



# **“Tukibondi: Integración de Sistemas de Información para la Optimización del Transporte Urbano en Tucumán”**

**Autalán, Francisco Nahuel**

**Deza Figueroa, Ramiro**

**García Santander, Karen**

**Martin, Benjamín**

**Rey, Máximo**

***[fautalan13@gmail.com](mailto:fautalan13@gmail.com)- [ramidez10@gmail.com](mailto:ramidez10@gmail.com)- [kagsantander@hotmail.com](mailto:kagsantander@hotmail.com)-***

***[benjaminmart.ar@gmail.com](mailto:benjaminmart.ar@gmail.com)- [Maximorey63@gmail.com](mailto:Maximorey63@gmail.com)***

## **Resumen**

El proyecto Tukibondi se desarrolla en el marco de los Sistemas de Información, proponiendo una solución integral para optimizar el transporte urbano en el Gran San Miguel de Tucumán. Parte de una oportunidad concreta: profesionalizar la gestión del sistema mediante una plataforma que integre tecnología, procesos y personas, conectando empresas, choferes y usuarios para mejorar la coordinación, la eficiencia operativa y la experiencia del pasajero. Su propósito es transformar los datos en información útil para la acción, promoviendo decisiones más precisas y una administración sustentada en evidencia. Entre sus objetivos principales se destacan mejorar la puntualidad y cumplimiento de los recorridos, reducir los costos de supervisión y reclamos, fortalecer la gestión de la información y elevar la satisfacción



del usuario.

**Palabras Clave:** Internet de las cosas - Big Data - Transporte público – Integración - Monitoreo .

## **Introducción**

En 2024, el sistema de transporte público de colectivos en Argentina experimentó transformaciones significativas, marcadas por un aumento promedio del 434% en las tarifas a nivel nacional y un fuerte impacto en la economía de los usuarios. En Tucumán, este escenario se vio agravado por reclamos ciudadanos frente a la calidad del servicio, lo que motivó a la intendencia de San Miguel de Tucumán a presentar un informe a las empresas de transporte con el fin de mejorar la prestación. A pesar de iniciativas como el Plan Integral de Movilidad Urbana (PIMU) y el uso de aplicaciones como Moovit, persisten problemas estructurales como la descoordinación entre la oferta y la demanda, la falta de información en tiempo real para los usuarios, y la ineficiencia en la gestión operativa por parte de las empresas.

La presente investigación propone el diseño de una aplicación bidireccional con tecnología GPS, capaz de conectar en tiempo real a usuarios y empresas, mejorando la experiencia de viaje, reduciendo los tiempos de espera, y permitiendo una gestión más inteligente de las flotas de transporte.

## **Situación Problemática**

Dentro de los servicios públicos, el transporte público es, sin duda, el que genera más problemas e insatisfacción entre los ciudadanos. Esta situación afecta principalmente al núcleo urbano que incluye la capital y las ciudades aledañas. El servicio se caracteriza por la presencia de unidades en mal estado, una tarifa que se cuenta entre las más caras del país y, sobre todo, por una significativa ineficiencia en sus horarios.

Las líneas de colectivos a menudo no pueden cumplir con sus itinerarios establecidos. Frente a este problema, las empresas contratan inspectores para realizar controles. No



obstante, esta es una tarea que frecuentemente no se cumple de manera efectiva, generando un costo en capital humano para las empresas. Esta situación deriva en un funcionamiento no óptimo del sistema y, en última instancia, en la imposibilidad de brindar un servicio acorde a las necesidades de los usuarios.

### **Preguntas de Investigación**

- I. ¿Cómo puede implementarse un sistema de localización GPS que permita monitorear en tiempo real los recorridos y tiempos de llegada de los colectivos en el Gran San Miguel de Tucumán?
- II. ¿De qué manera una aplicación móvil bidireccional puede mejorar simultáneamente la experiencia del usuario y el control operativo de las empresas de transporte público?
- III. ¿Qué impacto tendría la automatización del control de recorridos sobre la eficiencia operativa y los costos de supervisión de las empresas de transporte?

### **Objetivo General**

Desarrollar una propuesta de aplicación móvil basada en geolocalización GPS que permita optimizar el control de recorridos y tiempos del transporte público en el Gran San Miguel de Tucumán, mejorando la eficiencia operativa de las empresas y la experiencia de los usuarios.

### **Objetivos Específicos**

- I. Implementar un sistema de localización GPS en las unidades de transporte público para monitorear en tiempo real su recorrido y los tiempos de llegada.
- II. Desarrollar una aplicación móvil bidireccional que permita a los usuarios visualizar la ubicación y el tiempo estimado de llegada de los colectivos, y a las empresas controlar la eficiencia del servicio.



- III. Optimizar la gestión operativa de las empresas de transporte, reduciendo costos relacionados con la supervisión manual (inspectores) y mejorando la planificación de recorridos.

### **Marco Metodológico**

#### **1. Enfoque de investigación**

El presente trabajo adopta un enfoque metodológico de tipo cualitativo con diseño de estudio de caso, ya que se centra en el análisis detallado de una situación real dentro de un contexto específico.

#### **2. Tipo de investigación:** Aplicada- Descriptivo y explicativo

Se busca dar respuesta a una problemática concreta del sector del transporte urbano mediante el diseño de una herramienta tecnológica que mejore la gestión operativa y la experiencia del usuario.

#### **Diseño Metodológico**

El estudio de caso se justifica porque permite abordar en profundidad una problemática concreta, considerando sus causas, actores involucrados, contexto tecnológico, organizacional y social.

#### **Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

- Revisión documental: Análisis de antecedentes de aplicaciones similares (Waze, Moovit, Redbus, etc.) y bibliografía vinculada a sistemas de información, Big Data, y plataformas colaborativas.
- Observación directa: Relevamiento del funcionamiento actual del transporte público en Tucumán, identificación de deficiencias en la frecuencia, recorridos y comunicación con los usuarios.



- Fuentes secundarias: Datos públicos sobre frecuencias, cantidad de líneas, y problemáticas de control por parte de empresas del sector.

### **3. Alcance**

El proyecto abarca el ámbito urbano del Gran San Miguel de Tucumán, incluyendo las principales líneas urbanas. Si bien la propuesta se desarrolla a nivel conceptual, el modelo puede ser escalable y aplicable a otras ciudades con problemáticas similares.

### **Marco Teórico**

#### **1. Impactos económicos**

Según Laudon y Laudon (2020), los sistemas de información generan un impacto económico directo al reducir los costos de transacción y de agencia, mejorar la eficiencia operativa y aumentar la productividad general de las organizaciones.

#### **2. Impactos organizacionales**

Laudon y Laudon (2020) explican que su implementación puede modificar la jerarquía, la comunicación y los procesos de toma de decisiones, promoviendo estructuras más planas y colaborativas.

#### **3. Resistencia al cambio tecnológico**

Laudon y Laudon (2020) señalan que la resistencia al cambio tecnológico es una reacción común ante la introducción de nuevos sistemas de información.

#### **4. Estrategias basadas en redes**

Según Laudon y Laudon (2020), estas estrategias permiten a las organizaciones crear valor mediante la colaboración, la interconexión digital y el intercambio de información con clientes, proveedores y socios estratégicos.

### **BIG DATA**



Según Joyanes (2013), “Big Data son los grandes conjuntos de datos que, por su volumen, velocidad y variedad, exceden las capacidades de las herramientas informáticas tradicionales para capturar, gestionar y procesar información en un tiempo razonable”

#### TIPO DE DATOS

De acuerdo con Joyanes (2013) y el Conpes 3920 citado por Gómez (2019), los datos pueden clasificarse en tres categorías principales

- Estructurados: por ejemplo, horarios, identificadores de unidades.
- Semiestructurados: como archivos XML, logs web, o registros GPS.
- No estructurados: incluyen audios, videos, textos o imágenes.

#### FUENTE DE DATOS

De acuerdo con Joyanes (2013), las fuentes de datos representan los distintos orígenes desde los cuales se generan y recopilan los datos que alimentan los sistemas de Big Data: Web y medios sociales, Dispositivos y sensores, Datos generados por humanos, etc.

#### MINERÍA DE DATOS

De acuerdo con Mayer-Schönberger y Cukier (2013), la minería de datos consiste en el uso de algoritmos y modelos estadísticos para descubrir patrones, correlaciones y tendencias significativas dentro de grandes volúmenes de datos, con el propósito de generar conocimiento y facilitar la toma de decisiones.

#### ARQUITECTURA DE DATOS

Según Inmon, Linstedt y Levins (2019), la arquitectura de datos es el conjunto estructurado de modelos, políticas, reglas y estándares que gobiernan la recolección, almacenamiento, integración y uso de los datos dentro de una organización.

#### **INTELIGENCIA ARTIFICIAL**

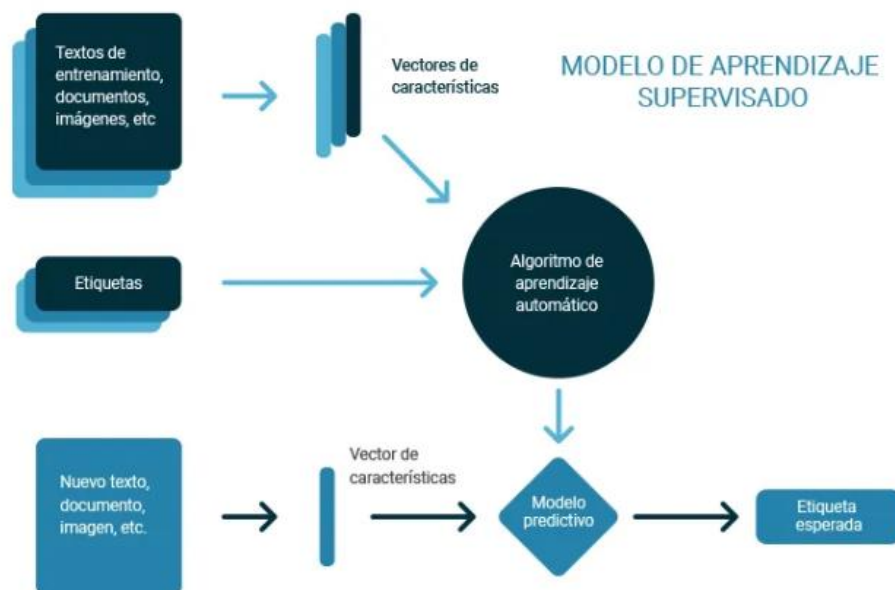
Según el Grupo de Expertos de alto nivel sobre la IA (HLEG-2019) pertenecientes a la Unión Europa, los sistemas de IA son sistemas elaborados por humanos que actúan gracias a la adquisición de los datos, su posterior interpretación (ya sea de datos estructurados o no estructurados).

#### Características de la IA

- Capacidad contextual: la IA entiende el entorno y la situación antes de decidir que hacer.
- Adaptativa: cambia su comportamiento según las condiciones.
- Memoriosa: la IA recuerda experiencias pasadas y las usa para mejorar
- Reflexiva: la IA aprende de sus errores y ajusta sus decisiones.
- Autónoma: la IA toma decisiones y actúa por sí misma para alcanzar objetivos.

#### APRENDIZAJE AUTOMÁTICO (MACHINE LEARNING)

- Aprendizaje Supervisado: tipo de aprendizaje automático en el cual el humano le provee al algoritmo un set de datos etiquetados, que el algoritmo usará para aprender.





---

**Fuente: Catedra de Sistemas II- 2025**

Modelos de Aprendizaje Supervisado:

1. Modelos de clasificación: asigna los datos de prueba en categorías específicas. Reconoce entidades dentro del conjunto de datos e intenta sacar conclusiones sobre como deben etiquetarse o definirse esas entidades: Pueden ser:
  - Binarios
  - Multiclase
2. Modelos de regresión: se utiliza para comprender la relación entre variables dependientes e independientes. Se utiliza comúnmente para hacer proyecciones, como los ingresos por venta del negocio.

Habilidades de la Inteligencia Artificial

1. Representación del conocimiento

La IA necesita modelar el mundo o dominio sobre el cual se quiere operar, describiendo objetos y sus relaciones. ver video complementario

2. Razonamiento automático

En el contexto de la IA, el razonamiento se refiere a la capacidad de inferir y deducir conclusiones a partir de datos disponibles.

3. Planificación automática

Creación de planes o secuencias de acciones para alcanzar un objetivo en entornos complejos, donde el número de posibles acciones y estados futuros es enorme.

4. Procesamiento del Lenguaje Natural (PLN)

Es un campo de la IA cuyo objetivo es permitir que las computadoras comprendan, interpreten y generen el lenguaje natural de manera que sea útil y coherente para el ser humano.

5. Visión artificial





Es un campo de la IA que le permite a los sistemas extraer información significativa de las imágenes, videos u otras entradas visuales y tomar medidas o realizar recomendaciones en función de esa información.

### **INTERNET DE LAS COSAS (IOT)**

Según Joyanes (2018), IoT es “la integración de sensores y dispositivos colocados en objetos que quedan conectados a Internet mediante redes fijas o inalámbricas, permitiendo el intercambio de información entre máquinas y sistemas”.

#### Componentes de un Producto Inteligente Conectado (SCP)

De acuerdo con Porter y Heppelmann (2014), los Smart Connected Products (SCP) están formados por tres tipos de componentes esenciales:

- Componentes físicos tradicionales: partes mecánicas y eléctricas del producto.
- Componentes inteligentes: sensores, microprocesadores, software y sistemas operativos que amplifican la funcionalidad.
- Componentes de conectividad: permiten la comunicación y el intercambio de datos con otros sistemas o la nube.

#### Niveles de capacidad del IoT

Mulki y Masclef (2019), retomando la clasificación de Porter y Heppelmann, establecen cuatro niveles de capacidad acumulativos en los sistemas IoT:

1. Monitoreo: los sensores permiten recopilar información sobre el estado del producto, su entorno y su uso.
2. Control: el software integrado permite ajustar funciones y personalizar la experiencia del usuario.
3. Optimización: el análisis de datos posibilita mejorar el rendimiento y realizar mantenimiento predictivo.



4. Autonomía: los dispositivos operan de forma independiente, coordinándose con otros sistemas y autodiagnosticándose

#### **Aplicación sectorial e implicancias de negocio**

Según Mulki y Masclef (2019), la información generada por los objetos inteligentes “está cambiando la forma de hacer negocios, al permitir el desarrollo de relaciones continuas con los clientes, nuevos modelos de monetización y mejoras en la cadena de valor”.

#### **MODELO DE NEGOCIOS**

De acuerdo con Laudon (2013), un modelo de negocios es un “conjunto de actividades planeadas y diseñadas para obtener una utilidad en un mercado” (p. 65).

#### **MODELO DE INGRESOS**

El modelo de ingresos se define como la manera en que una empresa “va a obtener ingresos, generar utilidades, y producir un rendimiento superior sobre el capital invertido” (Laudon, 2013, p. 66).

#### **INTERACCIÓN CENTRAL, UNIDAD DE VALOR Y EFECTOS DE RED EN PLATAFORMAS DIGITALES**

De acuerdo con Parker et al. (s.f.), las plataformas digitales son “negocios basados en la habilitación de interacciones creadoras de valor entre productores externos y consumidores” (p. 5).

#### **DEFINICIÓN DEL BUSINESS MODEL CANVAS (LIENZO DE MODELO DE NEGOCIO)**

De acuerdo con Osterwalder y Pigneur (2010), el Business Model Canvas es una herramienta estratégica que permite describir, visualizar y analizar un modelo de negocio a través de nueve módulos interconectados.

#### **Aplicación**

- ✓ **Aplicación de los impactos y estrategia basada en red**



**Impacto económico:** La implementación de esta aplicación implica un cambio estructural dentro de las empresas de transporte público. Al incorporar dispositivos GPS en las unidades y un sistema digital que registra los tiempos de recorrido en tiempo real, la empresa reduce la necesidad de supervisores o inspectores físicos, optimizando el control operativo mediante tecnología.

**Resistencia al cambio:** Según el modelo del Diamante de Leavitt, la introducción del sistema GPS afecta simultáneamente las tareas, las personas, la estructura y la tecnología. Por ejemplo, los choferes deben adaptarse a nuevas formas de control y los administradores a sistemas digitales de gestión.

**Estrategia basada en red:** A medida que más usuarios descargan y utilizan la aplicación, su valor aumenta exponencialmente, cumpliendo con el principio de la economía de red.

**Ecosistemas digitales de transporte:** En el cual diferentes actores (empresas, choferes, usuarios, desarrolladores de software y organismos de control) interactúan y se benefician mutuamente.

#### **El papel del Big Data en Tukibondi**

La esencia de esta propuesta está en la recolección, almacenamiento, procesamiento y análisis de datos generados continuamente por los colectivos, los usuarios y las condiciones del entorno.

En Tukibondi, estos datos provienen de múltiples fuentes simultáneas y se procesan en tiempo real:

- Posiciones GPS de cada unidad (datos que cambian segundo a segundo).
- Reportes de usuarios (texto, imágenes, sugerencias, alertas).
- Información del tránsito (velocidades promedio, desvíos, obras).

#### **Características de Big Data en Tukibondi**



TABLA 1

| DIMENSIÓN | APLICACIÓN EN TUKIBONDI                                                                                                             |
|-----------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Volumen   | Datos de ubicación, velocidad y recorridos de cientos de colectivos, más los aportes de miles de usuarios por día                   |
| Velocidad | Los datos GPS se actualizan en tiempo real, permitiendo decisiones instantáneas (por ejemplo, detectar demoras o desvíos).          |
| Variedad  | Datos estructurados (tablas de recorridos), semiestructurados (formularios de usuario) y no estructurados (comentarios, imágenes).  |
| Veracidad | El sistema cruza la información del GPS con la reportada por los usuarios para validar eventos reales y evitar errores.             |
| Valor     | Los datos se convierten en información útil: pronósticos de llegada, evaluación de desempeño y mejora de la experiencia del usuario |

Fuente: Elaboración propia

### **Tipos de Datos presentes en Tukibondi**

Datos estructurados:

Ejemplos: número de línea, horarios planificados, paradas, tiempos promedio de recorrido, identificación de choferes y vehículos.

Datos semiestructurados:

Ejemplos: reportes de los usuarios desde la app (con etiquetas como “demora”, “no pasa”, “accidente”), archivos JSON o XML que integran los datos del GPS y la nube.

Datos no estructurados:

Ejemplos: mensajes de texto libre, fotos de tránsito o de unidades, comentarios en redes sociales vinculados al servicio.

### **Data Mart en Tukibondi**

#### **Data Mart de Operación y Rendimiento**

Este Data Mart se enfoca en la gestión interna del transporte.

Agrupar información operativa de las unidades, choferes y recorridos.

Contendría datos como:

- Tiempos de recorrido reales vs. planificados.
- Velocidad promedio y kilómetros recorridos.

Usos analíticos:

- Evaluar la eficiencia de cada línea.
- Detectar desvíos o demoras repetitivas.

#### **Data Mart de Experiencia del Usuario**

Enfocado en los reportes y percepciones de los usuarios.

Incluye datos cualitativos y cuantitativos sobre la satisfacción y uso del servicio.



Contendría datos como:

- Frecuencia de reportes por tipo (demora, cancelación, desvío).
- Horarios y zonas con más quejas.

Usos analíticos:

- Identificar patrones de insatisfacción.
- Detectar horarios con mayor demanda.
- ✓ **Aplicación de la Minería de Datos al Proyecto Tukibondi**

La minería de datos permite descubrir patrones, relaciones y comportamientos ocultos dentro de los grandes volúmenes de datos que genera el sistema Tukibondi.

### **1. Asociaciones**

Ejemplo concreto:

“El 70% de las veces que llueve en la zona norte, las líneas 9 y 19 presentan demoras superiores a 10 minutos.”

### **2. Secuencias**

Ejemplo concreto:

“En el 60% de los casos en que una unidad reduce su velocidad promedio un 30%, se genera un reporte de demora en los siguientes 5 minutos.”

### **3. Clasificación**

Ejemplo concreto:

“Clasificación de líneas en función de su nivel de puntualidad o confiabilidad”

### **4. Pronóstico (Predicción)**

Ejemplo concreto: “El sistema predice que el colectivo de la línea 12 llegará a la parada de Av.

Mate de Luna en 6 minutos con un margen de error del 5%.”



## 6. Detección de anomalías

Ejemplo concreto:

“La unidad 301 presenta un desvío anómalo de 2 km fuera del recorrido habitual; se genera una alerta automática al centro de control.”

### Fuentes de Big Data aplicadas al sistema Tukibondi

- La web y los medios sociales: *En Tukibondi, esta fuente incluye:*

Comentarios y menciones en redes sociales sobre el servicio (“el bondi no pasó”, “demora en la línea 9”).

Reseñas y valoraciones de usuarios sobre la app en tiendas digitales.

- Los dispositivos y sensores (M2M – Máquina a Máquina): *En Tukibondi, esta fuente abarca:*

Los dispositivos GPS instalados en cada colectivo, que envían en tiempo real su ubicación, velocidad y recorrido.

Sensores del vehículo que registran frenadas, paradas prolongadas o desvíos.

- Las transacciones y registros digitales: *En Tukibondi, esta fuente comprende:*

Los historiales de recorridos y tiempos almacenados por la empresa para control interno.

- Los datos generados por humanos: *En Tukibondi, se traducen en:*

Reportes enviados por los usuarios desde la app (“el colectivo no pasó”, “hay un accidente en la ruta”).

Encuestas y calificaciones del servicio.

#### ✓ **Inteligencia artificial aplicada en Tukibondi.**

La implementación de la Inteligencia Artificial en el contexto de TukiBondi debe enfocarse en cómo la predicción mucho más precisa transforma la estructura de costos, el flujo

de trabajo y la toma de decisiones de las empresas de transporte, lo cual justifica su inversión (el porqué de su conveniencia).

A continuación, se propone una solución estructurada en dos fases de reingeniería, con justificación económica y tecnológica concreta:

### **Solución B2B: Reingeniería de Flujos de Trabajo impulsada por IA**

#### *Fase 1: Automatización de Tareas (Sustitución de Predicción Humana)*

El principal problema de las empresas de transporte es la ineficiencia operativa y el costo de supervisión manual. La IA debe resolver la tarea de clasificación y pronóstico, que hoy se realiza de forma costosa y poco efectiva por los inspectores.

Tabla 2

| Idea Concreta                                          | Justificación basada en IA y Flujos de Trabajo                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|--------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Eliminación y Automatización de la Tarea de Inspección | El trabajo de los inspectores en terreno se centra (entre otras funciones) en la predicción de si una unidad cumple o no con el horario, o si se desvía de la ruta. La IA, al generar predicciones significativamente más precisas (a través de la Detección de Anomalías), disminuye el valor de este sustituto. La empresa al reducir esta tarea del flujo de trabajo puede financiar la cuota B2B del sistema TukiBondi con la reducción de los costos relacionados con el trabajo y gestión del personal de inspección. |





|                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Implementación de<br>Herramienta IA para<br>Clasificación de Riesgos<br>Operacionales           | La IA se aplicaría mediante Modelos de Clasificación (Aprendizaje Supervisado) para categorizar eventos o choferes. La conveniencia es que esta herramienta de IA realiza la tarea de clasificación de riesgos más rápida, barata y precisa, permitiendo que las decisiones (ej. reasignar recursos o sanciones) se basen en información útil generada artificialmente y no en la subjetividad o el muestreo manual. |
| Uso de la IA para<br>Convertir Datos No<br>Estructurados en Información<br>Útil para la Gestión | Los reportes de texto libre de los usuarios, fotos, videos (que son datos no estructurados) son esenciales para la veracidad y retroalimentación. La IA, usando el Procesamiento del Lenguaje Natural (PLN) y el Análisis de Sentimientos, puede transformar estos datos no estructurados en información procesada y estructurada para la TTDD (reportes sobre áreas de congestión o quejas específicas)             |

*Fuente: Elaboración Propia*

*Fase 2: Rediseño Estratégico (Potenciación del Juicio Humano)*

Tabla 3

|               |                                                |
|---------------|------------------------------------------------|
| Idea Concreta | Justificación basada en IA y Flujos de Trabajo |
|---------------|------------------------------------------------|



|                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|----------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Rediseño del Flujo de la Planificación de Flotas y Rutas | Una predicción precisa y continua del desempeño de flotas y de la demanda reduce la incertidumbre. El personal de gestión, liberado de la supervisión manual, puede centrarse en el juicio: asignar valor y tomar decisiones de alto nivel. Esto incluye tareas como: la planificación de desarrollo de las líneas, la negociación de contratos, o la decisión de inversión en nuevas unidades o rutas. |
| Expansión del Alcance de la Estrategia Operativa         | La caída del coste de la evaluación de las unidades permite a la empresa expandir el alcance de su operación y estrategia. Por ejemplo, en lugar de optimizar solo los horarios, la empresa puede usar los datos predictivos para el mantenimiento predictivo de los vehículos (anticipar fallas) y el pronóstico de demanda, permitiendo un servicio más robusto y una mejora continua.                |

Fuente: Elaboración propia

Conclusión sobre la Conveniencia Empresarial:

La conveniencia de la IA para las empresas de TukiBondi radica en que la plataforma no es simplemente un gasto en rastreo, sino un catalizador de reingeniería que cambia la estructura de costos y del trabajo que se realiza.

#### Aplicaciones de IA para solucionar la problemática

##### 3. Optimización y Precisión de la Predicción (ETA)

Tabla 4

|               |                                      |
|---------------|--------------------------------------|
| Idea Concreta | Justificación basada en IA y Fuentes |
|---------------|--------------------------------------|



|                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Uso de ML para el Pronóstico de Llegada.                   | La IA se aplicaría mediante Aprendizaje Supervisado para predecir el tiempo exacto de llegada. Esto supera la regresión estadística tradicional porque el ML es ideal para problemas complejos y no lineales donde las variables son difíciles de definir explícitamente.                                                                                                                                                                                                      |
| Integración de múltiples variables contextuales complejas. | La predicción precisa del ETA debe considerar variables interdependientes como: datos históricos de recorridos, condiciones actuales del tránsito (obras, congestión), reportes de usuarios, y comportamiento pasado del chofer. El ML permite que el modelo encuentre interacciones entre variables y "combinaciones sorprendentes de datos" (patrones) que los humanos no podrían codificar en un algoritmo determinista simple, logrando una mayor efectividad operacional. |
| Mejora Continua mediante Datos de Retroalimentación.       | La precisión del pronóstico mejorará iterativamente. El sistema utilizaría los datos de las unidades de GPS/sensores (M2M) y los datos de la interacción del usuario como datos de retroalimentación para mejorar continuamente el rendimiento del algoritmo con la experiencia. Cuando la predicción del ETA falla, el sistema ajusta su algoritmo, un proceso que le permite aprender de sus errores.                                                                        |

Fuente: Elaboración Propia

#### 4. Automatización y Optimización Operacional (Empresas B2B)

Tabla 5:



| Idea Concreta                                   | Justificación basada en IA y Fuentes                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|-------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Detección de Anomalías y Desvíos Anómalos.      | Se usarían algoritmos de Minería de Datos para establecer un patrón de comportamiento normal y detectar inmediatamente cualquier evento irregular o sospechoso. La IA puede tomar la información del GPS y los sensores del vehículo para predecir si un evento (ej. detención prolongada o desvío) se sale del patrón habitual, enviando una alerta automática al centro de control. Esta es una característica autónoma de la IA que toma decisiones y actúa por sí misma para alcanzar el objetivo (el control). |
| Clasificación Automática de Desempeño y Flotas. | Se implementaría Aprendizaje Supervisado mediante Modelos de Clasificación. La IA tomaría los datos estructurados de registros de cumplimiento, horarios planificados e historiales para clasificar automáticamente a choferes ("Cumple con el tiempo" / "No cumple") y líneas (puntualidad/confiabilidad). Esto automatiza una tarea de supervisión y gestión de riesgos, permitiendo una toma de decisiones más informada.                                                                                        |

Fuente: Elaboración propia

### 3. Mejora de la Experiencia del Usuario y Seguridad

Tabla 6

| Idea Concreta | Justificación basada en IA y Fuentes |
|---------------|--------------------------------------|
|---------------|--------------------------------------|



|                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>Análisis de Sentimientos sobre la Inseguridad.</p>            | <p>Se utilizaría el Procesamiento del Lenguaje Natural (PLN) para analizar los datos no estructurados provenientes de los reportes de usuarios y comentarios en redes sociales. La IA puede realizar un Análisis de Sentimientos para detectar patrones de quejas sobre inseguridad o zonas de conflicto, convirtiendo estos datos (comentarios) en información útil para la toma de decisiones.</p>                  |
| <p>Personalización de Notificaciones (Capacidad Contextual).</p> | <p>El sistema de IA, gracias a su capacidad contextual, podría decidir cuándo enviar una notificación personalizada sobre un cambio de ruta o una demora (una predicción de evento futuro). Si el modelo predictivo detecta que un colectivo está a punto de desviarse o sufrir una demora prolongada, la IA decide alertar al usuario, permitiendo que este tome decisiones de viaje "más informadas y seguras".</p> |
| <p>Visión Artificial para Paradas (Escalabilidad Futura).</p>    | <p>Si la aplicación es sponsoreada, se podrían integrar cámaras en paradas clave. La Visión Artificial podría usarse para tareas como Detección y Rastreo de Objetos, monitoreando la densidad de personas o detectando actividad sospechosa en tiempo real, lo que contribuiría a la gestión de la seguridad pública.</p>                                                                                            |

Fuente: Elaboración Propia

✓ **Internet de las Cosas (IoT) como eje de integración tecnológica en Tukibondi**

**A. Componentes IoT Aplicados a Tukibondi**



Tabla 7

| Componente      | Rol en TukiBondi                                                            | Ejemplo/Descripción                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|-----------------|-----------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. Físico       | El vehículo y el hardware de adquisición de datos.                          | La unidad de colectivo, partes mecánicas y eléctricas tradicionales del producto. "La cosa"                                                                                                                                                                                                                                           |
| 2. Inteligente  | El software embebido y los microprocesadores que procesan los datos         | El sensor GPS y el software/algoritmos de análisis que transforman la ubicación, velocidad y pautas de uso en información (por ejemplo, el tiempo estimado de llegada).                                                                                                                                                               |
| 3. Conectividad | La red que transmite los datos capturados, permitiendo la bidireccionalidad | Se utiliza conectividad (inalámbrica) para monitorear en tiempo real. La transmisión de datos del vehículo a la nube puede usar tecnologías como GSM o GPRS (como en el caso Safe Motion) o bien, módulos de comunicación 4G/5G, ya que la conectividad es fundamental para que la aplicación móvil se enlace con el sistema central. |

Fuente: Elaboración Propia

#### **B. Niveles de Capacidad de IoT en Tukibondi**



Tabla 8

| Nivel de capacidad | Objeto del nivel                                                                              | Aplicación en TukiBondi                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|--------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. Monitoreo       | uso de sensores para tener un profundo conocimiento del ambiente, condición y uso del objeto. | Es la base del sistema. TukiBondi monitorea en tiempo real el recorrido y los tiempos de llegada de las unidades mediante el GPS. Permite a los usuarios y empresas visualizar la ubicación                                                                                                                                                        |
| 2. Control         | El software permite el control de funciones y la personalización.                             | El sistema esta diseñado para que las empresas puedan controlar la eficiencia del servicio y gestión operativa. No obstante, este nivel no es alcanzado por el proyecto (y <i>al ser acumulativos, los restantes tampoco.</i> ) ya que no permite un control sobre el colectivo (no es posible regularlo de forma externa. Ej: aire acondicionado) |
| 3. Optimización    | Uso de algoritmos para mejorar el desempeño y permitir diagnósticos predictivos.              | El sistema busca optimizar la gestión operativa de las empresas. Los datos analizados se utilizan para generar pronósticos de llegada y permitir la planificación mejorada de recorridos. Esto permite, por ejemplo, identificar dónde y por                                                                                                       |



|                   |                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|-------------------|--------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                   |                                                                                | qué una unidad se desvía o demora.<br>Optimizando el servicio mas no el transporte<br>en sí                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| 4. Automatización | Operación<br>autónoma del producto,<br>auto coordinacion y<br>autodiagnóstico. | El sistema permite la automatización<br>del control de recorridos, generando la<br>capacidad de autodiagnóstico y servicio. Por<br>ejemplo, el sistema puede detectar<br>automáticamente (sin intervención humana<br>directa) que un colectivo se ha desviado o<br>está demorado en tiempo real. Sin embargo,<br>el vehículo como objeto no pasa a ser<br>autónomo |

Fuente: Elaboración Propia

**C. A continuación, se detallan los desafíos mas relevantes que debe enfrentar**

**Tukibondi**

**Desafíos Técnicos y de Infraestructura**

- Conectividad y Latencia (Tiempo Real): El transporte, al ser una aplicación de IoT que requiere inmediatez (como la industria), demanda baja latencia (retraso en la transmisión de datos).

- Capacidad de Escalado de Infraestructura: El sistema debe manejar un volumen masivo de datos generados continuamente (segundo a segundo) por cientos de colectivos.

**Desafíos Estratégicos y Económicos**

- Demostrar Beneficios Reales y Evitar Funcionalidad Innecesaria.





- Sostenibilidad Económica y Costos Recurrentes.

#### **Desafíos de Seguridad y Confianza**

- Seguridad y ciberseguridad.
- Privacidad de los Datos

#### **Aplicación Propuesta de valor.**

Se presenta una aplicación que permitirá unir tanto a las líneas de colectivos como a los usuarios en un beneficio mutuo, algo tal vez impensado, sobre todo en la provincia de San Miguel de Tucumán, donde este servicio presenta más polémicas y enojos que satisfacción por parte de los usuarios.

#### **Modelo de negocio.**

En primer lugar, el sistema funciona principalmente como proveedor de servicios. Lo que busca la aplicación es brindar, a través de tecnología GPS y un algoritmo que toma datos de distintas fuentes y realiza cálculos con Inteligencia Artificial, un servicio de rastreo en tiempo real, así como también una estimación del tiempo de llegada para las distintas paradas.

Por otro lado, se dice que funcionará como una plataforma digital, ya que a partir de la automatización de la tarea de los inspectores, la empresa podrá reducir los costos relacionados con el trabajo de los mismos.

#### **Modelo de ingreso**

En el caso de las empresas, se utilizará un modelo basado en cuotas. Lo fundamental de este modelo es cubrir los principales costos de mantenimiento que tendrá el sistema.

Para los usuarios, el modelo sería el de la publicidad. De esta manera, se busca que ellos no tengan que financiar su servicio.

#### **La Interacción Central y la Unidad de Valor**



En Tukibondi, esta interacción es:

"Un usuario (Empresa o pasajero) consulta el tiempo estimado de llegada de un colectivo a la parada de interés, y la plataforma le proporciona una respuesta precisa y en tiempo real."

Esta interacción involucra tres componentes clave:

1. Los Participantes: El productor (el sistema de la empresa/colectivo que emite datos) y el consumidor (el usuario en la parada, el área de la empresa encargado de la gestión de los tiempos).
2. La Unidad de Valor: El dato procesado del Tiempo Estimado de Llegada (TEL), enriquecido con información sobre el estado del servicio.
3. El Filtro: El algoritmo de Inteligencia Artificial que, utilizando GPS, datos históricos y reportes de usuarios, procesa la información cruda y la convierte en una predicción relevante y personalizada para el usuario en su contexto específico.

#### **Funciones Clave para el Éxito de la Plataforma**

Para que la interacción central ocurra de manera fluida y a gran escala, Tukibondi debe desempeñar tres funciones clave:

Atraer (Pull): Por ejemplo, cuando un usuario reporta una demora, ese dato mejora la precisión del TEL para todos los demás usuarios en esa ruta (retroalimentación de múltiples usuarios).

Facilitar (Interacción): Esto incluye el desarrollo de una aplicación móvil intuitiva, una infraestructura de servidores robusta, el protocolo de comunicación con los GPS de los colectivos y los términos de uso que aseguren la calidad de la información.

Emparejar (Match): Esta es la función donde el Big Data y la Inteligencia Artificial despliegan todo su potencial. La plataforma utiliza los datos (ubicación, historial de tráfico, velocidad promedio, reportes) para conectar de la manera más eficiente posible a un usuario en una parada específica con la información del colectivo que necesita.



### **Modelo de Canvas**

La aplicación "Tuki" se dirige a dos segmentos de clientes principales, operando bajo un modelo de plataforma multilateral:

Usuarios Finales (Pasajeros): Personas que utilizan el transporte público regularmente

Clientes Pagantes (Empresas B2B): Empresas de transporte y Propuestas de Valor (Value Propositions)

La estrategia de canales se segmenta según el público objetivo:

- Para Empresas (B2B): Se utilizará un canal de venta directa.
- Para Usuarios Finales: Una vez establecidos los acuerdos con las empresas, la aplicación se promocionará a través de:
  - Marketing Digital: Campañas en redes sociales (Instagram, Facebook, Twitter).
  - Canales Oficiales: Divulgación a través de los medios de comunicación gubernamentales y las propias líneas de colectivo (afiches, anuncios en las unidades).

### *Relaciones con los Clientes (Customer Relationships)*

- Relación B2B (con Empresas): Se establecerá un servicio de soporte personalizado que funcione durante el horario operativo de las líneas para resolver inconvenientes técnicos o de gestión de manera ágil.
- Relación B2C (con Usuarios): El modelo principal será de autoservicio, donde el usuario interactúa de forma autónoma con una aplicación intuitiva. Se complementará con un soporte técnico accesible vía correo electrónico y telefónico para consultas o problemas.

### *Recursos Clave (Key Resources)*

Los activos indispensables para que "Tuki" funcione son:

Recursos Físicos



Recursos Intelectuales

Recursos Humanos:

*Actividades Clave (Key Activities)*

- Desarrollo y Mantenimiento de Plataforma
- Procesamiento y Análisis de Datos

Las alianzas estratégicas fundamentales para el éxito del proyecto incluyen:

- Empresas de Transporte
- Proveedores de Tecnología

Los costos se categorizan de la siguiente manera:

Costos Fijos:

- Salarios del personal permanente (desarrolladores, analistas, soporte).
- Licencias de software y servicios cloud (hosting, bases de datos).

Costos Variables:

- Campañas de marketing y publicidad para la adquisición de usuarios.
- Costos de soporte al cliente que escalan con la cantidad de usuarios y empresas activas.

## **Recomendaciones**

Entre las recomendaciones, ordenadas por prioridad, se proponen:

### **1) Implementación piloto de técnica y operativa**

Ejecutar un piloto acotado (por ejemplo 2–4 líneas y 20–40 unidades) para validar sensores GPS, cadena de datos, algoritmo ETA y la interfaz B2B/B2C.

### **2) Automatizar tareas de supervisión críticas**

Reemplazar la supervisión en terreno para detección y clasificación automática de anomalías; redistribuir el personal hacia tareas de valor (análisis, planificación, gestión de excepciones).

### **3) Diseñar e implementar gobernanza de datos y seguridad**



Políticas, roles y controles técnicos (encriptación, acceso por roles, retención, anonimización) y transparencia hacia usuarios/empresas.

#### **4) Plan de adopción y capacitación (gestión del cambio)**

Programa para choferes, inspectores y equipos de backoffice: formación técnica + cultural (uso de la app, interpretación de indicadores, nuevos KPIs).

#### **5) Revisar marco normativo y convenio laboral**

Analizar convenios y regulaciones que rigen empresas de transporte y condiciones de inspectores/choferes para asegurar que la automatización no viole derechos laborales ni obligaciones regulatorias.

#### **6) Escalado y estandarización**

Una vez validados piloto y modelo de negocio, plan escalado por fases a toda la red, estandarizando Data Marts, APIs y SLAs.

### **Conclusiones**

En conclusión, la iniciativa Tukibondi constituye un **ejemplo aplicable de cómo la Inteligencia Artificial y las tecnologías de información pueden integrarse a la gestión del transporte público** para lograr procesos más eficientes, transparentes y centrados en el usuario. Su éxito dependerá de la capacidad de las empresas para implementar gradualmente la herramienta, acompañar al personal en la transición tecnológica y asegurar que los beneficios de la innovación se distribuyan equitativamente entre todos los involucrados.

### **Referencias**

Laudon, K. C., & Laudon, J. P. (2020). *Sistemas de información gerencial* (15.ª ed.). Pearson Educación.

Cukier, K. (2015). *Los Big Data y el futuro de los negocios*. The Economist.



Joyanes Aguilar, L. (2013). *Big Data: Análisis de grandes volúmenes de datos en organizaciones*.

Alfaomega.

Laudon, K. C., & Laudon, J. P. (2020). *Sistemas de información gerencial* (15.<sup>a</sup> ed.). Pearson Educación.

Mayer-Schönberger, V., & Cukier, K. (2013). *Big Data: La revolución de los datos masivos*. Turner Noema.

Inmon, W. H., Linstedt, D., & Levins, M. (2019). *Data Architecture: A Primer for the Data Scientist*. Academic Press.

Joyanes Aguilar, L. (2018). *Internet de las Cosas: Estrategia, modelo de negocio y tecnologías habilitadoras*. Alfaomega.

Mulki, E. D., & Masclef, M. A. (2019). *La información en la Internet de las Cosas y su impacto en los negocios*. En *Congreso de Administración Jardín de la República* (pp. 348–365). Facultad de Ciencias Económicas, Universidad Nacional de Tucumán.

Porter, M. E., & Heppelmann, J. E. (2014). *How Smart, Connected Products Are Transforming Competition*. *Harvard Business Review*, 92(11), 64–88.

Laudon, K. C. (2013). *E-commerce: negocios, tecnología, sociedad*. (Capítulo 2: Modelos y conceptos de negocios del comercio electrónico). Pearson.

Parker, G. G., Van Alstyne, M. W. y Choudary, S. P. (s.f.). *La revolución de las plataformas*.

[Documento PDF]. Recuperado de <https://example.com>.

Osterwalder, A. y Pigneur, Y. (2010). *Business Model Generation*. John Wiley & Sons.