Centro de Especializaciones Noeder

Florida Global University

Diplomado de Especialización

GESTIÓN DE LA CADENA DE SUMINISTRO Y LOGÍSTICA

CICLO REGULAR

MÓDULO IV

CLASE 1

GESTIÓN DE ALMACENES, TRANSPORTE Y DISTRIBUCIÓN

Mg. Ing. Jonatan Livia Ayala

RESUMEN VISUAL DE LA CLASE 2: MAPA CONCEPTUAL

ESTRUCTURA GENERAL DE LA SESIÓN 2

01. REDES Y E-COMMERCE

Modelos de red de distribución de Chopra (Cap. 4), omnicanalidad y desafíos de la Última Milla (*Last Mile*).

02. SISTEMAS WMS Y TMS

Arquitectura de software operativo, automatización en tiempo real e integración sin fisuras con el ERP.

03. RUTEO Y PROGRAMACIÓN

Principios del TSP y VRP con ventanas horarias, Algoritmo de Ahorros de Clarke & Wright y KPIs logísticos.

Objetivo de Aprendizaje (Chopra Caps. 4, 14 y 17): Diseñar una arquitectura de distribución física que maximice la disponibilidad del producto y optimice la rentabilidad total mediante herramientas tecnológicas y de ruteo.

ROL DE LA DISTRIBUCIÓN EN LA CADENA DE SUMINISTRO

EL IMPACTO ESTRATÉGICO EN EL SERVICIO AL CLIENTE Y COSTOS (CHOPRA CAP. 4)

La distribución comprende los pasos que mueven y almacenan productos desde la etapa de suministro hasta el consumidor final. Afecta directamente la rentabilidad de la compañía:

DIMENSIÓN 1: SERVICIO AL CLIENTE

- **Tiempo de respuesta:** Rapidez de entrega desde la colocación de la orden.
- **Variedad y Disponibilidad:** Gama de SKUs ofrecidos y nivel de servicio **(Fill Rate).**
- **Visibilidad y Retornabilidad:** Seguimiento del pedido y facilidad para la logística inversa.

DIMENSIÓN 2: COSTO LOGÍSTICO TOTAL

- **Inventario:** Costo de mantener existencias en tránsito y almacén.
- **Transporte:** Fletes de entrada **(inbound)** y tramo de salida **(outbound).**
- **Instalaciones y Manejo:** Costos fijos y variables de almacenamiento y **picking**.

OPCIONES DE DISEÑO PARA UNA RED DE DISTRIBUCIÓN

LOS 6 MODELOS ESTRUCTURALES SEGÚN SUNIL CHOPRA

Los gerentes definen la red respondiendo dos preguntas: ¿Se entrega a domicilio o se recolecta? y ¿Fluye por un intermediario?

FABRICANTE DIRECTO

1.Envío Directo (*Drop-shipping*): Inventario centralizado en fábrica; despacho directo al cliente (alta variedad, bajo stock).

2.Consolidación en Tránsito (*In-Transit Merge*): Fusión de partes provenientes de diferentes plantas antes de la entrega final.

DISTRIBUIDOR INTERMEDIO

3.Almacén con Entrega por Mensajería: Bodega intermedia que envía pedidos consolidados por transporte de paquetería.

4.Almacén con Entrega a Domicilio (Last Mile): Reparto directo a la puerta con flota local (fletes altos, máxima rapidez).

RECOLECCIÓN POR CLIENTE

5.Almacén con Retiro por Cliente (PUDO): Pedido en línea con recolección en casilleros o tiendas aliadas.

6.Almacén Minorista (Store Pickup): Modelo tradicional donde el inventario reside en la tienda local.

RELACIÓN COSTO-SERVICIO Y NÚMERO DE INSTALACIONES

EL PUNTO DE EQUILIBRIO LOGÍSTICO (CHOPRA CAP. 4)

- **Inventario vs. Instalaciones:** Al aumentar el número de centros de distribución se pierde agregación y el costo de retención de inventario **aumenta** exponencialmente.
- **Transporte vs. Instalaciones:** Al inicio, más almacenes acercan el producto al cliente reduciendo el flete de salida; sin embargo, si se dispersan demasiado, se pierde economía de escala en el flete de entrada y el transporte **vuelve a subir**.

Costo Logístico Total = Costo Inventario + Costo Transporte + Costo Instalaciones

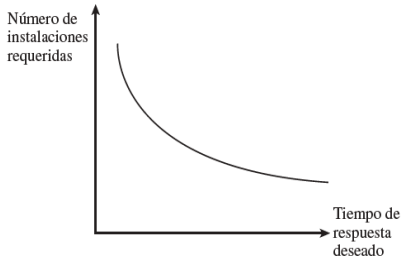


FIGURA 4-1 Relación entre el tiempo de respuesta deseado y el número de instalaciones.

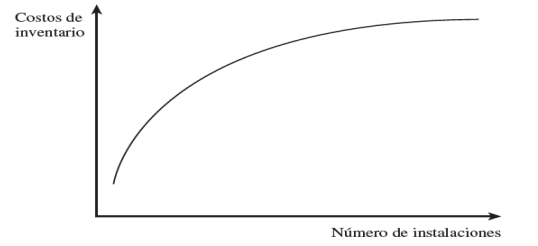


FIGURA 4-2 Relación entre el número de instalaciones y los costos de inventario.

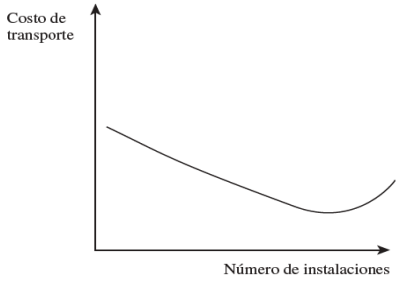


FIGURA 4-3 Relación entre el número de instalaciones y el costo de transporte.

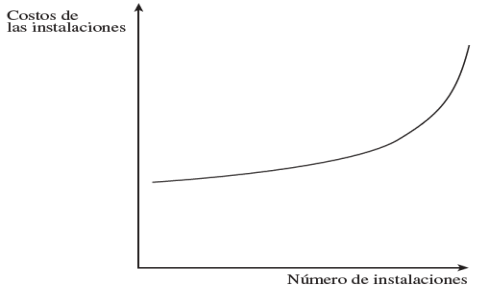


FIGURA 4-4 Relación entre el número de instalaciones y los costos de instalaciones.

TIPOS DE REDES DE DISTRIBUCIÓN

MODELOS DE ARQUITECTURA LOGÍSTICA EN CAMPO

1. ENTREGA DIRECTA

Envío directo desde la planta del fabricante al cliente final sin tocar ningún almacén intermedio.

- **Ventaja:** Cero inventario retenido y tiempos cortos de tránsito.
- **Limitación:** Requiere que el pedido complete camiones llenos (*FTL*).

2. ALMACÉN CENTRAL

Consolidación regional en un Centro de Distribución (CD) para abastecer a puntos de venta.

- **Ventaja:** Agregación de inventario y fletes de entrada económicos.
- **Limitación:** Costo adicional de manipulación física en andenes.

3. HUB & SPOKE

Red de nodos centrales (*Hubs*) conectados con plataformas de transbordo satélites (*Spokes*).

- **Ventaja:** Máxima capilaridad y aprovechamiento de rutas combinadas.
- **Limitación:** Complejidad de coordinación horaria.

DISTRIBUCIÓN EN EL COMERCIO ELECTRÓNICO (E-COMMERCE)

EL RETO DE LA OMNICANALIDAD Y LA ATOMIZACIÓN DE PEDIDOS

El comercio electrónico transforma radicalmente la logística de palets tradicionales hacia unidades fraccionadas individuales (*B2C*):

PICKING ATOMIZADO

Preparación de pedidos de pocas unidades y alta mezcla de SKUs por cliente, exigiendo mayor precisión y velocidad en andén.

DARK STORES & FULFILLMENT

Micro-almacenes urbanos cerrados al público, diseñados exclusivamente para el alistamiento y despacho ultrarrápido (*Same-Day*).

LOGÍSTICA INVERSA MASIVA

Tasas de devolución que alcanzan del **20% al 35%** en categorías como moda y calzado, requiriendo procesos eficientes de reacondicionamiento.

LOGÍSTICA DE ÚLTIMA MILLA (LAST MILE)

EL TRAMO MÁS COSTOSO DE LA CADENA (40-50% DEL FLETE TOTAL)

RETOS OPERATIVOS CRÍTICOS

- **Congestión y Restricciones Urbanas:** Horarios limitados de carga y descarga, zonas de bajas emisiones y congestión vehicular.
- **Entregas Fallidas (First-Time Failure):** El destinatario ausente genera un sobrecosto severo por reprogramación de ruta y reintento.
- **Ventanas Horarias Reducidas:** Exigencia de entregas en franjas estrictas de 1 o 2 horas **(Time Windows).**

IMPACTO EN LA EXPERIENCIA DEL CLIENTE

La Última Milla es el único punto de contacto físico directo entre la marca y el consumidor final. Un error de entrega o retraso destruye la satisfacción del cliente (*NPS*) independientemente de la calidad del producto.

ESTRATEGIAS DE OPTIMIZACIÓN EN LA ÚLTIMA MILLA

INNOVACIÓN Y NUEVOS MODELOS DE ENTREGA URBANA

MICRO-HUBS URBANOS

Puntos de consolidación en el corazón de la ciudad donde furgones grandes descargan carga y se reparte en vehículos ligeros o bicicletas de carga.

LOCKERS Y PUNTOS PUDO

Casilleros automáticos (**Smart Lockers**) y tiendas de conveniencia aliadas para que el usuario retire a su ritmo, erradicando entregas fallidas.

CROWD-SHIPPING & EV

Flotas colaborativas bajo demanda y adopción de vehículos eléctricos para reducir costos operativos de combustible y restricciones ambientales.

CASO PRÁCTICO: DENSIDAD DE PARADAS EN ÚLTIMA MILLA

IMPACTO DE LA DENSIDAD DE ENTREGAS EN EL COSTO UNITARIO

Un operador logístico urbano gasta **$150 USD por día de ruta** (conductor, combustible y vehículo). Comparamos dos zonas de despacho:

Zona A (Alta Densidad Urbana):

- 50 entregas completadas en el turno de 8 horas.

$$\text{Costo por Entrega} = \frac{\$150\ \text{USD}}{50\ \text{paradas}} = \textbf{\$3.00 USD / entrega}$$

Zona B (Baja Densidad / Periferia):

- 15 entregas completadas debido a grandes distancias.

$$\text{Costo por Entrega} = \frac{\$150\ \text{USD}}{15\ \text{paradas}} = \textbf{\$10.00 USD / entrega}$$

Conclusión Gerencial: La rentabilidad en **Last Mile** depende directamente de la densidad de entregas por kilómetro cuadrado. En zonas dispersas se deben implementar puntos PUDO o cobros de flete diferenciados.

FUNDAMENTOS DE LOS SISTEMAS WMS

WAREHOUSE MANAGEMENT SYSTEM: EL CEREBRO OPERATIVO DEL ALMACÉN

Un WMS es un software de ejecución logística que administra, dirige y optimiza todos los recursos y movimientos físicos dentro del almacén:

DE ALMACÉN TRADICIONAL (A CIEGAS)

El operario decide arbitrariamente dónde guardar la mercadería según espacio visible.

Rutas de **picking** desordenadas con cruces de pasillo constantes. Altos niveles de descuadre físico vs. registros en papel.

A ALMACÉN INTELIGENTE CON WMS

El sistema dirige al operario en tiempo real: Asigna la ubicación exacta de guardado **(Put-Away),** optimiza la ruta de extracción y valida cada movimiento mediante lectura de código de barras por radio frecuencia (RF).

FUNCIONALIDADES CLAVE Y MÓDULOS DE UN WMS

ARQUITECTURA FUNCIONAL PARA LA EXCELENCIA EN OPERACIONES

MÓDULOS OPERATIVOS DE PISO

- **Slotting Inteligente:** Asignación automática de posiciones según rotación ABC, volumen y afinidad de familias.
- **Olas de Picking (Wave/Batch):** Consolidación de órdenes múltiples para recorrer el almacén una sola vez.
- **Trazabilidad y Bloqueo FEFO:** Control de números de lote, fechas de vencimiento y números de serie.

MÓDULOS DE GESTIÓN Y AUDITORÍA

- **Labor Management (LMS):** Medición de productividad de operarios en líneas/hora y tiempo estándar de tarea.
- **Conteos Cíclicos Dirigidos:** Generación automática de listas de auditoría física para mantener el ERI > 99%.
- **Dashboard en Tiempo Real:** Visibilidad de cuellos de botella en andenes de recepción y despacho.

FUNDAMENTOS DE LOS SISTEMAS TMS

TRANSPORTATION MANAGEMENT SYSTEM: GESTIÓN INTEGRAL DE FLOTAS Y FLETES

Plataforma tecnológica encargada de planificar, consolidar, ejecutar y liquidar las operaciones de transporte terrestre, aéreo o marítimo:

1. PLANIFICACIÓN

Selección modal, consolidación de cargas LTL a camión completo FTL y secuenciación óptima de paradas.

2. EJECUCIÓN Y TORRE

Licitación de fletes, despacho digital de manifiestos y monitoreo satelital GPS de eventos en carretera.

3. ADMINISTRACIÓN

Auditoría automática de facturas de transportistas contra tarifas pactadas, evitando sobrecostos de peaje o combustible.

INTEGRACIÓN DE SISTEMAS: ERP + WMS + TMS

ARQUITECTURA DE INFORMACIÓN SIN SILOS (CHOPRA CAP. 17)

La eficiencia logística exige que la orden fluya sin reingreso manual de datos entre las tres plataformas maestras:

1. ERP (COMERCIAL / FINANZAS)

Registra la Orden de Venta, verifica el límite de crédito del cliente y descuenta el saldo contable del inventario.

2. WMS (ALMACÉN / PICKING)

Recibe la solicitud, genera las tareas dirigidas de extracción física en racks, empaca y genera la etiqueta de bulto GS1.

3. TMS (TRANSPORTE / RUTA)

Agrupa los bultos por ruta, optimiza el itinerario vehicular, despacha el camión y confirma la entrega digital (POD).

PRINCIPIOS DEL RUTEO LOGÍSTICO

OPTIMIZACIÓN DE RECORRIDOS, CAPACIDAD Y TIEMPOS

El diseño de rutas busca responder matemáticamente: ¿Cómo atender a todos los clientes al menor costo posible?

MODELOS MATEMÁTICOS BASE

- **Problema del Agente Viajero (TSP):** Visitar *n* puntos y retornar al depósito recorriendo la distancia mínima.
- **Vehicle Routing Problem (VRP):** Múltiples vehículos con capacidad limitada que atienden una red dispersa.

RESTRICCIONES DEL MUNDO REAL

- **Capacidad del Vehículo ($Q_{vehículo}$):** $\sum q_i \leq Q_{peso}$ y $\sum v_i \leq Q_{volumen}$. **Ventanas Horarias (*Time Windows*):** Cada cliente *i* solo recibe entre la hora de apertura e_i y de cierre l_i.
- **Jornada Laboral Máxima:** Límites de horas de conducción por normativa laboral.

PROGRAMACIÓN Y PLANIFICACIÓN DE RUTAS DE DESPACHO

ALGORITMOS CLÁSICOS HEURÍSTICOS VS. RUTEO DINÁMICO DIGITAL

1. MÉTODO DEL BARRIDO (*SWEEP*)

Se traza una recta desde el depósito central y se gira como las manecillas de un reloj. Se van incorporando clientes a la ruta hasta agotar la capacidad del camión, abriendo luego una nueva ruta.

2. ALGORITMO DE AHORROS DE CLARKE & WRIGHT

Calcula el ahorro de distancia obtenido al fusionar dos viajes independientes ($0 \rightarrow i \rightarrow 0$ y $0 \rightarrow j \rightarrow 0$) en un solo circuito combinado ($0 \rightarrow i \rightarrow j \rightarrow 0$).

Ahorro de Distancia (Clarke \& Wright): $S_{ij} = c_{i0} + c_{0j} - c_{ij}$

CASO PRÁCTICO: ALGORITMO DE AHORROS DE CLARKE & WRIGHT

EJERCICIO NUMÉRICO RESUELTO DE FUSIÓN DE RUTAS

Un centro de distribución (0) atiende a dos clientes (A y B). Distancias en km: $c_{0A} = 15$ km, $c_{0B} = 20$ km y distancia directa $c_{AB} = 12$ km.

1.Dos Rutas Separadas (Sin Fusión):

- Ruta 1: $0 \rightarrow A \rightarrow 0 = 15 + 15 = 30$ km.
- Ruta 2: $0 \rightarrow B \rightarrow 0 = 20 + 20 = 40$ km.

Distancia Total = 30 + 40 = 70 km (2 viajes).

2. Ruta Combinada (Clarke & Wright):

$S_{AB} = c_{0A} + c_{0B} - c_{AB} = 15 + 20 - 12 =$ **23 km de ahorro**

- Nueva Ruta Única: $0 \rightarrow A \rightarrow B \rightarrow 0 = 15 + 12 + 20 =$ **47 km**.

¡Ahorro Real = 70 km - 47 km = 23 km (33% menos recorrido)!

CASO PRÁCTICO: OPTIMIZACIÓN CONJUNTA WMS + TMS

CASO DISTRIBUIDORA DE BEBIDAS: SECUENCIACIÓN INVERSA DE CARGA

Diagnóstico Inicial: La empresa sufría un 30% de retrasos en ruta y 15% de mermas por cajas rotas al buscar pedidos en el camión.

SINCRONIZACIÓN WMS & TMS

1. **El TMS** planifica la ruta óptima de entrega:
   Cliente 1 → Cliente 2 → Cliente 3.

2. **El WMS** recibe la orden del TMS y programa el **picking** en secuencia inversa (LIFO de estiba): se pica y carga primero el Cliente 3 (al fondo del furgón) y al final el Cliente 1 (en la puerta).

RESULTADOS OPERATIVOS LOGRADOS

- **Tiempo de Parada:** Reducción de 25 a 8 minutos por descarga en cada tienda.
- **Nivel de Servicio OTIF:** Subió del 82% al 98.4%.
- **Costo de Combustible:** Ahorro neto del 18% por eliminación de desvíos.

KPIS DE ALMACENAMIENTO Y DISTRIBUCIÓN

INDICADORES CLAVE DE DESEMPEÑO EN FORMATO MATEMÁTICO

INDICADOR	FÓRMULA MATEMÁTICA	BENCHMARK / META
OTIF (On-Time In-Full)	$\text{OTIF} = \left(\frac{\text{Pedidos A Tiempo}}{\text{Total Pedidos}}\right) \times \left(\frac{\text{Pedidos Completos}}{\text{Total Pedidos}}\right) \times 100$	**≥ 95.0%**
Costo de Transporte % Ventas	$\%\ \text{Flete} = \left(\frac{\text{Gasto Total de Transporte}}{\text{Ventas Netas Totales}}\right) \times 100$	3.0% - 6.0%
Utilización Vehicular (Bimodal)	$\text{Utilización} = \max\left(\frac{\text{Peso Real}}{\text{Cap. Máx Peso}}, \frac{\text{Volumen Real}}{\text{Cap. Máx Volumen}}\right) \times 100$	**≥ 85.0%**
Productividad de Picking	$\text{Productividad} = \frac{\text{Líneas o Cajas Extraídas}}{\text{Horas Hombre Consumidas}}$	120 - 180 líneas/hh

CASO PRÁCTICO: CÁLCULO Y AUDITORÍA DE KPIS

EVALUACIÓN MENSUAL DE OPERACIONES DE DESPACHO

Un centro de distribución registró en el mes **200 pedidos despachados**. Datos de auditoría:

- 190 pedidos llegaron dentro de la ventana horaria (10 entregas tardías) → On-Time = $\frac{190}{200}$ = 95.0%.
- 180 pedidos se entregaron completos al 100% de cajas (20 con faltantes) → In-Full = $\frac{180}{200}$ = 90.0%.

1. Cálculo del OTIF Combinado:

$$OTIF = 0.95 \times 0.90 \times 100\% = \mathbf{85.5\%}$$

¡Alerta: Reprobado frente a la meta mínima del 95%!

2.Utilización de Flota (Furgón de 10 Ton y 40 m³):

- Carga Real: 8.5 toneladas y 30 m^3.

$$U_{peso} = \frac{8.5}{10} = 85\% \mid U_{vol} = \frac{30}{40} = 75\%$$

Utilización Bimodal = 85% (Llenado por peso).

SÍNTESIS Y CONCLUSIONES DE LA CLASE 2

RESUMEN DE COMPETENCIAS ESTRATÉGICAS Y OPERATIVAS ADQUIRIDAS

- **El Diseño de Red condiciona el costo:** Balancear la cantidad de almacenes equilibra los costos de retención de inventario con los fletes de transporte (Chopra Cap. 4).
- **La Última Milla exige densificación:** Concentrar paradas mediante **Micro-Hubs** y casilleros PUDO es la única vía para volver rentable el reparto de comercio electrónico.
- **Los sistemas WMS y TMS eliminan la improvisación:** Automatizan las decisiones de asignación de espacios, rutas de extracción y cubicaje de carga.
- **El Ruteo Científico ahorra capital:** Algoritmos como Clarke & Wright reducen más del 30% del kilometraje recorrido y optimizan el uso de la flota.
- **Próxima Sesión (Clase 3):** Cubicaje 3D, ingeniería de empaque, estructura de costos de transporte y gobernanza de operadores logísticos 3PL/4PL con SLAs.

¡Gracias!

Centro de
Especializaciones
Noeder

Conéctate con nuestra comunidad

© 2026 | CENTRO DE ESPECIALIZACIONES NOEDER | R.U.C. 20604924236 | Todos los derechos reservados