



ITESO, Universidad
Jesuista de Guadalajara

PROYECTO PAP

PRIMAVERA 2026

Programa PAP: Modelación Matemática para el
Desarrollo de Planes de Negocio

Nombre PAP: Optimización de Programas de Inversión en
Intermediarios Financieros

Modelo económico-operativo
con incertidumbre para
transporte público



0. Nota de confidencialidad y profesionalismo (obligatoria)	4
1. Acuerdo de Confidencialidad (NDA) obligatorio para acceso a información del cliente	4
1.1 Objetivo del NDA.....	4
1.2 Alcance de la información confidencial.....	4
1.3 Reglas mínimas de manejo de información	5
1.4 Incumplimiento	5
2. Contexto: ¿por qué estamos haciendo esto?.....	5
3. ¿Qué se espera que desarrollem?	6
4. Objetivo general	6
5. Objetivos específicos	6
5.1 Para Cliente 1 (con datos)	6
5.2 Para Cliente 2 (sin datos).....	6
6. Alcance y entregables.....	7
6.1 En alcance.....	7
7. KPIs solicitados: definiciones, fórmulas y reglas mínimas.....	7
7.1 Tipos de kilómetro (definición operativa)	7
7.1.1 Eventos operativos que generan km en vacío y tiempos fuera de servicio (accidentes, encierros y detenciones).....	8
7.1.2 Programación inicial de operación y porcentaje de cumplimiento (cumplimiento operativo)	8
7.2 IPK - Ingreso de Pasajeros por Km (KPI principal)	9
7.3 Costo por kilómetro (por tipo de km)	9
8. El gran problema a resolver: la incertidumbre.....	9
8.1 Fuentes sugeridas de incertidumbre.....	9
8.2 Métodos aceptables	9
8.3 Entregable mínimo de incertidumbre	9
9. Datos: Cliente 1 vs Cliente 2	10
9.1 Cliente 1.....	10
9.2 Cliente 2.....	10
10. Diseño de interfaz para Cliente 2	10



10.1 Principios	10
10.2 Módulos sugeridos (prototipo)	10
10.3 Requerimientos no funcionales (mínimos)	10
10.4 Modelo de datos (entidades mínimas)	10
11. Calendario oficial y entregas	11
Planeación PAP Primavera 2026	11
11.1 Fechas de entrega	12
12. ¿Qué debe contener cada entrega?	12
Entrega 1 - Definición de proyecto y KPIs (07/feb/2026).....	12
Contenido mínimo:.....	12
Entrega 2 - Pipeline de datos + primer cálculo KPI (28/feb/2026).....	13
Contenido mínimo:.....	13
Entrega 3 - Modelo de costos + incertidumbre (28/mar/2026).....	13
Contenido mínimo:.....	13
Entrega 4 - Insights ejecutivos + visualizaciones (18/abr/2026)	14
Contenido mínimo:.....	14
Entrega 5 - Diseño de captura e interfaz para Cliente 2 (02/may/2026)	14
Contenido mínimo:.....	14
13. Recomendaciones técnicas	15
Sugerencias típicas:	15



0. Nota de confidencialidad y profesionalismo (obligatoria)

Este proyecto se construye con información operativa y económica potencialmente sensible (costos, productividad, trazas GPS, bitácoras, consumo de combustible, mantenimientos, incidentes y cualquier otro dato vinculado a la operación). Por lo tanto, el trabajo del equipo debe cumplir estándares de confidencialidad, trazabilidad y comunicación profesional.

- No compartir información del cliente fuera del entorno del curso.
- No subir bases de datos reales a repositorios públicos (GitHub, Google Drive público, etc.).
- Presentar resultados agregados cuando sea necesario para proteger información sensible.
- Mantener trazabilidad: todo KPI debe poder reconstruirse desde la fuente y las transformaciones aplicadas.
- Documentar supuestos, limitaciones y decisiones metodológicas con claridad (sin “magia” ni cajas negras).

1. Acuerdo de Confidencialidad (NDA) obligatorio para acceso a información del cliente

Para poder acceder a cualquier información del cliente (datasets, reportes operativos, estructura de costos, diagramas de procesos, capturas de pantalla de sistemas internos o cualquier otro material), cada alumno deberá firmar un Acuerdo de Confidencialidad (NDA). La firma del NDA es un requisito obligatorio y no negociable. Sin NDA firmado, el alumno no podrá participar en tareas que impliquen acceso a datos del cliente y el equipo deberá reorganizar responsabilidades.

1.1 Objetivo del NDA

Proteger los intereses del cliente y asegurar que el uso de la información se limite estrictamente a fines académicos del Proyecto PAP, evitando divulgación, uso comercial no autorizado o exposición de datos que puedan afectar la operación, negociación o seguridad del sistema.

1.2 Alcance de la información confidencial

Se considerará información confidencial, de manera enunciativa mas no limitativa:

- Bases de datos completas o parciales (crudas o procesadas) y sus diccionarios.
- Datos de geolocalización, trazas, rutas, tiempos, frecuencias, headways y métricas operativas.
- Estructuras de costos, contratos, tarifas internas, gastos, facturas, consumos, mantenimientos y bitácoras.
- Documentación de sistemas, diagramas, manuales, credenciales, endpoints, reportes o capturas de pantalla.



- Cualquier insight derivado que permita inferir vulnerabilidades, estrategias o cifras sensibles del cliente.

1.3 Reglas mínimas de manejo de información

- Uso exclusivo para el Proyecto PAP y únicamente dentro del equipo y asesores autorizados.
- Prohibido compartir archivos por medios no controlados (grupos abiertos, links públicos, correo personal sin cifrado cuando aplique).
- Prohibido subir datos a herramientas de IA o servicios externos sin autorización expresa del asesor y del cliente.
- Almacenamiento en repositorios privados y/o carpetas con control de acceso; cifrado cuando aplique.
- En reportes y presentaciones: utilizar agregados, rangos y/o anonimización si se requiere compartir fuera del cliente.
- Destrucción/entrega de copias al finalizar el semestre, conforme al procedimiento indicado por el asesor.

1.4 Incumplimiento

El incumplimiento del NDA podrá implicar (i) expulsión del proyecto, (ii) calificación reprobatoria en el componente correspondiente, y (iii) consecuencias legales y administrativas según los términos del NDA y la legislación aplicable. La ignorancia de estas reglas no exime responsabilidad.

2. Contexto: ¿por qué estamos haciendo esto?

En muchos sistemas de transporte público, la tarifa se discute públicamente como si fuera un número “simple”, pero detrás existen dos realidades: (1) la realidad del usuario (tarifa), y (2) la realidad del operador (economía del kilómetro). Cuando no existen datos (o no se registran consistentemente), es imposible responder preguntas básicas: cuánto cuesta operar un km con pasajeros vs. sin pasajeros, qué tan costoso es el traslado a patios y talleres, qué tan productiva es la flota y cómo cambian estas métricas con combustible, mantenimiento, demanda y eventos operativos.

La digitalización del transporte público en Eskişehir (Turquía), documentada por Wialon, ilustra el valor de contar con seguimiento en tiempo real e históricos: habilita monitoreo de desempeño, planeación de rutas y horarios, y control de combustible y mantenimiento para reducir costos y mejorar el servicio. En nuestro caso, el reto se divide en dos frentes: Cliente 1 (con datos) y la Cliente 2 (sin datos).



3. ¿Qué se espera que desarollen?

Un modelo económico-operativo reproducible, con incertidumbre, que produzca KPIs auditables para Cliente 1 y que deje diseñado (a nivel de especificación y prototipo) el sistema de captura/interfaz para replicarlo en rutas sin datos (Cliente 2).

4. Objetivo general

Construir, validar y comunicar un marco técnico-económico basado en datos para medir el costo del kilómetro por tipo de operación y la productividad del sistema (IPK), incorporando incertidumbre y proponiendo el diseño de captura para rutas sin información.

5. Objetivos específicos

5.1 Para Cliente 1 (con datos)

- Entender y documentar la estructura de datos (diccionario, llaves, periodicidad, cobertura y faltantes).
- Definir operativamente los tipos de kilómetro: efectivo, en vacío, patio-terminal y patio-taller.
- Calcular y validar los KPIs solicitados: costo por km por categoría e IPK.
- Construir un modelo con incertidumbre: escenarios/Monte Carlo/bootstrapping con intervalos.
- Comunicar resultados como consultoría: visualizaciones/tablero y memo ejecutivo.

5.2 Para Cliente 2 (sin datos)

- Diseñar el “mínimo sistema de medición” (Minimum Viable Data - MVD): variables, frecuencia, método de captura y validaciones.
- Diseñar la interfaz de captura y consulta: pantallas, formularios, validaciones, roles y flujo operativo realista.
- Proponer un plan de implementación por etapas (6-8 meses): piloto, control de calidad de datos y escalamiento.
- Entregar una especificación para el siguiente semestre: requerimientos, prototipo, modelo de datos y gobernanza.



6. Alcance y entregables

6.1 En alcance

- Definición técnica de KPIs y reglas de negocio.
- Pipeline de datos (ETL), limpieza y validación.
- Cálculo reproducible y auditable de indicadores.
- Modelado de incertidumbre y análisis de sensibilidad.
- Visualización y comunicación ejecutiva.
- Diseño de sistema de captura e interfaz (Cliente 2).

7. KPIs solicitados: definiciones, fórmulas y reglas mínimas

Las definiciones finales deben quedar explícitas, con unidades y cortes temporales claros. Todo KPI debe poder reconstruirse desde la fuente de datos y el pipeline.

7.1 Tipos de kilómetro (definición operativa)

- a) Kilómetro efectivo (km_efectivo): kilómetros recorridos en condición de servicio (unidad en ruta y disponible para transportar pasajeros).
- b) Kilómetro en vacío (km_vacio/deadhead): kilómetros recorridos sin servicio al usuario (reubicación, retorno sin servicio, fuera de horario, etc.).
- c) Kilómetro patio-terminal (km_pat_terminal): traslado del patio/deposito al terminal (inicio/fin de operación).
- d) Kilómetro patio-taller (km_pat_taller): traslado hacia/desde taller por mantenimiento preventivo o correctivo.

Si el dataset no incluye estas etiquetas, el equipo deberá inferirlas mediante reglas (geocercas, timestamps, estatus de unidad, asignación de ruta) y documentar el criterio.



7.1.1 Eventos operativos que generan km en vacío y tiempos fuera de servicio (accidentes, encierros y detenciones)

Además de los km en vacío por reubicación u operación fuera de servicio, existen eventos no planeados (choque/accidente) que pueden generar:

- km en vacío adicionales (trasladados forzados, desvíos, retorno sin servicio)
- encierro/detención de la unidad (tiempo fuera de servicio)

Estos eventos deben registrarse como una categoría específica de “incidencia”, ya que afectan directamente:

- la disponibilidad de flota
- el costo por km (por reducción de km efectivos y aumento de costos/eventos)
- la interpretación de IPK (distorsión del denominador por menor servicio real)

En el análisis, el equipo deberá definir reglas para:

- detectar/etiquetar periodos de km en vacío por accidente
- separar “km en vacío operativo” vs “km en vacío por incidencia”
- cuantificar el impacto en disponibilidad (horas/días fuera de servicio)

7.1.2 Programación inicial de operación y porcentaje de cumplimiento (cumplimiento operativo)

Toda operación parte de una programación inicial (plan de salidas/servicios). Existe un porcentaje de cumplimiento de esa programación (registrado), aunque no siempre esté capturado o validado con la misma calidad.

El equipo deberá incorporar en su metodología:

- cómo se obtiene la programación y el cumplimiento (fuente y campo)
- un KPI de cumplimiento (ej. % de servicios cumplidos, % km programado ejecutado)
- cómo el incumplimiento afecta IPK y CPK (menos km efectivos, cambios en demanda atendida)



7.2 IPK - Ingreso de Pasajeros por Km (KPI principal)

Definición propuesta (monetaria): $IPK = \text{Ingresos tarifarios por pasajeros} / \text{Km efectivos}$.
Validaciones mínimas: reconciliación de ingresos vs. transacciones y tarifa, consistencia temporal y detección de outliers.

7.3 Costo por kilómetro (por tipo de km)

Para cada categoría $c \in \{\text{efectivo, vacío, patio-terminal, patio-taller}\}$:
 $CPK_c = \text{Costo asignado a la categoría } c / \text{Km}_c$.

La asignación de costos debe distinguir costos variables por km, fijos por tiempo y costos por evento; la regla de prorratoe debe ser defendible y transparente.

8. El gran problema a resolver: la incertidumbre

El cliente requiere evitar modelos deterministas donde “todo es constante”. Ustedes deben modelar la incertidumbre de forma explícita y entregar rangos (distribuciones) para IPK y CPK, con sensibilidad sobre los drivers principales.

8.1 Fuentes sugeridas de incertidumbre

- Precio de combustible y variación temporal.
- Consumo por km (variación por unidad, conductor, tráfico y carga).
- Mantenimiento correctivo (eventos aleatorios y severidad).
- Disponibilidad de flota (downtime) y sustituciones.
- Demanda/validaciones (estacionalidad, eventos, día de semana).
- Cambios de política (tarifa, subsidios, regulaciones) como escenarios.

8.2 Métodos aceptables

- Monte Carlo con supuestos y distribuciones justificadas.
- Escenarios estructurados (optimista/base/pesimista + shocks).
- Bootstrap sobre históricos (si existe historia suficiente).
- Sensibilidad y percentiles.

8.3 Entregable mínimo de incertidumbre

- Distribución de IPK y CPK por categoría.
- Percentiles: p10, p50, p90 (mínimo).
- Sensibilidad: variables que más explican la variación del KPI.



9. Datos: Cliente 1 vs Cliente 2

9.1 Cliente 1

Se trabajará con la base histórica disponible. El equipo debe levantar diccionario de datos, construir ETL reproducible y producir KPIs por periodo, unidad y ruta (si aplica), además de un reporte de calidad de datos.

9.2 Cliente 2

El reto es de diseño: definir qué se debe capturar para poder medir y mejorar. El objetivo es proponer un sistema mínimo de medición, con una interfaz simple y validaciones que aseguren calidad. La propuesta debe ser realista para permisionarios sin cultura de datos.

10. Diseño de interfaz para Cliente 2

10.1 Principios

- Captura mínima, valor máximo: cada campo debe justificar su existencia por un KPI o control.
- Evitar carga manual innecesaria: preferir automatización, contemplando una fase inicial manual.
- Trazabilidad y auditoría: quién capturó qué, cuándo, y qué cambió.
- Roles y permisos: permisionario, capturista, supervisor/administrador.

10.2 Módulos sugeridos (prototipo)

- **Catálogos base:** Rutas, unidades, conductores, patios, terminales, talleres.
- **Operación diaria:** Salida/entrada, odómetro inicial/final, incidencias.
- **Combustible:** Cargas, litros, costo, proveedor; alertas litros/km.
- **Mantenimiento:** Preventivo/correctivo; costo; tiempo fuera de servicio.
- **Ingresos/validaciones:** Captura simplificada (si no hay validador) o integración futura.
- **Tablero de KPIs:** IPK, CPK por tipo de km, disponibilidad, consumo/km.

10.3 Requerimientos no funcionales (mínimos)

- UX simple para uso en celular.
- Exportable a Excel/PDF.
- Seguridad por roles.
- Captura rápida y validaciones para reducir errores.

10.4 Modelo de datos (entidades mínimas)

- Unidad
- Ruta
- Servicio/Viaje
- Segmento/Evento_km



- Carga_combustible
- Evento_mantenimiento
- Ingreso/Validación
- Conductor
- Ubicación (patio/terminal/taller)

11. Calendario oficial y entregas

El proyecto se desarrolla a lo largo de 16 semanas. Se realizarán cinco entregas parciales y una presentación final. La semana marcada como "V" corresponde a una semana sin actividades académicas.

Planeación PAP Primavera 2026

Planeación PAP Primavera 2026		24 de enero (P)	31 de enero (P)	7 de feb	14 de feb (P)	21 de feb (P)	28 de feb	7 de marzo (P)	14 de marzo (P)	21 de marzo	28 de marzo (P)	4 de abril (V)	11 de abril (P)	18 de abril	25 de abril (P)	2 de mayo	9 de mayo (P)	16 de mayo
1.- Material de Trabajo																		
Definición de Proyectos		■										■						
2.- Entregas de Proyecto				■								■						
Entrega 1					■													
Entrega 2						■												
Entrega 3							■			■								
Entrega 4							■							■				
Entrega 5														■				
3.- Sesiones de Aprendizaje			■									■						
Project Management (LF)			■															
DCF Models (N)				■														
Factor Alignment Problems (LC)					■													
DDM Models (N)						■												
Robust optimization (LF)							■											
FCF Models (N)								■										
Differentiable optimization (LF)									■									
ML for Option Pricing (LC)										■								
4.- Entrega del Proyecto																		
Reporte PAP															■	■		
Presentación PAP															■	■	F	

Figura 1. Calendario de planeación PAP Primavera 2026.



11.1 Fechas de entrega

ENTREGABLE	FECHA	ENFOQUE PRINCIPAL
ENTREGA 1	07/feb/2026	Arranque + definición de KPIs (Cliente 1) + MVD y alcance de captura (Cliente 2)
ENTREGA 2	28/feb/2026	ETL + diccionario + KPIs preliminares (Cliente 1) + wireframes v1 y flujo de captura (Cliente 2)
ENTREGA 3	28/mar/2026	Modelo de costos + incertidumbre (Cliente 1) + ERD v1, reglas y validaciones (Cliente 2)
SEMANA SIN ACTIVIDADES	04/abr/2026	Sin actividades (V)
ENTREGA 4	18/abr/2026	Insights + tablero (Cliente 1) + prototipo v2 y backlog técnico (Cliente 2)
ENTREGA 5	02/may/2026	Cierre: KPIs finales (Cliente 1) + especificación final lista para desarrollo (Cliente 2)
REPORTE PAP	09/may/2026	Documento integral para retroalimentación
REPORTE PAP (FINAL) + PRESENTACIÓN	16/may/2026	Entrega final y exposición

12. ¿Qué debe contener cada entrega?

Entrega 1 - Definición de proyecto y KPIs (07/feb/2026)

Objetivo: Dejar amarrado el alcance, definiciones y plan (Cliente 1) y arrancar en paralelo el diseño del sistema de captura/interfaz para Cliente 2.

Contenido mínimo:

Planteamiento del problema y contexto del cliente.

Lista final de KPIs con fórmulas y unidades (IPK y CPK por categoría).

Definiciones operativas de tipos de km (reglas de clasificación).

Inventario de datos de Cliente 1: fuentes, cobertura, llaves, disponibilidad y faltantes.

Riesgos y supuestos (incluyendo riesgos de calidad de datos).

Plan de trabajo del equipo (responsables y cronograma).



Cliente 2: Minimum Viable Data (MVD) propuesto (variables mínimas, periodicidad y responsable de captura).

Cliente 2: flujo operativo de captura (quién captura qué, cuándo y con qué validaciones).

Entrega 2 - Pipeline de datos + primer cálculo KPI (28/feb/2026)

Objetivo: Demostrar cálculo real desde datos y trazabilidad del proceso (Cliente 1) y entregar un primer diseño funcional de interfaz/captura para Cliente 2.

Contenido mínimo:

ETL reproducible (scripts/notebook) y estructura de repositorio.

Diccionario de datos y llaves (Cliente 1).

Reporte de calidad de datos (faltantes, duplicados, coherencia).

Primer cálculo de km por categoría e IPK preliminar (con sanity checks).

CPK preliminar (parcial) con una primera regla de asignación de costos documentada.

Cliente 2: wireframes v1 (pantallas principales de captura y consulta).

Cliente 2: catálogo de entidades (lista de tablas/objetos) y campos mínimos por módulo.

Cliente 2: reglas de validación v1 (ejemplos: odómetro, litros/km, fechas, duplicados).

Entrega 3 - Modelo de costos + incertidumbre (28/mar/2026)

Objetivo: Pasar de cálculo a modelo defendible con rangos (Cliente 1) y consolidar el diseño de datos y reglas para construir la interfaz de Cliente 2.

Contenido mínimo:

Sistema de costos propuesto (categorías, asignación y prorrateos) con justificación.

Modelo base determinista completo (IPK + CPK por categoría).

Implementación de incertidumbre (método elegido) con supuestos y distribuciones justificadas.

Resultados con percentiles (p10, p50, p90) y visualización de dispersión/rangos.

Sensibilidad: top 3 variables que más mueven IPK/CPK.

Cliente 2: diagrama entidad-relación (ERD) v1 y justificación contra KPIs.

Cliente 2: reglas de negocio y clasificación de km (cómo se asignará 'efectivo/vacío/patio-terminal/patio-taller').

Cliente 2: prototipo navegable (Figma) o mock funcional del flujo completo (captura -> validación -> KPI).



Entrega 4 - Insights ejecutivos + visualizaciones (18/abr/2026)

Objetivo: Convertir el modelo en producto de consultoría (Cliente 1) y dejar lista una especificación técnica priorizada para que Cliente 2 se implemente lo antes posible.

Contenido mínimo:

Hallazgos clave (drivers de IPK y costo) en lenguaje ejecutivo.

Comparativos por periodo/unidad/ruta (si aplica) y explicación de outliers.

Tablero/prototipo de dashboard (versión usable) con KPIs y rangos por incertidumbre.

Recomendaciones operativas basadas en datos (qué acciones reduce costo o aumenta IPK).

Limitaciones y próximos pasos realistas (qué dato falta y cómo resolverlo).

Cliente 2: wireframes v2 + especificación de validaciones (reglas y mensajes de error).

Cliente 2: backlog priorizado (user stories) para desarrollo del siguiente semestre y quick wins para piloto.

Cliente 2: propuesta de implementación por fases (0-2 meses piloto, 3-6 meses escalamiento, 6-8 meses estabilización).

Entrega 5 - Diseño de captura e interfaz para Cliente 2 (02/may/2026)

Objetivo: Entregar el paquete final: KPIs completos y defendibles para Cliente 1, y especificación final lista para desarrollo e implementación de la interfaz/captura para Cliente 2.

Contenido mínimo:

Cliente 1: KPIs finales (IPK y CPK por categoría) con validación y trazabilidad completa.

Cliente 1: incertidumbre final (percentiles, sensibilidad y escenarios) y narrativa ejecutiva.

Cliente 1: tablero final y guía de lectura (cómo interpretar KPIs y rangos).

Cliente 2: Minimum Viable Data (MVD) final (variables, periodicidad, responsables y controles).

Cliente 2: wireframes/prototipo final (captura y consulta) y flujo de usuario completo.

Cliente 2: ERD final + reglas de negocio + reglas de cálculo de KPIs.

Cliente 2: plan de implementación 6-8 meses (fases, piloto, control de calidad, escalamiento).

Cliente 2: anexos técnicos (catálogos, validaciones, consideraciones de seguridad y roles).



13. Recomendaciones técnicas

Cada equipo puede elegir herramientas, pero debe cumplir con: control de versiones (Git), entorno reproducible (requirements.txt / environment.yml), pipeline claro (ETL → KPIs → visualización) y documentación (README + supuestos).

Sugerencias típicas:

- Python (pandas, numpy) y SQL para extracción/transformación.
- Jupyter Notebook para exploración y validación.
- Dashboard: Streamlit o Power BI (según habilidades del equipo).
- Prototipo de interfaz: Figma (o equivalente).