



**TRABAJO DE GRADO**  
**Opción Seminario-Diplomado.**

**Propuesta de rediseño operativo de alistamiento y despacho para la optimización de  
los tiempos de entrega en la empresa MADEBELLO S.A.S.**

Estudiantes:

Julieth Dayana Maturana Fabra

Diego Andres Perez Lemos

Tutor:

Sasha Juliana Aranzazu Henao

Corporación Universitaria Remington.

Facultad de Ciencias Empresariales

Administración de empresas

2026

## Tabla de contenido

|       |                                                                       |    |
|-------|-----------------------------------------------------------------------|----|
| 1     | Resumen .....                                                         | 6  |
| 2     | Introducción.....                                                     | 8  |
| 3     | Pregunta orientadora.....                                             | 10 |
| 4     | Contexto empresarial.....                                             | 10 |
| 4.1   | Identificación Empresarial.....                                       | 12 |
| 4.1.1 | Misión.....                                                           | 13 |
| 4.1.2 | Vision:.....                                                          | 13 |
| 4.1.3 | Valores Empresariales: .....                                          | 13 |
| 5     | Planteamiento del problema .....                                      | 14 |
| 5.1   | Árbol del problema.....                                               | 14 |
| 6     | Objetivo general .....                                                | 15 |
| 7     | Metodología de búsqueda.....                                          | 16 |
| 8     | Marco teórico.....                                                    | 17 |
| 8.1   | Gestión de operaciones y eficiencia organizacional.....               | 17 |
| 8.2   | Gestión de la cadena de suministro y logística de distribución.....   | 18 |
| 8.3   | El proceso de alistamiento y despacho en centros de distribución..... | 19 |

|       |                                                                       |    |
|-------|-----------------------------------------------------------------------|----|
| 8.3.1 | Cuellos de botella .....                                              | 19 |
| 8.3.2 | Olas de despacho .....                                                | 19 |
| 8.3.3 | Logística LIFO .....                                                  | 20 |
| 8.4   | Control de gestión e indicadores de rendimiento logístico .....       | 20 |
| 8.5   | Transformación digital en la logística de última milla .....          | 21 |
| 8.6   | Inteligencia artificial y algoritmos de enrutamiento predictivo.....  | 22 |
| 9     | Diseño de propuesta .....                                             | 23 |
| 9.1   | Zonificación y Ventanas de entrega.....                               | 23 |
| 9.2   | Cargue por olas .....                                                 | 25 |
| 9.3   | Estructuración del Vehículo: Aplicación de la Lógica Inversa .....    | 26 |
| 9.4   | Control de Gestión: Implementación de Indicadores de Rendimiento..... | 27 |
| 10    | Conclusiones.....                                                     | 30 |
| 11    | Referencias .....                                                     | 32 |

## **Tabla de Figuras**

|                                                                    |    |
|--------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1. Imagen institucional.....                                | 12 |
| Figura 2. Arbol del problemas.....                                 | 14 |
| Figura 3. Diagrama del proceso de cargue por olas secuencial ..... | 25 |
| Figura 4. Diagrama del método LIFO .....                           | 27 |

## **Lista de Tablas**

|                                                               |    |
|---------------------------------------------------------------|----|
| Tabla 1. Tabla de caracterización operativa y logística. .... | 11 |
| Tabla 2. Formato de control OTIF .....                        | 28 |

## **Resumen**

El presente trabajo de grado expone una propuesta de rediseño operativo enfocada en los procesos de alistamiento y despacho matutino para la sucursal de Turbo (Antioquia) de la empresa MADEBELLO S.A.S., comercializadora mayorista de materiales para la construcción y la industria. A pesar de contar con un sólido respaldo institucional a nivel departamental, la sede local con un año y cinco meses de operación y un equipo de 9 colaboradores enfrenta cuellos de botella y limitaciones de capacidad en su flota de transportes durante jornadas de alta demanda. Metodológicamente, se desarrolló una investigación documental y descriptiva sustentada en la revisión de literatura especializada mediante bases de datos académicas, apoyada por herramientas de auditoría de contenido. El diagnóstico interno arrojó que la falta de estandarización en el patio genera saturación en las bahías y retrasos involuntarios en la distribución de última milla, una fase crítica y costosa en el sector constructivo. La solución diseñada reestructura la operación mediante cuatro fases secuenciales: zonificación geográfica en cuatro cuadrantes del casco urbano de Turbo, programación de cargue mediante olas de despacho escalonadas, ordenamiento físico inverso de los vehículos bajo la lógica LIFO (Last In, First Out) y la adopción de herramientas digitales y algoritmos de Inteligencia Artificial para la asistencia en ruta y optimización de trayectos. Finalmente, se establece un tablero de control automatizado basado en el indicador OTIF (On-Time In-Full) y el tiempo de ciclo de cargue. Se concluye que el rediseño propuesto permite maximizar la eficiencia y productividad de los recursos existentes sin requerir inversiones de capital elevadas, alineando la logística local con la promesa de valor e innovación de la marca.

**Palabras clave:** Logística de última milla, optimización de procesos operativos, despacho de mercancías, indicadores clave de rendimiento, eficiencia operativa, inteligencia artificial aplicada.

## **Introducción**

En el dinámico sector de la construcción y la industria, la gestión logística se ha transformado en un pilar indispensable para la competitividad empresarial. La cadena de suministro no culmina cuando se concreta una venta mayorista; por el contrario, su éxito se define en la capacidad de entregar los insumos en el lugar correcto, en la cantidad exacta y en el momento pactado. En la industria de la edificación y las obras civiles, variables como la puntualidad adquieren un carácter crítico, dado que un retraso en el suministro de materiales como acero, cemento o mallas electrosoldadas desencadena la parálisis de cuadrillas de trabajo, alteraciones en los cronogramas de obra y sobrecostos financieros significativos para los clientes, afectando directamente la productividad del proyecto.

La empresa MADEBELLO S.A.S., fundada en 2013 en el departamento de Antioquia, ha edificado una trayectoria sólida basada en el servicio al cliente y el valor agregado. Sin embargo, su sucursal en el municipio de Turbo, siendo una sede joven con diecisiete meses de inserción en el mercado regional y un equipo humano enfocado de 9 empleados, experimenta retos logísticos propios de su acelerado crecimiento. Las jornadas de alta labor evidencian limitaciones en la capacidad operativa de los vehículos de reparto y saturación en los patios de operaciones, originadas principalmente por flujos de cargue empíricos que no consideran criterios de priorización geográfica o secuencial.

Frente a este escenario, el presente trabajo de grado desarrolla una propuesta técnica y ejecutable de rediseño operativo para el proceso de alistamiento (picking) y despacho matutino en dicha sucursal, cuyo propósito central es optimizar la capacidad logística mediante la estandarización metodológica. El documento se encuentra estructurado de manera sistemática para guiar al lector a través de la investigación. Inicialmente, se formula

el problema y se justifica la relevancia del estudio bajo la óptica de la administración de operaciones. Posteriormente, el marco teórico y metodológico detalla las fuentes utilizadas para construir un sustento robusto fundamentado en conceptos como la Teoría de Restricciones, el despacho por olas, la lógica de carga inversa LIFO (Last In, First Out) y los fundamentos de la asistencia digitalizada en el transporte. Finalmente, se despliega el diseño de la propuesta, la cual fragmenta la solución en pautas organizativas de zonificación por cuadrantes, secuenciación en muelle mediante pautas lógicas e implementación de métricas de rendimiento automatizadas, demostrando cómo la reestructuración de procesos permite elevar la eficiencia organizacional y consolidar un canal de distribución confiable, innovador y oportuno.

### **Pregunta orientadora**

¿Cómo influye la estandarización y programación del despacho matutino en la optimización de los tiempos de entrega de la sucursal Turbo de MADEBELLO S.A.S.?

La resolución de este interrogante no solo se limita a una mejora en el área de cargue, representa una palanca para consolidar la renovación de la marca hecha en el año 2024. Al garantizar un flujo de distribución eficiente, la empresa logra blindar su promesa de valor basada en la innovación y la confianza en el mercado de Urabá.

### **Contexto empresarial**

Madebello S.A.S. nació en el año 2013 en el departamento de Antioquia, consolidándose a lo largo de más de una década como una empresa mayorista líder y especializada en la distribución de materiales para el sector de la construcción y la industria. Impulsada por valores como la pasión, el compromiso y un fuerte espíritu emprendedor, la organización ha crecido hasta conformar un equipo humano de más de 100 colaboradores a nivel estratégico y regional. Su propuesta de valor no se limita a la venta de insumos; la empresa se destaca en el mercado por ofrecer servicios integrales de alto valor agregado que acompañan al cliente en cada etapa de su obra, incluyendo asesoría técnica y comercial, capacitaciones de producto, opciones de crédito, figuración de materiales, producción de malla electrosoldada, y el suministro e instalación directa en los proyectos. En el año 2024, la organización renovó por completo su imagen corporativa, reafirmando su visión de futuro y su apuesta por la tecnología para posicionarse como un canal de distribución innovador, eficiente y altamente confiable.

Con miras a expandir este impacto positivo y participar en el desarrollo de los proyectos más grandes de la región de Urabá, la empresa inauguró su sucursal en el municipio de Turbo, la cual cumple actualmente un año y cinco meses ofreciendo sus servicios comerciales al por mayor. Esta sede local opera bajo la dirección de la administradora Fenibel Oquendo y cuenta con un equipo de trabajo de 9 empleados, quienes se encargan de atender la demanda del mercado circundante. Sin embargo, debido a su dinámica de crecimiento y a las características del sector de la construcción, donde la puntualidad en las obras es una variable crítica, la sucursal enfrenta retos cotidianos en su logística de distribución. Específicamente, en las jornadas de alta actividad operativa, la disponibilidad de vehículos propios y del personal de patio se vuelve limitada, lo que genera retrasos involuntarios en los domicilios.

*Tabla 1. Tabla de caracterización operativa y logística.*

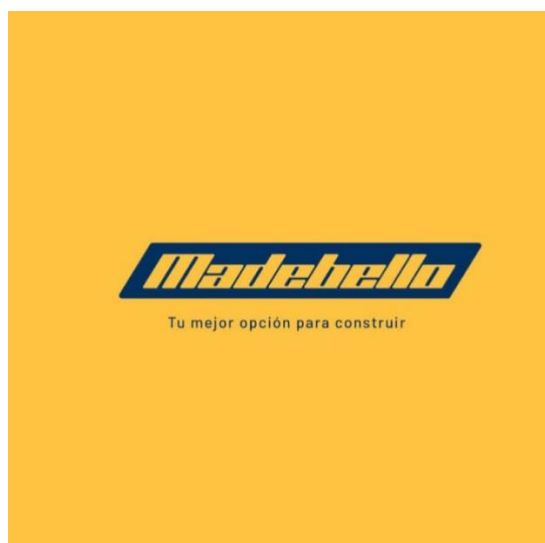
| Dimensión Operativa       | Variable                                      | Datos de la Operación Actual        | Impacto / Reto Logístico Identificado                                              |
|---------------------------|-----------------------------------------------|-------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|
| Estructura Organizacional | Tiempo de inserción en el mercado regional    | 17 meses (1 año y 5 meses)          | Etapas de consolidación de clientes de construcción en Urabá.                      |
|                           | Personal operativo en patio y bodega          | 9 colaboradores locales             | Capacidad límite para el proceso manual de alistamiento.                           |
| Volumen de Distribución   | Despachos promedio en días estándar           | 12 a 15 entregas por día            | Flujo controlado; se cumple la ventana matutina de entrega.                        |
|                           | Despachos proyectados en días de alta demanda | 20 a 25 entregas por día            | Saturación del patio: Incremento del volumen habitual.                             |
| Flota Vehicular           | Capacidad de transporte propio asignado       | 2 camiones de plataforma intermedia | Restricción de espacio físico para transportar materiales pesados simultáneamente. |
| Eficiencia Operativa      | Tiempo de ciclo de cargue actual              | 75 minutos promedio por vehículo    | Cuello de botella: El cargue aleatorio y empírico retrasa la salida de la flota.   |

|  |                                             |            |                                                                            |
|--|---------------------------------------------|------------|----------------------------------------------------------------------------|
|  | Hora promedio de salida del primer despacho | 09:45 a.m. | Pérdida de las primeras horas de la mañana (ventana crítica de las obras). |
|--|---------------------------------------------|------------|----------------------------------------------------------------------------|

Como se puede evidenciar en la Tabla 1, la problemática logística en la sucursal de Turbo de MADEBELLO S.A.S. no se debe a una deficiencia estructural, sino a un desbalance estacional que duplica la demanda y eleva a 75 minutos el tiempo de alistamiento por camión ante la falta de un protocolo secuencial. Los datos estadísticos demuestran la urgencia de abandonar este modelo empírico y reactivo para implementar un rediseño basado en olas y zonificación. Es en este escenario local donde se hace oportuno analizar la operación interna con el fin de proponer mejoras que ayuden al equipo de Turbo a maximizar sus recursos y cumplir plenamente con la promesa de servicio eficiente de la marca.

#### Identificación Empresarial

*Figura 1. Imagen institucional*



## Misión

Somos una empresa dedicada a la distribución, comercialización de herramientas, materiales para la construcción y remodelación; con la mejor calidad y economía para la innovación, proyección y construcción de los sueños de nuestros clientes. Nos esforzamos en ser líderes y mostrar que un sueño se puede construir de la mano de los mejores aliados con un excelente servicio y con los mejores productos.

## Vision:

Para el 2026, busca seguir desarrollando su potencial como empresa líder, ofreciendo la mejor experiencia y calidad de productos. Con los mejores aliados y clientes potenciales, buscamos ser un excelente lugar para el desarrollo personal de cada uno de nuestros colaboradores, en donde nuestro personal se inspire en dar lo mejor de sí, para buscar satisfacer las necesidades y los deseos para la proyección y construcción de los sueños de nuestros clientes.

## Valores Empresariales:

- Puntualidad
- Calidad
- Responsabilidad
- Seguridad
- Trabajo en equipo
- Compromiso
- Unión
- Honestidad

## Planteamiento del problema

### Árbol del problema

Figura 2. Arbol del problemas



En el dinámico sector de la construcción, la gestión logística es un pilar indispensable para la competitividad. Un retraso en el suministro de insumos críticos como cemento, acero o tuberías desencadena un efecto dominó que paraliza cuadrillas de trabajo, altera cronogramas y genera sobrecostos financieros para los clientes. Como señalan Urdy Jáuregui y Cebreros Gutiérrez (2017), la correcta administración de la cadena de suministro actúa como el soporte real de la estrategia del negocio, traduciéndose en ventajas competitivas directas para el cliente final.

A pesar del sólido crecimiento de MADEBELLO S.A.S., la operación interna de despacho en la sucursal de Turbo, que cuenta con un año y cinco meses de funcionamiento

y un equipo de 9 colaboradores, aún se ejecuta de manera empírica y manual. La problemática de la sede se compone sistemáticamente de la siguiente manera:

Problema central: La aparición de cuellos de botella críticos durante el proceso de alistamiento y despacho matutino, lo que satura las bahías de carga en las horas más productivas del día.

Causas raíz: La ausencia de un protocolo estandarizado de cargue físico en el patio (cuyo flujo actual responde únicamente al orden aleatorio de emisión de facturas) y la falta de una planificación de rutas basada en franjas horarias y zonificación geográfica, obligando al equipo a depender de una ejecución manual desprovista de herramientas tecnológicas.

Efectos directos: Las salidas tardías de los vehículos provocan retrasos generalizados en las entregas por el tráfico municipal y la indisponibilidad en las obras. A largo plazo, esto detona reprocesos, devoluciones de mercancía, pérdida de lealtad de clientes mayoristas y afectación de la utilidad neta de la sede.

La persistencia de esta problemática restringe la capacidad de la sucursal para cumplir plenamente con su visión institucional, limitando su posicionamiento como un canal de distribución innovador, eficiente y confiable en la región de Turbo.

### **Objetivo general**

Diseñar una propuesta de modificación de los procesos operativos de alistamiento y despacho matutino de la empresa MADEBELLO S.A.S, mediante la estandarización de flujos de trabajo, la integración de herramientas logísticas existentes y la integración de tecnologías de transformación digital y algoritmos de Inteligencia Artificial, con el fin de

optimizar los tiempos de entrega de la flota de domicilios y mejorar la relación con los clientes.

### **Metodología de búsqueda**

Para sustentar teóricamente la presente propuesta se desarrolló una investigación descriptiva y documental de manera minuciosa, enfocada en la lectura de documental académica y empresarial relacionada con la gestión logística de las organizaciones, el impacto de una buena logística en la industria de la construcción y el comportamiento del consumidor. El proceso de recolección de la información en tres fases consecutivas: las cuales son: selección de fuentes, escaneo del contenido asistido por la IA y filtrado y utilización del contenido.

En la primera fase, se preseleccionaron bases de datos de acceso abierto y reconocido rigor científico, utilizando principalmente Google Académico y la biblioteca y repositorio digital de la Corporación Universitaria Remington. Se consultaron libros acerca de la logística empresarial e informes sobre el impacto que tiene una correcta gestión de la logística de despacho y entregas en la satisfacción del cliente y la popularidad de las organizaciones.

En la segunda fase, tomamos los documentos previamente seleccionados y realizamos una auditoría de la información, apoyados de la Inteligencia Artificial para saber que documentos contenían información pertinente la propuesta y cuales eran descartables. Se desarrollo mediante la realización de prompts estructurados al modelo de inteligencia artificial especializado en lectura de documentos, ChatPDF. El análisis se ejecutó mediante la combinación de descripción de la necesidad y palabras clave: “Menciona algo acerca del

impacto de la logística en la percepción del cliente”. Esta combinación de palabras resultaba con respuestas específicas que señalaban puntos del documento donde se mencionaba el tema.

En la tercera fase, se procedió a la consolidación de la información validada por la Inteligencia Artificial en la etapa anterior. Una vez identificados los fragmentos y documentos con valor científico y pertinencia temática, se descartaron definitivamente las fuentes que no aportaban valor directo a la propuesta. Posteriormente, la información seleccionada fue organizada de manera estructurada. Finalmente, estos insumos teóricos fueron integrados y articulados de forma crítica en el desarrollo del marco teórico, sirviendo como el sustento científico y conceptual sólido que fundamenta la viabilidad y el diseño de la presente propuesta.

## **Marco teórico**

### **1.1 Gestión de operaciones y eficiencia organizacional**

La Gestión de Operaciones se puede definir como un conjunto de actividades y procesos enfocados en mantener y mejorar la eficacia de la organización a través del diseño, coordinación y control, Romero (2022) menciona que la gestión de operaciones está dirigida a diseñar cómo se llevan a cabo las actividades en la empresa para satisfacer las expectativas que los clientes tienen del producto o servicio brindado. Por otro lado, Gil (2025) menciona que el rediseño de procesos consiste en transformar y mejorar los procedimientos actuales mediante la aplicación de metodologías innovadoras, con el objetivo de aumentar la eficiencia organizacional, reduciendo tiempos, eliminando reprocesos y mejorando la trazabilidad de la información.

Aplicar estos conceptos en MADEBELLO S.A.S, permitirá diseñar un proceso secuencial optimizado con actividades de despacho estandarizadas y metodologías de despacho de mercancía (orden de carga y diseño de rutas), definidas por prioridad y zonificación geográfica, asegurando una ejecución planificada de los servicios logísticos, eliminando procesos innecesarios y reduciendo costos.

## 1.2 Gestión de la cadena de suministro y logística de distribución

La cadena de suministro está compuesta por todas las partes involucradas, ya sea directamente o indirectamente en la satisfacción del cliente, Nugent (2019) describe la cadena de suministro como la red de servicios, materiales y flujos de información que vincula los procesos de relaciones con los clientes, surtido de pedidos y relaciones con los proveedores de una empresa con los procesos de sus proveedores y clientes, es decir, la cadena de suministro incluye las actividades asociadas desde la obtención de materiales para la transformación del producto hasta su colocación en el mercado. Esto nos indica que la cadena de suministro no implica solo la producción de los productos, incluye toda una red logística que incluye actividades como compra a proveedores, transporte de mercancía, control de calidad, gestión del inventario, preparación de pedidos y distribución final.

Para Madebello S.A.S, es crucial optimizar los procesos de última milla, ya que esta fase representa el contacto directo con el usuario final y determina en gran medida su nivel de satisfacción. Sin embargo, este eslabón constituye una de las mayores preocupaciones del sector logístico; como señala Ousaid (2020), “este último eslabón en la cadena logística concentra puntos negativos, aunque recorre una distancia reducida. Es de hecho el más costoso (20% a 50% del costo total de entrega), con baja eficiencia organizativa, económica y ambiental, congestión de caminos urbanos vinculados no solo a la circulación de los

vehículos, pero también y sobre todo su estacionamiento, particularmente en el centro de la ciudad”.

El proceso de alistamiento y despacho en centros de distribución

“Denominado también Picking, comprende la consolidación, empaque, control, movimiento o cargue del producto” (ELÍAS & JIMENA, S. P. S., 2016). Además de esto, el despacho comprende la ubicación de la mercancía en las áreas de preparación, validación de condiciones, carga en los vehículos y envío a los clientes, asegurando que el producto cargado corresponda con la orden y que cumpla con las condiciones requeridas para su transporte. Para comprender las variables que afectan este flujo operativo en el contexto del proyecto, se desglosan a continuación tres conceptos fundamentales: la teoría de restricciones, la programación por olas y la lógica de carga inversa.

Cuellos de botella

Chung (2017) las define como aquellas actividades o recursos que disminuyen el flujo del proceso, generan tiempos muertos, retrasos y reducen la productividad del sistema. En Madebello S.A.S., identificar el cuello de botella en el patio permitirá descubrir exactamente qué tarea retrasa la salida de los vehículos.

Olas de despacho

El despacho inicia con el listado de las ordenes que serán atendidas, este proceso requiere una organización que sincronice la prioridad de los envíos y la velocidad de despacho, siendo el despacho por olas o picking por olas una de las más reconocidas. “Consta de un número de pedidos que van a ser alistados de manera simultánea. En este caso, la orden de preparación de los pedidos con un destino común se lanza

simultáneamente en varias zonas del almacén, cuidando que el tamaño del lote sea el adecuado para no exceder el tiempo disponible para la preparación” (Elíaz, 2022). Este concepto fundamentará la reorganización de los horarios de cargue en la empresa para evitar la saturación de sus bahías.

### Logística LIFO

El método LIFO, “Last In First Out” en inglés es un método de almacenado y organización utilizada originalmente en la contabilidad para manejar el inventario. Valle (2022) nos explica que este método consiste en que los productos o materiales que llegaron más recientemente al almacén son los primeros en ser utilizados o vendidos. Pero en logística ese método se aplica de una forma distinta. Aplicado a los camiones de reparto, el método LIFO significa que el último pedido que se sube al vehículo en la bodega debe ser el primer pedido que el conductor entregue en la calle. La aplicación teórica del método LIFO garantizará que los conductores de Madebello no pierdan tiempo reorganizando la carga en la obra del cliente.

### Control de gestión e indicadores de rendimiento logístico

El control de gestión en la administración logística exige el uso de Indicadores Clave de Rendimiento (KPIs) para evaluar el cumplimiento de los objetivos estratégicos y optimizar la cadena de suministro. Dentro de estas métricas, el indicador OTIF (*On-Time In-Full*) se consolida como la métrica reina para evaluar simultáneamente la eficiencia operativa y la satisfacción del cliente, definiéndose técnicamente como:

"Un indicador que mide la proporción de entregas que se realizan en la fecha comprometida y en la cantidad solicitada por el cliente, es decir, entregas a tiempo y completas".

Al combinar la puntualidad (disponibilidad cuando se requiere) y la completitud (integridad del pedido), el OTIF ofrece una visión integral del desempeño del despacho. Según Mora (2007), este es un KPI prioritario porque refleja fielmente el grado en que la organización cumple con las expectativas del mercado, factor crucial para la fidelización comercial. En conclusión, la implementación sistemática de este indicador dentro del modelo de gestión de Madebello permitirá una evaluación objetiva de la operación, facilitando acciones correctivas directas que incrementen la eficiencia del servicio.

#### Transformación digital en la logística de última milla

La implementación de sistemas digitales en la logística de la última milla ha dejado de ser una alternativa, se ha convertido en una necesidad para la supervivencia y competitividad de las organizaciones. La transición a estos ecosistemas logísticos digitalizados genera un impacto enorme en la eficiencia empresarial. En empresas del sector gastronómico de Barranquilla la implementación de la digitalización en la logística de la última milla "Estas herramientas han permitido optimizar rutas y mejorar la coordinación logística, así como la satisfacción del cliente." (De La Hoz, 2026).

En primer lugar, la optimización de rutas mediante software especializado rompe con los esquemas estáticos de distribución. Al digitalizar las variables de empaque, peso, cubicaje y restricciones viales, los sistemas automatizados determinan la secuencia exacta de paradas, minimizando los kilómetros recorridos en vacío, reduciendo el consumo de

combustible y maximizando la capacidad de carga de las flotas, un factor crítico para sucursales que operan con un número limitado de vehículos.

En segundo lugar, la mejora en la coordinación logística se manifiesta en la visibilidad y trazabilidad en tiempo real. Según De La Hoz (2026) La interconexión digital entre el personal de patio, la administración y los conductores en ruta a través de aplicaciones móviles erradica los cuellos de botella informativos.

Finalmente, la satisfacción del cliente se posiciona como el resultado definitivo de esta transformación. En sectores industriales y de la construcción, donde el cumplimiento de los cronogramas de obra es una variable crítica, la predictibilidad y la transparencia informáticas se traducen en confianza.

#### Inteligencia artificial y algoritmos de enrutamiento predictivo

La inteligencia artificial ha revolucionado la gestión operativa al transformar los modelos estáticos de enrutamiento en modelos dinámicos y predictivos. Al respecto, autores como Mosqueda (2013) explican que “los protocolos de rutas inteligentes usan datos básicos como la velocidad y aceleración de los vehículos cercanos para calcular dónde estarán en los próximos segundos. Al predecir este movimiento, el sistema puede elegir con precisión el mejor vehículo para pasar la información. Así se evitan cortes y la comunicación se mantiene estable, aunque el tráfico se mueva muy rápido.”

Por lo tanto, implementar esta tecnología en la sucursal de Turbo incrementaría la productividad de las flotas limitadas, ya que permitiría reducir los kilómetros recorridos en vacío y predecir con alta precisión las horas de llegada a los frentes de obra.

## **Diseño de propuesta**

El diagnóstico realizado en la empresa no dejó una evidencia clara, y es que la improvisación y falta de estandarización en el proceso de cargue es una debilidad alarmante de la organización, la cual genera unas amenazas que se deben evitar. Para esto, la propuesta que desarrollamos se enfoca en reorganizar los recursos actuales (personal de cargue y vehículos) mediante un flujo estandarizado matutino, que elimina la saturación de las bahías de carga, los retrasos y los tiempos muertos en ruta.

### **Zonificación y Ventanas de entrega**

El proceso de la operación logística iniciará desde la oficina de administración. Se construye una pauta para la organización de los pedidos enfocada en la zonificación geográfica ventanas de entrega, la cual se apoyará en una plataforma digital de ruteo asistida por Inteligencia Artificial. Este método consiste en agrupar las facturas por zonas, luego a dichas zonas se les asigna un horario o ventanas de tiempo específicas para su entrega. Las pautas desarrolladas son las siguientes:

1. Recepción de pedidos: Consolidar la totalidad de las facturas y pedidos del día directamente en el software de distribución en la nube.
2. Clasificación geográfica por zonas urbanas de Turbo: Agrupar los pedidos dividiendo el casco urbano del municipio de Turbo en cuatro grandes cuadrantes operativos de distribución mediante la geocodificación predictiva del sistema:
  - Zona Centro-Oeste: Barrios Baltazar, Centro, San Martín, Buenos Aires, zona sur de Jesús Mora.
  - Zona Norte: Barrios El Bosque, La Lucila, Hoover Quintero y Monterrey.

- Zona Sur: Barrios Jorge Eliécer Gaitán (punto de origen), El Pescador, La Playa, Manuela Beltran y Flores.
- Zona Este (Salida hacia Apartadó): Barrios La Floresta, Villa Unión, Ciudadela Pescador.

Evaluación de Prioridad Operativa y Densidad de Carga: Analizar el volumen de mercancía total, el peso de los pedidos y los requerimientos especiales de los clientes en cada cuadrante para determinar el nivel de prioridad de la ruta, por encima de la distancia geográfica al punto de origen en el barrio Gaitán.

Programación Dinámica del Horario Matutino (07:00 AM - 12:00 PM): Asignar las franjas horarias de la mañana alternando el orden de las zonas de acuerdo al volumen y criticidad diaria evaluados de manera automática por el motor analítico de la IA:

- Criterio de Alta Densidad/Prioridad: Asignar la primera franja matutina (07:00 AM - 09:30 AM) a la zona que concentre el mayor volumen de entregas o clientes con restricciones estrictas de apertura, sin importar si es la Zona Norte o la Zona Este.
- Criterio de Proximidad Eficiente (Zona Sur): Programar las entregas de la Zona Sur (barrio Gaitán y alrededores) en los intervalos de transición o en la franja final de la mañana (09:30 AM - 12:00 PM) para aprovechar la cercanía inmediata al centro de distribución si el volumen de las otras zonas es bajo.

3. Generación de la Pauta de Secuencia de Ruta: Crear el documento final de despacho digitalizado ordenando las facturas de manera cronológica inversa para la carga de los vehículos, asegurando que los cuadrantes con el horario de entrega más temprano queden posicionados al alcance inmediato del operario.

Este modelo elimina la anterior practica de ir atendiendo y despachando los pedidos en el orden que fueran facturados. Así, al zonificar los pedidos con soporte tecnológico se asegura que un vehículo atienda todos los pedidos de una zona específica en un solo viaje, ahorrando mucho tiempo.

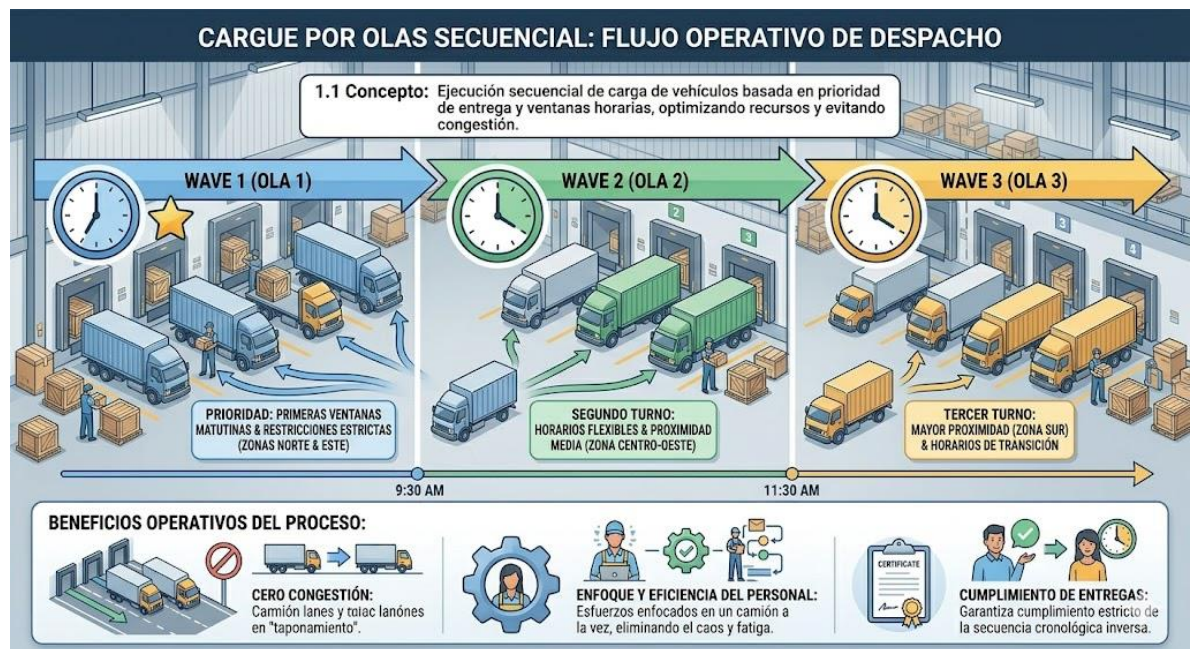
#### Cargue por olas

Mediante este proceso, y una vez seleccionadas las rutas para cada zona y ventana horaria definidas en el punto anterior, se realiza el cargue físico de los vehículos en olas secuenciales, asegurando no iniciar una fase hasta finalizar la anterior. En la primera ola de cargue se priorizan los vehículos asignados a las zonas que tienen las primeras ventanas de entrega matutinas o los clientes con restricciones de horario más estrictas. Posteriormente, en las olas subsiguientes, se cargan de forma ordenada las rutas de las zonas restantes con horarios más flexibles o de mayor proximidad, respetando estrictamente la secuencia cronológica inversa establecida en la hoja de ruta.

Posteriormente, una vez que la primera flota automatizada inicia su ruta, el sistema digital libera la segunda ola de alistamiento para las zonas de transición y proximidad. De este modo, al coordinar el ingreso de los camiones de forma escalonada con ayuda de la plataforma, se evita de forma definitiva el taponamiento en el muelle y se maximiza el rendimiento de los 9 colaboradores del patio.

Esto ayuda a que evitar el taponamiento de los vehículos en el patio de cargas, además permite que los esfuerzos del personal encargado se enfoquen en un camión a la vez, eliminando el caos y la fatiga de hacer muchas cosas a la vez.

*Figura 3. Diagrama del proceso de cargue por olas secuencial*



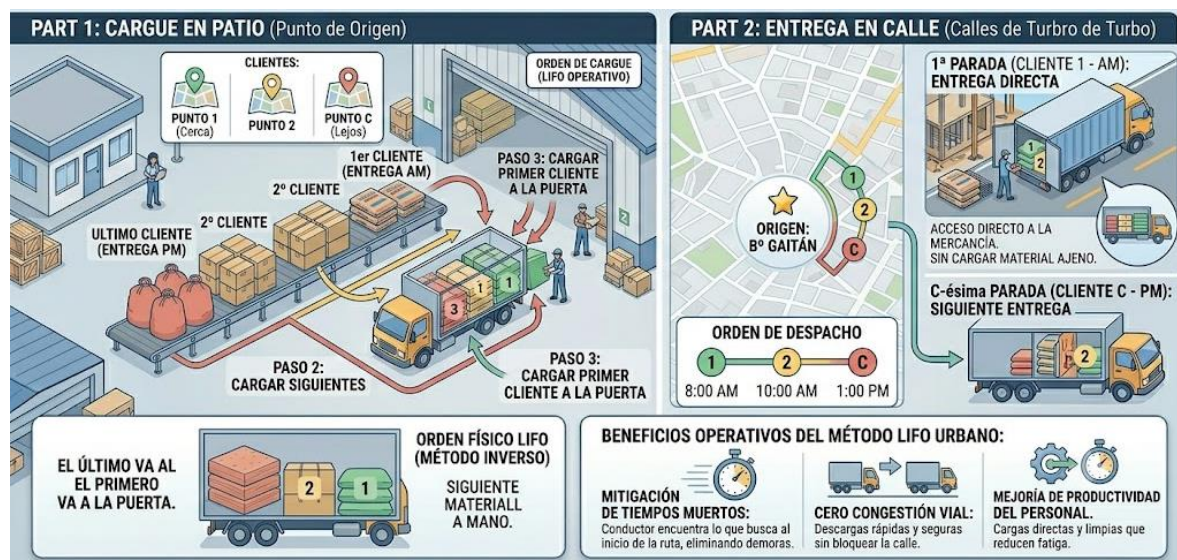
*Nota. Generado con asistencia de la inteligencia artificial Gemini de Google (2026), basado en las pautas operativas del proceso de distribución de la empresa.*

### Estructuración del Vehículo: Aplicación de la Lógica Inversa

El proceso físico de cargue se realizaría bajo una estricta planificación, usando un método poco convencional asistido por las hojas de ruta digitales que genera el sistema de enrutamiento. Una vez consolidada la hoja de ruta en la plataforma, el equipo de cargue debe organizar los insumos de manera proporcional a la secuencia de entrega programada. Esto bajo la metodología LIFO, quiere decir que los insumos serán cargados de manera inversa, el ultimo cliente se cargaría al principio, o sea el fondo del camión, y así sucesivamente hasta que la mercancía del primer cliente en la ruta quede al raz de la puerta de acceso. Este método garantiza que la mercancía sea cargada fielmente en el orden de la ruta, convirtiendo la organización del espacio de carga en un factor crítico de agilidad operativa.

La aplicación de esta metodología resuelve los estancamientos e ineficiencias críticas que se presentan en la distribución de en las calles de Turbo. Al llegar a la obra, el conductor encontrará al inicio los insumos de correspondientes y no se verá obligado a cargar o mover materiales, que suelen ser pesados, para poder acceder a los insumos correspondientes a dicha entrega. Esto permitiría realizar cargas directas, limpias y seguras, evitando generar demoras y fatiga en el personal.

*Figura 4. Diagrama del método LIFO*



*Nota. Generado con asistencia de la inteligencia artificial Gemini de Google (2026), basado en el proceso de carga y descarga según la metodología LIFO.*

#### Control de Gestión: Implementación de Indicadores de Rendimiento

Para garantizar la sostenibilidad y el éxito a largo plazo del nuevo modelo de distribución, los administradores de la sucursal deberían medir y monitorear los resultados operativos diariamente a través de un tablero de control digital básico conectado a la aplicación móvil de los conductores. La recopilación continua de datos rompe con las

percepciones subjetivas, permitiendo estructurar una supervisión basada en datos reales.

Este mecanismo permitiría identificar alertas tempranas y cumplir con estándares de calidad.

Para realización de dicho control, se diseñó este formato, el cual registra la fecha, ruta realizada, el conductor, tiempo de ciclo de cargue, el cumplimiento de criterios como la efectividad de la entrega y la integridad del producto, además contempla observaciones en caso de que las haya. Este formato automatizado permite recolectar la información crucial de cada envío, que le servirá de apoyo a los administrativos para la toma de decisiones informadas y oportunas.

*Tabla 2. Formato de control OTIF*

| Fecha | Ruta | Conductor | Tiempo de<br>Ciclo de<br>Cargue<br>(Minutos) | ¿Entregado<br>a Tiempo?<br>(SÍ/NO) | ¿Pedido<br>Completo?<br>(SÍ/NO) | Cumplimiento OTIF<br>(Logrado / Fallido) | Observaciones |
|-------|------|-----------|----------------------------------------------|------------------------------------|---------------------------------|------------------------------------------|---------------|
| .     |      |           |                                              |                                    |                                 |                                          |               |
| .     |      |           |                                              |                                    |                                 |                                          |               |
| .     |      |           |                                              |                                    |                                 |                                          |               |
| .     |      |           |                                              |                                    |                                 |                                          |               |

Fórmulas para el control semanal:

La primera, el indicador OTIF, sirve para medir la calidad del servicio y la satisfacción del cliente. Le muestra a la administración qué porcentaje de los pedidos se entregaron de forma perfecta (exactamente a la hora pactada y con las cantidades completas). Si el resultado es bajo, significa que se está fallando en la promesa de servicio en las calles de Turbo.

$$\text{Indicador OTIF (\%)}: \frac{\text{Total de Rutas con OTIF Logrado}}{\text{Total de Rutas Despachadas}} \times 100$$

La segunda, Promedio de ciclo de cargue, sirve para medir la eficiencia del equipo de patio. Le permite a la administradora saber cuánto tardan los operarios en alistar y cargar un camión por cada ola. Si este tiempo promedio es muy alto, revela un cuello de botella interno en el muelle de despacho antes de que el vehículo salga a la ruta.

$$\text{Promedio ciclo de cargue: } \frac{\text{Cantidad total de camiones cargados}}{\text{Suma de los minutos de cargue de la semana}}$$

El análisis semanal de esta información consolidada digitalmente le otorgará a la administradora las herramientas necesarias para identificar con exactitud en qué días, zonas o rutas específicas del municipio de Turbo se siguen presentando retrasos o desviaciones críticas.

## Conclusiones

Se determinó que las problemáticas de la sucursal de Turbo de MADEBELLO S.A.S., asociadas a la aparente falta de vehículos y personal en días de alta demanda, no obedecen a una insuficiencia real de activos estructurales, sino a un cuello de botella en la planificación operativa matutina. La ejecución empírica de las actividades de alistamiento y el cargue aleatorio conforme emerge la facturación saturan las bahías de despacho, restando capacidad productiva a los 9 colaboradores de la sede y consumiendo las horas de la mañana que son vitales para la distribución eficiente en ruta.

El diseño de un plan de distribución fraccionado en olas secuenciales y fundamentado en la zonificación geográfica del casco urbano de Turbo (norte, sur, centro-oeste y este) se plantea como una solución administrativa de alto impacto y bajo costo, la cual se potenciaría a través de una plataforma de ruteo asistida por Inteligencia Artificial. Al programar el ingreso escalonado de los vehículos de manera coordinada mediante algoritmos de distribución, se proyecta la eliminación del taponamiento en el patio de operaciones, lo cual permitiría que el personal disponible enfoque sus esfuerzos en un solo vehículo a la vez, reduciendo la fatiga laboral y los tiempos muertos previos a la salida.

La integración proyectada de la lógica inversa LIFO (Last In, First Out) en la estructuración física del cargue está concebida para mitigar directamente los reprocesos del conductor durante el tránsito en la calle, apoyándose en la georreferenciación digital de los cuadrantes. Al organizar los pedidos pesados del sector de la construcción de manera cronológicamente inversa a la ruta de entrega calculada por el sistema, se buscaría garantizar que la mercancía de la primera obra se encuentre al ras de la puerta de acceso del vehículo, lo que erradicaría la necesidad de remover o reorganizar carga pesada en la vía

pública, acelerando el ciclo de entrega y disminuyendo los riesgos de daños en los productos o lesiones en el personal.

La adopción e implementación futura del formato de control logístico y el monitoreo sistemático mediante los indicadores de rendimiento OTIF (On-Time In-Full) y Tiempo de Ciclo de Cargue, soportados en un tablero digital automatizado, dotarían a la administración de una herramienta científica para la toma de decisiones. Romper con las percepciones subjetivas mediante datos diarios recopilados en la nube le permitiría a la dirección identificar alertas tempranas, evaluar el desempeño real de la flota y ajustar las ventanas de tiempo matutinas para blindar la promesa de servicio, innovación y confiabilidad de la marca.

## Referencias

- Chung Román, C. (2017). *Análisis de cuellos de botella para incrementar la tasa de procesamiento de mineral de una minería*. Universidad San Ignacio de Loyola.
- De La Hoz, C. (2026). *Efectos de la implementación de la logística 4.0 en la última milla de las empresas del sector gastronómico de Barranquilla durante el período 2020-2025*.
- ELÍAS, H. V., & JIMENA, S. P. S. (2016). *Propuesta para optimizar la operación logística en los procesos de alistamiento y despacho de mercancía en el centro de distribución Colfrigos SAS*.
- Elíaz, L. R. (2022). *IMPLEMENTACIÓN DE UN MODELO DE ALISTAMIENTO FRACCIONADO MULTIOPERARIO AL SISTEMA DE OLA DE PEDIDOS DE UNA EMPRESA DEL SECTOR DE CONSUMO MASIVO*. Bogotá: Universidad Militar Nueva Granada.
- Gil, C. (2025). *Rediseño del proceso de reportes diarios e informes finales de operación de nitrógeno en la Empresa Shandong Kerui. [Proyecto aplicado]*. Obtenido de Repositorio Institucional UNAD:  
<https://repository.unad.edu.co/handle/10596/78879>
- Google Gemini. (2026). *Modelo de Inteligencia Artificial para generación de texto e imágenes*. Obtenido de <https://gemini.google.com/>
- Mora García, L. A. (2007). *Indicadores de la gestión logística*. Medellín: ECOE Ediciones.

- Mosqueda, G. A. (2013). *Diseño de algoritmos de enrutamiento para VANETs en escenarios tipo carretera*. Ensenada: Doctoral dissertation, Tesis de Doctorado en Ciencias. Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada.
- Nugent, M. A., Morales, J. A., Llave, A. M., & Quispe, J. T. (2019). Gestión de cadena de suministro: una mirada desde la perspectiva teórica. *Revista venezolana de gerencia*, 1136-1146.
- Ousaid, H. (2020). *Soluciones logísticas en la última milla*.
- Romero Ramirez, R. N. (2022). *Rediseño de procesos para la mejora de la gestión de operaciones en la empresa del rubro de belleza*. Lima.
- Urday Jauregui, C., & Cebreros Gutiérrez, P. (2017). *La gestión logística y su influencia en la competitividad en las PyMEs del sector construcción importadoras de maquinarias, equipos y herramientas del distrito de Puente Piedra*. Lima: Universidad San Ignacio de Loyola.
- Valle González, M. I. (2022). *Diseño e implantación de un sistema digital para el control de movimientos de materias primas dentro de un almacén*.