	00:00:00	00:11:00
	Ferraro	00:08:00	00:20:00	00:13:00	00:09:00	00:22:00	00:00:00

Fuente: Propia

**Escenario 21, Tiempo de traslado 4 laboratorios referidos.**

L0	LBA					
L1	Ruth Paz					
L2	Servilab					
L3	Ferraro					
L4	Kielsa 102					
	Desde/Hacia	LBA	Ruth Paz	Servilab	Ferraro	Kielsa 102
	LBA	00:00:00	00:13:00	00:22:00	00:15:00	00:16:00
	Ruth Paz	00:05:00	00:00:00	00:18:00	00:15:00	00:19:00
	Servilab	00:07:00	00:12:00	00:00:00	00:11:00	00:09:00
	Ferraro	00:08:00	00:16:00	00:22:00	00:00:00	00:04:00
	Kielsa 102	00:08:00	00:21:00	00:26:00	00:10:00	00:05:00

Fuente: Propia

**Escenario 49, Tiempo de traslado 3 laboratorios referidos.**

L0	LBA				
L1	Kielsa 112				
L2	Ferraro				
L3	Casco Rosa				
	Desde/Hacia	LBA	Kielsa 112	Ferraro	Casco Rosa
	LBA	00:00:00	00:07:00	00:15:00	00:05:00
	Kielsa 112	00:03:00	00:00:00	00:11:00	00:09:00
	Ferraro	00:08:00	00:16:00	00:00:00	00:06:00
	Casco Rosa	00:04:00	00:11:00	00:11:00	00:00:00

Fuente: Propia

**Escenario 79, Tiempo de traslado 2 laboratorios referidos.**

L0	LBA			
L1	Servilab			
L2	Casco Rosa			
	Desde/Hacia	LBA	Servilab	Casco Rosa
	LBA	00:00:00	00:22:00	00:05:00
	Servilab	00:07:00	00:00:00	00:07:00
	Casco Rosa	00:04:00	00:22:00	00:00:00

Fuente: Propia