



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

PROGRAMA DE POSGRADO EN INGENIERÍA

FACULTAD DE INGENIERÍA

## Estrategia de distribución de bienes de consumo para unidades médicas del IMSS en el municipio de Ecatepec de Morelos

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE

MAESTRO EN INGENIERÍA

(SISTEMAS-TRANSPORTE)

P R E S E N T A :

ING. TANIA MURIEL  
JUAREZ PARADA

TUTOR:

Dr. RICARDO ACEVES GARCÍA



México, D. F., Ciudad Universitaria Agosto 2012



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

**JURADO ASIGNADO:**

Presidente: Dr. José Jesús Acosta Flores

Secretario: M.I. Héctor Daniel Resendiz López

Vocal: Dr. Ricardo Aceves García

1er. Suplente: Dr. Abel Camacho Galván

2do. Suplente: M.I. José Antonio Rivera Colmenero

Lugar o lugares donde se realizó la tesis: Facultad de Ingeniería, UNAM

**TUTOR DE TESIS:**

Dr. Ricardo Aceves García

---

**FIRMA**

## DEDICATORIA

*Con mucho cariño a:*

*Mis padres, Silvestre y Andrea, que me dieron la vida y han estado conmigo en todo momento. Por haberme inculcado el espíritu de lucha y superación, por otorgarme las herramientas de la vida para construir mi camino, además de todo el apoyo incondicional a través de estos años ya que gracias a sus consejos y palabras de aliento crecí como persona.*

*A mi esposo, Juan Manuel, por escuchar y enunciar frases de aliento en los tiempos difíciles que exigían un extra para lograr esta maestría, por comprender y ser paciente en los momentos que no puede estar contigo, por estar a mi lado apoyándome y aconsejándome siempre para continuar lo que había empezado.*

*A mis hermanos, Héctor y Kathya, que a pesar de la diferencia de edades, inyectan alegría a mi vida por medio de sus espontaneidades, bromas y locuras, de las cuales también soy partícipe, por compartir todos nuestros sentimientos y proyectos viendo los grandes logros y tropiezos de manera amena.*

*A mi tía, Dores, por haber obsequiado parte de su tiempo cuando más la necesitaba, por su paciencia, comprensión y apoyo desde siempre, inculcándome que todo lo que sueña es posible realizarlo.*

*A mi abuela, Gloria, por ser una excelente e inigualable mujer, la cual admiro y respeto, por haber estado conmigo en todo momento, por todo el amor que me profesa sin esperar nada a cambio y por ser usted, siempre será mi "Abuelita" .*

*A todos ustedes, gracias por ser parte de lo que más amo.*

## AGRADECIMIENTOS

*A la Universidad Nacional Autónoma de México y en especial a la Facultad de Ingeniería por permitirme ser parte de una generación de triunfadores y gente productiva para el país*

*A aquellas grandes personas que hacen posible el conocimiento en las aulas, los excelentes profesores del programa de maestría. A todos los que alguna vez han compartido sus conocimientos para enriquecernos a todos.*

*A mi tutor, Dr. Ricardo Aceves García, por sus conocimientos invaluableles que me brindo durante todo este tiempo, para llevar a cabo esta investigación, y sobre todo su gran paciencia para esperar a que este trabajo pudiera llegar a su fin.*

*Especial reconocimiento merece el interés mostrado por mi trabajo y las sugerencias recibidas del M.I. Antonio Rivera Colmenero, con la que me encuentro en deuda por el ánimo infundido y la confianza en mí depositada.*

*Al CONACyT, por haberme apoyado económicamente a través de la beca, la cual contribuyo a finalizar mis estudios de maestría.*

*Por mi raza hablará el espíritu.*

# Índice

<b>Introducción</b>	<b>1</b>
<b>Capítulo I La problemática en el sistema de distribución de la Delegación Estado de México Oriente del Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS).</b>	<b>6</b>
<b>Capítulo II Servicios de salud en México.</b>	<b>11</b>
2.1 Evolución de los servicios de salud.	11
2.2 El Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS).	12
2.2.1 Cobertura de la infraestructura.	15
2.3 Modelo de atención a la salud.	16
2.4 Niveles de atención en las unidades médicas.	17
2.4.1 Consulta externa.	17
2.4.1.1 El sistema médico familiar en el IMSS.	18
2.5 Las unidades médicas y su clasificación.	19
2.5.1 Unidad de Medicina Familiar.	26
2.5.2 Hospital General.	27
2.5.2.1 Hospital General de Zona.	28
2.5.2.2 Hospital General Regional.	29
2.5.3 Unidad Médica de Atención Ambulatoria.	30
2.6 Delegación Estado de México Oriente del IMSS.	31
2.6.1 Infraestructura y componentes.	32
<b>Capítulo III Sistema de distribución: características y componentes</b>	<b>33</b>
3.1 La cadena de suministro en la Delegación Estado de México Oriente.	33
3.2 ¿Qué es un sistema de distribución?.	36
3.3 Logística de la distribución.	39
3.3.1. La distribución física del producto.	41
3.3.2 Rutas de distribución física.	42
3.4 La producción del servicio al cliente en el sistema distribución.	44
3.5 El transporte como actividad del movimiento.	46
3.5.1 Características del transporte.	48
3.5.2 La red de transporte y su participación en la economía.	50
3.6 El transporte: eslabón de la cadena de suministro.	52
3.6.1 La función del transporte en el sistema de distribución.	53
3.6.2 Modo de transporte terrestre: Vehículo.	54
3.7 El problema de transporte.	57
3.7.1 Características del problema de transporte.	57
3.7.2 Formulación del problema de transporte.	58

<b>Capítulo IV Estrategia de distribución: Ecatepec de Morelos</b>	<b>60</b>
4.1 Delegación Estado de México Oriente: Ecatepec de Morelos.	<b>60</b>
4.2 Algoritmo de solución método simplex de transporte.	<b>64</b>
4.3 Formulación matemática para el problema de transporte.	<b>66</b>
4.3.1 Demanda actual: Carga seca.	<b>67</b>
4.3.1.1 WinQsb: Network Modeling demanda actual	<b>69</b>
4.3.1.2 Flota vehicular: Demanda actual.	<b>73</b>
4.3.2 Demanda requerida: Carga seca.	<b>75</b>
4.3.2.1 WinQsb: Network Modeling demanda	<b>78</b>
4.3.2.2 Flota vehicular: Demanda requerida.	<b>80</b>
4.4 Carga fría.	<b>82</b>
4.5 Análisis de resultados.	<b>84</b>
<b>Conclusiones.</b>	<b>88</b>
<b>Referencias.</b>	<b>93</b>
<b>Anexos.</b>	<b>97</b>

## Introducción

---

Una manera de visualizar algunas de las particularidades del bien salud con respecto a otros bienes es a través de la definición de salud. La definición más utilizada es la de la **Organización Mundial de la Salud (OMS)**: "*salud es el perfecto estado del bienestar físico, psicológico y social*". Si bien existen muchas otras definiciones, todas ellas se refieren a un estado de equilibrio entre el hombre y su medio ambiente.

Así, cuando el individuo detecta algún tipo de desequilibrio, aparece la necesidad **subjetiva** de volverlo a alcanzar, pero será necesario la aprobación de esta necesidad por parte de los profesionales de la salud, quienes de acuerdo a sus conocimientos, determinarán la necesidad o no de la atención a la salud.

La atención a la salud, por su parte, se lleva a cabo a través del consumo de bienes y servicios de salud, cuya actividad de producción consiste, precisamente en permitir una aproximación al equilibrio perdido y en disipar, en la medida de lo posible, la angustia sentida por esa pérdida.

Dicha característica no es frecuente en otro tipo de bienes y servicios, ya que en general es el consumidor quién decide qué, cuánto, cómo y cuándo consumir. En el caso de la atención a la salud, como se puede observar, el cuándo depende del equilibrio entre el hombre y su medio, no se puede programar ni prever con exactitud, mientras el qué, cómo y cuánto dependen más del paciente que del profesional que lo atiende.

Dicho lo anterior, en México, la relevancia del **Instituto Mexicano del Seguro Social** como organismo público autónomo con carácter nacional administrador de riesgos y prestador de servicios de salud, es inobjetable. Es la institución pública con mayor responsabilidad en la atención a la salud de la población derechohabiente, primeramente a nivel delegacional y segundo, a nivel regional.

El reto para esta institución pública, consiste en suministrar toda una gama de bienes de consumo destinados al personal médico y administrativo para la producción del servicio de salud en atención a la población derechohabiente.

El problema es que la distribución actual no satisface el nivel de porcentaje en abastecimiento requerido en las unidades médicas de la **Delegación Estado de México Oriente**, permitiendo abastecer solo en un **71.05%** los niveles de inventarios de farmacias y almacenes generales, repercutiendo en el factor de consumo que tiene asignada cada unidad médica, como en el nivel de servicio otorgado a los derechohabientes.

El objetivo de este trabajo es diseñar una estrategia de distribución que permita abastecer los bienes de consumo de uso terapéutico y uso no terapéutico a farmacias y almacenes generales de las unidades médicas del municipio de Ecatepec de Morelos de acuerdo a la normatividad establecida, con el fin de:

- Emplear una estrategia de **asignación y distribución de la demanda** que permita abastecer los niveles de inventarios en farmacias y almacenes generales a un 98%, como se establece en el Manual de Procedimientos Administrativos para el Suministro de Bienes de Consumo.
- **Integrar el factor de consumo** a las decisiones de distribución para mejorar el nivel de abasto de las unidades médicas del municipio de Ecatepec.
- Facilitar los bienes de consumo de uso terapéutico y uso no terapéutico en tiempo y cantidad al personal médico y administrativo en los servicios de salud.

El alcance de la investigación cubre, exclusivamente a las unidades médicas del Instituto Mexicano del Seguro Social dado que son la columna vertebral de la institución, ya que producen y otorgan un servicio de salud a nivel público, incluyendo que es la institución de seguridad social más grande de América Latina, pilar fundamental del bienestar individual y colectivo de la sociedad mexicana, además de ser una de las instituciones con mayor cobertura e infraestructura a nivel nacional.

El desarrollo de esta tesis se organiza de la siguiente manera:

En el primer capítulo se describe la importancia de las unidades médicas para el Instituto Mexicano del Seguro Social, como el proceso actual del sistema de distribución de los bienes de consumo para la Delegación Estado de México Oriente y su problemática, enfatizando la justificación de la selección del municipio de Ecatepec de Morelos.

En el segundo capítulo se presenta una breve reseña histórica sobre la evolución que ha tenido la industria de los servicios de salud, resaltando el papel que ha desarrollado el Instituto Mexicano del Seguro Social como institución pública prestadora del servicio de salud, en sus tres niveles de atención a través de sus unidades médicas, incluyendo la descripción general de la Delegación Estado de México Oriente.

En el tercer capítulo se describe de manera general la cadena de suministro que se lleva a cabo dentro de dicha delegación para definir el sistema de distribución, mencionando sus características y componentes para la producción del servicio al cliente dentro de este sistema a través de la actividad del transporte en su modo terrestre, enfatizando el modelo "Problema de Transporte" con su respectiva formulación matemática.

En el cuarto capítulo se describe la metodología empleada para la obtención de la demanda actual y la demanda requerida, tanto para la carga seca como para la carga fría, con sus respectivas características y restricciones a través del software WinQSB, se incluye el análisis de resultados.

Finalmente, se presentan las conclusiones, referencias y un anexo que contiene la estructura de la población derechohabiente de la delegación y por municipio, los factores de consumo, los niveles de inventario y el nivel de atención que ofrece cada unidad médica, además se incluye mapas que representan la delegación y al municipio de Ecatepec de Morelos.

## *Objetivo General*

---

Diseñar una estrategia de distribución que permita abastecer los bienes de consumo de uso terapéutico y uso no terapéutico a farmacias y a almacenes generales de las unidades médicas del municipio de Ecatepec de Morelos, de acuerdo a la normatividad establecida.

## *Objetivos Específicos*

---

- Emplear una estrategia de asignación y distribución de la demanda que permita abastecer los niveles de inventarios en farmacias y almacenes generales a un 98%, como se establece en el Manual de Procedimientos Administrativos para el Suministro de Bienes de Consumo.
- Diseñar las rutas de distribución que permitan disminuir los tiempos de envío que se tienen para la entrega de bienes de consumo a las unidades médicas del municipio de Ecatepec de Morelos.
- Facilitar los bienes de consumo de uso terapéutico y uso no terapéutico en tiempo y cantidad al personal médico y administrativo en los servicios de salud.
- Integrar el factor de consumo a las decisiones de distribución para mejorar el nivel de abasto de las unidades médicas del municipio de Ecatepec de Morelos.

## *Problema*

---

La distribución actual no satisface el nivel en porcentaje de abastecimiento en las unidades médicas de la Delegación Estado de México Oriente, permitiendo abastecer solo en un 71.05% los niveles de inventarios de farmacias y almacenes generales, repercutiendo en el factor de consumo que tiene asignada cada unidad médica, como en el nivel de servicio otorgado a los derechohabientes.

## Capítulo I La problemática en el sistema de distribución de la Delegación Estado de México Oriente del Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS)

---

En los últimos años, el **Sistema de Información en Salud (SIS)** mexicano ha experimentado cambios importantes, sobre todo por la incorporación de tecnologías de la información en los procesos de recolección y análisis de datos.

Con tal motivo, surgió la implantación del “**Sistema de Abasto Institucional**” (SAI), el cual es parte del proceso de modernización del Instituto Mexicano del Seguro Social, así como la totalidad de las operaciones que integran el ciclo del abasto, en donde el control de los niveles de inventario de bienes de consumo de uso terapéutico y de uso no terapéutico son una parte sustantiva para la Jefatura de Servicios Administrativos y de la Coordinación de Abastecimiento y Equipamiento Regional y Delegacional para la toma de decisiones en la fase de distribución de estos bienes.

Derivado de lo anterior, específicamente en el “**Manual de Procedimientos Administrativos para el Suministro de Bienes de Consumo**”; promueve que se realicen las entregas de bienes de consumo directamente a las unidades médicas y no médicas (guarderías, tiendas de autoservicio, velatorios, oficinas auxiliares) circunscritas en la Dirección Regional o Delegacional y que permitan abastecer en un **98%** los niveles de inventario, con el fin de ofrecer los insumos requeridos al personal médico y administrativo para poder otorgar un nivel de servicio oportuno y adecuado a la población derechohabiente.

Para el **Instituto Mexicano del Seguro Social**, la importancia de sus unidades médicas radica en que son la columna vertebral de la institución dado que producen y otorgan un servicio de salud a nivel público, con la finalidad de satisfacer las necesidades en materia de salud a la población derechohabiente, mejorar el nivel de salud, disminuir la morbilidad, mortalidad, secuelas, complicaciones y discapacidades e incrementar el tiempo y la calidad de vida de cada uno de los derechohabientes adscrito a dicha unidad médica.

Actualmente, sin embargo, todavía no se alcanza el nivel de abasto requerido en las unidades médicas del Instituto Mexicano del Seguro Social **Delegación Estado de México Oriente**, de acuerdo a la reciente investigación y a un estudio de campo realizado por esta autora en el almacén delegacional de abastecimiento, ubicado en la colonia Industrial Vallejo de la Delegación Azcapotzalco, Distrito Federal, México.

Para dicha investigación, fue necesario recopilar documentos e información sobre los factores de consumo, niveles de inventario y su evaluación de abasto, de dichas unidades médicas, esta información se obtuvo para un período de ocho años (2001-2009) posteriores a la implementación del “**Programa de Aplicación Inmediata para la Mejora del Abasto de Medicamentos en las Unidades Médicas**”.

Dentro de esta investigación, también se entrevistó a encargados y personal de los departamentos de la Coordinación de Abastecimiento y Equipamiento Delegacional, al Departamento de Suministro y Control del Abasto, la Oficina de Control de Abasto y la Oficina de Suministro, para conocer el desarrollo de la actividad de distribución de los propios bienes de consumo.

La investigación demostró que los niveles de inventario de bienes de consumo de uso terapéutico y de uso no terapéutico destinados a las farmacias y a los almacenes generales de las unidades médicas, se encontraron en un nivel del **71.05%**, para otorgar los servicios de salud.

Los bajos niveles de abasto en los inventarios, se reflejan en diferentes clases de problemáticas en las unidades médicas, algunas de ellas son:

- No surtir o surtir de manera incompleta recetas otorgadas por los médicos generales y especialistas adscritos a dicha unidad.
- No poder realizar los servicios de estudios de laboratorio y análisis clínicos a los derechohabientes, mismos que se requieren para continuar con el proceso de recuperación de la salud.
- Tener que postergar dichos estudios y análisis a los derechohabientes.

En sí, la unidad médica es considerada como un centro de producción de servicios donde el proceso productivo está dirigido al individuo enfermo, sea el asegurado o familiares del mismo, lo cual obliga a que se considere brindar el servicio de manera eficaz, siempre y cuando se finalice el objetivo; que es tratar al enfermo de manera eficiente y cuando éste se logre, que sea al menor tiempo y costo posible.

Para alcanzar el objetivo, el personal médico y administrativo requiere bienes de consumo, los cuales son todos aquellos artículos que por su utilización en el otorgamiento del servicio, se desgastan o se extinguen en su uso primario y por lo tanto no son susceptibles de ser utilizados nuevamente. Dichos bienes son clasificados como:

- **De uso terapéutico:** todos aquellos bienes que tienen por objeto el tratamiento de las enfermedades.
- **De uso no terapéutico:** todos aquellos bienes que no están involucrados directamente con el tratamiento de las enfermedades.

Definiendo lo anterior, cada unidad médica del Instituto Mexicano del Seguro Social **Delegación Estado de México Oriente**, representa un factor de consumo mensual, determinado por claves unidad que tiene asignado cada bien de consumo de uso terapéutico y de uso no terapéutico que consume dicha unidad médica, definidos en un **“Cuadro Básico de Insumos”** para el primer nivel de atención médica y un **“Catálogo de Insumos”** para el segundo y tercer nivel de atención médica.

El *Cuadro Básico* y el *Catálogo de Insumos* son una herramienta que permite planear, programar, presupuestar, adquirir, suministrar e inventariar los insumos para el servicio de salud, en el proceso de abasto para las instituciones públicas prestadoras de servicios de salud, dentro de los cuales se encuentran la clasificación para medicamentos, material de curación, auxiliares de diagnóstico y el de instrumental y equipo médico (IMSS, 2004).

Los factores de consumo de las unidades médicas, a su vez representan para el almacén delegacional una evaluación en su política de abasto, que debe ser del **100%** en el abasto de bienes de consumo para otorgar el servicio de salud. Sin embargo, estos factores de consumo con los cuales son evaluados, no se han integrado al proceso de distribución, permitiendo solo alcanzar el **74.64%** de esta evaluación.

Este porcentaje promedio se debe a que actualmente el proceso de distribución presenta una organización inadecuada con respecto a los factores de consumo, es decir, la operación diaria en este proceso se realiza de manera empírica, basándose en la experiencia del personal e ignorando la evaluación que la Delegación Estado de México Oriente pueda alcanzar a nivel interno y a nivel regional.

Además, se observa que en este proceso no se respeta el grado de prioridad que tiene la demanda para las diferentes unidades médicas, por lo cual, al no incorporar el factor de consumo que tiene asignado cada una de las unidades médicas no se logra alcanzar una evaluación óptima durante la jornada laboral, lo que genera mayores distancias de recorrido para los vehículos así como mayores tiempos de entrega en la distribución.

Para dicha distribución, el almacén delegacional de abastecimiento emplea de manera exclusiva una flota máxima de 56 vehículos heterogéneos, la cual se describe a continuación:

- *5 Camiones con capacidad de 10 toneladas* para la transportación de carga seca.
- *32 Camionetas con capacidad de 3.5 toneladas* para la transportación de carga seca.
- *12 Camionetas con capacidad de 0.75 toneladas* para la transportación de carga seca.
- *7 Camionetas tipo thermoking con capacidad de 3.5 toneladas* para la transportación especializada de aquellos bienes que necesitan estar en un rango de temperatura de 2° C. a 8° C.

Dicha flota vehicular se encuentra disponible de manera diaria en el almacén delegacional de abastecimiento para realizar la distribución de los bienes de consumo a las unidades médicas, acordado en un contrato suscrito por el prestador del servicio de transporte y el Instituto Mexicano del Seguro Social.

No obstante, la flota vehicular máxima para transportar la carga seca que se emplea para la distribución, no posee la capacidad en tonelaje requerida para cubrir la demanda de dichas unidades médicas, repercutiendo en el nivel de abasto de la unidad médica y en la evaluación delegacional, dato que revela la investigación realizada.

A continuación, se enmarca que la Delegación Estado de México Oriente cuenta con cinco municipios con mayor consumo de bienes, los cuales son:

- Ecatepec de Morelos: 31.56% claves unidad de consumo mensual.
- Tlalnepantla de Baz: 20.47% claves unidad de consumo mensual
- Texcoco: 10.13% claves unidad de consumo mensual.
- Coacalco de Berriozábal: 6.76% claves unidad de consumo mensual.
- Nezahualcóyotl: 6.14% claves unidad de consumo mensual.

Todo lo anterior queda englobado en el concepto de servicio de salud, es decir, que uno de los requerimientos fundamentales para otorgar un servicio de salud de manera óptima y oportuna a los derechohabientes que demandan observación y/o diagnóstico médico, es contar con los insumos necesarios para tal efecto.

Para intentar resolver la problemática anteriormente mencionada, el Instituto Mexicano del Seguro Social implementó desde 2002 el **“Programa de Aplicación Inmediata para la Mejora del Abasto de Medicamentos en las Unidades Médicas”**, el cual incluye diferentes líneas de acción enfocadas a la administración de inventarios de farmacias y **centrándose únicamente en el abasto de medicamentos.**

Sin embargo, para el correcto funcionamiento de las diferentes unidades médicas, dirigido todo ello a ofrecer un buen servicio al derechohabiente, no depende únicamente del abasto de medicamentos en las farmacias, sino del aprovisionamiento de toda una diversidad de bienes de consumo de uso terapéutico y de uso no terapéutico utilizados en los diferentes servicios que se proporcionan.

Por lo anterior, se propone la elaboración de una estrategia de distribución de los bienes de consumo de uso terapéutico y de uso no terapéutico, con lo cual se pretende minimizar la problemática antes mencionada, considerando que:

- Es una línea de acción no explorada dentro de las estrategias del Instituto Mexicano del Seguro Social, que no presenta conflicto alguno, por lo que se puede establecer de manera paralela.

- Engloba de manera integral todos los insumos necesarios para las unidades médicas, en vez de enfocarse en un solo tipo de bien de consumo de tipo terapéutico, como los medicamentos.

Elaborar una estrategia de distribución, implica también diseñar las rutas de entrega para la flota vehicular, que ayudaran a subsanar los problemas que actualmente no son resueltos por las medidas implementadas, pues si bien el abasto de medicamentos al cierre de **diciembre del 2010** fue de **96.16%**, para el **primer nivel de atención médica**, y para el **segundo nivel de atención médica**, el abasto fue de **97.05%**, en tanto que al cierre de **febrero del 2011**, el abasto para el **primer nivel de atención médica** fue de **98.3 %** y en el **segundo nivel de atención médica**, el abasto fue de **98.45%**.

A pesar de los datos de abastecimiento en medicamentos, no se pueden ignorar los bajos niveles que se presentan en el abastecimiento de otros insumos, como el material de curación, alimentos, auxiliares de diagnóstico y tratamiento, instrumental y equipo médico, consumibles y accesorios para equipos médicos y de auxiliares de diagnóstico, materiales de mantenimiento y de aseo, papelería en general y de archivo clínico, ropa de pacientes y de personal, y demás que se necesitan para otorgar dicho servicio. Lo cual repercute en la calidad del servicio.

Debido a lo complejo de este sistema, se propone llevar a cabo la estrategia de distribución para el municipio de **Ecatepec de Morelos**, ya que dicho municipio por si solo representa cerca del **32%** en factor de consumo a nivel delegacional, además de que es uno de los 24 municipios concernientes a esta delegación con mayor población adscrita a este sistema de salud pública, con un total de **593,406 asegurados. (Ver Anexo, Tabla 1)**

La **Ley General de Salud** define los servicios de salud como todas aquellas acciones realizadas en beneficio del individuo y de la sociedad en general, dirigidas a resguardar, promover y recuperar la salud de la persona y la colectividad. Asimismo dispone que los servicios de salud se presten por dependencias y entidades de la administración pública, tanto federal, estatal y municipal, que atiendan a la población en general o la población abierta y a derechohabientes en los casos de las instituciones de seguridad social y por otra parte que se presten por intermediación de las personas físicas o morales de los sectores social y privado (**Secretaría de Salud/Dirección General de Asuntos Jurídicos, 1993**).

El **objetivo general** de la política de salud es impulsar la protección a todos los mexicanos brindando servicios oportunos, eficaces, equitativos y humanitarios que contribuyan efectivamente a mejorar sus condiciones de bienestar social, con el curso de las comunidades y de los tres niveles de gobierno como medio eficaz para asegurar los recursos necesarios (**De la Fuente; Rodríguez, 1996**).

Los servicios de salud se otorgan en unidades de servicios organizadas de dos maneras: por niveles de atención y por regiones. Los niveles de atención responden a la complejidad del daño que atienden y a la frecuencia con que se presenta este daño a la población. En función de estas dos variables (complejidad y frecuencia) se crean las instalaciones y se asigna los recursos para la atención al daño. El otro criterio de organización de los servicios está relacionado con la accesibilidad geográfica, en cada una de las cuales existen servicios de los tres niveles (**De la Fuente; Rodríguez, 1996**).

### 2.1 Evolución de los servicios de salud

Durante los últimos 200 años, las unidades médicas actuaron como un eje para el sistema de atención a la salud. El crecimiento de la tecnología alteró el papel de las unidades médicas, pasaron de cumplir funciones de salud pública a ser instalaciones para tratar pacientes.

Durante las décadas de 1970 y 1980, las primas de atención a la salud continuaron aumentando a un ritmo superior al 10% anual. La tasa de aumento de primas alcanzó un máximo de entre 15 y 30% en 1983 y un mínimo de 5 a 10% durante 1996. El tiempo de hospitalización disminuyó en forma continua desde un promedio de más de 10 días en la década de 1970 hasta menos de 5 días en 1997, al igual que las tasas de admisión hospitalaria también descendieron durante este periodo, debido a que muchos procedimientos que se realizaban con el paciente internado ahora se practican en forma ambulatoria (**Zandin, 2005**).

La hospitalización descendió, pero la atención ambulatoria y externa continúa creciendo a un ritmo de más de 10% anual. En los últimos tiempos, los empleadores cambiaron su estrategia en seguro de salud, de proporcionar beneficios a proporcionar pagos fijos por beneficios de atención de salud.

La industria de los servicios de salud ha experimentado dos cambios estructurales importantes en respuesta a los cambios del entorno, como la diversificación y la consolidación de la industria. Las corporaciones de unidades médicas están definiendo cada vez más su misión como atención de la salud en oposición a la atención hospitalaria. Las unidades médicas están desarrollando programas de atención ambulatoria que incluyen centros de atención y de cirugía ambulatoria.

Se tuvo además la posibilidad económica de que los nuevos hospitales contaran con todos los espacios e instalaciones recomendables y con los recursos humanos necesarios para el ejercicio de la medicina moderna, condiciones que por insuficiencias presupuestales no reunían, salvo algunas excepciones, como los establecimientos dependientes de las instituciones encargadas de la asistencia médica de la población en general (**Zandin, 2005**).

La implantación de sistemas de Seguridad Social en México como el Instituto Mexicano del Seguro Social en 1943, trajo como consecuencia lógica una gran actividad de construcción de unidades médicas que fue creciendo a medida que dicho regímenes extendían sus beneficios a mayor número de derechohabientes (**Yáñez, 1986**).

## **2.2 El Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS)**

El Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS) cumplió sesenta años en enero de 2003. Surgió como base en los postulados que sustentaron la Revolución Mexicana de 1910, tiene la responsabilidad de mantener la salud de los trabajadores de México y de sus familias y, al cumplir con tal responsabilidad, ha contribuido sustancialmente al desarrollo económico y a la paz social del país (**Secretaría de Salud/Dirección General de Asuntos Jurídicos, 1993**).

En sus sesenta años de historia, el Instituto ha ido consolidando un modelo de atención a la salud que hoy en día se puede expresar esquemáticamente, no solo con una descripción sumaria de cuanto se aspira a lograr, sino sobre todo, como una guía y un punto de referencia para las acciones futuras. También cuenta con una larga tradición en la renovación del conocimiento médico, en la incorporación oportuna de los avances tecnológicos que se generan en el mundo y en la formación y capacitación de su propio personal médico (**Yáñez, 1986**).

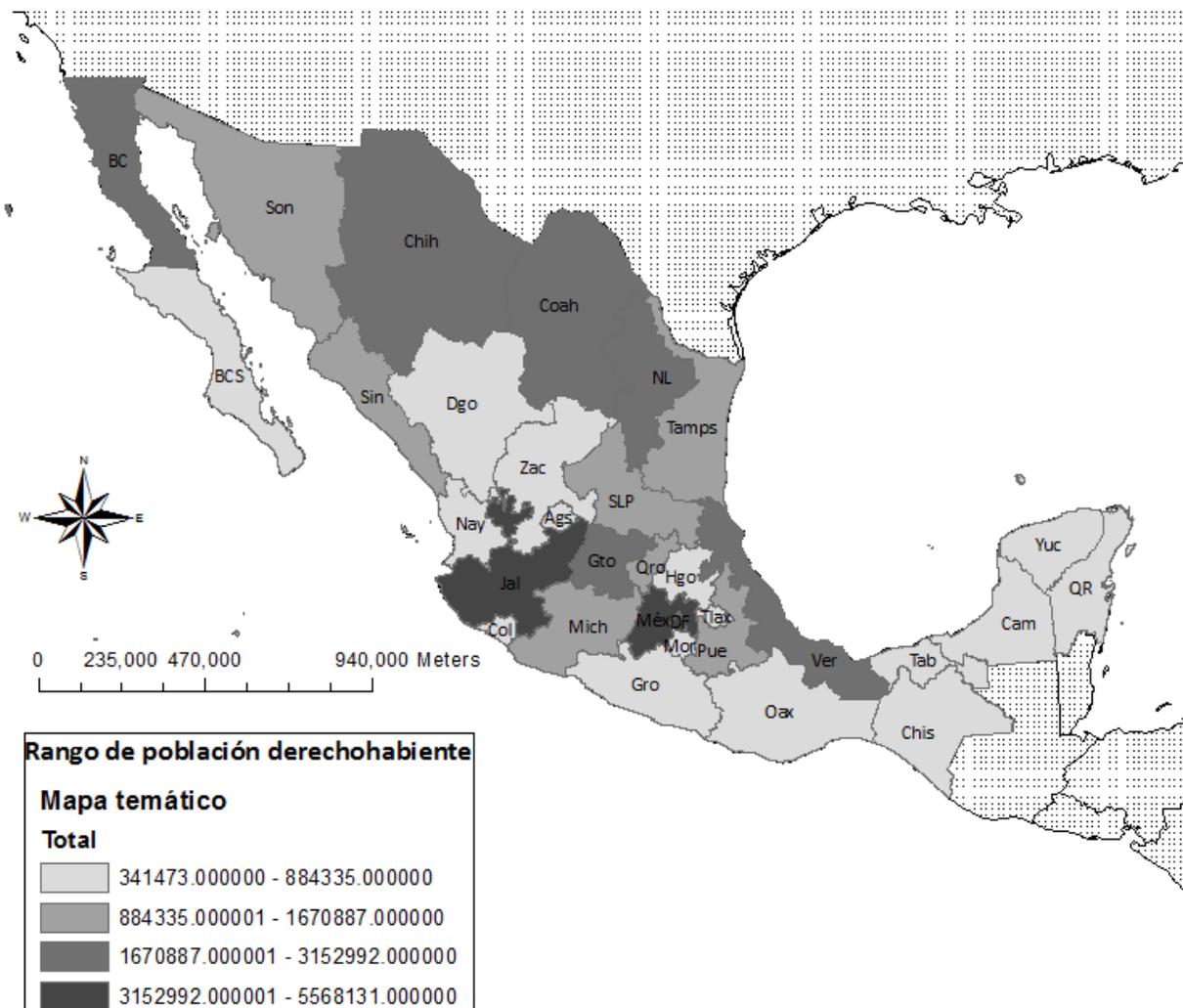
El **19 de enero de 1943**, por decreto presidencial, se le dio vida jurídica al IMSS, posteriormente se dio a conocer que a partir del 1 de enero de 1944 se iniciaría la prestación de los servicios en todas sus ramas. Es una institución gubernamental mexicana dedicada a brindar servicios de salud a la población. Se considera a esta institución de seguridad social la más grande de América Latina (**Secretaría de Salud/Dirección General de Asuntos Jurídicos, 1993**).

La **Ley General de Salud** señala que la seguridad social tiene como finalidades garantizar el derecho humano a la salud, asistencia médica, protección de los medios de subsistencia y los servicios sociales necesarios para el bienestar individual y colectivo, así como el otorgamiento de una pensión que, en su caso y previo cumplimiento de los requisitos legales, será garantizada por el Estado. Aunque la columna vertebral de la institución es el área médica, haciendo que estos servicios estén organizados de acuerdo a las funciones generales de la medicina, para así atender, lo más completamente posible, el denominado proceso salud-enfermedad (**Secretaría de Salud/Dirección General de Asuntos Jurídicos, 1993**).

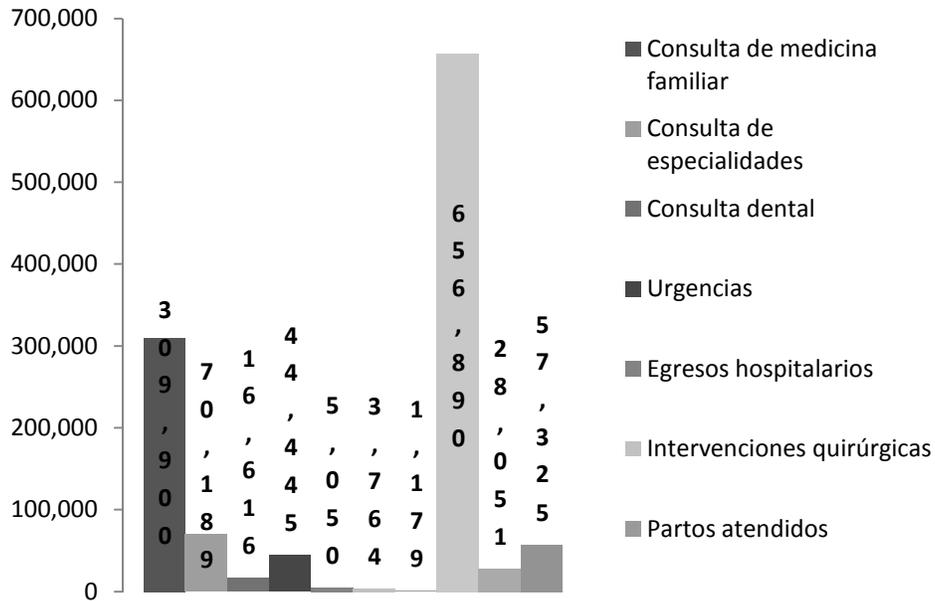
Desde su fundación, proporciona servicios obligatorios de seguridad social a nivel nacional a todas las personas vinculadas por un contrato de trabajo, en caso de accidente laboral, enfermedad, maternidad, invalidez, vejez y muerte.

Actualmente esta institución da servicio a 45 millones 764 mil 613 derechohabientes, entre trabajadores y familiares. En un día típico, se otorgan en promedio 396 mil 705 consultas, además de 44 mil 445 urgencias a lo largo y ancho del país (**Reporte de Gestión Nacional 51**).

La primer figura muestran el total de la población derechohabiente correspondiente a cada estado de la República Mexicana y la segunda muestra el promedio de servicios otorgados en un día típico, a términos del primer trimestre del año 2010.



**Figura 1** Población derechohabiente del IMSS. **Fuente:** Elaboración propia.



**Figura 2** Promedio de servicios otorgados en un día típico en el IMSS  
**Fuente:** Estadísticas institucionales de salud del IMSS 2010

El IMSS se rige por la Ley del Seguro Social, publicada el 19 de enero de 1943 en el Diario Oficial de la Federación durante la presidencia de Manuel Ávila Camacho, la cual ha sufrido múltiples reformas de acuerdo con las necesidades inherentes a sus funciones (López, 2002).

Históricamente el IMSS tuvo carácter obligatorio en las empresas privadas, estatales, de administración obrera o mixta y en las cooperativas. Así, la Ley del Seguro Social que entró en vigor el 1 de enero de 1944 en el Distrito Federal, representó la cristalización de una de las demandas más imperiosas de la Revolución Mexicana (López, 2002).

Para llevar a cabo sus funciones, el IMSS cuenta con unidades médicas en todo el país, muchas de las cuales son rurales, así como con hospitales, guarderías, centros de seguridad social, unidades deportivas, centros recreativos y de capacitación, tiendas y velatorios.

### 2.2.1 Cobertura de la infraestructura

En sus inicios, el IMSS ofreció sus servicios de salud en la capital del país por medio de instituciones particulares, pero la creciente demanda por contar con instalaciones médicas propias hizo necesario que el IMSS construyera en 1952 su primer centro hospitalario conocido como “La Raza” en la zona norte del Distrito Federal. Once años después, en 1963 se inauguró el Centro Médico Nacional Siglo XXI (Yáñez, 1986).

Fue a partir de la década de los años setenta, cuando el instituto consolidó un importante logro al llevar los servicios de alta especialidad médica a diversas regiones de México con la edificación de modernas unidades médicas en estados como Monterrey, Veracruz, Puebla, León, Jalisco y Sonora **(Yáñez, 1986)**.

De acuerdo con el informe presentado al Ejecutivo Federal y al Congreso de la Unión sobre la situación financiera y los riesgos del IMSS 2006-2007, la infraestructura destinada a prestar los servicios médicos, está integrada por mil 831 unidades médicas distribuidas de la siguiente manera:

- 1,519 unidades de primer nivel. De éstas, 1,083 son unidades de medicina familiar y 436 son unidades auxiliares.
- 226 hospitales generales.
- 20 unidades de atención ambulatoria.
- 38 unidades de tercer nivel.
- 28 inmuebles que apoyan la atención médica en forma directa o a través de actividades de investigación.

De forma paralela la institución brinda desde 1973 servicios de salud a los segmentos de la población con mayores carencias, particularmente en las regiones rurales del país. En la actualidad por medio del programa IMSS Oportunidades, el IMSS administra otra serie de instalaciones que también forman parte de su patrimonio y que están conformadas por 69 hospitales rurales y 3 mil 548 unidades médicas rurales.

### **2.3 Modelo de atención a la salud**

El modelo de atención a la salud está basado en la adecuada combinación de personal profesional y técnico que interviene en los servicios a la salud, así como de los recursos que la comunidad y el Estado pueden aportar. Se integra con una red de unidades médicas o servicios debidamente estructurados de acuerdo a la población, áreas de influencia e infraestructura de menor a mayor complejidad, en los contextos de área urbana, urbana marginada, rural concentrada y rural dispersa, con la determinación de insumos y equipos esenciales apropiados para la operación de los servicios **(Malagón-Lodoño, 2008)**.

Las unidades médicas cuentan con recursos tecnológicos de apoyo para la prevención, el diagnóstico y el tratamiento de acuerdo con las necesidades de los servicios. El uso adecuado de la tecnología en las unidades médicas está relacionada con la eficacia que se logra en el sistema de referencia y, contra referencia de los enfermos en los diferentes niveles de atención a la salud, respecto a que, la salud conserva una dimensión ético-moral, que ha sido reconocida desde la antigüedad **(Borja, 2007)**.

## 2.4 Niveles de atención en las unidades médicas

Con el objeto de racionalizar la atención médica y proporcionar el volumen y la calidad de las actividades que exija la problemática de los usuarios, la Secretaría de Salud ha diseñado la estrategia llamada niveles de complejidad en atención a la salud. El sistema está integrado por tres niveles de atención.

El **Primer Nivel de Atención** se desarrolla en las unidades de medicina familiar, tanto en el régimen obligatorio como el de solidaridad y atiende problemas de salud frecuente y relativamente de baja complejidad. Dentro de estas unidades médicas se encuentran los médicos de primer contacto, es decir, quienes inician la atención médica del paciente, tanto a nivel institucional como privado; su práctica coincide en que atienden los problemas de salud más frecuentes con los recursos técnicos disponibles, tanto de diagnóstico, como terapéutica y de rehabilitación.

En el primer nivel de atención se reconocen tres tipos de enfoque: la práctica médica general, con una atención dirigida principalmente al individuo enfermo; la práctica médica familiar, con un enfoque integral hacia la familia, tanto en salud como en la enfermedad y la práctica médica comunitaria cuya atención se dirige a toda la comunidad (*Yáñez, 1986*).

El **Segundo Nivel de Atención** cuenta con recursos que permiten la restauración de la salud, con atención a daños poco frecuentes y de mediana complejidad y es otorgado en hospitales generales en los cuales se encuentran los médicos que ejercen las cuatro especialidades básicas: medicina interna, cirugía general, pediatría y gineco-obstetricia. Su práctica se desarrolla a nivel de consultorio y en los propios hospitales generales o en clínicas de especialidades. Los servicios que otorga son proporcionados a pacientes derivados del primer nivel y a los que se presentan espontáneamente con urgencias médicas o quirúrgicas (*Yáñez, 1986*).

El **Tercer Nivel de Atención** se restringe solo a la atención de problemas de salud altamente complejos y poco frecuentes, para los que se necesita mucha especialización en determinadas áreas de la medicina y la cirugía, añadiendo alta tecnología especializada. En este nivel se encuentran aquellos médicos que se dedican a alguna subespecialidad médica derivada de las cuatro anteriores y trabajan, por lo general, en grandes centros médicos de especialidades, llamados también "Hospitales de Concentración" (*Yáñez, 1986*).

### 2.4.1 Consulta externa

La consulta externa proporciona atención médica a los enfermos no internados y cuyo padecimiento les permite acudir a la unidad médica. En cuanto a los pacientes que no pueden acudir a la unidad médica son atendidos en su domicilio. La consulta externa representa el primer contacto entre los derechohabientes y el servicio médico del IMSS (*Yáñez, 1986*).

La atención médica en consulta externa puede ser de diversa índole, pero principalmente consiste en el interrogatorio y examen que conducen al diagnóstico y a la prescripción de un tratamiento y también en el tratamiento mismo cuando éste no requiere equipos ni condiciones muy especiales. Comprende lo que se define como Medicina Preventiva, Medicina General y Medicina de Especialidades (*Malagón-Lodoño, 2008*).

La atención médica en casos de urgencias, se proporciona en otro departamento de la unidad médica y los tratamientos que éste requiera, aun cuando se refieran a enfermos externos que corresponden a departamentos distintos a éste.

La consulta externa se relaciona de manera principal con el archivo clínico, la oficina de trabajo social y con la farmacia. En segundo grado, con los laboratorios en lo que se refiere a análisis clínicos, con el departamento de radiología y con el de urgencias. En menor grado con las oficinas de Gobierno de la unidad médica.

Las estadísticas históricas del IMSS, muestran que los derechohabientes asisten en promedio a consulta externa 5 veces al año, aunque datos más recientes indican que asisten solamente 3.5 veces al año aproximadamente. Existe una diferencia entre la población derechohabiente adscrita a la unidad y la población adscrita a médico familiar, porque no toda la población adscrita hace uso de los servicios médicos (*Yáñez, 1986*).

#### **2.4.1.1 El sistema médico familiar en el IMSS**

El sistema médico familiar busca reproducir las condiciones óptimas del ejercicio profesional a nivel de consulta externa y atención a domicilio. Los médicos generales han sido separados en médicos familiares de adultos y de menores; a cada uno de ellos se adscribe una población fija con objeto de colocarla bajo su responsabilidad y establecer una relación perdurable, efectiva y de confianza entre el núcleo de la población y un determinado médico (*Malagón-Lodoño, 2008*).

La adscripción a cada médico familiar, ya sea de adultos o de menores, se ha fijado en promedio, de aproximadamente 2,200 derechohabientes, cuenta con la participación de los médicos especialistas cuando estima indispensable precisar un diagnóstico o instruir un tratamiento para la atención integral de los pacientes. Asimismo, pueden solicitar el servicio de urgencias, señalando los motivos por los cuales se envía al paciente y el servicio que solicitan. El médico familiar puede enviar a hospitalizar a un enfermo que amerite determinado tratamiento médico quirúrgico. Existe una interrelación estrecha y continua entre médicos familiares y el servicio de medicina preventiva (*Malagón-Lodoño, 2008 ; Yáñez, 1986*).

## 2.5 Las unidades médicas y su clasificación

En una breve definición, las unidades médicas son los edificios más característicos del género que se destina a la atención médica de la colectividad, como parte del cuidado de la salud integral. La salud integral, no solo es la falta de enfermedad, sino del correcto y armonioso funcionamiento del organismo que conduce a un estado adecuado del bienestar físico, moral y social **(Zandin, 2005)**.

*La actividad de las unidades médicas se dirige a cumplir cuatro funciones: la prevención de las enfermedades, el diagnóstico y tratamiento de las mismas y la rehabilitación de los que sufrieron enfermedades. Además de estas funciones directas con respecto a los beneficiarios, también se realizan otras dos: la enseñanza del personal médico y paramédico en relación directa con los pacientes y la investigación de los diversos problemas de la medicina; no pueden considerarse como actividades secundarias, puesto que conducen a lograr la continuidad, perfeccionamiento y desarrollo de las primeras **(Malagón-Lodoño, 2008)**.*

Respecto a los edificios destinados a la atención médica, podemos distinguir entre un hospital y una clínica, ya que, aún cuando la palabra clínica se deriva de la raíz griega *kline* que significa cama, esta se aplica en la medicina al estudio de los enfermos en la fase de diagnóstico, donde se realizan diversas observaciones e investigaciones al enfermo. La clínica, en consecuencia, tiene esencialmente consultorios y servicios auxiliares de diagnóstico como el radiológico y de laboratorio **(Zandin, 2005)**.

La unidad médica es propiamente el edificio en el que se alojan enfermos para su tratamiento y curación, aún cuando sus servicios se extiendan a la consulta de pacientes externos. Su carácter de alojamiento trae consigo la presencia de servicios de alimentación, lavandería y otros. Las unidades médicas pueden clasificarse en diversos tipos según el punto de vista que se adopte:

- Por el área territorial que abarque su servicio: rurales, urbanos, regionales y nacionales.
- Por el origen de los recursos que se inviertan en la construcción y operación: privados, de instituciones descentralizadas, municipales, estatales o gubernamentales.
- Por el tipo de padecimientos que atienden: generales y especializados.
- Por el tiempo que demanda el tratamiento de los enfermos:
  - Agudos: hospitales en los que los pacientes permanecen poco tiempo, que en promedio, puede estimarse en 10 días.
  - Larga estancia: el tiempo de estancia requerido es de 90 a 120 días aproximadamente.
  - Crónicos: el enfermo, debido a su padecimiento que sufre, permanece por tiempo indefinido.

Hasta ahora en nuestro país, el IMSS es la institución que posee la mejor estadística en atención a la salud, ya que es el Organismo que protege el mayor número de derechohabientes, lo cual le ha permitido fijar coeficientes de demanda en servicios de salud que constituye el punto de partida para la elaboración de los programas de salud de sus unidades médicas. En el IMSS se han propuesto recientemente los siguientes tipos de unidades médicas:

- **Clínica B.** Unidad médica para la atención de los derechohabientes en consulta externa de medicina general y visitas a domicilio con el sistema médico familiar. No tiene consultorios de especialidades. Tiene servicio de urgencias reducido a un cubículo para las primeras atenciones y en seguida a trasladar al paciente a la unidad de concentración correspondiente. No tiene camas de hospitalización. El número máximo de derechohabientes adscritos a la clínica B es de 1,500. La siguiente imagen muestra un ejemplo de clínica tipo B:



**Imagen 1** Clínica B. **Fuente:** Google Maps.

- **Clínica A.** Unidad médica para la atención de los derechohabientes en consulta de medicina general bajo el sistema médico familiar. Solamente tiene consultorios de especialidades no quirúrgicas: pediatría médica, dermatología, alergia, psiquiatría y neumología. No tiene camas de hospitalización. La atención de cirugías es igual a la que se imparte en la clínica B. Tiene un consultorio específico para derechohabientes eventuales y consulta extemporánea. Tiene laboratorios de rutina y radio-diagnóstico. El número máximo de derechohabientes adscritos a la clínica A es de 75,000. La siguiente imagen muestra un ejemplo de clínica tipo A:



**Imagen 2 Clínica A. Fuente:** Google Maps.

- **Clínica hospital tipo 3.** Unidad médica para la atención de los derechohabientes en servicios de medicina general bajo el sistema médico familiar, aunque no cuenta con consultorios de especialidades, pero sí con el servicio de hospitalización para pacientes de cirugía menor y partos eutócicos. La atención de urgencias se impartirá como en los tipos anteriores. El intervalo de derechohabientes adscritos a este tipo de unidad médica, se encuentra entre 10,000 a 25,000. La siguiente imagen muestra un ejemplo de clínica hospital tipo 3:



**Imagen 3 Clínica Hospital Tipo 3. Fuente:** Google Maps.

- **Clínica hospital tipo 2.** Unidad médica para la atención de los derechohabientes en servicios de consulta externa y visitas a domicilio bajo el sistema médico familiar y de medicina general. Cuenta con consultorios y camas de hospitalización para los servicios básicos de gineco-obstetricia, pediatría, cirugía general y medicina interna. Para una población derechohabiente menor a 30,000, las urgencias se atienden en la forma indicada en los tipos anteriores. Además, poseen un consultorio específico para pacientes eventuales y de consulta extemporánea, y de laboratorios para análisis clínicos de rutina. Dependiendo de la distancia a su unidad de concentración, puede tener servicios de especialidades médico-quirúrgicas con consultorios de cirugía general, cardiología, otorrinolaringología, oftalmología y pediatría médica. El intervalo de derechohabientes adscritos a este tipo de unidad médica es de 15,000 a 45, 000. La siguiente imagen muestra un ejemplo de clínica hospital tipo 2:



**Imagen 4** Clínica Hospital Tipo 2. **Fuente:** Google Maps.

- **Clínica hospital tipo 1.** Unidad médica para la atención de los derechohabientes en servicio de medicina general bajo el sistema médico familiar y de especialidades médico quirúrgicas con los correspondientes consultorios. Cuenta con camas de hospitalización para medicina general, cirugía general, Gineco-Obstetricia y pediatría. Tiene laboratorios de rutina, radio-diagnóstico y anatomía patológica. El número de derechohabientes de la clínica hospital tipo 1 es de 45, 000 en adelante. La siguiente imagen muestra un ejemplo de clínica hospital tipo 1:



**Imagen 5** Clínica Hospital Tipo 1. **Fuente:** Google Maps.

- **Hospital general.** Este tipo de unidad sirve exclusivamente para la hospitalización de pacientes de las cuatro especialidades básicas de la medicina: cirugía general, gineco-obstetricia, medicina interna y pediatría. No tiene adscripción directa de pacientes ni servicio de consulta externa, pero funcionalmente está ligado a las clínicas tipo B y A, y a la clínica hospital de tipo 3, a los cuales resuelve los problemas de internamiento. Tiene los servicios de laboratorios, anatomía patológica y radio-diagnostico. La siguiente imagen muestra un ejemplo de hospital general:



**Imagen 6** Hospital General. **Fuente:** Google Maps.

- **Hospital de especialidades.** Unidad médica para la atención a pacientes en algunas de las siguientes especialidades: Gineco-Obstetricia, pediatría, combinación de ambas (materno-infantil), psiquiatría y neumología. Estas unidades se forman cuando la clínica hospital tipo 1, u hospital general se encuentran saturados en sus servicios. La siguiente imagen muestra un ejemplo de hospital de especialidades:



**Imagen 7** Hospital de Especialidades. **Fuente:** Google Maps.

- **Centro médico.** Es el conjunto de unidades médicas de las cuales pueden tener el carácter de clínica hospital o de hospital general, y otras de hospital de especialidades, generalmente al más alto nivel de la medicina, y en este caso, estos hospitales son de concentración regional y aún nacional. Sin embargo, también puede resultar la formación de un Centro Médico cuando el número de camas que corresponde a un número muy elevado de derechohabientes de una localidad, no es conveniente alojarlos en un solo edificio, en consecuencia deben distribuirse en varios, aún cuando no se trate de prácticas de medicina altamente calificadas. La siguiente imagen muestra un ejemplo de centro médico:



**Imagen 8** Centro Médico. **Fuente:** Google Maps.

Por tanto, **la salud es el tesoro más invaluable del ser humano**, considerado un derecho fundamental en todas las constituciones del mundo, por lo mismo, pieza angular en la empresa social de todos los gobiernos. Para salvaguardar la salud de la población, se han establecido sistemas y programas en todos los países, que contemplan obligaciones y derechos del propio individuo, de la familia o de la comunidad y compromisos de los gobiernos, los cuales deben de garantizar las condiciones del ambiente, las inmunizaciones del individuo, las características ideales del medio, la coordinación de las acciones de atención y la prestación de los servicios ya sean contribuidos directamente por el habitante o pagados por el Estado. En la atención de la salud confluyen los componentes del fomento, de la prevención, de la recuperación y de la rehabilitación.

### 2.5.1 Unidad de Medicina Familiar

Es considerada como una de las construcciones que ciertos sistemas de salud proporcionan a personal laboral, con el fin de brindar atención a la mayor parte de la población de su propia comunidad bajo el sistema derechohabiente. Estas unidades, constituye el primer nivel de atención a la salud en el sistema del IMSS, son el primer contacto entre el derechohabiente con el sistema de atención a la salud, y son consideradas de gran importancia, pues el servicio médico familiar es quien resuelve el mayor porcentaje de los padecimientos más frecuentes entre la población. La siguiente imagen muestra un ejemplo de Unidad de Medicina Familiar:



**Imagen 9** Unidad de Medicina Familiar. **Fuente:** Google Maps

Entre sus principales objetivos están la prevención de enfermedades, la promoción y la protección de la salud, los primeros auxilios en emergencias y la atención a las enfermedades crónicas de fácil tratamiento, contando con el servicio de urgencias médicas.

Los consultorios con los que cuenta este tipo de unidades, tiene la capacidad para atender de 2,500 a 5,000 personas mediante dos consultorios y hasta 15,000 personas con seis consultorios. Para las zonas urbanas, se cuenta con 12 consultorios para 30,000 personas y con 24 consultorios para 60,000 personas, en donde el tiempo de desplazamiento del derechohabiente para llegar a la unidad de medicina familiar, no debe exceder más de una hora por los medios habituales de transporte (automóvil y transporte público).

Las actividades que generalmente se llevan a cabo en este tipo de unidades son:

- Consulta externa de medicina general.
- Consulta de medicina preventiva.
- Vacunas.
- Detección temprana del cáncer.
- Detección y control de diabetes.
- Control del niño sano.
- Campaña de planificación familiar.
- Vigilancia prenatal.
- Enseñanza a grupos de población.
- Consulta de cirugía menor.

### **2.5.2 Hospital General**

Se considera un establecimiento de segundo o tercer nivel para la atención de pacientes de las cuatro especialidades básicas de la medicina: cirugía general, gineco-obstetricia, medicina interna, pediatría y otras especialidades complementarias de apoyo, derivadas de las mismas que prestan servicios de urgencias, consulta externa y hospitalización.

Para el hospital general que se encuentra dentro del segundo nivel de atención se cuenta con 30 camas o más censables para la atención médica, con base en un indicador de una cama por cada 1,000 habitantes, en el caso de una población usuaria concentrada menor a 30,000 habitantes. Para 30,000 hasta 60,000 habitantes en cuyo caso se incrementará el número de camas a razón de 1.5 por cada 1,000 habitantes; y de una población dispersa que se encuentre en un área correspondiente a una isócrona de traslado máximo de una hora por los medios habituales de transporte.

Conforme al número de camas se divide en Hospital General de Zona y Hospital General Regional.

### 2.5.2.1 Hospital General de Zona

En este tipo de hospital, la atención se dirige a problemas médicos con padecimientos crónico, degenerativos, infecciosos, congénitos y hereditarios; y a los quirúrgicos para reparar el daño con cirugía de invasión y cirugía endoscópica. Ofrece una capacidad de 72 a 144 camas para los servicios hospitalarios de medicina, cirugía, pediatría y gineco-obstetricia, además, de tratar problemas relacionados con la consulta externa de oftalmología, otorrinolaringología, dermatología y urgencias; en algunos casos se interna a los pacientes de las especialidades antes mencionadas. La siguiente imagen muestra un ejemplo de hospital general de zona:



**Imagen 10** Hospital General de Zona. **Fuente:** Google Maps

En urbes con una población mayor a 100,000 habitantes, el índice es aproximadamente de tres camas por cada 1,000 personas, distribuidas de la siguiente forma: 2.5 camas por cada 1,000 usuarios.

### 2.5.2.2 Hospital General Regional

Al igual que en el Hospital General de Zona, la atención se dirige a problemas médicos con padecimientos crónicos, degenerativos, infecciosos, congénitos y hereditarios; y a los quirúrgicos para reparar el daño con cirugía de invasión y cirugía endoscópica, con una capacidad de 216 camas dentro de cobertura regional dirigida a un universo variable, según la concentración y dispersión demográfica en el área. La siguiente imagen muestra un ejemplo de hospital general regional:



**Imagen 11** Hospital General Regional. **Fuente:** IMSS

### 2.5.3 Unidad Médica de Atención Ambulatoria

Son elementos satélites de soporte a la tradicional institución hospitalaria, la cual no está conectada a un hospital. Ofrece servicio médico para la prevención y atención médica primaria de tipo directo y ambulatorio e, incluso de urgencias, las cuales representa el 12% de las consultas de los tres niveles de atención médica. La siguiente imagen muestra un ejemplo de unidad médica de atención ambulatoria:



**Imagen 12** Unidad Médica de Atención Ambulatoria. **Fuente:** IMSS

Estas unidades otorgan servicios de diagnóstico, tratamiento y mantenimiento de la salud a comunidades que no cuentan con suficientes servicios médicos y a localidades aisladas. Su creación tiene el propósito de mejorar la calidad de atención médica y un determinado número de servicios, haciendo estos más accesibles al paciente.

La atención médica otorgada en esta unidad incluye:

- Intervenciones quirúrgicas.
- Endoscopia urológica y del tubo digestivo alto y bajo.
- Inhaloterapia.
- Quimioterapia.
- Hemodiálisis.
- Diálisis peritoneal.

Estos procedimientos, se realizan en pacientes que por sus condiciones clínicas pueden ser egresados el mismo día sin necesidad de ser hospitalizados. Al término de la atención, el paciente es enviado a la unidad médica que lo refirió para dar continuidad a su atención médica. Los servicios de la unidad pueden ser ofrecidos durante tiempos indeterminados a un horario determinado. El periodo de estancia debe ser menor a 24 horas. Incluye todo aquello relacionado que no requiere el apoyo de un hospital o de personal altamente calificado que labora en él, entre los que se encuentran: cuidado inmediato, atención primaria, cuidado intermedio, atención posquirúrgica, poshospitalaria, atención preventiva y servicios de apoyo.

## **2.6 Delegación Estado de México Oriente del IMSS**

Por el decreto publicado en el Diario Oficial de la Federación, el 31 de diciembre de 1959, se modificó la Ley del Seguro Social en sus artículos 117 y 120, en lo cual desaparecieron las Cajas Regionales y Locales, y se establecieron en su lugar las Delegaciones Regionales, Estatales y Locales. Es así que en el Reglamento de Delegaciones Estatales y Regionales, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 26 de julio de 1967, se señalaba que el H. Consejo Técnico del IMSS establecería en el ámbito del país, las Delegaciones Regionales y Estatales que estimara necesarias para dar cumplimiento a las disposiciones de la Ley del Seguro Social y determinaría su jurisdicción.

Posteriormente, en ese mismo año, las Delegaciones Locales son sustituidas por las Subdelegaciones, precisándose la competencia de éstas y su dependencia de las respectivas Delegaciones Regionales o Estatales. Para 1987, se crean las Subdelegaciones de Tlalnepantla, Ecatepec y los Reyes la Paz; en tanto que en 1988, las Agencias Administrativas del Distrito Federal, se convierten en Subdelegaciones.

Debido al crecimiento poblacional y a la dimensión territorial del Estado de México, en octubre de 1997 el H. Consejo Técnico del IMSS, acordó la creación de la Delegación Estado de México Oriente, con la finalidad de brindar con mayor eficiencia los servicios de salud otorgados a los derechohabientes de 24 municipios con 53 unidades médicas, comprendidos dentro de las zonas de Ecatepec, Los Reyes la Paz y Tlalnepantla, cada una de ellas respaldada administrativamente por su respectiva Subdelegación, describiéndose a continuación.

### **• Subdelegación y oficina para cobros: Ecatepec.**

Jurisdicción: Acolman, Apaxco, Axapusco, Coacalco de Berriozábal, **Ecatepec de Morelos**, Hueypoxtla, Jaltenco, Nextlalpan, Nopaltepec, Otumba, San Martín de Las Pirámides, Tecámac, Temascalapa, Teotihuacan, Tequixquiac y Zumpango.

• **Subdelegación y oficina para cobros: Los Reyes-La Paz.**

Jurisdicción: Amecameca, Atenco, Atlautla, Ayapango, Cocotitlán, Chalco, Chiautla, Chicoloapan, Chiconcuac, Chimalhuacán, Ecatingo, Ixtapaluca, Juchitepec, La Paz, Nezahualcóyotl, Ozumba, Papalotla, Temamatla, Tenango del Aire, Tepetlaoxtoc, Tepetlixpa, Texcoco, Tezoyuca, Tlalmanalco y Valle de Chalco-Solidaridad.

• **Subdelegación y oficina para cobros: Tlalnepantla de Baz.**

Jurisdicción: Atizapán de Zaragoza, Coyotepec, Cuautitlán, Cuautitlán Izcalli, Chapa de Mota, Huehuetoca, Jilotepec, Melchor Ocampo, Nicolás Romero, Soyaniquilpan de Juárez, Teoloyucán, Tepotzotlán, Tlalnepantla de Baz, Tultepec, Tultitlán y Villa del Carbón

### 2.6.1 Infraestructura y componentes

Con lo anterior, la **Delegación Estado de México Oriente** considerada uno de los sistemas más grandes de salud a nivel nacional, inició operaciones el 29 de enero de 1998 y conforme a datos del 2009 atiende a más de 2 millones 660 mil de derechohabientes y asegurados. **(Ver Anexo, tabla 2)**

Cuenta con una infraestructura de 10 hospitales: dos Generales Regionales, uno de Gineco-Obstetricia con Medicina Familiar, un General de Zona con Medicina Familiar, seis Generales de Zona, además de 41 Unidades de Medicina Familiar, una Unidad de Medicina Familiar con Unidad Médica de Atención Ambulatoria y una Unidad Médica de Atención Ambulatoria. **(Ver Anexo, tablas 3, 4, 5 y mapa 1)**

También cuenta con nueve Centros de Seguridad Social, en los que se llevan a cabo diversas actividades deportivas para el fomento a la salud, prevención de enfermedades y accidentes, superación del nivel de vida; enfocadas a la población con capacidades diferentes, personas con enfermedades crónico-degenerativas, pensionados, jubilados, niños, adolescentes, adultos jóvenes y adultos mayores.

De las 65 Guarderías en la demarcación, cinco operan bajo el esquema Ordinario y 60 bajo el Vecinal Comunitario. De igual manera, las instalaciones y servicios en el Velatorio Tequesquináhuac, en Tlalnepantla, son de óptima calidad con certificación bajo la norma "ISO9001:2000" extendida por la empresa canadiense Quality Management Institute (QMI); tres tiendas para empleados, ubicadas en cada zona de la Delegación, con el propósito de ofrecer a la población usuaria productos de calidad y buen precio.

Por último, comprende un almacén de abasto delegacional, que dentro de sus funciones principales es la de controlar y custodiar los bienes terapéuticos y no terapéuticos que se adquieren, los almacena y distribuye. También controla los niveles de existencias de producto almacenado, considerado como el punto fundamental el ahorro en costos.

### 3.1 La cadena de suministro en la Delegación Estado de México Oriente

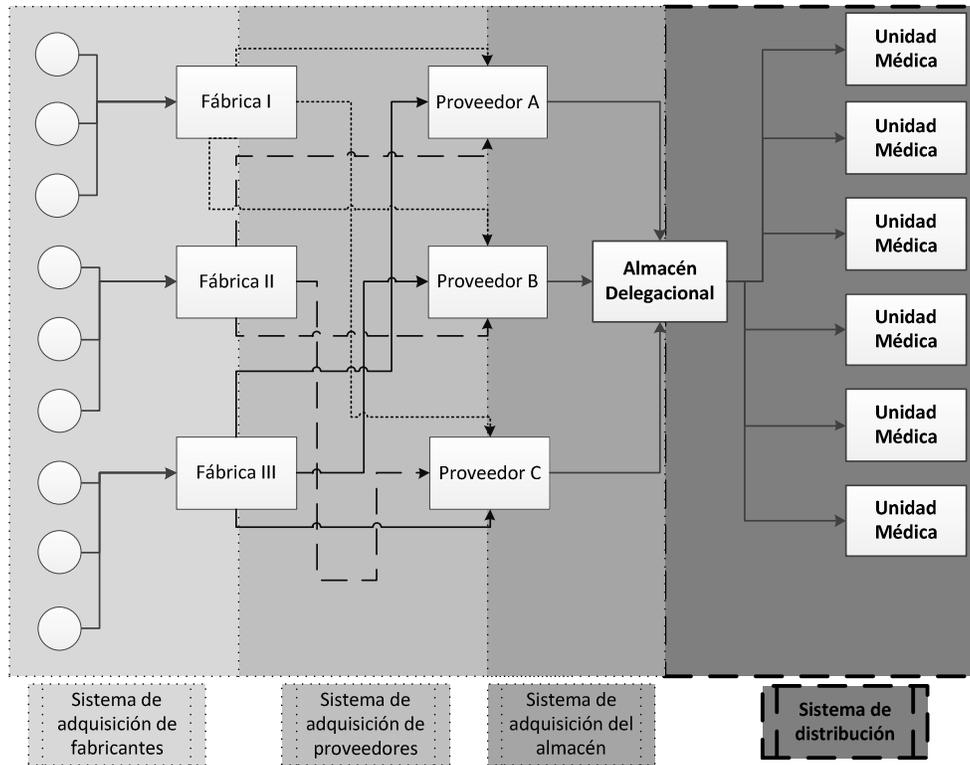
La Delegación Estado de México Oriente se encuentra en un período de cambio estratégico en respuesta a las demandas de mayor productividad y eficiencia. Dentro de este contexto, se persigue un doble objetivo, de dar servicios de salud y de bienestar a la población derechohabiente, mientras que al mismo tiempo, se desarrollan nuevas técnicas de control de gestión, que le permitan ser más eficientes y productivas; todo ello con el objetivo final de que las unidades médicas mejoren los procesos y servicios de salud y aumenten el valor de los mismos para los derechohabientes **(IMSS, 2007)**.

Por todo esto, es conveniente señalar en primera instancia, la definición que hace alusión a la cadena de suministro, segundo, la de plasmar y definir la cadena de suministro que se lleva a cabo dentro de dicha delegación para dar comienzo al tema del sistema distribución física de los bienes de consumo para las unidades médicas.

Los conceptos de cadena de suministro abarcan desde la llegada de la materia prima hasta la entrega del producto y/o servicio a los clientes. Los componentes específicos de la cadena de suministros son únicos para cada tipo de industria y dentro de cada una de ellas existen variaciones que dependen del método que se elige para abordar el producto y/o servicio que se da a los clientes **(Ballou, 2004)**.

Entonces, la idea consiste en aplicar un enfoque total de sistemas a la administración del flujo completo de la información, los materiales y servicios, partiendo de los proveedores de materias primas y, pasando por las fábricas y almacenes, hasta llegar al consumidor final. El término de cadena de suministro viene de una imagen relacionada con la forma en que las organizaciones se encuentran vinculadas desde la perspectiva de una compañía específica **(Chopra, 2005; Antún, 1994)**.

Una vez definido lo anterior, la cadena de suministro de la Delegación Estado de México Oriente tiene su origen en un fabricante, y su final en un cliente, con la particularidad de que en este caso concreto, el cliente es el derechohabiente a través de la unidad médica.



**Figura 3** Cadena de suministro en las delegaciones del I.M.S.S.

**Fuente:** Elaboración propia

El sistema global de la cadena de suministro está representado por todos los componentes y las relaciones necesarias para la consecución de un objetivo (el proceso del suministro completo), dado cierto número de restricciones (capacidad de producción, materias primas, etc.). El objetivo de la representación, figura 3, pretende definir la finalidad (aprovisionar el punto de consumo, almacenes y farmacias de las unidades médicas), para el cual fueron ordenados todos los componentes y las relaciones del sistema, mientras que las restricciones son limitaciones que se introducen en su operación y, permiten hacer explícitas las condiciones en las cuales deben de operar (número de referencias, plazos de distribución, etc.) **(Ballou, 2004)**.

Es por esto que, la parte del proceso de gestión de la cadena de suministro encargada de planificar, implementar y controlar de forma eficiente y efectiva el almacenaje, el flujo directo e inverso de los bienes, servicios y toda la información relacionada con éstos, entre el punto de origen y el punto de consumo, con el propósito de cumplir con las expectativas de los consumidores finales, se resume en una sola palabra "Logística" **(Soret, 2004)**.

Tomando en consideración esta referencia, se puede llegar a lo siguiente:

- La logística es una parte de un concepto más global como es la gestión de la cadena de suministro.
- Gestiona los flujos de información, desde los proveedores hasta los clientes, es decir, a lo largo de toda la cadena de suministro.
- Su objetivo fundamental consiste en ofrecer la máxima calidad en el producto y/o servicio a los consumidores a costos mínimos.

Así, la estructura de la logística en la Delegación Estado de México Oriente reúne los medios materiales para gestionar la actividad de la distribución física, integrando los ritmos y flujos del aprovisionamiento, la producción y la distribución; conocido como logística integral. A continuación se detalla los integrantes de la logística integral:

- Aprovisionamiento (adquisición de bienes y servicios). Comprende los procesos dirigidos para proporcionar al sistema productivo los materiales necesarios para su función.
- Producción (recepción de mercancías, almacenaje, salida de envíos). Se enfoca a la optimización de los procesos de movimiento físico de materiales dentro de las instalaciones.
- Distribución (sistemas de aprovisionamiento y transporte interno). Gestiona los productos desde que salen del almacén general hasta que lleguen al punto de consumo. La finalidad es sincronizar desde el almacén la demanda de cada servicio con la producción, considerando para ello el transporte interno, las frecuencias de reparto y el sistema de distribución, para poder reducir los plazos de entrega y las existencias en almacén (*Castellanos, 2009*).



**Figura 4** Gestión de materiales y distribución física **Fuente:** Elaboración propia

El sistema logístico permite la conexión entre las áreas de producción y los mercados, separados en tiempo y distancia. En este sentido, se pretende que cada función, proceso, actividad o compañía deje de comportarse de forma aislada, procurando alcanzar sus propios objetivos; se trata de que, los subsistemas que componen la cadena de suministro se embarque en un proyecto común que, permita avanzar a todo el equipo hacia objetivos comunes. Es por esto, que la logística es el ejemplo clásico de la aplicación del enfoque de sistemas a los problemas de administración de las empresas (*Antún, 1994*).

Haciendo referencia a lo descrito anteriormente, la logística debe ser concebida como una logística integral, cuyo objetivo sea ofrecer el producto adecuado en el momento, lugar y cantidad adecuada; todo ello tratando de eliminar los conflictos entre intereses existentes, con el objetivo de minimizar, no ya los costos parciales de cada función, sino los costos totales de la cadena de suministro **(Castellanos, 2009)**.

Por esta razón, la logística integral es el camino coherente que permitirá la guía en el proceso de la planeación, asignación y control de los recursos humanos, técnicos y financieros para dar paso al sistema de distribución física de los productos, además de apoyar el proceso de manufactura y ejecutar las operaciones de aprovisionamiento **(Castellanos, 2009)**.

### **3.2 ¿Qué es un sistema de distribución?**

Desde los tiempos en que los primeros mercaderes, procedentes principalmente de Asia y de los países de la Europa Oriental, iniciaron la actividad distribuidora a través de las grandes rutas comerciales hasta la actualidad, la distribución ha vivido profundos y constantes cambios.

En efecto, el mundo en el que vivimos se ha ido convirtiendo poco a poco en una "aldea global", en la que no es necesario solamente desplazarse de un punto a otro para acceder al conocimiento de otras culturas o a la posesión de bienes procedentes de países lejanos. De esta manera, puede decirse que el consumidor moderno, normalmente aquel que disfruta de las ventajas de un entorno económico, político y social desarrollado, tiene el mundo en sus manos.

La separación geográfica entre compradores y vendedores, la imposibilidad de situar la fábrica frente al consumidor, **"hace necesario el traslado de bienes y servicios desde su lugar de producción hasta el cliente"**; esta función se conoce con el nombre de distribución **(Díez De Castro, 2004)**.

Se entiende por distribución a la función que permite el traslado de productos y servicios desde su estado final de producción al de adquisición y consumo, abarcando el conjunto de actividades y flujos necesarios para situar los bienes y servicios producidos a disposición del comprador final (individuos u organizaciones) en las condiciones de lugar, tiempo, forma y cantidad adecuada **(Anaya, 2009)**.

El sistema de distribución consta de un número finito de vehículos, instalaciones fijas y mercancías, objetos o personas, que deben ser distribuidos; cada uno de los cuales lleva asociados ciertos costos. Los vehículos incurren en costos de operación y costos de espera, que incluyen, la carga y la descarga de los mismos, Las instalaciones fijas soportan el costo del espacio destinado a guardar inventarios y el costo de la carga y descarga inicial y final **(Robusté, 2005)**.

En cuanto a las mercancías, objetos y personas que van a ser distribuidos llevan un costo asociado al inventario estacionario y otro costo asociado al inventario en movimiento, este último se tiene que pagar siempre y es independiente de cualquier estrategia de envío que se desee implementar, aunque varía al cambiar el modo de transporte o las condiciones de guiado del mismo (**Robusté, 2005**).

La función más básica del sistema de distribución es, mover mercancía en forma eficiente y eficaz desde el final de la línea de producción hasta el consumidor. Los factores clave del sistema son: el completar el pedido del cliente con prontitud y en forma completa, además de añadir un alto nivel de intercambio de información entre todos los involucrados directos e indirectos, así como de los decisores que, conforman la cadena de suministro (**Anaya, 2009**).

De igual manera, nos podemos referir al sistema de distribución como los pasos a seguir para mover y almacenar un producto desde la etapa del proveedor (aprovisionamiento) hasta el cliente (distribución). Las materias primas y los componentes se mueven de proveedores a fabricantes, mientras que los productos terminados se mueven del fabricante al consumidor final. La distribución es la directriz clave de la rentabilidad total de cualquier empresa, debido a que afecta de manera directa tanto los costos de la cadena como la experiencia del cliente (**Díez De Castro, 2004**).

Si nos referimos a los bienes de consumo, desde el momento que un producto está terminado en su lugar de origen (fábrica, recolectado por el agricultor, etc.) hasta que está ubicado en cualquier establecimiento preparado para que una persona pueda adquirirlo, todo lo que ha pasado con el producto es el contenido del sistema de distribución.

La distribución se configura como una ventaja competitiva en la medida que, coadyuva a que una empresa asegure una mejor posición en el mercado de manera sostenible. Como aspecto básico del sistema de distribución, se destaca lo siguiente:

- Su epicentro, es el intercambio.
- La conexión producción-consumo origina la configuración de los canales de distribución.
- Requiere de una adecuada planificación y control, así como de un diseño estratégico.
- Implica el desarrollo de una serie de actividades o flujos.
- Para que el producto o servicio llegue a los compradores y/o consumidores finales en las condiciones adecuadas de lugar, tiempo, forma y cantidad adecuados, es necesario contar con el apoyo de todos los departamentos de la institución.
- Por los constantes cambios en la demanda y en la oferta, la distribución tiene un carácter dinámico.
- Debidamente gestionada, constituye una fuerte ventaja competitiva al servicio de la organización (**Soret, 2006**).

Como se ha mencionado, el sistema de distribución comprende un conjunto de actividades que, posibilitan al producto fabricado en un lugar, que puede ser adquirido en otros lugares muy distantes. Este conjunto de tareas pueden identificarse bajo el título de las siguientes funciones:

- Función de compra y venta.
- Función de transporte y difusión de la producción.
- Función de fraccionamiento.
- Función de almacenamiento.
- Función de servicios.
- Función de financiación.
- Función de asunción de riesgos **(Soret, 2004)**.

Dentro de estas funciones, nos enfocaremos a describir la función del transporte y la difusión de la producción, ya que se deriva de la imposibilidad de colocar la fábrica delante del consumidor. Se expresa claramente a la función del transporte y la difusión de la producción en la actividad de la distribución física permitiendo que, desde un único punto de fabricación, los productos se vendan en cientos o miles de establecimientos, implicando el desarrollo de otras actividades, como la carga y descarga de la mercancía, seguros y fletes, etc.

Dando paso a la planificación de las cargas, equilibrando el deseo de utilizar todo el espacio de los vehículos de transporte y envases, con las restricciones de peso y apilamiento de los envases de carga o de envío. Las cargas pesadas pueden alcanzar la capacidad máxima de peso del vehículo o del envase que las transporta antes de que se ocupe todo el espacio. En el caso opuesto, los cargamentos de gran bulto o ligeros pueden "sobresalir" antes de alcanzar el tope de capacidad de peso **(Sainz, 2001)**.

Además de ser compatibles con los envases y las cargas de transporte, el envase y el vehículo elegido para el transporte, también debe ser compatible con el equipo de carga y descarga, y con las instalaciones en cada punto de recolección y de destino **(Sainz, 2001)**.

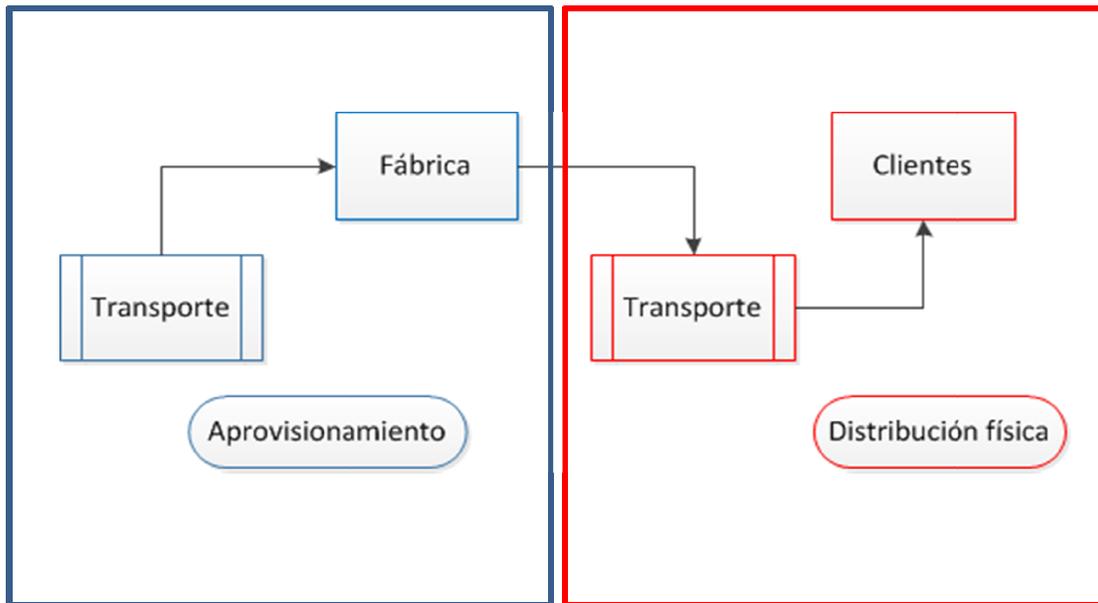
Debido a que el transporte, fraccionamiento y almacenamiento son funciones que se pueden dar, no dar, o dar repetidamente, lo que es más normal en un canal de distribución, pudiendo generar una serie de duplicidades en la realización de las tareas **(Soret, 2004)**.

Estas tres funciones forman parte de la denominada distribución física, ya que el conjunto de actividades que comprenden y suponen una acción física sobre el producto. Evidentemente, para que exista una distribución física, previamente ha debido darse una negociación entre la parte oferente y la demandante (función de compra y venta), la cual se habrá plasmado en un acuerdo de intercambio **(Soret, 2006)**.

Debería considerarse como un objetivo básico de la distribución física el lograr un nivel alto o satisfactorio en el desempeño de las tarea que implica (objetivo de eficacia), y ello, evidentemente, al mínimo costo posible (objetivo de eficiencia). Se podría pensar que, para una empresa fabricante el objetivo de la distribución física sería el fijar las condiciones de transporte, fraccionamiento y almacenamiento, para que el producto llegase al consumidor en condiciones idóneas de compra de la forma más económica posible (**Gutiérrez, 1998**).

### 3.3 Logística de la distribución

El vocablo logística es un término de origen francés, recogido del ámbito militar, y que comprende el transporte, suministro y alojamiento de tropas. En el ámbito empresarial, el término logística se utiliza para asignar la gestión del flujo de bienes y servicios, y la información relacionada, desde el origen (fuente de suministros) hasta su adquisición o consumo por el usuario final (individuos u organizaciones). Abarca dos grandes ciclos: el aprovisionamiento y la distribución física (**Antún, 1994**).



**Figura 5** La logística en la gestión del flujo de bienes y servicios

**Fuente:** Elaboración propia

En el ciclo de aprovisionamiento (del productor) se incluye el conjunto de actividades necesarias para la gestión de las materias primas, de forma que estén disponibles en todo momento para el proceso productivo. Entre estas operaciones, destacan el transporte y el control de inventario, como funciones esenciales para lograr los objetivos de eficacia y eficiencia (**Ballou, 2004**).

Un inventario constituye la cantidad de existencias de un bien o recurso cualquiera usado en una organización. El inventario lo conforma el material o los suministros que se guardan para uso o ventas futuras. Por lo general, se trata de bienes terminados que esperan el pedido de un cliente. Sin embargo, también pueden ser bienes o materiales que esperan ser producidos o convertidos en artículos terminados para un cliente. ***El inventario es en esencia una función de tres cosas: la incertidumbre de la demanda, la variabilidad del proceso y el tiempo de ciclo del proceso (Chase, Jacobs, Alquilano; 2008).***

Una vez que los productos almacenados han sido solicitados por los agentes siguientes en la cadena de suministro y, se encuentran acondicionados para su envío, el último eslabón de la cadena logística consiste en distribuir y transportar los productos a sus puntos de destino.

Para llevar a cabo esta función de la manera más eficiente posible, la empresa deberá, en primer lugar, haber diseñado un sistema de distribución acorde a sus necesidades, y en segundo lugar, a la hora de planificar sus envíos, deberá contratar los medios de transporte más adecuados para cada caso ***(Zadin, 2005).***

Se seleccione el modelo y la modalidad de distribución y transporte que se seleccione, la organización deberá perseguir siempre los siguientes objetivos:

- Alcanzar un cierto nivel de calidad de servicio:
  - Disponibilidad de stock para atender a los pedidos en los plazos requeridos.
  - Rapidez en el plazo de entrega; fiabilidad en las entregas.
  - Respetar condiciones de entrega.
  - Información acerca de la situación de los pedidos.
  
- Minimizar costos:
  - Costos de almacenaje.
  - Costos de posesión de stocks.
  - Costos de transporte ***(Urzelai, 2006).***

Los costos totales de la logística son la suma de los costos de inventario, transporte e instalaciones que componen la cadena de suministro. Conforme el número de instalaciones se incrementa, el costo total de la logística disminuye y luego aumenta. Dada esta razón, las compañías deberán tener, cuando menos, el número de instalaciones que minimicen los costos totales de la logística ***(Ballou, 2004).***

Una vez obtenido el producto terminado, se inicia el ciclo de distribución física, que incluye, el conjunto de actividades necesarias para poner los bienes y servicios a disposición de los consumidores o clientes finales. En esta etapa, será necesario trasladar (transporte) tales productos, desde su lugar de depósito o almacén (almacenamiento) hasta el consumo o adquisición, normalmente en lotes inferiores a los de producción (fraccionamiento). El ciclo de distribución física también recibe el nombre de logística comercial **(Soret, 2006)**.

Por tanto, la distribución física es la parte de la logística comercial, que hace referencia al movimiento externo de los productos terminados o semi-elaborados, en el caso de un canal industrial, desde el vendedor (origen) al cliente o comprador (destino), siendo el canal de distribución el que va a permitir tal conexión **(Díez, 2004)**.

Una vez mencionado lo anterior, la importancia de la logística en la distribución radica en la búsqueda de mejorar la calidad de servicio al cliente, optimizando la fase comercial, empleando el modo de transporte adecuado a un menor costo posible, con un tiempo de entrega mínimo hasta el lugar solicitado. **(Castellanos, 2009)**

### **3.3.1. La distribución física del producto**

La importancia de la distribución física del producto surge por la necesidad de la movilización y manejo óptimo de las cargas, debido a una serie de graves contratiempos ocasionados por un mal dominio del transporte y de sus operaciones conexas **(Castellanos, 2009)**.

La distribución física es el grupo de actividades relacionadas con el control, el movimiento y el depósito de materiales, su ámbito incluye, las actividades que se hacen antes del proceso de fabricación, durante éste o después. También se considera a la distribución física como un sistema de movimiento, ya que se refiere a la forma o estructura sobre la cual los movimientos se relacionan en términos geográficos y físicos **(Chopra, 2008)**.

Desde de un enfoque comercial, en donde se transmite la propiedad, se puede definir a la distribución como el conjunto de operaciones necesarias para el desplazamiento de los productos preparados como carga, desde el lugar de producción o manufactura en el país de exportación hasta el local del importador en el país destino, bajo el concepto de óptima calidad con un costo razonable y una entrega conforme al modelo Just In Time (JIT) **(Soret, 2006)**.

Un sistema típico tiene plantas de fabricación que pueden producir todo o partes de la línea de productos, almacenes a los que estas plantas proporcionan productos y clientes que reciben el suministro de cualquiera de las plantas o almacenes, conectados mediante el transporte. Por lo general, se administran cinco funciones principales asignadas a la distribución física:

- Entrada de pedidos y servicio al cliente.
- Almacenamiento.
- Transporte.
- Administración del inventario.
- Administración de la distribución (**Zadin, 2005**).

La distribución física incluye la planificación y el control del movimiento físico de productos desde la fábrica hasta el consumidor final. La logística incluye la planificación y el control de las relaciones entre la gestión de materias primas y la distribución del producto terminado. Siguiendo esta orientación, es evidente que el concepto de logística es más amplio que el de distribución física y esta última es una parte importante de la logística (**Castellanos, 2009**).

Entre las funciones que abarca la distribución física, destacan las siguientes:

- Procesamiento de pedidos, incluyendo todas las actividades relativas a la recepción y tratamiento de órdenes de compra, constituyendo la informática una herramienta fundamental para ello.
- Gestión del almacén donde se ubican los productos terminados (control de entradas y salidas, condiciones de conservación, etc.).
- Fraccionamiento de pedidos cuando se soliciten lotes de venta inferiores a los de producción o aprovisionamiento.
- Carga y descarga de productos terminados en los vehículos de transporte.
- Transporte del producto.
- Gestión de cobros.
- Servicios de posventa (**Soret, 2004**).

El objetivo que se persigue dentro de la distribución física es transportar el producto adecuado en la cantidad requerida al lugar acordado y al menor costo total para satisfacer las necesidades del consumidor en el mercado, justo a tiempo y con calidad total.

### **3.3.2 Rutas de distribución física**

El servicio al cliente y los componentes del costo de inventario, transporte, instalaciones y su manejo, y la información son las métricas primordiales que se emplean para evaluar los diferentes diseños de las rutas de distribución. En tanto que es importante asegurar que las fortalezas de la ruta de distribución se ajusten a la posición estratégica de la compañía (**Chopra, 2008**).

Se entiende por ruta de distribución física a la trayectoria que recorre cada vehículo con carga completa o fraccionada, desde el punto de origen, visitando todos los puntos de reparto, hasta que vuelve vacío al punto de origen. De igual forma, permite servir un espacio bidimensional con una estructura jerárquica y no redundante, excepto por emergencias o fiabilidad, apoyándose en terminales de consolidación **(Robusté, 2005)**.

La ruta de distribución adecuada se emplea para lograr una variedad de objetivos de la cadena de suministro, que van desde un bajo costo hasta una gran capacidad de respuesta. El desempeño de una ruta de distribución debe ser evaluado en dos dimensiones, la primera, en las necesidades del cliente que se satisface y en segundo, el costo de satisfacer las necesidades del cliente **(Anaya, 2009)**.

De esta manera, se debe evaluar el impacto sobre el servicio al cliente y el costo mientras se comparan las diferentes opciones de las rutas. Las necesidades del cliente que se satisfacen influyen en los ingresos que, junto con el costo, se decide la rentabilidad de la ruta de entrega **(Anaya, 2009)**.

Aunque el servicio al cliente consta de muchos componentes, las siguientes medidas son las que influyen en la estructura de la ruta de distribución:

- **Tiempo de respuesta.** Es la cantidad de tiempo que tarda un cliente en recibir un pedido.
- **Variedad de producto.** Se refiere al número de productos/configuraciones diferentes que ofrece la ruta de distribución.
- **Disponibilidad del producto.** Es la probabilidad de tener el producto en inventario cuando el cliente coloque el pedido.
- **Experiencia del cliente.** Incluye la facilidad con que los clientes pueden colocar y recibir los pedidos, así como, el grado hasta el cual esta experiencia es personalizada.
- **Tiempo para llegar al mercado.** Es el lapso que transcurre para llevar un nuevo producto al mercado.
- **Visibilidad del pedido.** Es la capacidad de los clientes de dar seguimiento a sus pedidos desde la colocación hasta la entrega.
- **Retornabilidad.** Es la facilidad con la cual un cliente puede devolver la mercancía que no le satisface y la habilidad de la ruta para manejar las devoluciones **(Sainz, 2001; Díez, 2004)**.

Dado que los costos de transportación normalmente se hallan entre un tercio y dos tercios de los costos logísticos totales, mejorar la eficiencia mediante la máxima utilización del equipo de transportación y de su personal es una preocupación importante. El tiempo durante el cual los artículos están en tránsito se refleja en el número de envíos que pueden hacerse con un vehículo en un período dado, así como los costos totales de transportación para todos los envíos **(Gutiérrez, 1998)**.

Un problema frecuente en la toma de decisiones, es reducir los costos de transportación y mejorar el servicio al cliente encontrando los mejores caminos que debería seguir un vehículo en una red de carreteras, líneas ferroviarias, líneas de embarque o rutas de navegación aérea que minimicen el tiempo o la distancia **(Ballou, 2004)**.

Ciertas compañías que, se enfocan en clientes que toleran un tiempo de respuesta más largo, necesitan de pocas instalaciones que puedan estar lejos de los clientes. De esta manera, pueden enfocarse en incrementar la capacidad de cada ubicación. En contraste con otras compañías que, se enfocan en clientes que valoran un tiempo de respuesta corto, necesitan muchas instalaciones cercanas a ellos y de baja capacidad. De manera que, una disminución en el tiempo de respuesta incrementa el número de instalaciones necesarias en la ruta **(Díez, 2004)**.

Cambiar el diseño de la ruta de distribución, afecta los costos de la cadena de suministro, como el de los inventarios, transporte, instalaciones y su manejo, así como el de la información. El costo de transporte entrante, son aquellos en los que, se incurre al traer material a la instalación. Los costos de transporte saliente son los que, devienen por el envío de material fuera de la instalación, y estos suelen ser más altos por unidad, ya que el tamaño de los lotes entrantes generalmente es mayor **(Ballou, 2004)**.

### **3.4 La producción del servicio al cliente en el sistema de distribución**

Un servicio puede definirse como, un acto que tiene lugar en contacto directo, entre el cliente y los empleados de la empresa de servicios **(Zandin, 2005)**.

Los servicios también se definen en contraste con los bienes. **Un bien** es un objeto tangible que se puede crear y vender o consumir más adelante. **Un servicio** es intangible y con frecuencia perecedero. Suele crearse y consumirse en forma simultánea.

El contacto con el cliente, se refiere a la perspectiva física del cliente en el sistema y, la creación del servicio se refiere, al proceso de trabajo involucrado en proporcionar el servicio mismo. El grado del contacto puede definirse aproximadamente como, el porcentaje de tiempo que el cliente debe estar en el sistema, en relación con el tiempo total que toma desempeñar el servicio al cliente **(Chase, 2005)**.

Los sistemas de servicio con un alto grado de contacto con el cliente son más difíciles de controlar y de racionalizar que aquellos con un bajo grado de contacto con el cliente. En los sistemas de contacto elevado, el cliente puede afectar el tiempo de la demanda, la naturaleza exacta del servicio y la calidad, o la calidad percibida del servicio, debido a que está involucrado en el proceso **(Chase, 2005)**.

La clave para brindar satisfacción al cliente en cualquier negocio de servicios radica en equilibrar las expectativas del cliente con la calidad y el valor de un servicio determinado. Por tanto, en el sistema de distribución el tiempo se visualiza en dos entidades distintas pero relacionadas: el tiempo como una medida de longitud y, el tiempo como la indicación de una meta **(Soret, 2006)**.

Como medida de longitud, se puede definir al tiempo del ciclo del pedido como, el tiempo transcurrido entre el momento en que se levanta un pedido del cliente, una orden de compra o una solicitud de servicio y, el momento en que el producto o servicio es recibido por el cliente, donde se involucran todos los eventos relacionados con el tiempo que da forma al tiempo total requerido para que un cliente reciba un pedido **(Sipper, Bulfin; 1998)**.

El principal elemento final dentro del ciclo del pedido es la fecha de entrega, dado que, es una meta sobre la cual se tiene control directo, que se representa ya sea, en la fecha en que el producto y/o servicio se necesita o la fecha en que se compromete la entrega. Esta meta puede considerar el tiempo necesario para desplazar el pedido desde el punto de almacenamiento a la ubicación del cliente, o también, puede incluir el tiempo para cargar en el punto de origen y el tiempo para descargar en el punto de destino **(Ballou, 2004)**.

De lo anterior, se parte que la disminución del tiempo adquiere cada vez más importancia en la competencia industrial debido a que, el tiempo es un elemento primordial en la satisfacción del cliente. En el mercado actual, el concepto de tiempo está asociado con el de confiabilidad o consistencia. Reducir el tiempo de entrega y entregar a tiempo una vez, no es basto para el cliente, la clave es reducir la variabilidad en el tiempo y seguir mejorando el tiempo con puntualidad en la entrega **(Gutiérrez, 1998; Soret, 2004)**.

En lo que respecta a la planeación en la capacidad del servicio, depende más del tiempo y de la ubicación; se encuentra sujeta a más fluctuaciones volátiles de la demanda y su utilización influye directamente en la calidad del servicio.

A diferencia de los bienes, los servicios no pueden almacenarse para utilizarlos posteriormente. Debe de haber capacidad disponible para producir un servicio cuando se necesite. La capacidad del servicio debe de ubicarse cerca del cliente, así mismo, la capacidad para entregar el servicio debe distribuirse primero al cliente. El servicio debe localizarse en el lugar donde se encuentre el cliente y en el momento en que éste lo necesite **(Chase, 2005)**.

La volatilidad de la demanda es muy alta cuando se trata de un sistema que entrega servicios; y esto es por tres razones:

- Los servicios no se almacenan, lo cual implica que no se puede emplear el inventario para atender la demanda. Son productos intangibles, perecederos; a menudo son ideas, conceptos o información.

- Los clientes interactúan directamente con el sistema de producción, y éstos con frecuencia tienen diferentes necesidades, así como, diferentes niveles de experiencia en el proceso y, pueden ser que requieran diferentes números de transacciones. Este hecho contribuye a incrementar la variabilidad en el tiempo de procesamiento que se requiere para cada cliente y, por consiguiente, a mayor variabilidad en la mínima capacidad necesaria.
- El comportamiento del consumidor. Las influencias en el comportamiento del cliente, que va desde el estado del tiempo hasta un suceso importante, pueden afectar directamente la demanda de los diferentes servicios. Los efectos de estos comportamientos pueden observarse en períodos de tiempo más cortos (**Sipper, Bulfin; 1998**).

Debido a esta volatilidad, la capacidad de los servicios con frecuencia se planean en incrementos tan pequeños como de 10 a 30 minutos, en contraste con los incrementos en una semana, que son más frecuentes en los productos fabricados. Dado que los clientes de servicios suelen llegar cuando lo desean, las operaciones de los servicios se encuentran en dificultades para ajustar la capacidad a la demanda. Los patrones de llegada de los clientes fluctúan en función del día o incluso de la hora, lo cual crea una incertidumbre en la demanda con plazos aún más cortos (**Sipper, Bulfin; 1998**).

A pesar del hecho de que, las organizaciones de servicios no pueden tener inventario de sus productos, deben tenerlo para la materia prima que usan para proporcionarlos. Estos materiales deben de pasar por varias transformaciones durante la provisión del servicio (**Chopra, 2008; Chase, 2005**).

Tal hecho define que, las unidades médicas deben de mantener un suministro adecuado de insumos, tanto para proporcionar el servicio a los derechohabientes como a los colaboradores.

### **3.5 El Transporte como actividad del movimiento**

Todo el mundo parece tener una idea más o menos clara de lo que es el transporte y cualquier persona asocia este término a la noción de desplazamiento. Sin embargo, son tantos y tan variados los modos en que se puede realizar este movimiento que parece no existir una unidad esencial que dé a esa actividad una base común.

No obstante, la unidad esencial existe y viene dada por el significado etimológico del mismo "transporte". Arturo Soria (1980) explica "*se llama transportar a llevar algo más allá de la frontera, natural o artificial, y justamente por donde hay un camino (...) atravesar una frontera no es en modo alguno un fenómeno accesorio al transporte, sino que es precisamente lo que según la etimología hace de un porte o movimiento cualquiera un trans-porte*".

**El transporte es una actividad integradora del territorio.** Permite el intercambio de bienes y servicios entre los habitantes, y de los habitantes mismos, de un espacio geográfico determinado cuyas fronteras son cada vez más amplias y flexibles. El transporte se relaciona con la economía, con la sociedad y con la naturaleza, por lo cual, en el desarrollo de su planeación, siempre ha requerido de datos, características y fuentes diversas (**Backhoff, 2005**).

Por tanto, el transporte muestra estar esencialmente unido a la idea de traspasar una frontera o límite y siendo, además, que la función de una frontera es la de delimitar un territorio, resulta evidente que, también en su origen, el transporte se une al concepto de espacio (**Cendrero, Truyols; 2008**).

En sentido amplio, "espacio" es una extensión, un área que, en su dimensión máxima, coincide con la totalidad de la superficie terrestre, pero que, en dimensiones más reducidas, equivale a una superficie cuyos límites deben previamente especificarse. Cuando para la fijación de estos límites se emplean elementos físicos, políticos o administrativos, cuyo trazado sobre un mapa no ofrece dudas, se puede ir subdividiendo sucesivamente, a distintas escalas, la vasta extensión de la superficie del planeta (**Seguí, Petrus; 1991**).

Así, se puede delimitar físicamente el espacio, circunscribiéndolo a los límites de un estado, una región o una ciudad; se tendrá entonces un espacio nacional, espacio regional o espacio urbano.

La concepción del espacio como algo relativo implica ahora, la aceptación de que, el espacio no es un mero marco de acción donde se desarrollaran los fenómenos, sino parte de los fenómenos mismos, ya que, no definen su posición en él, sino por el tipo de espacio que estos mismos fenómenos crean al interrelacionarse. Los campos de fuerzas que crean determinadas actividades humanas, las áreas de influencia generadas por las ciudades, los flujos que se transmiten de un punto a otro, se consideran variables explícitas del espacio geográfico. Así, el transporte ha dejado de ser algo circunstancial para convertirse en un mecanismo de control, no solo presente del territorio y sus habitantes, sino también a futuro (**Seguí, Petrus; 1991**).

En la actualidad, podemos decir que vivimos en un mundo sin distancias, lo cual obliga a reflexionar sobre el desplazamiento y el factor distancia en la doble perspectiva planteada: por un lado, la distancia espacial, que puede ser entendida en términos de distancia real(espacio absoluto) o de distancia espacio-temporal(espacio relativo), tal y como se observa en la evolución de la teoría de localización y, por otro, la distancia temporal que, dentro de la concepción del espacio relativo, abandona la teoría de localización para centrarse en la percepción (**Vallés, Hap; 1978**).

La distancia real (física) puede sustituirse por la distancia económica entre elementos de una jerarquía, de forma que, aquella puede no ser simétrica en los distintos casos jerárquicos. Cuando esto sucede, puede decirse que, la distancia socioeconómica entre niveles depende de la dirección del movimiento (**Daganzo, 1997**).

El concepto de movilidad y la necesidad de desplazamiento aparecen en un principio, ligados al modo de vida nómada que, obliga a los grupos humanos primitivos a trasladarse de un lugar a otro, en busca de los recursos necesarios para su supervivencia. El transporte, por tanto, supone un movimiento, pero no cualquier tipo de movimiento, supone la existencia de dos tipos de elementos, los de índole material o físicos y, los de índole espacio-temporal **(Seguí, Petrus; 1991)**.

Los de índole material o físicos se encuentran los contenidos *(aquello que es susceptible de transportarse)*; el material móvil *(aquello en lo que se transporta el contenido)* y la infraestructura *(el material fijo sobre el que se realiza el transporte o que sirve de soporte del mismo)*. Entre los de índole espacio-temporal se encuentra: el origen, el destino y la vía de enlace entre ambos *(trayecto o ruta)*. Estos elementos son los que hacen del transporte un tipo especial de desplazamiento, ya que, el fin de este desplazamiento que llamamos transporte, no es el movimiento en sí, sino el movimiento orientado desde-hacia un destino **(Seguí, Petrus; 1991)**.

La distancia espacio-temporal entre dos puntos, hoy día, ya no dependen de la carretera que los une, sino de la naturaleza de las redes, planificación y diseño de rutas a las que, cada uno pertenezca, en función de ellas, estarán lejos o cerca, ya que, éstas están creando una nueva estructuración social del espacio-tiempo **(Vallés, Hap; 1978)**.

La desreglamentación del transporte facilita una oferta más competitiva que se revela con un mejor cubrimiento del territorio con rutas alternativas, una diversificación de prestatarios y en particular, el acceso de estos a nuevas regiones, una mayor significación de servicio al cliente y, nuevas maneras de comercialización de los servicios, con descuentos por volumen y por frecuencias pre-programadas **(Cendrero, Truyols; 2008)**.

### **3.5.1 Características del transporte**

La expresión tecnología, ha sido escogida para denominar a todos los vehículos típicos del transporte urbano de personas y mercancías. El empleo de esta expresión convencional obedece a lo siguiente: en el presente, la variedad en los modos de transporte es considerable como quiera que se les mire. Los hay de todo tipo y capacidades, desde los más simples como los denominados "dos ruedas", hasta los más potentes y complejos porteadores, dando consigo a que, un servicio de transporte sea un conjunto que posee características y diferentes niveles de desempeño, que se adquieren a un determinado precio **(Backhoff, 2005)**.

Todos son transportes de pasajeros y mercancías que coexisten en las ciudades, aunque varios no se asocian a las denominaciones genéricas de vehículos, unidades o modos usuales, sólo en algunos. Si a esto se agrega que, ciertos de ellos comparte, además de los mismos nombres, funciones diversas, se podrá comprender que, para no incurrir en excesos u omisiones, se ha optado por agrupar a todos los que se llamarán modos legítimos del transporte dentro de una expresión común **(Hernández, 1997)**.

La tarea de elección en la opción de un servicio de transporte, no es tan intimidante como parece en un principio, debido a que, las circunstancias que rodean una situación particular de envío, muchas veces, reducen las opciones sólo a unas pocas posibilidades razonables (**Ballou, 2004**).

Aparte de los vehículos para transportar, se requieren de instalaciones fijas que, pueden ser utilizadas por los transportistas: redes viarias y ferroviarias, puertos, aeropuertos, servicios de comunicaciones, etc., todo esto constituye lo que se denomina infraestructura. Ligado al concepto de infraestructura y al nudo de la red de comunicaciones, se encuentra el llamado "hiterland", que es la zona geográfica que permite contactar con el exterior, a través, de dicho nudo (**Seguí, Petrus; 1991**).

La vialidad constituye la infraestructura del transporte; es su soporte y su albergue. Del apego que guarde el esquema viario con respecto a las necesidades de movimiento de la población y de su economía, dependerá la eficiencia del sistema de transporte; es por ello que, conviene tener bien presente la jerarquización y la topología de la red vial cuando se analizan o se diseñan los servicios de transporte (**Cendrero, Truyols; 2008**).

El esquema de la red vial de las ciudades, presenta una configuración jerarquizada; es decir, no todas las vías son iguales ni tienen la misma función urbana, las hay destinadas para el tránsito continuo de grandes volúmenes; hay otras que cubren la tarea de canalizar los flujos directamente; otras tienen funciones distribuidoras; y otras más, las de menor rango vial, son las que dan acceso a los domicilios. Jerárquicamente hablando, puede decirse que el sistema vial está integrado por:

- Las vías de acceso controlado.
- Las vías primarias.
- Las vías secundarias.
- Las calles locales (**Vallés, Hap; 1978**).

Además de estas vías, y a veces formando parte de algunos, pueden mencionarse otros tipos, cuya clasificación se apoya más en su función específica que en un orden jerárquico preestablecido. En ese contexto pueden citarse:

- Las vías o corredores de penetración, a menudo prolongación de los sistemas carreteros.
- Los circuitos o sistemas de libramiento, localizados casi siempre en los límites de la zona congestionada de la ciudad (**Vallés, Hap; 1978**).

Una cuestión muy importante que afecta directamente al transporte, es la localización geográfica de los puntos o nudos donde debe realizarse operaciones de carga-descarga, puntos de aprovisionamiento y almacenamiento. Puede ocurrir que, deban realizarse recogidas o entregas en distintas ubicaciones distanciadas entre sí, con lo que, en gran parte de la ruta del medio de transporte no está totalmente ocupado, no optimizado, por tanto, la disponibilidad de vehículos **(Daganzo, 1997)**.

### **3.5.2 La red de transporte y su participación en la economía**

La red de transporte es un conjunto de nodos y vínculos. El transporte se origina y termina en los nodos y viaja por los vínculos. En la mayoría de los medios de transporte, la infraestructura requiere, tanto de nodos como de vínculos. La mayor parte de la infraestructura de transporte es de propiedad pública y, se opera como un bien público en todo el mundo. La política de transporte establece las normas que rigen la cantidad de recursos nacionales que se destinarán a mejorar la infraestructura del transporte **(Seguí Pons, Petrus Bey; 1991)**.

Por tal definición, las redes de transporte constituyen el sistema arterial de la organización regional, es decir, su estructura, posibilitando la circulación de los flujos, tanto de mercancías, de personas, como de información. La base de la noción de red, descansa en los conceptos de diversidad y heterogeneidad territorial en la distribución de los puntos de producción y, consumo de bienes y servicios **(Robusté, 2005)**.

Tomando en consideración lo antes mencionado, se puede decir que, la red de transporte es el conjunto de modos de transporte, ubicaciones y rutas que se usan para enviar un producto solicitado, del cual se tiene que decidir si, el transporte desde la fuente de suministro será directo al punto de demanda o pasará por puntos de consolidación intermedios **(Gutiérrez, 1998)**.

Los canales de enlace entre los focos de generación y de atracción de flujos, los constituyen las vías de transporte y de comunicación. En la interrelación establecida entre los puntos, los canales de circulación y, los flujos que por ellos transcurren, se encuentra la noción de red **(Seguí, Petrus; 1991)**.

Las redes de transporte y comunicación, se encuentran fuertemente imbricadas con los territorios a los que articulan y son a su vez, expresión y consecuencia de las interrelaciones de aquellas que mantienen con los sistemas socioeconómicos.

Los primeros estudios de aplicación metodológica de la teoría de grafos, una de las ramas de la topología desarrollada por el matemático Euler en el siglo XVIII, permitió conocer, con base a unos datos parciales, qué aspecto tiene la estructura completa de la red o su desarrollo. Permitiendo, además de identificar problemas geográficos a partir de las relaciones entre los asentamientos y las redes de transporte, en función de la propiedad topológica, su conectividad, y no de sus dimensiones. Los resultados de este tipo de análisis, utilizados para la planificación, permite potenciar nodos a través de las mejoras en las conexiones de la red **(Herce, 2009)**.

Los nodos o vértices de la red pueden constituirse por los puntos de origen y destino de los intercambios (ciudades, puertos, aeropuertos o centros de zona, denominados centroides, a los que se les atribuye las características del área que representan). Los arcos o aristas se identifican con las rutas, tanto si tienen una estructura física de soporte (terrestres) como si no cuentan con ella (marítimas, aéreas, o las referidas a todo tipo de flujos invisibles, como son los de telecomunicación y telemática), o con los flujos (pasajeros, mercancías, flujos telemáticos...) que por ellas circulan, cuando se trata de redes valoradas **(Backhoff, 2005)**.

Las medidas de conexión permiten, determinar el grado de comunicación recíproca entre los distintos vértices y, tienen especial interés, si se analizan a través del tiempo, ya que, el incremento de las comunicaciones guarda estrecha relación con la demanda de nuevas líneas.

El estudio de las relaciones entre las redes de transporte y la actividad económica puede abordarse desde una doble perspectiva. Por un lado, desentrañar cuál es la red de intercambios comerciales, a través de la cual se establecen las relaciones entre los centros productores y receptores y, por otro, analizar la estructura espacial de dicha red y, la función que desempeñan en ella los sistemas de transporte **(Camagni, 2004)**.

El papel del transporte en el desarrollo económico, ha sido fundamentalmente el de disminuir el efecto siempre perturbador de la distancia, ya que, al ganar en velocidad, ha permitido aumentar el área accesible, incrementando el poder de las empresas pues, al ampliar sus posibles mercados, les ha permitido reducir precios **(Vallés, Hap; 1978)**.

En el transporte terrestre de mercancías, la carretera sigue captando el porcentaje más elevado de la demanda. El índice de miles de millones de toneladas por kilómetro arroja un claro balance a favor de otros modos de transporte, como el ferrocarril o las vías navegables **(Anaya, 2009)**.

Por su parte, el índice de vehículos/100 habitantes de cada país, depende en buena parte de la existencia de una actividad económica y comercial elevada, así como, de un mercado de consumo que, amplía progresivamente, tanto la gama de productos demandados como su volumen. No obstante, no solo las variables demográficas y el nivel de renta son las que condicionan la movilidad de las mercancías por carreteras; más importante es la existencia de una red viaria suficientemente densa y bien conectada **(Seguí, Petrus; 1991)**.

No obstante, se precisa que, aunque generalmente la relación de vehículos/100 habitantes coincida con países que cuentan con una alta densidad de una red básica o de autopista, no significa en todos los casos, que los volúmenes de mercancías sea también elevados, ni que el tráfico utilice por igual toda la red. Esto hace que las rutas de transporte de mercancías sean trazadas buscando los recorridos terrestres mínimos en tiempo, costos y vías no saturadas **(Seguí, Petrus; 1991)**.

### **3.6 El Transporte: eslabón de la cadena suministro**

Todo movimiento, humano o de bienes económicos, responden a un propósito que, a menudo trasciende la intención original. Por tanto, el transporte es considerado como la actividad fundamental que permite el desarrollo social y económico en una zona geográfica, ya que, involucra el movimiento de mercancías e individuos de un punto de origen a uno o varios destinos en particular **(Anaya, 2009)**.

La acción de transportar no es una actividad que se desarrolle de una manera aislada o independiente de todo ambiente. Para que se consume el transporte tiene que estar presentes ciertos hechos o componentes que lo condicionan. Tales condicionantes establecen un entorno o se identifican con él.

- Debe existir al menos una persona u objeto a transportar.
- Debe haber un motivo o razón para que el acto se realice.
- Deben de estar perfectamente definidos, tanto el origen como el destino del movimiento, así como un canal de comunicación, que haga posible tal movimiento.
- Podrían estar definidos o especificados el o los modos de transporte que hubieran de emplearse en el traslado **(Robusté, 2005)**.

Por medio de la transportación, los productos se mueven a lo largo de las diferentes etapas de la cadena de suministro. El transporte ha tenido un gran impacto tanto en la capacidad de respuesta como en la eficiencia. La transportación rápida permite que, la cadena tenga mayor capacidad de respuesta pero reduce su eficiencia. Asimismo, el tipo de transporte que se utiliza afecta al inventario y la ubicación de las instalaciones **(Ballou, 2004)**.

Debido a que la compañía puede emplear tanto el inventario como la transportación para incrementar la capacidad de respuesta o la eficiencia, la decisión óptima para la compañía con frecuencia significa, encontrar el equilibrio adecuado entre ambas **(Chase, Aquilano; 2005)**.

La actividad del transporte se incluye en el sistema conocido como logística dentro de la cadena de suministro, ya que, consiste en colocar los productos de importancia en el momento preciso y en el destino deseado. La organización de esta actividad supone, la selección del medio más adecuado (terrestre, marítimo y aéreo) junto con la programación temporal de rutas **(Castellanos, 2009)**.

En la función de transporte, es necesario tomar las medidas de protección adecuadas para la mercancía mediante la correcta manipulación de la misma, y además, el adecuado almacenamiento, envasado y embalaje. El envase permite contener el producto a la vez que puede diseñarse con un fin comercial, llamándolo el "vendedor silencioso". Sin embargo, el embalaje tiene por finalidad la protección contra los riesgos derivados de las funciones almacenaje y transporte **(Soret, 2006)**.

Las cadenas de suministro, emplean el transporte como capacidad de respuesta para centralizar los inventarios y operar con pocas instalaciones. El expedidor es la parte que requiere que se mueva el producto entre los puntos de la cadena de suministro (aprovisionamiento, producción y distribución). El transportista es la parte que mueve o transporta el producto **(Chopra, 2008)**.

Existen otras dos partes que tienen un impacto significativo en el transporte. Por un lado están los propietarios y operadores de la infraestructura de transporte y, por el otro lado, los órganos que establecen la política de transporte en todo el mundo. Las acciones de los cuatro participantes influyen en la eficacia del transporte. Para entender el transporte en una cadena de suministro es importante considerar la perspectiva de los cuatro participantes **(Hernández, 1997)**.

### **3.6.1 La función del transporte en el sistema de distribución**

La función del transporte se ocupa de todas las actividades relacionadas directa o indirectamente con la necesidad de situar los productos en los puntos de destino correspondientes, de acuerdo con las condicionantes de seguridad, rapidez y costo. También está relacionada con diferentes aspectos, desde el punto de vista jurídico, como técnico-económico o logístico **(Anaya, 2009)**.

Desde el punto de vista funcional, atendiendo la actividad de la cadena logística de distribución, el transporte suele clasificarse en:

- Transporte primario, que es el que, habitualmente se realiza entre los proveedores y fabricantes para el abastecimiento de materiales y/o productos semi-elaborados.
- Transporte de aproximación, que es el que tiene como misión, abastecer de mercancías desde almacenes fabriles, centrales o reguladores a almacenes regionales o periféricos mediante procesos periódicos de reposición de los stocks.
- Transporte de distribución que es el que, atiende día a día los pedidos de los clientes, y que suele realizarse normalmente con flota ligera **(Soret, 2004)**.

El transporte de mercancías es una función de extrema importancia dentro del mundo de la distribución, ya que en él están involucrados fundamentalmente tres aspectos básicos, tales como la calidad del servicio que se da a los clientes, costos que se añaden al producto de difícil recuperación e inversiones de capital requeridos **(Anaya, 2009)**.

En efecto, el hombre necesita desplazarse para poder efectuar comunicación entre sí y cumplir sus funciones dentro de la comunidad, a la vez las necesidades económicas imponen el desplazamiento de las mercancías; pues bien, para ello es preciso salvar determinadas distancias, pero como éstas no se pueden reducir, la humanidad se ha esforzado en acortar los tiempos de desplazamiento mediante el transporte. De esta forma, el tiempo de viaje de personas o mercancías toma una importancia vital, pues según cuál sea éste, el transporte será de mayor o menor utilidad **(Vallés, Hap; 1978)**.

Las facilidades de transporte permiten establecer cadenas de transporte modales, intermodales y multimodales. Las cambiantes características de la oferta, y en particular de la calidad de servicio, exigen un proceso continuo de toma de decisiones en la gestión del tráfico en sistemas logísticos **(Seguí, Petrus; 1991)**.

Esta función también permite la extensión de la economía del sector productivo y, el aumento de su productividad. Participa en la modificación funcional de los procesos de producción, mediante la alternación de los costos de factores relativos y, reduce el costo integral por las variaciones de conceptos **(Camagni, 2004)**.

Así mismo, disminuye la cantidad de horas/hombre por producto fabricado y reduce los costos de inventario, capital, intereses y obsolescencia, por lo tanto, aumenta los costos de expedición, e incluso, puede tener tal incidencia que modifica los modos de producción **(Robusté, 2005)**.

Para la determinación del transporte, es necesario contar con un conocimiento y análisis de los componentes del sistema de transporte, tales como modo, medios e infraestructura. Implicando un requerimiento de análisis de la naturaleza del tráfico (características físicas y económicas de las mercancías, afinidad con los modos de transporte, volumen que se va a transportar, distancia de recorrido origen-destino) **(Seguí, Petrus; 1991)**.

Una vez determinado el transporte, se añade el llamado tiempo de transporte, no se refiere al transporte físico del producto (mercancía en tránsito), sino al período comprendido desde que la mercancía está dispuesta en los muelles para su carga hasta que el producto físicamente es descargado en el lugar de destino, lo cual incluye necesariamente, conceptos tales como tiempos de espera, carga/descarga de vehículos, paros en rutas, transbordos, etc. **(Soret, 2006)**.

El transporte puede ser visto como un medio para un fin, es decir, la forma en que se hace la logística, pero también, por sí mismo, es una industria importante.

### **3.6.2 Modo de transporte terrestre: Vehículo**

Se entiende por modo de transporte, a los diferentes medios empleados para el traslado físico de mercancías, desde el punto de origen al punto destino. Al igual que, es la forma en que el producto se mueve de un sitio a otro en la cadena de suministro, particularmente en la actividad de aprovisionamiento, producción y distribución **(Anaya, 2009)**.

El planteamiento del transporte significa la selección del modo que se va a utilizar, bajo la comprensión de tres principios claves:

- **Velocidad.** Es la capacidad de ir desde el origen hasta el destino tan rápido como se pueda.
- **Consistencia.** Es la capacidad de hacer que los envíos lleguen siempre al mismo tiempo. Una consecuencia importante de la consistencia son los requerimientos de inventario.
- **Control.** Es la capacidad de hacer cambios antes y durante el transporte (**Soret, 2006**).

La eficacia de cualquier medio de transporte, se ve afectada por las inversiones en equipo y las decisiones de operación del transportista, así como, por la infraestructura disponible y las políticas de transporte. El principal objetivo del transportista es, asegurar un buen uso de sus activos, al tiempo que, proporciona a los clientes un nivel de servicio aceptable. Sus decisiones se ven afectadas por el costo del equipo, el costo fijo de operación, el costo variable de operación, la capacidad de respuesta que el transportista pretende proporcionar a su segmento de meta y los precios que el mercado pagará (**Castellanos, 2009**).

Desde un punto de vista operativo, el transporte puede clasificarse en:

- Transporte uni-modal, cuando para la ejecución del servicio se utiliza únicamente un solo medio de transporte, en el cual, solo intervienen contractualmente el cargador y el transportista.
- Transporte inter-modal, cuando intervienen más de un modo de transporte, normalmente dos, sin embargo hay solo un principal, que es el protagonista del servicio, teniendo los otros, únicamente, el carácter de accesorios para atender a necesidades puntuales o estratégicas del transporte principal.
- Transporte multi-modal, cuando utiliza varios modos de transporte, que se coordinan a través de un operador de transporte, que es el que busca la combinación de transporte más eficiente en términos de tiempo y economía, para ejecutar el servicio contratado (**Hernández, 1997**).

En otro orden de ideas, se habla de transporte combinado, cuando se realiza en varios modos, pero se mantiene la unidad de transporte: el contenedor. Por el contrario, se habla de transporte segmentado, aquel que se realiza en varios modos, sin embargo, cada uno dirige su operación. Normalmente se dan procesos de transporte en los que no existe una planificación previa (**Seguí, Petrus; 1991**).

La mayor parte de las regiones en desarrollo se encuentran intercomunicadas con los países industrializados por medio de redes carreteras, pero debido a la falta de un comercio bien desarrollado y vigoroso, en algunos países, sólo existe un sistema de transporte de carga internacional, debido a la debilidad de sus intercambios internacionales y a que, no hay suficiente carga de retorno que estimule el surgimiento de nuevas compañías de transporte (**Castellanos, 2009**).

El transporte por carretera puede ser nacional o internacional, siendo el criterio para su distinción, en que el primero tiene el origen y el destino en el territorio nacional en donde se efectúa la operación, mientras que en el segundo, al menos uno de los dos tiene lugar fuera del territorio nacional **(Seguí, Petrus; 1991)**.

Tanto para mercancías como para viajeros, es la carretera el modo de transporte preponderante con una gran diferencia con respecto a los otros modos. La ventaja principal en el modo por carretera, se deriva de la utilización de una infraestructura vial universal y de uso público, donde prácticamente se puede acceder a cualquier punto, desde el origen de la carga sin necesidad de efectuar transbordos, lo que hace que, la distribución nacional sea el sistema más generalizado, permitiendo, además de una gran movilidad, la posibilidad de efectuar el transporte puerta a puerta sin necesidad de trasbordo **(Castellanos, 2009)**.

En el transporte por carretera se utiliza una extensa gama de vehículos, desde pequeñas furgonetas con una capacidad de unos 500 Kg, hasta los grandes camiones rígidos o articulados capaces de transportar más de 25Tn de carga útil. Por otra parte, el personal necesario en la conducción del vehículo, a igualdad de volumen transportado, es mayor por carretera. Como a ello se une el hecho de que, las resistencias al avance son mayores, el costo de funcionamiento de los vehículos por unidad de transporte es mayor que en otros modos **(Robusté, 2005)**.

Las ventajas inherentes del transporte por vehículo son su servicio puerta a puerta, implica que no hay carga ni descarga entre el origen y el destino, su frecuencia y disponibilidad de servicio, y su velocidad. Una de las desventajas más relevantes de éste modo de transporte, es la gran dependencia al precio del combustible en cuanto al costo de transporte se refiere **(Cendrero, Truyols; 2008)**.

La transportación por vehículo, ofrece también, servicios como transportistas por contrato, los cuales no se contratan para servir a todos los consignatarios, como lo hacen los transportistas por contrato. Los consignatarios realizan el arreglo contractual para obtener un servicio que atienda mejor a sus necesidades particulares, sin incurrir en el gasto de capital y problemas administrativos relacionados con la propiedad de una flota de camiones **(Robusté, 2005)**.

Los vehículos tienen la particularidad de no poder manejar todos los tipos de carga en comparación con el tren; principalmente, debido a las restricciones de seguridad en las autopistas, que limitan las dimensiones y peso de los envíos. Aunque el transporte de carga en vehículo es más caro que el envío por ferrocarril, ofrece la ventaja de una entrega a domicilio y en un tiempo más corto. También tiene la ventaja de que no se requiere transferencia alguna entre el punto de origen y destino **(Hernández, 1997)**.

El transporte se considera a carga completa (TL, Total Load), cuando desde la recepción hasta su entrega, no se precisa intervención u operaciones complementarias. Por el contrario, se habla de carga fraccionada (LTL, Less Than Truckload), aquel que precisa de actividades previas o complementarias inherentes al carácter fragmentario de la mercancía **(Robusté, 2005)**.

En cuanto a los costos fijos, son menores , ya que no existe el derecho de propiedad sobre las vías que circulan. Por otro lado, los costos variables tienden a ser altos debido a que, la construcción y mantenimiento de las autopistas se cobran a los usuarios en forma de impuestos, de combustibles, peaje e impuestos por la relación peso-kilometraje **(Robusté, 2005)**.

### **3.7. El problema de transporte**

Existe una amplia variedad de aplicaciones de programación lineal. Entre los tipos de problemas, particularmente importantes se encuentran los problemas de transporte y asignación **(Gomollón, 1996)**.

Sin embargo, el problema de transporte ha encontrado aplicaciones en las que, aunque no se realiza ningún transporte físico real, su planteamiento conduce a un problema de transporte.

El problema general de transporte o de Hitckock se refiera a la distribución de un determinado bien, el cual desde un punto de vista económico puede ser un producto terminado, una materia prima, etc., desde cualquier grupo de centros de abastecimiento u oferentes, llamados orígenes, a cualquier grupo de centros de recepción o demanda llamados destinos, situados en distintas zonas geográficas **(Castellanos, 2009)**.

A excepción de la cantidad disponible, la asignación de las cantidades de mercancía a cada uno de los destinos no es una restricción. Esto quiere decir, que teóricamente cada uno de los orígenes puede proveer todo, parte o nada de su oferta, para satisfacer la demanda de los destinos **(Moya, 1990)**.

El objetivo del modelo de transporte es asignar la oferta disponible a cada uno de los orígenes, de tal manera que se optimice algún criterio de efectividad, para satisfacer la demanda de cada uno de los destinos.

#### **3.7.1 Características del problema de transporte**

La primera característica del problema de transporte es la solución entera que proporciona, ya que, aquellos problemas en que los orígenes y los destinos sean enteros, las variables de decisión  $c_{i,j}$  tienen valores enteros para cualquier solución básica, incluida la solución óptima **(Fernández, Fonollosa, Sllán, Suñe; 2005)**.

Otra característica, es la relativa a la existencia de solución. La condición necesaria y suficiente para que un problema de transporte tenga solución factible, es que éste sea un problema equilibrado: las cantidades disponibles en los orígenes debe ser igual a las cantidades demandadas de los destinos **(Soret, 2004)**.

Aunque existe la posibilidad de que, la disponibilidad de recursos en los orígenes sea mayor a la demanda de los destinos, por lo cual, no es necesario transportar todos los recursos, y así, encontrar una solución factible a este problema, en primera instancia se necesita equilibrar el problema añadiendo un destino ficticio de demanda (**Winston, 2005**).

Existe otra posibilidad de que los recursos en los orígenes son inferiores a las demandas de los destinos. Aunque, formalmente, el problema no tenga solución, se puede encontrar la forma de transportar el máximo posible de recursos del origen al destino, nuevamente se tendrá que equilibrar el problema, pero ahora añadiendo un origen ficticio, que representara la demanda que no se ha podido satisfacer en los destinos, y así encontrar la solución factible (**Fernández, Fonollosa, Sllán, Suñe; 2005**).

### 3.7.2 Formulación general del problema de transporte

Un problema de transporte queda definido de la siguiente forma:

- Un conjunto de  $m$  puntos de oferta. Cada punto de oferta  $i$  tiene asociado una oferta  $s_i$ .
- Un conjunto de  $n$  puntos de demanda. Cada punto de demanda  $j$  tiene asociada una demanda  $d_j$ .
- Cada unidad enviada desde un punto de oferta  $i$  a un punto de demanda  $j$  tiene un costo unitario de transporte  $c_{i,j}$  (**Castellanos, 2009**).

Considerar:

$x_{i,j}$  = número de unidades enviadas desde el punto de oferta  $i$  al punto de demanda  $j$ .

Después, la formulación general del problema de transporte queda:

$$\text{Min} \sum_{i=1}^{i=m} \sum_{j=1}^{j=n} c_{i,j} x_{i,j}$$

Sujeto a:

$$\sum_{j=1}^{j=n} x_{i,j} = s_i, \quad (i = 1, \dots, m)$$

(Restricciones de oferta)

$$\sum_{i=1}^{i=m} x_{i,j} = d_j, \quad (j = 1, \dots, n)$$

(Restricciones de demanda)

$$x_{i,j} \geq 0, \quad (i = 1, \dots, m; j = 1, \dots, n)$$

(Restricciones de no negatividad de las variables de decisión)

En general, se puede ampliar el problema de transporte a otras áreas de operación, como el control de inventarios, la programación de tareas y la asignación de personal. Aunque el problema de transporte se puede resolver como una programación lineal normal, su estructura especial permite desarrollar un algoritmo de cómputo, basado en el método Simplex.

## Capítulo IV Estrategia de distribución: Ecatepec de Morelos

---

En este capítulo se presentan los procedimientos que permiten diseñar la estrategia de distribución de los bienes de consumo para los ocho tipos de unidades médicas del municipio de Ecatepec de Morelos con una flota vehicular heterogénea.

Para dar inicio al diseño, se plantearon las siguientes interrogantes para el tipo de carga seca que se transporta:

1. *¿Cuántos y de qué tipo de vehículos se necesitan para visitar a una unidad médica?*
2. *La capacidad en toneladas de la flota vehicular, ¿cubre la demanda actual y la requerida por las unidades médicas?*
3. *¿Qué capacidad en toneladas se requiere, primero, para cumplir con la demanda actual, y segundo, con la requerida?*
4. *¿Con cuántos y de qué tipo deben ser los vehículos adicionales para cumplir la demanda de cada unidad médica?*
5. *¿Cuál es el criterio para asignar la nueva flota vehicular?*
6. *¿Cuál es la asignación de la demanda a los vehículos para la distribución?*

Es por esto que, para la estrategia de distribución, específicamente para las unidades médicas del municipio de Ecatepec de Morelos, su diseño constará de tres fases:

- La fase I responde a las preguntas 1, 2, 3, 4, y 5, las cuales son reveladas a través de resolver el problema de transporte para la distribución de la demanda actual y la requerida, así como determinar la flota vehicular necesaria solo para la carga seca.
- La fase II responde a las preguntas 2, 3, y 4, las cuales son reveladas a través del análisis de la demanda actual y la requerida de la carga fría.
- La Fase III responde a la pregunta 6, la cual es determinada al aplicar el modelo de transporte para satisfacer de la demanda.

### 4.1 Delegación Estado de México Oriente: Ecatepec de Morelos

El diseño de la estrategia de distribución se desarrolló para los ocho tipos unidades médicas del municipio de Ecatepec de Morelos, las cuales forman parte de la Delegación Estado de México Oriente del IMSS, donde dicha delegación también cuenta con un almacén de abasto delegacional. **(Ver Anexo, Mapa 2)**

Con la finalidad de mejorar el nivel de abasto de dichas unidades médicas, y de igual manera, incrementar el nivel de evaluación del almacén delegacional, se dispone de una flota de 56 vehículos con características heterogéneas, con los cuales se debe entregar a cada unidad médica la totalidad de la demanda solicitada. De estos 56 vehículos, 49 son para transportar carga seca, y los 7 restantes son empleados para transportar la carga fría, todos descritos en el capítulo I.

La totalidad de la demanda solicitada por las unidades médicas, representa el factor de consumo, que a su vez, indica el grado de prioridad con el que se debe de realizar la entrega de los bienes, el cual debe de estar integrado a la ruta de distribución, mismo que, contribuirá a elevar el nivel de evaluación del almacén delegacional.

A continuación, en las tablas 6,7,8 y 9 se detallan los factores de consumo, así como la demanda actual y la requerida en toneladas de carga seca y carga fría, para los ocho tipos de unidades médicas:

Unidad médica	Factor de consumo actual	Demanda actual en toneladas: carga seca
<b>U.M.F. No. 93</b>	<b>1.74</b>	38.85
<b>U.M.F. No. 92</b>	<b>2.39</b>	48.13
<b>U.M.F. No. 77</b>	<b>2.39</b>	84.19
<b>U.M.F. No. 67</b>	<b>0.85</b>	14.88
<b>U.M.F. No. 191</b>	<b>0.53</b>	9.16
<b>H.G.R. No. 196</b>	<b>3.96</b>	15.84
<b>H.G.Z. No. 76</b>	<b>3.67</b>	29.39
<b>H.G.Z. No. 68</b>	<b>7.83</b>	47.33

**Tabla 6** Factor de consumo y demanda actual: carga seca.

**Fuente:** Elaboración propia con base en datos del IMSS.

Unidad médica	Factor de consumo actual	Demanda actual en toneladas: carga fría
U.M.F. No. 93	1.74	2.67
U.M.F. No. 92	2.39	2.68
U.M.F. No. 77	2.39	2.89
U.M.F. No. 67	0.85	2.70
U.M.F. No. 191	0.53	2.70
H.G.R. No. 196	3.96	2.68
H.G.Z. No. 76	3.67	2.68
H.G.Z. No. 68	7.83	2.68

**Tabla 7** Factor de consumo y demanda actual: carga fría.  
**Fuente:** Elaboración propia con base en datos del IMSS.

Unidad médica	Factor de consumo requerido	Demanda requerida en toneladas: carga seca
U.M.F. No. 93	2.13	51
U.M.F. No. 92	3.06	63
U.M.F. No. 77	2.7	97
U.M.F. No. 67	1.06	19
U.M.F. No. 191	0.68	12
H.G.R. No. 196	8.38	29
H.G.Z. No. 76	4.39	35
H.G.Z. No. 68	9.16	55

**Tabla 8** Factor de consumo y demanda requerida: carga seca.  
**Fuente:** Elaboración propia con base en datos del IMSS.

Unidad médica	Factor de consumo requerido	Demanda requerida en toneladas: carga fría
U.M.F. No. 93	2.13	3
U.M.F. No. 92	3.06	3
U.M.F. No. 77	2.7	3
U.M.F. No. 67	1.06	3
U.M.F. No. 191	0.68	3
H.G.R. No. 196	8.38	5
H.G.Z. No. 76	4.39	3
H.G.Z. No. 68	9.16	3

**Tabla 9** Factor de consumo y demanda requerida: carga fría.

**Fuente:** Elaboración propia con base en datos del IMSS.

La investigación revela que, para la carga seca, la demanda actual solicitada es de 287.77 toneladas, y que, para la demanda requerida es de 361 toneladas, la cual no es satisfecha por la flota vehicular actual, ya que ésta cuenta con una capacidad de 171 toneladas distribuidas en los 49 tipos de vehículos disponibles, por tanto, ninguna de las dos demandas puede cubrirse con dicha flota vehicular.

Para el caso de la carga fría, la demanda actual es de 21.68 toneladas y para la demanda requerida es de 26 toneladas, donde la demanda actual es cubierta en su totalidad, dado que se cuenta con una capacidad disponible de 24.5 toneladas, distribuidas en los 7 vehículos tipo thermoking, solo faltaría cubrir el resto de la demanda requerida de la carga fría por las unidades médicas.

En lo que respecta a la asignación de la demanda, los tres tipos de vehículos para transportar la carga seca no presentan restricción alguna con respecto a su asignación, es decir, los tres tipos de vehículos pueden visitar todas las unidades médicas, siempre y cuando se entregue la totalidad de dicha demanda. Y para los vehículos tipo thermoking, existe la restricción de que solo pueden transportar la carga fría, pero de igual manera tienen que visitar a cada una de las unidades médicas.

Para el ruteo y la distribución de la carga seca y fría, la flota vehicular parte del almacén delegacional a los ocho tipos de unidades médicas, se incluyen que estos deben de circular por vías rápidas y principales, y solo por vías secundarias, si es el caso, para acceder a la unidad médica, dado que, transportan bienes de consumo de tipo terapéutico y de tipo no terapéutico de uso exclusivo para el sector salud. **(Ver Anexo, Mapa 3)**

## 4.2 Algoritmo de solución método simplex de transporte

**WinQsb** es un paquete de software que ayuda a la toma de decisiones que contiene los algoritmos más populares para la solución de problemas de técnicas cuantitativas en el campo de la investigación operativa. El sistema está formado por distintos módulos, uno para cada tipo de modelo o problema, entre ellos el módulo de **Network Modeling**.

En el módulo Network Modeling de WinQsb incluye siete programas fundamentales para el tratamiento de los problemas que involucran redes con el fin de optimizar el uso de algún recurso, generalmente tratándose de la minimización de costos, tiempo o la maximización del flujo a través de una red.

Uno de estos siete programas es el **Transportation Problem** que resuelve los problemas de transporte, donde un nodo fuente o de suministro queda definido por la salida de flujo, un nodo destino o sumidero queda definido por la entrada de flujo. Las capacidades o las demandas se suponen con valores requeridos (coeficientes de costos o beneficios).

El Transportation Problem, pertenece a una de las tantas aplicaciones de la programación lineal, donde una vez ingresado un problema, automáticamente el programa convierte a éste en un problema de transporte y lo resuelve usando el **método Simplex de Transporte**, para su **solución óptima**.

Para un nodo fuente o destino, el flujo de abastecimiento o demanda debe ser un número real positivo. Para un nodo de transbordo, el flujo de abastecimiento se ingresa como un número positivo, mientras que, el flujo de demanda se ingresa como un número negativo.

Para el ingreso de los coeficientes de costo/beneficio por transporte, deberá ingresarse un número muy grande positivo/negativo o  $+M/-M$ , para representar el arco no dirigido (flujo) entre dos nodos. cuando se usa el formato de matriz de hoja de cálculo.

Otro aspecto importante de este programa es, cuando la demanda total no es igual al abastecimiento, automáticamente el programa agrega un nodo de abastecimiento o demanda artificial.

Cuando se resuelve un problema, se pueden visualizar todas las iteraciones del método Simplex de Transporte. Si el tamaño del problema es  $M < 5$  y  $N < 6$ , donde M es el número total de fuentes, y N es el número total de puntos de destino. La ruta seguida aparecerá resaltada y se encuentra la base (en una celda captadora).

El programa por default emplea para encontrar la solución inicial el método de **Mínimo Renglón**, aunque también se puede utilizar los métodos heurísticos como el método de aproximación de Vogel y el método de la Esquina Noroeste.

A continuación, se expone el algoritmo de solución del método Simplex de transporte aplicado por el software WinQsb.

**Paso 1** *Si el problema no está balanceado, balancearlo. Construir el tableau de transporte.*

**Paso 2** *Encontrar una solución inicial factible por el método de Mínimo Renglón, Esquina Noroeste o el de Vogel. Verificar las  $m + n - 1$  asignaciones y completarlas si es necesario.*

**Paso 3** *Plantear y resolver el sistema que se obtiene a través de:*

- *Definir para cada fila del tableau la variable  $u_i$  con  $(i = 1...m)$*
- *Definir para cada columna del tableau la variable  $v_j$  con  $(j = 1...n)$*
- *Plantear para cada casilla asignada la ecuación  $u_i + v_j = c_{i,j}$ . Donde  $c_{i,j}$  es el costo unitario asociado a la casilla  $i - j$ .*
- *Asignar un valor arbitrario a una de las variables, por ejemplo  $u_i = 0$*

**Paso 4** *Calcular en todas las casillas no asignadas (no básicas)  $e_{i,j} = c_{i,j} - u_i - v_j$ .*

*Si todos los  $e_{i,j} \geq 0$  se ha encontrado el óptimo, Si existe algún  $e_{i,j} < 0$ , incorporar la variable con menor  $e_{i,j}$  siempre y cuando pueda formar un loop, en dicho caso, asignar el mayor valor posible de modo de mantener las variables basales mayores o iguales a cero.*

**Paso 5** *Si la solución no es la óptima, emplear la solución del paso anterior para volver a plantear y resolver el sistema (Paso 3). Seguir al Paso 4.*

La variable  $e_{i,j}$  representa el aporte neto unitario de la incorporación de la variable  $i - j$  a la base. Por lo tanto, si el problema es de maximización, la solución será óptima si todos los  $e_{i,j} < 0$ . En caso contrario, se ingresa a la base la variable con mayor  $e_{i,j}$  que pueda formar un loop.

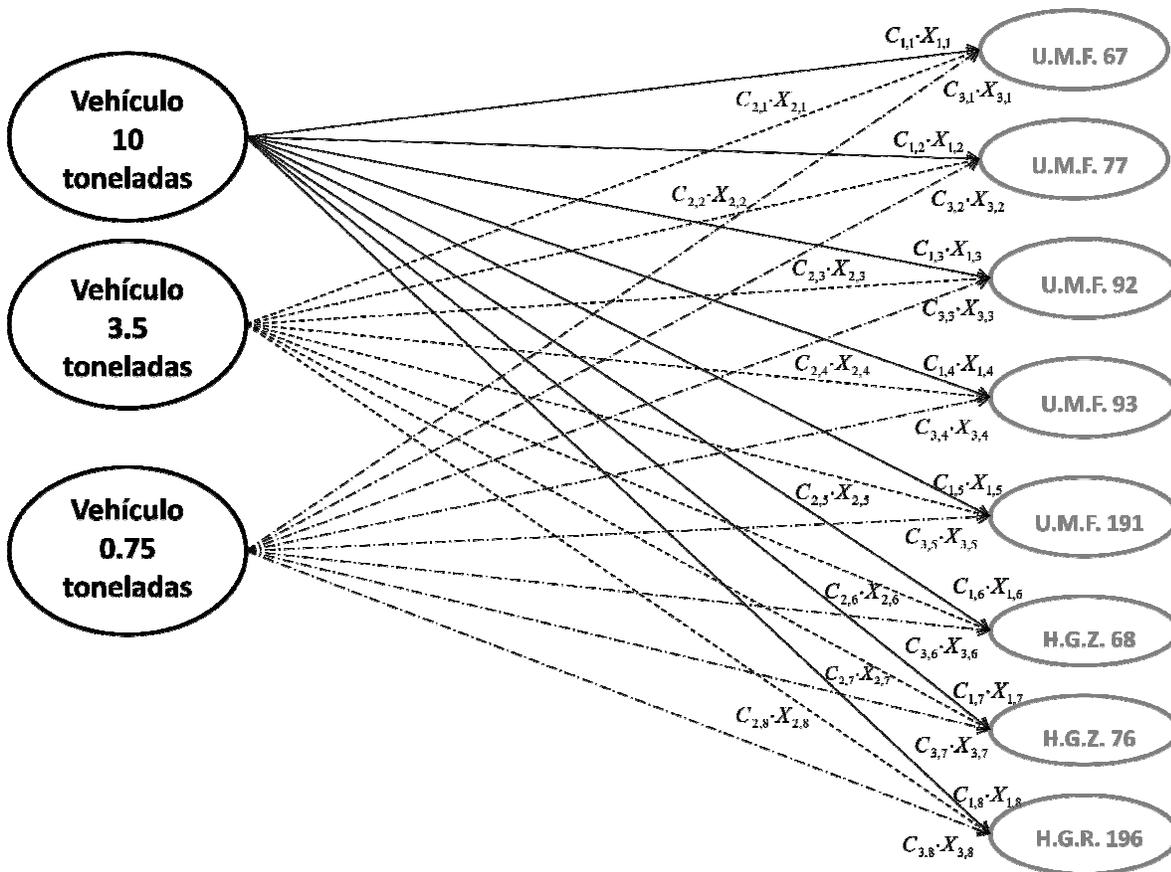
En el caso de que, al emplear uno de los métodos para obtener una solución inicial falten dos o más asignaciones para completar las  $m+n-1$  asignaciones requeridas, los ceros deben ser ubicados de tal forma que, sea suficiente dar sólo un valor arbitrario a las variables del sistema asociado a la asignación para poder resolverlo completamente.

### 4.3 Formulación matemática para el problema de transporte

Los tres tipos de vehículos disponibles para transportar la carga seca se encargan de distribuir a los ocho tipos de unidades médicas que se encuentran en el municipio de Ecatepec de Morelos, como se muestra en la figura, donde:

$c_{i,j}$  = costo unitario asociado con el vehículo  $i$  – ésimo ( $i = 1,2,3$ )  
a la unidad médica  $j$  – ésimo ( $j = 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8$ )

$x_{i,j}$  = toneladas a enviar con el vehículo  $i$  – ésimo ( $i = 1,2,3$ )  
a la unidad médica  $j$  – ésimo ( $j = 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8$ )



**Figura 6** Representación gráfica del problema de transporte.

**Fuente:** Elaboración propia.

La capacidad en toneladas disponibles, la demanda actual y la requerida de cada unidad médica en toneladas, y los costos unitarios de transporte, que en este caso es, el factor de consumo, se describirán en los siguientes apartados para resolver la fase I del problema.

#### 4.3.1 Demanda actual: Carga seca

Para formular el problema de transporte para la carga seca actual, el almacén delegacional debe determinar, cuántas toneladas se deben enviar a cada unidad médica, con un número y tipo determinado de vehículos.

La tabla 10 muestra que el problema de transporte no está en equilibrio, dado que la demanda actual solicitada por la unidades médicas es de 287.77 toneladas contra las 171 toneladas en capacidad disponible por la actual flota vehicular. Demostrando que no se satisface la demanda, por tanto, no se puede resolver el problema de transporte dado que es un modelo no balanceado.

Dicha tabla, muestra los factores de consumo actual, que se obtuvieron con base en el análisis histórico de los envíos hechos a las unidades médicas.

Tonelaje actual									
Unidad médica									
Tipo de vehículos	U.M.F. No. 93	U.M.F. No. 92	U.M.F. No. 77	U.M.F. No. 67	U.M.F. No. 191	H.G.R. No. 196	H.G.Z. No. 76	H.G.Z. No. 68	Toneladas disponibles
10 toneladas	1.74	2.39	2.39	0.85	0.53	3.96	3.67	7.83	50
3.5 toneladas	1.74	2.39	2.39	0.85	0.53	3.96	3.67	7.83	112
0.75 toneladas	1.74	2.39	2.39	0.85	0.53	3.96	3.67	7.83	9
<b>Demanda Total</b>	<b>38.85</b>	<b>48.13</b>	<b>84.19</b>	<b>14.88</b>	<b>9.16</b>	<b>15.84</b>	<b>29.39</b>	<b>47.33</b>	<b>171</b>
<b>287.77</b>									

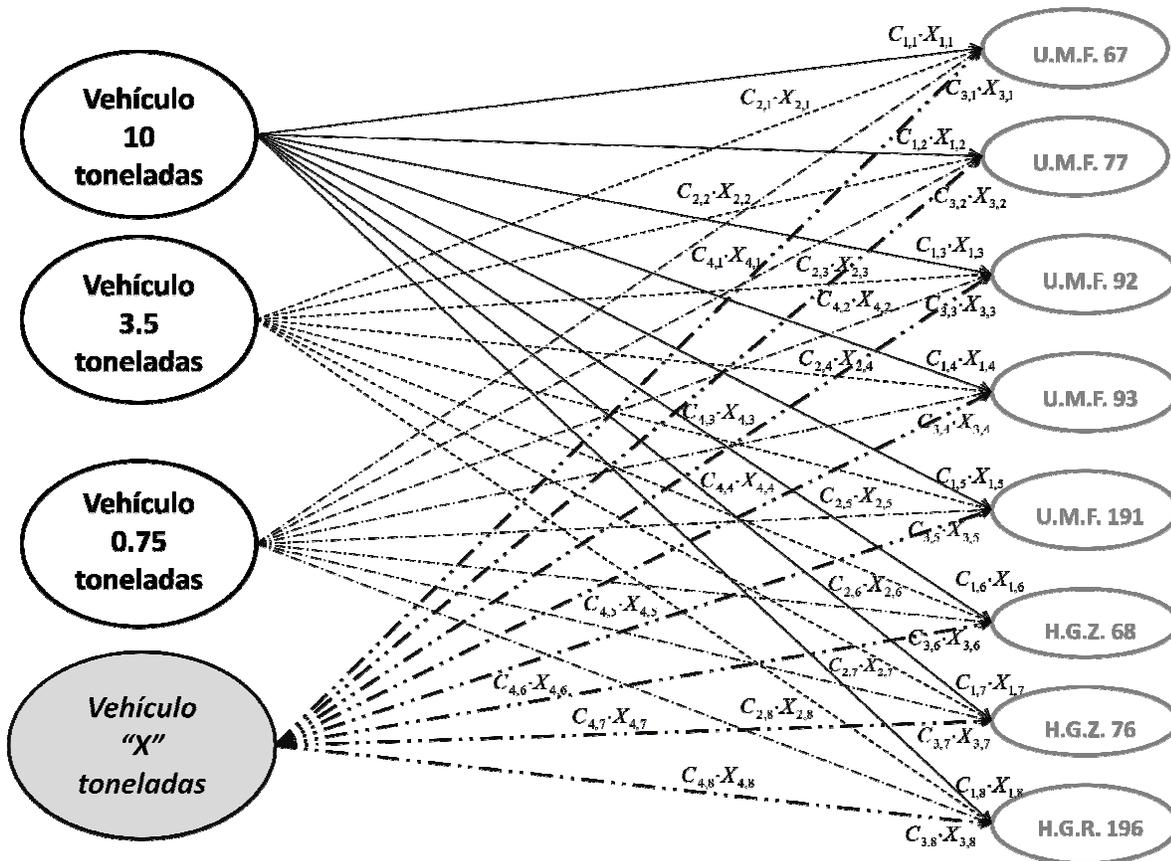
**Tabla 10** Demanda y factor de consumo actual. **Fuente:** Elaboración propia.

Para utilizar el modelo de transporte, se requiere balancear el problema, adicionando una fila más que indicará por el momento, un nodo de oferta artificial o ficticio, que será un vehículo con capacidad de "X toneladas" para tener el valor de la oferta igual a la demanda. La tabla 11 muestra el modelo de transporte equilibrado.

Tonelaje actual	Unidad médica								Toneladas disponibles
Tipo de vehículos	U.M.F. No. 93	U.M.F. No. 92	U.M.F. No. 77	U.M.F. No. 67	U.M.F. No. 191	H.G.R. No. 196	H.G.Z. No. 76	H.G.Z. No. 68	
10 toneladas	1.74	2.39	2.39	0.85	0.53	3.96	3.67	7.83	50
3.5 toneladas	1.74	2.39	2.39	0.85	0.53	3.96	3.67	7.83	112
0.75 toneladas	1.74	2.39	2.39	0.85	0.53	3.96	3.67	7.83	9
<i>X toneladas</i>	<i>1.74</i>	<i>2.39</i>	<i>2.39</i>	<i>0.85</i>	<i>0.53</i>	<i>3.96</i>	<i>3.67</i>	<i>7.83</i>	<i>117</i>
<b>Demanda Total</b>	<b>38.85</b>	<b>48.13</b>	<b>84.19</b>	<b>14.88</b>	<b>9.16</b>	<b>15.84</b>	<b>29.39</b>	<b>47.33</b>	<b>288</b>

**Tabla 11** Problema de transporte equilibrado. **Fuente:** Elaboración propia.

Gráficamente el problema queda de la siguiente manera:



**Figura 7** Representación gráfica del problema de transporte balanceado: Demanda actual. **Fuente:** Elaboración propia.

Dado que se pretende maximizar el nivel de abasto a las unidades médicas, así como la evaluación del almacén general, el modelo requiere de multiplicar por (-1) el factor de consumo, ya que para cualquier función  $f(x)$ , todo punto que minimice a  $f(x)$ , maximizará a  $-f(x)$ . Con esto se logra que el modelo de transporte pueda funcionar como un modelo para maximización. Por lo tanto el procedimiento a aplicar es multiplicar por el factor negativo (-1) a toda la función objetivo, y así respetar el grado de prioridad para la entrega de la carga seca actual y la requerida.

El modelo de transporte queda de la siguiente manera:

*Sea  $c_{i,j}$  = costo unitario asociado con el vehículo  $i$  – ésimo ( $i = 1,2,3$ )  
a la unidad médica  $j$  – ésimo ( $j = 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8$ )*

*$x_{i,j}$  = toneladas a enviar con el vehículo  $i$  – ésimo ( $i = 1,2,3,4$ )  
a la unidad médica  $j$  – ésimo ( $j = 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8$ )*

$$\begin{aligned} \text{Min } Z = & -1.74 x_{1,1} - 2.39 x_{1,2} - 2.39 x_{1,3} - 0.85x_{1,4} - 0.53x_{1,5} - 3.96x_{1,6} - 3.67x_{1,7} - 7.83x_{1,8} - 1.74 x_{2,1} \\ & - 2.39 x_{2,2} - 2.39 x_{2,3} - 0.85x_{2,4} - 0.53x_{2,5} - 3.96x_{2,6} - 3.67x_{2,7} - 7.83x_{2,8} - 1.74 x_{3,1} \\ & - 2.39 x_{3,2} - 2.39 x_{3,3} - 0.85x_{3,4} - 0.53x_{3,5} - 3.96x_{3,6} - 3.67x_{3,7} - 7.83x_{3,8} - 1.74 x_{4,1} \\ & - 2.39 x_{4,2} - 2.39 x_{4,3} - 0.85x_{4,4} - 0.53x_{4,5} - 3.96x_{4,6} - 3.67x_{4,7} - 7.83x_{4,8} \end{aligned}$$

s.a.

$$\begin{aligned} x_{1,1} + x_{1,2} + x_{1,3} + x_{1,4} + x_{1,5} + x_{1,6} + x_{1,7} + x_{1,8} &\leq 50 \\ x_{2,1} + x_{2,2} + x_{2,3} + x_{2,4} + x_{2,5} + x_{2,6} + x_{2,7} + x_{2,8} &\leq 112 \\ x_{3,1} + x_{3,2} + x_{3,3} + x_{3,4} + x_{3,5} + x_{3,6} + x_{3,7} + x_{3,8} &\leq 9 \\ x_{4,1} + x_{4,2} + x_{4,3} + x_{4,4} + x_{4,5} + x_{4,6} + x_{4,7} + x_{4,8} &\leq 117 \end{aligned} \quad \left. \vphantom{\begin{aligned} x_{1,1} + x_{1,2} + x_{1,3} + x_{1,4} + x_{1,5} + x_{1,6} + x_{1,7} + x_{1,8} \leq 50 \\ x_{2,1} + x_{2,2} + x_{2,3} + x_{2,4} + x_{2,5} + x_{2,6} + x_{2,7} + x_{2,8} \leq 112 \\ x_{3,1} + x_{3,2} + x_{3,3} + x_{3,4} + x_{3,5} + x_{3,6} + x_{3,7} + x_{3,8} \leq 9 \\ x_{4,1} + x_{4,2} + x_{4,3} + x_{4,4} + x_{4,5} + x_{4,6} + x_{4,7} + x_{4,8} \leq 117 \end{aligned}} \right\} \text{Restricciones de capacidad}$$

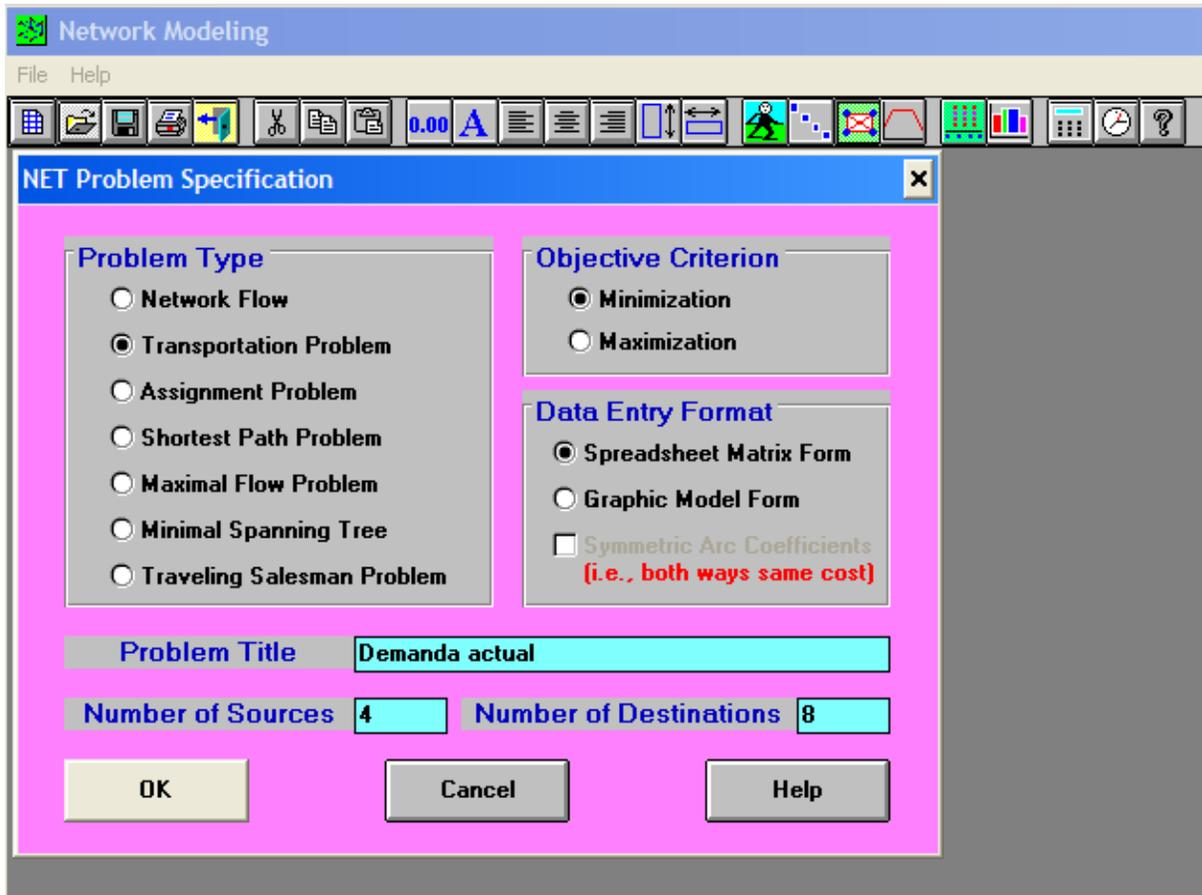
$$\begin{aligned} x_{1,1} + x_{2,1} + x_{3,1} + x_{4,1} &= 38.85 \\ x_{1,2} + x_{2,2} + x_{3,2} + x_{4,2} &= 48.13 \\ x_{1,3} + x_{2,3} + x_{3,3} + x_{4,3} &= 84.19 \\ x_{1,4} + x_{2,4} + x_{3,4} + x_{4,4} &= 14.88 \\ x_{1,5} + x_{2,5} + x_{3,5} + x_{4,5} &= 9.16 \\ x_{1,6} + x_{2,6} + x_{3,6} + x_{4,6} &= 15.84 \\ x_{1,7} + x_{2,7} + x_{3,7} + x_{4,7} &= 29.39 \\ x_{1,8} + x_{2,8} + x_{3,8} + x_{4,8} &= 47.33 \end{aligned} \quad \left. \vphantom{\begin{aligned} x_{1,1} + x_{2,1} + x_{3,1} + x_{4,1} = 38.85 \\ x_{1,2} + x_{2,2} + x_{3,2} + x_{4,2} = 48.13 \\ x_{1,3} + x_{2,3} + x_{3,3} + x_{4,3} = 84.19 \\ x_{1,4} + x_{2,4} + x_{3,4} + x_{4,4} = 14.88 \\ x_{1,5} + x_{2,5} + x_{3,5} + x_{4,5} = 9.16 \\ x_{1,6} + x_{2,6} + x_{3,6} + x_{4,6} = 15.84 \\ x_{1,7} + x_{2,7} + x_{3,7} + x_{4,7} = 29.39 \\ x_{1,8} + x_{2,8} + x_{3,8} + x_{4,8} = 47.33 \end{aligned}} \right\} \text{Restricciones de demanda}$$

$$x_{i,j} \geq 0 ; i = 1, 2, 3, 4 ; j = 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8$$

#### 4.3.1.1 WinQsb: Network Modeling para la demanda actual

En el modulo Network Modeling del software WinQsb, la información se organiza por medio de crear un nuevo problema, dando clic en "New Problem" se abrirá un menú emergente donde se seleccionara el tipo de problema, en este caso es el "Transportation Problem".

En la imagen 13 se muestra el menú que se ha de complementar con la información concerniente al tipo de problema, criterio de la función objetivo y el número de fuentes y destinos que contiene el problema de transporte para la demanda actual de carga seca, en este caso se tienen 4 fuentes y 8 destinos. Una vez completado el proceso se da clic en "OK" y se observa la siguiente ventana.



**Imagen 13** Selección del problema de transporte.  
**Fuente:** Elaboración propia utilizando WinQsb 2.0

En la imagen 14 se muestra la matriz en la que se ingresarán los datos que conciernen a los costos asociados al modelo, igualmente se asignan las respectivas ofertas en toneladas de cada uno de los tipos vehículos existentes y las demandas de las unidades médicas, igualmente en toneladas.

From \ To	93	92	77	67	191	196	76	68	Supply
10 tons	-1.74	-2.39	-2.39	-0.85	-0.53	-3.96	-3.67	-7.83	50
3.5 tons	-1.74	-2.39	-2.39	-0.85	-0.53	-3.96	-3.67	-7.83	112
0.75 tons	-1.74	-2.39	-2.39	-0.85	-0.53	-3.96	-3.67	-7.83	9
X tons	-1.74	-2.39	-2.39	-0.85	-0.53	-3.96	-3.67	-7.83	117
Demand	38.85	48.13	84.19	14.88	9.16	15.84	29.39	47.33	

**Imagen 14** Introducción de los datos al modelo: Demanda actual.

**Fuente:** Elaboración propia utilizando WinQsb 2.0.

Una vez completada toda la información en la matriz, se procede a resolver el modelo (clic en Solve and Analyze), la ventana que se abrirá tendrá la información respecto a las toneladas enviadas con cada tipo de vehículo hacia cada unidad médica y el costo total óptimo.

Aunque, los datos de entrada muestra el problema de transporte balanceado, en la imagen 15 se observa que quedan 0.23 toneladas sin ser suministradas por el vehículo "X" toneladas, por tal motivo, el programa agrega un nodo de demanda artificial, puesto que se han de enviar "Y" cantidades de vehículos de 10, 3.5 o 0.75 toneladas, aunque no se ocupe la totalidad de su capacidad.

11-09-2011	From	To	Shipment	Unit Cost	Total Cost	Reduced Cost
1	10 tons	196	2.67	-3.96	-10.57	0
2	10 tons	68	47.33	-7.83	-370.59	0
3	3.5 tons	92	48.13	-2.39	-115.03	0
4	3.5 tons	77	21.31	-2.39	-50.93	0
5	3.5 tons	196	13.17	-3.96	-52.15	0
6	3.5 tons	76	29.39	-3.67	-107.86	0
7	0.75 tons	77	9	-2.39	-21.51	0
8	X tons	93	38.85	-1.74	-67.60	0
9	X tons	77	53.88	-2.39	-128.77	0
10	X tons	67	14.88	-0.85	-12.65	0
11	X tons	191	9.16	-0.53	-4.85	0
12	X tons	Unused_Supply	0.23	0	0	0
	Total	Objective	Function	Value =	-942.53	

**Imagen 15** Solución al problema de transporte: Demanda actual.

**Fuente:** Elaboración propia utilizando WinQsb 2.0.

La figura 8 representa la asignación de los vehículos, junto con las toneladas que se enviarán a cada unidad médica con su respectivo factor de consumo actual.

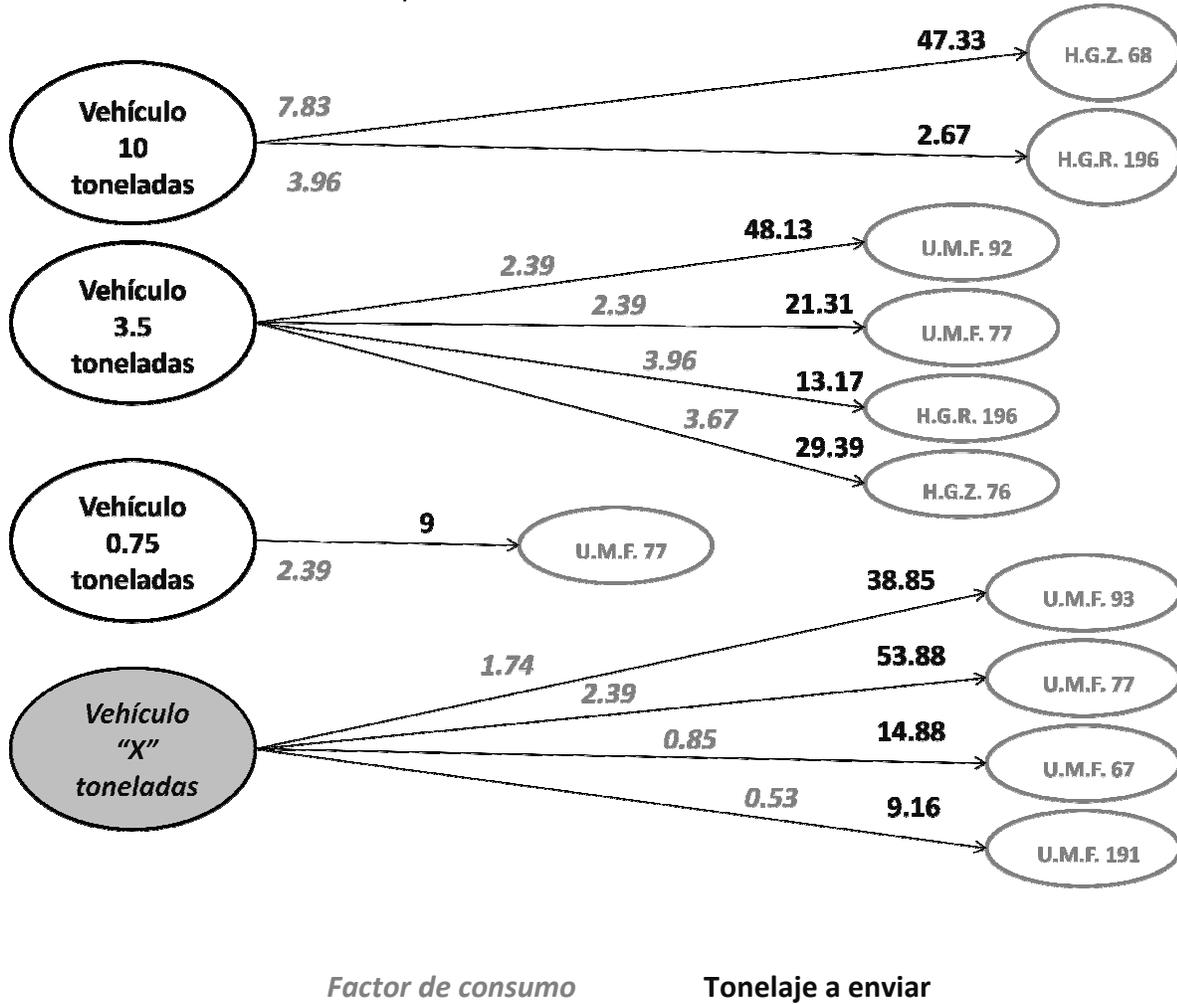


Figura 8 Representación gráfica de la solución: Demanda actual.

Fuente: Elaboración propia.

#### 4.3.1.2 Flota vehicular: Demanda actual

Una vez resuelto el problema de transporte, se sabe qué vehículos asignar a cada unidad médica, junto con las toneladas de bienes de consumo a enviar. De acuerdo a la solución dada, la asignación para la flota vehicular actual, queda de la siguiente manera:

Unidad médica	Tonelaje disponible	Tipo	T	Q	Tipo	T	Q
U.M.F. No. 77	23	CAMIONETA	3.5	4	CAMIONETA	0.75	12
U.M.F. No. 92	49	CAMIONETA	3.5	14			
H.G.Z. No. 68	50	CAMION	10	5			
H.G.Z. No. 76	31.5	CAMIONETA	3.5	9			
H.G.R. No. 196	17.5	CAMIONETA	3.5	5			

**Tabla 12** Asignación de la flota vehicular actual. **Fuente:** Elaboración propia.

- **U.M.F. 77:** 12 camionetas de 0.75 toneladas y 4 camionetas de 3.5 toneladas, cubriendo solo 23 toneladas de su demanda actual en carga seca, la cual es de 84.19 toneladas.
- **U.M.F. 92:** 14 camionetas de 3.5 toneladas, con un total de 49 toneladas disponibles para transportar la demanda actual en carga seca, cumpliéndola en su totalidad, la cual es de 48.13 toneladas.
- **H.G.Z. 68:** 5 camiones de 10 toneladas, con un total de 50 toneladas disponibles para transportar la demanda actual en carga seca, cumpliéndola en su totalidad, la cual es de 47.33 toneladas.
- **H.G.Z. 76:** 9 camionetas de 3.5 toneladas, con un total de 31.5 toneladas disponibles para transportar la demanda actual en carga seca, cumpliéndola en su totalidad, la cual es de 29.39 toneladas.
- **H.G.R. 196:** 5 camionetas de 3.5 toneladas, con un total de 17.55 toneladas disponibles para transportar la demanda actual en carga seca, cumpliéndola en su totalidad, la cual es de 15.84 toneladas.

Para el caso de las unidad médica H.G.R. 196, la solución muestra, que 2.67 toneladas de su demanda será enviada en un camión de 10 toneladas, el cual a su vez, contiene 7.33 toneladas de demanda de la unidad médica H.G.Z. 68, es decir, dicho camión tiene una entrega dividida, como el objetivo no es minimizar la flota de vehículos ocupando al máximo la capacidad de estos, dado que, este objetivo es para el prestador del servicio, puesto que el costo por dicho servicio ya está estipulado en un contrato, es por esto que se opta por pasar las 2.67 toneladas a las camionetas de 3.5 toneladas.

Con respecto a la nueva flota vehicular denotada por el nodo ficticio "X toneladas", con su respectiva asignación y toneladas a transportar, queda de la siguiente manera:

Unidad médica	Tonelaje disponible	Tipo	T	Q	Tipo	T	Q	Tipo	T	Q
U.M.F. No. 67	15	CAMION	10	1	CAMIONETA	3.5	1	CAMIONETA	0.75	2
U.M.F. No. 77	61.25	CAMION	10	5	CAMIONETA	3.5	3	CAMIONETA	0.75	1
U.M.F. No. 93	39.25	CAMION	10	3	CAMIONETA	3.5	2	CAMIONETA	0.75	3
U.M.F. No. 191	9.25	CAMIONETA	3.5	2	CAMIONETA	0.75	3			

**Tabla 13** Asignación de la nueva flota vehicular actual. **Fuente:** Elaboración propia.

- **U.M.F. 67:** 1 camión de 10 toneladas, 1 camioneta de 3.5 toneladas y 2 camionetas de 0.75 toneladas, con un total de 15 toneladas disponibles para transportar la demanda actual en carga seca, satisfaciendo la demanda en su totalidad, la cual es de 14.88 toneladas.
- **U.M.F. 77:** 5 camiones de 10 toneladas, 3 camionetas de 3.5 toneladas y 1 camioneta de 0.75 toneladas , con un total de 61.25 toneladas disponibles para cubrir el resto de la demanda actual en carga seca, la cual es de 53.88 toneladas.
- **U.M.F. 191:** 2 camiones de 10 toneladas y 3 camionetas de 0.75 toneladas, con un total de 9.25 toneladas disponibles para transportar la demanda actual en carga seca, cumpliéndola en su totalidad, la cual es de 9.16 toneladas.
- **U.M.F. 93:** 2 3 camiones de 10 toneladas, 2 camionetas de 3.5 toneladas y 3 camionetas de 0.75 toneladas, con un total de 39.25 toneladas disponibles para transportar la demanda actual en carga seca, cumpliéndola en su totalidad, la cual es de 38.85 toneladas.

La nueva flota vehicular contara con una capacidad de 124.75 toneladas distribuidas en 9 camiones de 10 toneladas, 8 camionetas de 3.5 toneladas y 9 camionetas de 0.75 toneladas, adicionales a los ya existentes, para poder cubrir la demanda actual de dichas unidades.

La nueva asignación se da con respecto a la solución que se obtiene con WinQsb, nuevamente. También se considera que no existe restricción alguna para transitar y acceder por las vialidades aledañas a las unidades médicas.

La flota vehicular total para transportar la carga seca será de 75 vehículos con una capacidad disponible de 295.75 toneladas, todos ellos para cubrir la demanda actual de 287.77 toneladas de carga seca, distribuidos de la siguiente manera:

- **14 camiones con capacidad de 10 toneladas.**
- **40 camionetas con capacidad de 3.5 toneladas.**
- **21 camionetas con capacidad de 0.75 toneladas.**

#### 4.3.2 Demanda requerida: Carga seca

Ahora, para formular el problema de transporte para la carga seca requerida, nuevamente el almacén delegacional debe determinar, qué toneladas se deben enviar a cada unidad médica, con un número y tipo determinado de vehículos.

La tabla 14 muestra que el problema de transporte no está en equilibrio, dado que la demanda requerida solicitada por la unidades médicas es de 361 toneladas contra las 171 toneladas en capacidad disponible por la misma flota vehicular actual. Demostrando nuevamente, que no se satisface la demanda, por tanto, no se puede resolver el problema de transporte dado que es un modelo no balanceado.

Dicha tabla, muestra el factor de consumo requerido real que tiene cada unidad médica.

Tonelaje requerido									
Unidad Médica									
Tipo de vehículos	U.M.F. No. 93	U.M.F. No. 92	U.M.F. No. 77	U.M.F. No. 67	U.M.F. No. 191	H.G.R. No. 196	H.G.Z. No. 76	H.G.Z. No. 68	Toneladas disponibles
10 toneladas	2.13	3.06	2.7	1.06	0.68	8.38	4.39	9.16	50
3.5 toneladas	2.13	3.06	2.7	1.06	0.68	8.38	4.39	9.16	112
0.75 toneladas	2.13	3.06	2.7	1.06	0.68	8.38	4.39	9.16	9
<b>Demanda Total</b>	<b>51</b>	<b>63</b>	<b>97</b>	<b>19</b>	<b>12</b>	<b>29</b>	<b>35</b>	<b>55</b>	<b>171</b>
<b>361</b>									

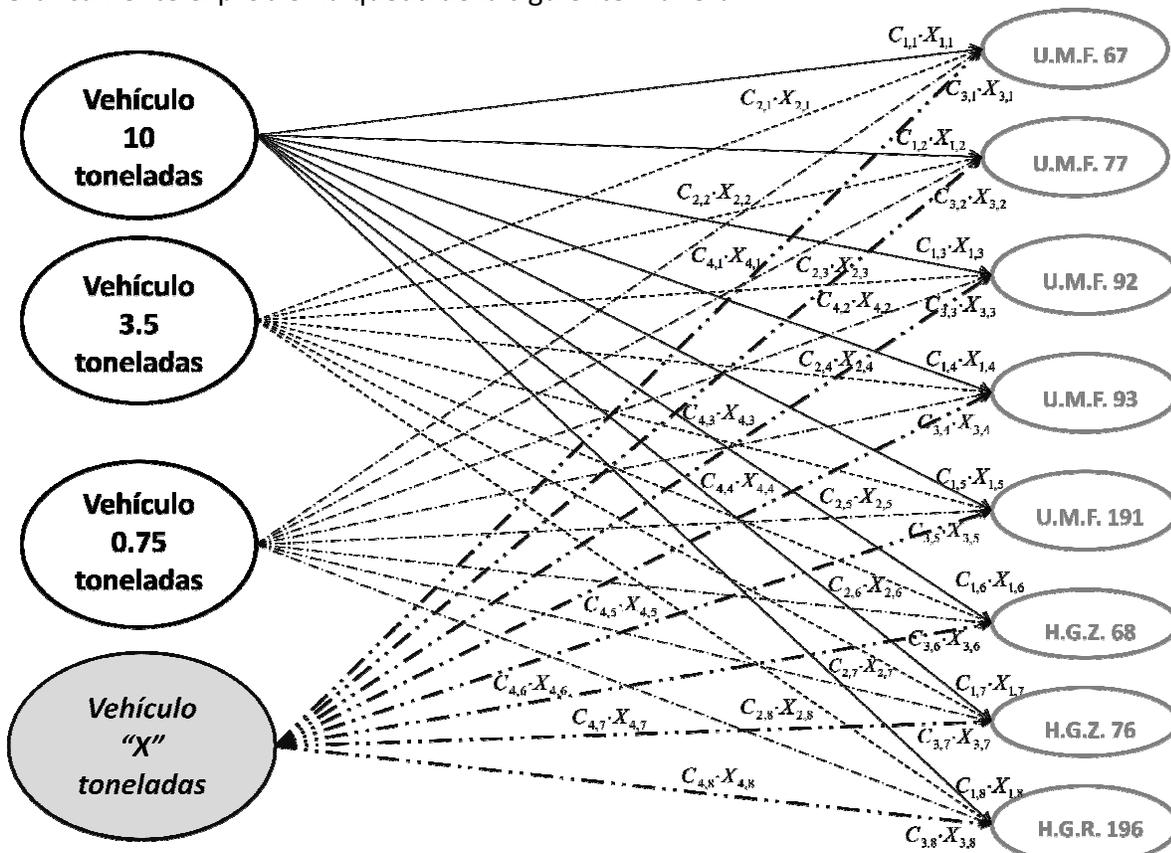
**Tabla 14** Demanda y factor de consumo requerido. **Fuente:** Elaboración propia.

Para utilizar el modelo de transporte, se requiere balancear el problema, añadiendo una fila más que indicará por el momento, un punto de oferta artificial que será un vehículo con capacidad de "X toneladas" para tener el valor de la oferta igual a la demanda. La tabla 15 muestra el modelo de transporte equilibrado.

Tipo de vehículos	Tonelaje requerido								
	Unidad Médica					H.G.R.			
	U.M.F. No. 93	U.M.F. No. 92	U.M.F. No. 77	U.M.F. No. 67	U.M.F. No. 191	H.G.R. No. 196	H.G.Z. No. 76	H.G.Z. No. 68	
10 toneladas	2.13	3.06	2.7	1.06	0.68	8.38	4.39	9.16	50
3.5 toneladas	2.13	3.06	2.7	1.06	0.68	8.38	4.39	9.16	112
0.75 toneladas	2.13	3.06	2.7	1.06	0.68	8.38	4.39	9.16	9
<i>X toneladas</i>	<i>2.13</i>	<i>3.06</i>	<i>2.7</i>	<i>1.06</i>	<i>0.68</i>	<i>8.38</i>	<i>4.39</i>	<i>9.16</i>	<i>190</i>
<b>Demanda Total</b>	<b>51</b>	<b>63</b>	<b>97</b>	<b>19</b>	<b>12</b>	<b>29</b>	<b>35</b>	<b>55</b>	<b>361</b>

**Tabla 15** Problema de transporte equilibrado. **Fuente:** Elaboración propia.

Gráficamente el problema queda de la siguiente manera:



**Figura 9** Representación gráfica del problema de transporte balanceado: Demanda requerida.

**Fuente:** Elaboración propia.

Dado que se pretende maximizar el nivel de abasto a las unidades médicas, así como la evaluación del almacén general, el modelo requiere de multiplicar por (-1) el factor de consumo, ya que para cualquier función  $f(x)$ , todo punto que minimice a  $f(x)$ , maximizará a  $-f(x)$ . Con esto se logra que el modelo de transporte pueda funcionar como un modelo para maximización. Por lo tanto el procedimiento a aplicar es multiplicar por el factor negativo (-1) a toda la función objetivo, y así respetar el grado de prioridad para la entrega de la carga seca actual y la requerida.

El modelo de transporte queda de la siguiente manera:

Sea  $c_{i,j}$  = costo unitario asociado con el vehículo  $i$  – ésimo ( $i = 1,2,3$ )  
a la unidad médica  $j$  – ésimo ( $j = 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8$ )

$x_{i,j}$  = toneladas a enviar con el vehículo  $i$  – ésimo ( $i = 1,2,3$ )  
a la unidad médica  $j$  – ésimo ( $j = 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8$ )

$$\begin{aligned} \text{Min } Z = & -2.13 x_{1,1} - 3.06 x_{1,2} - 2.7 x_{1,3} - 1.06x_{1,4} - 0.68x_{1,5} - 8.38x_{1,6} - 4.39x_{1,7} - 9.16x_{1,8} - 2.13 x_{2,1} \\ & - 3.06 x_{2,2} - 2.7 x_{2,3} - 1.06x_{2,4} - 0.68x_{2,5} - 8.38x_{2,6} - 4.39x_{2,7} - 9.16x_{2,8} - 2.13 x_{3,1} \\ & - 3.06 x_{3,2} - 2.7 x_{3,3} - 1.06x_{3,4} - 0.68x_{3,5} - 8.38x_{3,6} - 4.39x_{3,7} - 9.16x_{3,8} - 2.13 x_{4,1} \\ & - 3.06 x_{4,2} - 2.7 x_{4,3} - 1.06x_{4,4} - 0.68x_{4,5} - 8.38x_{4,6} - 4.39x_{4,7} - 9.16x_{4,8} \end{aligned}$$

$x_{i,j}$  = toneladas a enviar con el vehículo  $i$  – ésimo ( $i = 1,2,3,4$ )  
a la unidad médica  $j$  – ésimo ( $j = 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8$ )

s.a.

$$\begin{aligned} x_{1,1} + x_{1,2} + x_{1,3} + x_{1,4} + x_{1,5} + x_{1,6} + x_{1,7} + x_{1,8} &\leq 50 \\ x_{2,1} + x_{2,2} + x_{2,3} + x_{2,4} + x_{2,5} + x_{2,6} + x_{2,7} + x_{2,8} &\leq 112 \\ x_{3,1} + x_{3,2} + x_{3,3} + x_{3,4} + x_{3,5} + x_{3,6} + x_{3,7} + x_{3,8} &\leq 9 \\ x_{4,1} + x_{4,2} + x_{4,3} + x_{4,4} + x_{4,5} + x_{4,6} + x_{4,7} + x_{4,8} &\leq 190 \end{aligned} \quad \text{) Restricciones de capacidad.}$$

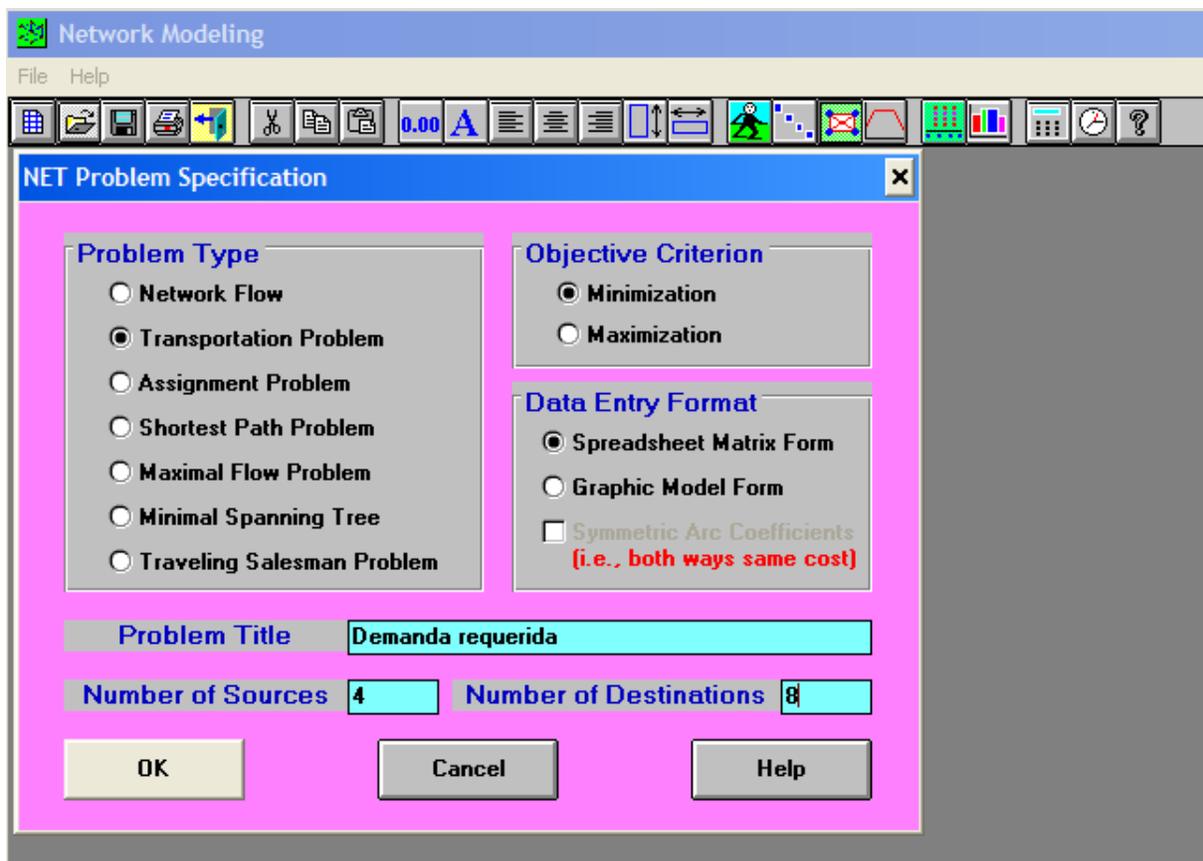
$$\begin{aligned} x_{1,1} + x_{2,1} + x_{3,1} + x_{4,1} &= 51 \\ x_{1,2} + x_{2,2} + x_{3,2} + x_{4,2} &= 63 \\ x_{1,3} + x_{2,3} + x_{3,3} + x_{4,3} &= 97 \\ x_{1,4} + x_{2,4} + x_{3,4} + x_{4,4} &= 19 \\ x_{1,5} + x_{2,5} + x_{3,5} + x_{4,5} &= 12 \quad \text{) Restricciones de demanda.} \\ x_{1,6} + x_{2,6} + x_{3,6} + x_{4,6} &= 29 \\ x_{1,7} + x_{2,7} + x_{3,7} + x_{4,7} &= 35 \\ x_{1,8} + x_{2,8} + x_{3,8} + x_{4,8} &= 55 \end{aligned}$$

$$x_{i,j} \geq 0 ; i = 1, 2, 3, 4 ; j = 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8$$

#### 4.3.2.1 WinQsb: Network Modeling para la demanda requerida

Nuevamente, en el módulo Network Modeling del software WinQsb, se crea un nuevo problema, dando clic en "New Problem" se muestra un menú emergente donde se selecciona el tipo de problema, se activa "Transportation Problem".

En la imagen 16 se muestra el menú a complementar con la información concerniente al tipo de problema, criterio de la función objetivo y el número de fuentes y destinos que contiene el problema de transporte para la demanda actual de carga seca, en este caso se tienen 4 fuentes y 8 destinos. Una vez terminado este proceso se da clic en "OK" y aparece entonces la siguiente ventana.



**Imagen 16** Selección del problema de transporte.

**Fuente:** Elaboración propia utilizando WinQsb 2.0

En la imagen 17 se muestra la matriz en la que se ingresarán los datos que conciernen a los costos asociados al modelo, igualmente se asignan las respectivas ofertas en toneladas de cada uno de los tipos vehículos existentes y las demandas de las unidades médicas, igualmente en toneladas.

From \ To	93	92	77	67	191	196	76	68	Supply
10 tons	-2.13	-3.06	-2.70	-1.06	-0.68	-8.38	-4.39	-9.16	50
3.5 tons	-2.13	-3.06	-2.70	-1.06	-0.68	-8.38	-4.39	-9.16	112
0.75 tons	-2.13	-3.06	-2.70	-1.06	-0.68	-8.38	-4.39	-9.16	9
X tons	-2.13	-3.06	-2.70	-1.06	-0.68	-8.38	-4.39	-9.16	190
Demand	51	63	97	19	12	29	35	55	

**Imagen 17** Introducción de los datos al modelo: Demanda requerida.

**Fuente:** Elaboración propia utilizando WinQsb 2.0.

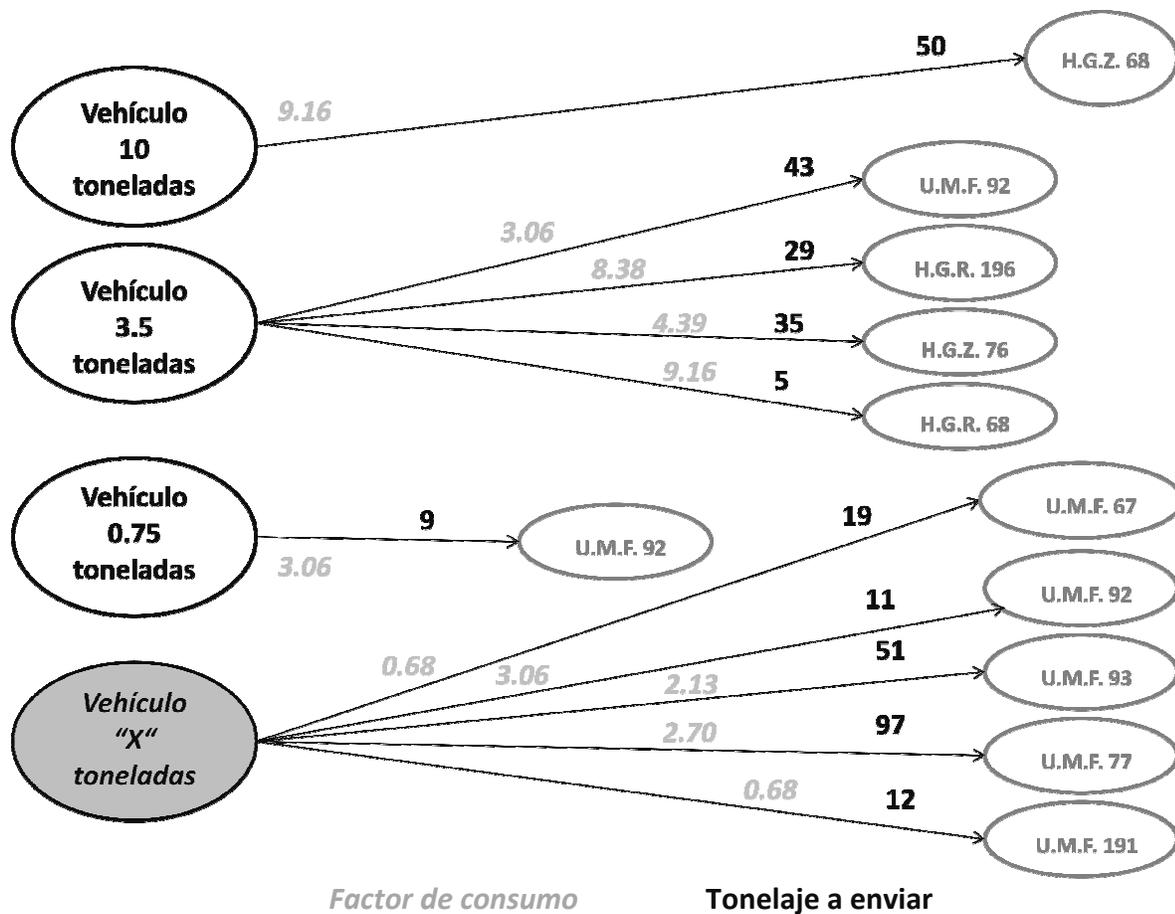
Una vez completada la matriz, se procede a resolver el modelo (clic en Solve and Analyze), la ventana que se abrirá tendrá la información respecto a las toneladas enviadas con cada tipo de vehículo hacia cada unidad médica y el costo total óptimo.

La imagen 18 representa la asignación de los vehículos, junto con las toneladas que se enviarán a cada unidad médica con su respectivo factor de consumo requerido.

11-09-2011	From	To	Shipment	Unit Cost	Total Cost	Reduced Cost
1	10 tons	68	50	-9.16	-458	0
2	3.5 tons	92	43	-3.06	-131.58	0
3	3.5 tons	196	29	-8.38	-243.02	0
4	3.5 tons	76	35	-4.39	-153.65	0
5	3.5 tons	68	5	-9.16	-45.80	0
6	0.75 tons	92	9	-3.06	-27.54	0
7	X tons	93	51	-2.13	-108.63	0
8	X tons	92	11	-3.06	-33.66	0
9	X tons	77	97	-2.70	-261.90	0
10	X tons	67	19	-1.06	-20.14	0
11	X tons	191	12	-0.68	-8.16	0
	Total	Objective	Function	Value =	-1,492.08	

**Imagen 18** Solución al problema de transporte: Demanda actual.

**Fuente:** Elaboración propia utilizando WinQsb 2.0.



**Figura 10** Representación gráfica de la solución: Demanda requerida.  
**Fuente:** Elaboración propia.

#### 4.3.2.2 Flota vehicular: Demanda requerida

Una vez resuelto el problema de transporte, se sabe que vehículos asignar a cada unidad médica junto con las toneladas de bienes de consumo a enviar. De acuerdo a la solución dada, la asignación para la flota vehicular actual, queda de la siguiente manera:

Unidad médica	Tonelaje disponible	Tipo	T	Q	Tipo	T	Q
H.G.Z. No. 68	57	CAMION	10	5	CAMIONETA	3.5	2
H.G.Z. No. 76	35	CAMIONETA	3.5	10			
U.M.F. No. 92	47.50	CAMIONETA	3.5	11	CAMIONETA	0.75	12
H.G.R. No. 196	31.50	CAMIONETA	3.5	9			

**Tabla 16** Asignación de la flota vehicular actual. **Fuente:** Elaboración propia.

- **H.G.Z. 68:** 5 camiones de 10 toneladas y 2 camionetas de 3.5 toneladas, con un total de 57 toneladas disponibles para transportar la demanda actual en carga seca, cumpliéndola en su totalidad, la cual es de 55 toneladas.
- **H.G.Z. 76:** 10 camionetas de 3.5 toneladas, con un total de 35 toneladas disponibles para transportar la demanda actual en carga seca, cumpliéndola en su totalidad, la cual es de 35 toneladas.
- **U.M.F. 92:** 11 camionetas de 3.5 toneladas y 12 camionetas de 0.75 toneladas, cubriendo solo 47.50 toneladas de su demanda actual en carga seca, la cual es de 63 toneladas.
- **H.G.R. 196:** 9 camionetas de 3.5 toneladas, con un total de 31.50 toneladas disponibles para transportar la demanda actual en carga seca, cumpliéndola en su totalidad, la cual es de 29 toneladas.

Con respecto a la nueva flota vehicular denotada por el nodo ficticio "X toneladas", con su respectiva asignación y toneladas a transportar, queda de la siguiente manera:

Unidad médica	Tonelaje disponible	Tipo	T	Q	Tipo	T	Q	Tipo	T	Q
U.M.F. No. 67	19.25	CAMION	10	1	CAMIONETA	3.5	2	CAMIONETA	0.75	3
U.M.F. No. 77	97	CAMION	10	9	CAMIONETA	3.5	2			
U.M.F. No. 92	15.50	CAMIONETA	3.5	4	CAMIONETA	0.75	2			
U.M.F. No. 93	51.50	CAMION	10	5	CAMIONETA	0.75	2			
U.M.F. No. 191	12.25	CAMION	10	1	CAMIONETA	0.75	3			

**Tabla 17** Asignación de la nueva flota vehicular. **Fuente:** Elaboración propia.

- **U.M.F. 67:** 1 camión de 10 toneladas, 2 camionetas de 3.5 toneladas y 3 camionetas de 0.75 toneladas , con un total de 19.25 toneladas disponibles para transportar la demanda actual en carga seca, cumpliéndola en su totalidad, la cual es de 19 toneladas.
- **U.M.F. 77:** 9 camiones de 10 toneladas y 2 camionetas de 3.5, con un total de 97 toneladas disponibles para transportar la demanda actual en carga seca, cumpliéndola en su totalidad, la cual es de 97 toneladas.
- **U.M.F. 92:** 4 camionetas de 3.5 toneladas y 2 camionetas de 0.75 toneladas , con un total de 15.50 toneladas disponibles para cubrir el resto de la demanda actual en carga seca, la cual es de 15.50 toneladas.

- **U.M.F. 93:** 5 camiones de 10 toneladas y 2 camionetas de 0.75 toneladas, con un total de 51.50 toneladas disponibles para transportar la demanda actual en carga seca, cumpliéndola en su totalidad, la cual es de 51 toneladas.
- **U.M.F. 191:** 1 camión de 10 toneladas y 3 camionetas de 0.75 toneladas, con un total de 12.25 toneladas disponibles para transportar la demanda actual en carga seca, cumpliéndola en su totalidad, la cual es de 12 toneladas.

La nueva flota vehicular contara con una capacidad de 195.50 toneladas distribuidas en 16 camiones de 10 toneladas, 8 camionetas de 3.5 toneladas y 10 camionetas de 0.75 toneladas, adicionales a los ya existentes, para poder cubrir la demanda actual de dichas unidades.

La nueva asignación se da con respecto a la solución arrojada por el software, nuevamente, también se incluye, que no existe restricción alguna para transitar y acceder por las vialidades aledañas a las unidades médicas.

La flota vehicular total para transportar la carga seca será de 83 vehículos con una capacidad disponible de 366.50 toneladas, todos ellos para cubrir la demanda requerida de 361 toneladas de carga seca, distribuidos de la siguiente manera:

- **21 camiones con capacidad de 10 toneladas.**
- **40 camionetas con capacidad de 3.5 toneladas.**
- **22 camionetas con capacidad de 0.75 toneladas.**

#### 4.4 Carga fría

En lo que respecta a la carga fría, las 7 camionetas tipo thermoking de 3.5 toneladas, cubren la totalidad de la demanda actual de las unidades médicas, la cual es de 21.68 toneladas, puesto que esta flota dispone de una capacidad de 24.5 toneladas para transportar dicha carga. La demanda de cada unidad se detalla en la siguiente tabla.

Unidad médica	Factor de consumo actual	Demanda actual en toneladas: carga fría	Tonelaje disponible actual
U.M.F. No. 93	1.74	2.67	24.5
U.M.F. No. 92	2.39	2.68	
U.M.F. No. 77	2.39	2.89	
U.M.F. No. 67	0.85	2.70	
U.M.F. No. 191	0.53	2.70	
H.G.R. No. 196	3.96	2.68	
H.G.Z. No. 76	3.67	2.68	
H.G.Z. No. 68	7.83	2.68	
<b>Demanda Total</b>		<b>21.68</b>	

**Tabla 18** Demanda actual: Carga fría. **Fuente:** Elaboración propia.

Como dicha flota cubre la totalidad de la demanda actual, solo falta verificar si se satisface la demanda requerida. La demanda requerida por cada unidad médica se muestra a continuación.

Unidad médica	Factor de consumo requerido	Demanda requerida en toneladas: carga fría	Tonelaje disponible actual
U.M.F. No. 93	2.13	3	24.5
U.M.F. No. 92	3.06	3	
U.M.F. No. 77	2.7	3	
U.M.F. No. 67	1.06	3	
U.M.F. No. 191	0.68	3	
H.G.R. No. 196	8.38	5	
H.G.Z. No. 76	4.39	3	
H.G.Z. No. 68	9.16	3	
<b>Demanda Total</b>		<b>26</b>	
<b>Tonelaje faltante</b>			<b>1.5</b>

**Tabla 19** Demanda requerida: Carga fría. **Fuente:** Elaboración propia.

Se observa que, la capacidad disponible por la misma flota no cubre la demanda, puesto que la demanda total requerida es de 26 toneladas contra las 24.5 toneladas de las 7 camionetas tipo thermoking de 3.5 toneladas, por tanto solo faltaría agregar una camioneta más del mismo tipo que las anteriores y así cubrir las 1.5 toneladas restantes, dando una capacidad total de 28 toneladas.

#### 4.5 Análisis de resultados

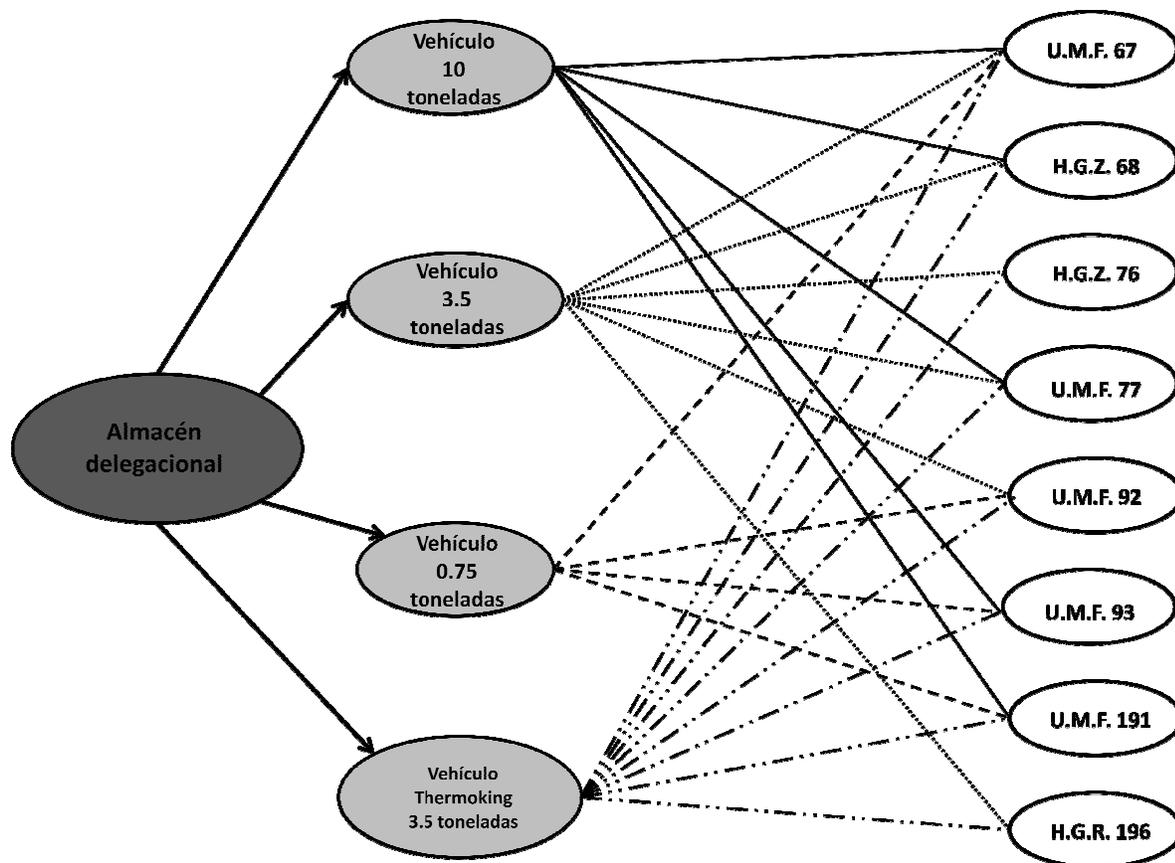
La solución mostrada por el modelo de transporte para la carga seca y la adición de un vehículo más para la carga fría, contribuirá a maximizar en primera instancia, el nivel de abasto de los inventarios de las unidades médicas del municipio de Ecatepec de Morelos, y segundo, el factor de evaluación del abasto del propio almacén delegacional.

A través de incrementar el número vehículos para realizar la distribución de los bienes de consumo, la nueva flota vehicular tendrá las siguientes características:

- ***21 camiones con capacidad de 10 toneladas para transportar carga seca.***
- ***40 camionetas con capacidad de 3.5 toneladas para transportar carga seca.***
- ***22 camionetas con capacidad de 0.75 toneladas para transportar carga seca.***
- ***8 camionetas tipo thermoking con capacidad de 3.5 toneladas para transportar carga fría.***

Por tanto, el almacén delegacional deberá tener a su disposición un total de 91 vehículos heterogéneos, con una capacidad disponible de 394.5 toneladas para cubrir la demanda total, tanto de la carga seca como de la carga fría.

A continuación, se detalla de manera esquemática, el sistema de distribución con la nueva flota vehicular como resultado del estudio.



**Figura 10** Representación gráfica de la asignación de vehículos.  
**Fuente:** Elaboración propia

Con los resultados del estudio, es posible establecer que los niveles de inventario de abastecimiento, a los que se hace referencia en el **“Manual de Procedimientos Administrativos para el Suministro de Bienes de Consumo”** se pueden lograr, con lo cual, es posible mejorar el nivel de servicio de la población derechohabiente.

Cabe mencionar que, con los resultados de éste estudio muestran, la distribución y el número determinado de vehículos que requiere cada unidad médica para atender su demanda, incluyendo la aclaratoria de que estos vehículos no precisamente van a su capacidad total.

El aprovechar al máximo la capacidad total de los vehículos y/o minimizar la flota vehicular, con el objetivo de reducir costos, son propuestas de mejora enfocadas a beneficiar al prestador del servicio de transporte, lo cual no es problema para el IMSS, puesto lo que éste necesita es elevar los niveles de inventario de bienes de consumo en todas sus unidades médicas, para cumplir con la normatividad y mejorar el nivel de servicio.

En caso de que el IMSS fuese dueño de la flota vehicular, el problema anterior mencionado puede ser resuelto, a través de aplicar la metodología del VRP (*Vehicule Routing Problem*) en la modalidad de flota dividida (*Split Delivery VRP*) o flota heterogénea (*Mix Fleet VRP*).

En lo que respecta a la secuencia de entrega, se determinó con base en un análisis realizado a través de las metodologías del TSP (*Traveling Sales Problem*) como del propio VRP con Capacidad Limitada (*Capacitated VRP*) que no son posibles de implementar, puesto que, el proceso de distribución consiste en descargar en las unidades médicas toda la capacidad del vehículo y, regresar al almacén delegacional vacío para realizar otra entrega a otra unidad médica.

Sin embargo, una táctica de entrega posible es respetar el factor de consumo, en la etapa de embarque de los vehículos, por ejemplo, se sabe que los 21 camiones con capacidad de 10 T., están designados a 5 unidades médicas por tanto, iniciar el embarque de los bienes de consumo a la unidad médica con el mayor factor de consumo, continuando con la unidad médica con el factor de consumo menor que el anterior, y así sucesivamente, con lo que el orden de embarque quedaría de la siguiente forma:

- **21 camiones con capacidad de 10 toneladas para transportar carga seca.**
  1. **H.G.Z. 68, con 5 camiones designados.**
  2. **U.M.F. 77, con 9 camiones designados.**
  3. **U.M.F. 93, con 5 camiones designados.**
  4. **U.M.F. 67, con 1 camión designado, y**
  5. **U.M.F. 191, con 1 camión designado.**

Puesto que dentro de las cláusulas del contrato del IMSS con el prestador del servicio de transporte se especifica que, para realizar el embarque de los bienes de consumo a los vehículos no se debe exceder 20 minutos en esta actividad y que, para la descarga de los bienes de consumo en las unidades médicas, el tiempo límite para dicha actividad no debe ser mayor a los 90 minutos posteriores al arribo del o los vehículos.

Una cuestión que surge ante esta nueva flota vehicular es la siguiente, ***¿por qué no adquirir otros tipos de vehículos con mayor capacidad?***, dado a que el servicio de transporte se encuentra concesionado, incluyendo que, el contrato por el cual se ha solicitado dicho servicio tiene vigencia por un año fiscal, asimismo, el prestador del servicio fue licitado con estas características para la flota vehicular, y este no cuenta con otro tipo de vehículos con mayor capacidad en tonelaje.

En caso que se adquirieran vehículos con mayor capacidad, por ejemplo, camiones de 15 toneladas, para poder realizar una mayor entrega de bienes de consumo, se corre el riesgo de que éstos no puedan ingresar a determinadas unidades médicas, dadas las dimensiones de estos vehículos. Se hace hincapié de que, no todas las unidades médicas se encuentran sobre una vía rápida o principal, tal es el caso de la U.M.F., 191, inclusive, para acceder a las otras unidades médicas se tiene que ingresar por vías secundarias, dado el sentido de las vialidades donde se encuentran.

## Conclusiones

---

Al inicio de este proyecto de tesis se destacó que en el "**Manual de Procedimientos Administrativos para el Suministro de Bienes de Consumo**" se promueve que la entrega de los bienes de consumo, sea a fin de abastecer en un 98% los niveles de inventario de farmacias y almacenes generales de las unidades médicas pertenecientes a la Delegación Estado de México Oriente.

A través de la investigación y el estudio de campo realizado en ésta delegación, se determinó que los niveles de inventario de las unidades médicas, se encuentran en promedio en un 71.05% de su abasto, y en consecuencia, la evaluación del almacén delegacional para su política de abasto tiene un 74.64%, debido a la no integración del factor de consumo en las rutas de distribución y al número de vehículos disponibles para cubrir la demanda total de la carga seca y la carga fría.

Dicha demanda, son los bienes de consumo de uso terapéutico y de uso no terapéutico que necesita el personal médico y administrativo de cada unidad médica para otorgar el servicio de salud a la población derechohabiente de esta delegación.

En este sentido, la tesis surge de plantear una estrategia de mejora para el sistema de distribución de los bienes de consumo de esta delegación, para tal efecto, se selecciono el municipio de Ecatepec de Morelos, ya que éste representa el 32% en factor de consumo de toda la delegación, incluyendo que es uno de uno de los municipios con mayor población adscrita a este sistema de salud pública.

La propuesta de la estrategia para la distribución de los bienes de consumo, aporta los siguientes aspectos:

- 1. Incrementar el número de vehículos con las mismas características que la flota vehicular anterior, para poder cubrir la demanda requerida en carga seca y en carga fría.**

Flota vehicular anterior	Flota vehicular propuesta	Incremento
5 Camiones con capacidad de 10 T., para carga seca.	21 Camiones con capacidad de 10 T., para carga seca.	<b>16 vehículos.</b>
32 Camionetas con capacidad de 3.5 T., para carga seca.	40 Camionetas con capacidad de 3.5 T., para carga seca.	<b>8 vehículos.</b>
12 Camionetas con capacidad de 0.75 T., para carga seca.	22 Camionetas con capacidad de 0.75 T., para carga seca.	<b>10 vehículos.</b>
7 Camionetas tipo thermoking con capacidad de 3.5 T., para carga fría.	8 Camionetas tipo thermoking con capacidad de 3.5 T., para carga fría.	<b>1 vehículo.</b>

La flota vehicular propuesta ofrece una capacidad total de carga de 394.50 toneladas para satisfacer la demanda total de los bienes de consumo de las unidades médicas del municipio de Ecatepec de Morelos, la cual es de 387 toneladas.

El considerar vehículos con mayor capacidad de carga para reducir el número de vehículos empleados, introduce un nuevo factor, el riesgo de que no puedan acceder a ciertas unidades médicas, ya que algunas de éstas se encuentran rodeadas por vías secundarias, inclusive si éstas se encuentran ubicadas en vías rápidas o principales, el acceso a su zona de descarga es por vías secundarias, ya que el sentido vehicular de las vialidades obliga a transitar por vías secundarias.

Debido a que el servicio de transporte se encuentra concesionado, incluyendo que, el contrato por el cual se ha solicitado dicho servicio tiene vigencia por un año fiscal, asimismo, el prestador del servicio fue licitado con estas características para la flota vehicular, y éste no cuenta con otro tipo de vehículos con mayor capacidad en tonelaje.

## **2. Asignar y distribuir los vehículos a cada unidad médica, a fin de elevar el nivel de los inventarios en farmacias y almacenes generales, y la evaluación del almacén delegacional.**

- Asignación y distribución anterior:
  - La operación diaria de los vehículos de manera empírica, basándose en la experiencia del personal.
  - Mayores distancias de recorrido para los vehículos.
  - Mayores tiempos de entrega en la distribución.
  
- Asignación y distribución propuesta:
  - Integrar el factor de consumo a la etapa de asignación de los vehículos.
  - Respetar el grado de prioridad para la entrega de los bienes de consumo que expresa el factor de consumo.

De esta manera, se conoce qué y cuántos vehículos son necesarios para realizar la entrega total de la demanda de los bienes de consumo que requiere cada unidad médica, y así facilitar al personal médico y administrativo en tiempo y cantidad, los bienes necesarios para la producción del servicio de salud.

El factor de consumo, tiene dos funciones principales, primero, indica el grado de prioridad de entrega de la carga, y segundo, indica la calificación que obtiene el almacén delegacional en la jornada laboral si se le entrega a cierta unidad médica. Por tanto, este dato es relevante e indispensable de integrar en la fase de asignación y distribución de los vehículos para disminuir las distancias de recorrido y los tiempos de entrega.

**3. Al maximizar el nivel de los inventarios en las unidades médicas, así como la propia evaluación del almacén, no son necesarias las secuencias de entrega dentro de las rutas de distribución.**

- Rutas de distribución propuesta:

A través de la asignación y la distribución de los vehículos a las unidades médicas, se reveló que las rutas de distribución de los bienes de consumo son a través de asignar-distribuir los vehículos, y que las secuencia de entrega no existen, puesto que se entrega la totalidad de los bienes de consumo a la respectiva unidad médica con un cierto tipo y número de vehículos, y el regreso de éstos al almacén delegacional es sin carga alguna.

En lo que respecta a la secuencia de entrega, se determino con base en un análisis realizado a través de las metodologías del TSP (*Traveling Sales Problem*) como del propio VRP con Capacidad Limitada (*Capacitated VRP*) que no son posibles de implementar, puesto que, el proceso de distribución consta de descargar en las unidades médicas toda la capacidad de vehículo y regresar al almacén delegacional vacío para realizar otra entrega a otra unidad médica.

Sin embargo, una táctica de entrega posible es respetar el factor de consumo, en la etapa de embarque de los vehículos, por ejemplo, se sabe que los 21 camiones con capacidad de 10 T., están designados a 5 unidades médicas por tanto, iniciar el embarque de los bienes de consumo a la unidad médica con el mayor factor de consumo, siguiendo a la unidad médica con factor de consumo menor que el anterior, y así sucesivamente, con lo que el orden quedaría de la siguiente forma:

- **21 camiones con capacidad de 10 toneladas para transportar carga seca.**
  - 1. H.G.Z. 68, con 5 camiones designados.**
  - 2. U.M.F. 77, con 9 camiones designados.**
  - 3. U.M.F. 93, con 5 camiones designados.**
  - 4. U.M.F. 67, con 1 camión designado, y**
  - 5. U.M.F. 191, con 1 camión designado.**

**4. La metodología de análisis permite ser aplicada a otro municipio y/o a otra delegación del IMSS.**

La elaboración de la metodología de análisis para el sistema de distribución de los bienes de consumo a las unidades médicas del IMSS, precisa los factores de consumo requeridos por cada unidad médica.

A su vez, permite determinar los niveles de los inventarios en farmacias y almacenes generales, los factores de consumo actuales y el nivel de evaluación del almacén general, con base en los datos históricos de cada año fiscal, obtenidos a través del registro de las entregas realizadas, y así cotejar la información con la normatividad establecida, a fin de conocer el estado actual de la distribución.

El registro de las entregas, especifica el número de claves, las piezas y el tonelaje total enviado, mismo que tienen que ser desglosado para determinar qué es lo que corresponde a carga seca y a carga fría.

Una vez determinado el tonelaje de carga seca y carga fría que hace alusión al factor de consumo actual, se procede a establecer las toneladas de carga seca y carga fría que representa al factor de consumo requerido, por medio del consultar al personal de la Coordinación de Abasto y Equipamiento Delegacional y al propio Sistema de Abasto Institucional.

Posteriormente, una vez determinado el total de la carga seca y la carga fría, se procede a emplear el modelo de transporte para asignar-distribuir solo la carga seca, con respecto al factor de consumo requerido, donde se muestra la carga seca que deberá ser enviada a cada unidad médica con cierto tipo y número de vehículos, a fin de conocer si la capacidad disponible por la flota vehicular cumple o no con el total de la carga seca.

En el caso de que, la capacidad de la flota vehicular sea menor a la carga total, el modelo permite determinar la capacidad que se requiere para cubrir con ésta, respetando el factor de consumo requerido. Y para conocer el tipo de vehículos que se requieren para cubrir la nueva capacidad, basta con distribuir el tonelaje arrojado por el modelo en los 4 tipos de vehículos, con el fin de entregar la demanda total de cada demanda.

En lo que respecta a la carga fría, se cuenta con un solo tipo de vehículo, por tal motivo, no se emplea el modelo, con solo verificar que la capacidad disponible por los vehículos tipo thermoking cubre el total de carga a transportar, en caso de requerir mayor capacidad, se identifica el número de vehículos que se necesitan para cubrir con la totalidad de la carga fría.

Lo anterior mencionado, distingue al municipio de Tlalnepantla de Baz con un importante factor de consumo del 20.47%, que al igual que Ecatepec de Morelos cuenta con 8 unidades médicas y con 299, 812 derechohabientes.

Dicha metodología, permite comprobar si la capacidad de la flota vehicular cubre o no con la demanda total requerida de los bienes de consumo, al igual determina, si fuese el caso, la nueva capacidad que se requiere para entregar la demanda, ambos casos son para la carga seca y la carga fría.

El factor de consumo sigue siendo el que determina la asignación-distribución de los vehículos, como las rutas de distribución para cada tipo de vehículo, puesto que el objetivo es el mismo, elevar los niveles de los inventarios y la evaluación del almacén.

Por tanto, esta metodología es de apoyo con carácter operativo, tanto para el personal responsable de la distribución de los bienes de consumo de la Delegación Estado de México Oriente, como para el propio IMSS, donde las unidades médicas incrementarían su nivel de servicio de salud otorgado a los 2, 660,144 derechohabientes.

Es por esto que, cuando se cuenta con un sistema de distribución de manera limitada, la amplitud del servicio de salud se define a otorgar cierto tipo y número de servicios, tales como estudio de laboratorio, análisis clínicos y el surtido de recetas médicas en la unidad médica, ya que el fin de ésta es, tratar al enfermo de manera eficiente, y cuando éste se logró, que sea al menor tiempo y costo posible.

En tanto para el IMSS, es prioritario contar con los insumos necesarios para que el personal médico y administrativo en cada unidad médica otorgue un servicio de salud con el fin de encontrar aquel estado de equilibrio físico, psicológico y social del derechohabiente que solicita la atención a la salud.

Todo lo anterior induce a mejorar el sistema de distribución de la Delegación Estado de México Oriente como la institución pública con mayor demanda en servicios de salud, con el objetivo de emplear la estrategia de distribución que permita abastecer los bienes de consumo de uso terapéutico y uso no terapéutico a farmacias y a almacenes generales de las unidades médicas de esta delegación, de acuerdo a la normatividad establecida, y así mejorar el nivel de servicio de salud de las unidades médicas.

## Referencias

---

A. F. Güneri, Volumen 221, Número 1, 2007, "Physical distribution activities and vehicle routing problems in logistics management: a case study", Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part B: Journal of Engineering Manufacture.

Antún Callaba, Juan Pablo, Logística: una visión sistémica, 1994, Sanfandila, Qro., Instituto Mexicano del Transporte, Secretaria de Comunicaciones y Transportes.

Anaya Terejo, Julio Juan, El transporte de mercancías: Enfoque logístico de la distribución, España, 2009, Ed. ESIC.

Backhoff Pohls, Miguel Ángel, Transporte y espacio geográfico: una aproximación geoinformática, 1ra. ed., México, 2005, UNAM.

Ballou, Ronald H., Logística. Administración de la cadena de suministro, 5ta. ed., México, 2004, Ed. Pearson Edicación.

Barquín Calderón, Manuel, Dirección de hospitales: Organización de la atención médica, 1979, Ed. Interamericana McGraw-Hill.

Barquín Calderón, Manuel, Dirección de hospitales: Sistemas de atención médica, 6a. ed., 1992, Ed. Interamericana McGraw-Hill.

Borja Ozores, Massó, Logística hospitalaria, 1a. ed., 2007, Barcelona, Ed. Marge.

Bowersox, Donald J.; Closs, David J., Logistical management : the integrated supply chain process, 3ra. ed., New York, 1996, Ed. McGraw-Hill.

Camagni, Roberto, Economía urbana, Barcelona, España, 2004, Ed. Antoni Bosch.

Castellanos Ramírez, Andrés, Manual de la gestión logística del transporte y distribución de mercancías, Colombia, 2009, Ed. Uninorte.

Cebrian de Miguel, Juan Antonio, Información geográfica y sistemas de información geográfica (SIGs), Santander, 1992, Ed. Universidad de Cantabria.

Cendrero Agenjo, Benjamín; Truyols Mateu, Sebastián, El transporte: aspectos y tipología, 1ra. ed., Madrid, 2008, Ed. Delta Publicaciones.

Chase ,Richard; Jacobs, Robert; Aquilano, Nicholas, Administración de la producción y operaciones para una ventaja competitiva, 10a. ed., 2005, Ed. Mc Graw Hill.

Chopra, Sunil; Meindl, Peter; Administración de la cadena de suministro. Estrategia, planeación y operación, 3a. ed., México, 2008, Ed. Pearson Educación.

Cos, Jordi Pau; De Navascués y Gasca, Ricardo, Manual de logística integral, 3a. ed., España, 2001, Ed. Díaz de Santos.

Daganzo, Carlos F., Fundamentals of transportation and traffic operations, 1ra. ed., 1997, Ed. Pergamon.

Daganzo, Carlos F., Logistics systems analysis, 4ta. ed., 2005, Ed. Springer.

De la Fuente, Juan Ramón ; Rodríguez Carranza, Rodolfo, La educación médica y la salud en México: Textos de un debate, 1996, México, UNAM, Facultad de Medicina: Siglo XXI.

Díez De Castro, Enrique C., Distribución comercial, 3a. ed., 2004, Ed. Mc Graw-Hill.

Fernández, Vicenç; Fonollosa, Joan B., Silán, José M., Suñe, Albert, Métodos cuantitativos de organización industrial I, 2da. ed., Barcelona, España, 2005, Ed. Ediciones UPC.

Flor López / Adrián Guillermo Aguilar , Abril Número 053, 2004, “Niveles de cobertura y accesibilidad de la infraestructura de los servicios de salud en la periferia metropolitana de la Ciudad de México”, Redalyc Investigaciones Geográficas, Universidad Nacional Autónoma de México, Distrito Federal, México , pp. 185-209.

Gomollón, Félix Alonso, Ejercicios de investigación de operaciones, Madrid, España, 1996, Ed. ESIC.

Guía de utilización de los cuadros básicos en las unidades médicas. IMSS, 2004.

Gutiérrez Casas, Gil, Logística y distribución física: Evolución, situación actual, análisis comparativo y tendencias, 1a. ed., España, 1998, Ed. Mc. Graw-Hill.

Herce Vallejo, Manuel, Sobre la movilidad en la Ciudad, Barcelona, España, 2009, Ed. Reverté.

Hernández Alceda, Ángel, La operación de los transportes, México, D.F, 1997.

López Rosas, Oscar Arturo, La logística en el suministro de medicamentos en una institución médica: "IMSS", 2002, Tesis de Maestría en Sistemas, Universidad Nacional Autónoma de México, Distrito Federal, México.

Malagón-Lodoño, Gustavo; Galán Morera, Ricardo; Pontón Laverde Gabriel, Administración hospitalaria, 3a. ed., 2008, Ed. Médica Internacional.

Manual de organización de la jefatura de servicios administrativos. IMSS, 2006.

Manual de procedimientos administrativos para el suministro de bienes de consumo. IMSS, 2007.

Moya Navarro, Marcos Javier, Investigación de operaciones, fascículo no. 2, 1ra., ed., Costa Rica, 1990, Ed. Universidad Estatal a Distancia.

Olivera, A., Heurísticas para problemas de ruteo de vehículos, Instituto de Computación, Facultad de Ingeniería. Universidad de la República, Montevideo, Uruguay. 2004. Disponible en: [www.fing.edu.uy/inco/pedeciba/bibliote/reptec/TR0408.pdf](http://www.fing.edu.uy/inco/pedeciba/bibliote/reptec/TR0408.pdf). Consultado en Mayo 2011.

Peña Llopis, Juan, Sistemas de información geográfica aplicados a la gestión del territorio, España, 2006, Ed. Club Universitario.

Plazola Cisneros, Alfredo, Enciclopedia de arquitectura Plazola Vol. 6, México, D.F. 2001, Ed. Plazola Noriega.

Quesada Ibarguen, Víctor Manuel; Vergara Schmalbach, Juan Carlos, Análisis cuantitativo con WinQsb, Métodos cuantitativos de gestión, Programa de administración industrial, Universidad de Cartagena.

Reporte de Gestión Nacional 51. Disponible en: [http://www.imss.gob.mx/estadisticas/financieras/reporte\\_gestion.htm](http://www.imss.gob.mx/estadisticas/financieras/reporte_gestion.htm)

Robusté Antón, Francesc; Logística del transporte, Barcelona, 2005, Ed. Universidad Politècnica de Catalunya.

Sainz de Vicuña Ancín, José María, La distribución comercial: Opciones estratégicas, 2da. ed., España, 2001, Ed. ESIC.

Sallán, José M.; Suñé, Albert; Fernández, Vicenç; Fonallosa, Joan B., Métodos cuantitativos de organización industrial I, 2da. ed., Barcelona, 2005, Ed. Edicions UPC.

Secretaria de Salud/Dirección General de Asuntos Jurídicos, Ley general de salud, 3a. ed., México, 1993, Ed. Porrúa.

Sipper, Daniel; Bulfin Jr., Robert L., Planeación y control de la producción, 1ra. ed., 1998, Ed. McGraw Hill Interamericana Editores.

Seguí Pons, Joana Ma.; Petrus Bey, Joana Ma., Geografía de redes y sistemas de transporte, 1991, Ed. Síntesis.

Soret Los Santos, Ignacio, Logística comercial y empresarial, 4ra. ed., España, 2004, Ed. ESIC.

Soret los Santos, Ignacio, Logística y marketing para la distribución comercial, 3ra. ed., España, 2006, Ed. ESIC.

Soria Puig Arturo, A qué llamamos transporte, 1980, Madrid, Ciudad y Territorio No. 2, Ideal, p. 19-32.

Toth Paolo, Vigo Daniele; The vehicle routing problem, 2002, Ed. Society for Industrial and Applied Mathematics.

Urzelai Inza Aitor, Manual básico de logística integral, Madrid, 2006, Ed. Diez de Santos.

Vallés Ferrer, José; Hap Dubois, Emilio, El transporte en las grandes ciudades, Cadiz, 1978, Secretariado de Publicaciones de la Universidad de Sevilla.

Winston, Wayne L., Investigación de operaciones, aplicaciones y algoritmos, 4ta. ed., 2005, Ed. International Thomson Editores.

Yáñez, Enrique, Hospitales de seguridad social, 8va. ed., México, 1986, Ed. Limusa Noriega Editores.

Zandin, Kjell, Maynard Manual del Ingeniero Industrial II, 5ta. ed., 2005, Ed. Mc Graw Hill Interamericana Editores.

## Anexos

**Tabla 1 Factores de consumo y población derechohabiente por municipio.**

Municipio	2010 (INEGI)	Factor de consumo	Factor de consumo actual	Nivel de inventario	Nivel de inventario actual
Amecameca	8,545	<b>0.36%</b>	0.33%	<b>98%</b>	90.64%
Apaxco de Ocampo	8,524	<b>0.42%</b>	0.18%	<b>98%</b>	55.84%
Chalco	76,889	<b>4.31%</b>	3.33%	<b>98%</b>	75.41%
Chicoloapan	61,389	<b>1.69%</b>	1.50%	<b>98%</b>	89.01%
Chimalhuacán	116,520	<b>0.56%</b>	0.45%	<b>98%</b>	78.42%
<b>Coacalco</b>	<b>139,426</b>	<b>6.76%</b>	<b>5.05%</b>	<b>98%</b>	<b>69.38%</b>
Cuautilán de Romero	69,644	<b>2.03%</b>	1.59%	<b>98%</b>	62.14%
Cuautilán Izcalli	257,203	<b>3.57%</b>	2.68%	<b>98%</b>	72.62%
<b>Ecatepec</b>	<b>593,406</b>	<b>31.56%</b>	<b>23.35%</b>	<b>98%</b>	<b>76.83%</b>
Ixtapaluca	157,743	<b>1.90%</b>	1.39%	<b>98%</b>	62.89%
Jilotepec	12,528	<b>0.41%</b>	0.36%	<b>98%</b>	86.64%
Juchitepec	2,155	<b>0.13%</b>	0.11%	<b>98%</b>	80.83%
Los Reyes la Paz	64,088	<b>4.42%</b>	2.83%	<b>98%</b>	69.89%
<b>Nezahualcóyotl</b>	<b>336,922</b>	<b>6.14%</b>	<b>4.82%</b>	<b>98%</b>	<b>71.54%</b>
Otumba	3,075	<b>0.32%</b>	0.17%	<b>98%</b>	58.80%
Ozumba	2,302	<b>0.15%</b>	0.12%	<b>98%</b>	78.81%
San Salvador Atenco	11,437	<b>0.26%</b>	0.22%	<b>98%</b>	82.17%
<b>Texcoco</b>	<b>54,579</b>	<b>10.13%</b>	<b>6.47%</b>	<b>98%</b>	<b>73.44%</b>
Tezoyuca	7,874	<b>0.16%</b>	0.14%	<b>98%</b>	87.07%
Tlalmanalco	16,841	<b>0.74%</b>	0.48%	<b>98%</b>	66.96%
<b>Tlalnepantla</b>	<b>299,812</b>	<b>20.47%</b>	<b>16.48%</b>	<b>98%</b>	<b>78.54%</b>
Tultitlan	240,769	<b>0.79%</b>	0.48%	<b>98%</b>	58.50%
Valle de Chalco Solidaridad	76,403	<b>1.76%</b>	1.34%	<b>98%</b>	69.07%
Zumpango	45,205	<b>0.93%</b>	0.77%	<b>98%</b>	80.93%
<b>Total</b>	<b>2,663,279</b>	<b>100%</b>	<b>74.64%</b>	<b>98%</b>	<b>71.05%</b>

**Tabla 2 Estructura de la población derechohabiente (IMSS, 2009).**

Delegación Estado de México Oriente	
<b>Total de población derechohabiente</b>	<b>2,660,144</b>
Asegurados	1,021,437
Familiares de asegurados	1,207,740,
Pensionados	221,301
Familiares de pensionado	209,666

**Tabla 3 Unidades médicas por nivel de atención en cada municipio con la población adscrita.**

Unidades médicas con 2do. Nivel de Atención y Especialidades	Municipio	Población Adscrita (2009)
Hospital de Gineco-Obstetricia con Medicina Familiar No. 60	Tlalnepantla	Sin información
Hospital General Regional No. 72	Tlalnepantla	Sin información
<b>Hospital General Regional No. 196</b>	<b>Ecatepec</b>	Sin información
Hospital General de Zona No. 53	Los Reyes la Paz	Sin información
Hospital General de Zona No. 57	Tlalnepantla	Sin información
<b>Hospital General de Zona con Medicina Familiar No. 68</b>	<b>Ecatepec</b>	<b>189,271</b>
Hospital General de Zona No. 71	Chalco	Sin información
<b>Hospital General de Zona con Medicina Familiar No. 76</b>	<b>Ecatepec</b>	<b>56,501</b>
Hospital General de Zona No. 98	Coacalco	Sin información
Hospital General de Zona No. 197	Texcoco	Sin información

**Tabla 4 Unidades médicas por nivel de atención en cada municipio con la población adscrita.**

Unidades médicas con 2do. Nivel de Atención y Especialidades	Municipio	Población Adscrita (2009)
Unidad de Medicina Familiar con Unidad Médica de Atención Ambulatoria No. 198	Coacalco	58,132
Unidad Médica de Atención Ambulatoria No. 199	Tlalnepantla	Sin información

**Tabla 5 Unidades médicas por nivel de atención en cada municipio con la población adscrita.**

Unidades médicas con 1er. Nivel de Atención	Municipio	Población Adscrita (2009)
Unidad de Medicina Familiar No. 52	Cuautitlán	178,201
Unidad de Medicina Familiar No. 54	Apaxco de Ocampo	19,536
Unidad de Medicina Familiar No. 55	Zumpango	63,734
Unidad de Medicina Familiar No. 56	Jilotepec	25,348
Unidad de Medicina Familiar No. 59	Cuautitlán	9,683
Unidad de Medicina Familiar No. 62	Cuautitlán	228,200
Unidad de Medicina Familiar No. 64	Tlalnepantla	232,459
<b>Unidad de Medicina Familiar No. 67</b>	<b>Ecatepec</b>	<b>75,931</b>
Unidad de Medicina Familiar No. 69	Texcoco	99,427
Unidad de Medicina Familiar No. 70	Ixtapaluca	95,026
Unidad de Medicina Familiar No. 73	Amecameca	16,585
Unidad de Medicina Familiar No. 74	Tlalmanalco	28,250
Unidad de Medicina Familiar No. 75	Nezahualcóyotl	184,302
<b>Unidad de Medicina Familiar No. 77</b>	<b>Ecatepec</b>	<b>152,424</b>
Unidad de Medicina Familiar No. 78	Nezahualcóyotl	102,710
Unidad de Medicina Familiar No. 79	Tlalnepantla	60,644
Unidad de Medicina Familiar No. 81	Juchitepec	6,652
Unidad de Medicina Familiar No. 82	San Salvador Atenco	17,108
Unidad de Medicina Familiar No. 83	Chicoloapan	65,836
Unidad de Medicina Familiar No. 84	Texcoco	72,088
Unidad de Medicina Familiar No. 85	Tezoyuca	9,381
Unidad de Medicina Familiar No. 86	Ixtapaluca	86,161
Unidad de Medicina Familiar No. 87	Ozumba	11,523
Unidad de Medicina Familiar No. 89	Otumba	29,843
Unidad de Medicina Familiar No. 91	Coacalco	146,353
<b>Unidad de Medicina Familiar No. 92</b>	<b>Ecatepec</b>	<b>205,287</b>
<b>Unidad de Medicina Familiar No. 93</b>	<b>Ecatepec</b>	<b>254,137</b>
Unidad de Medicina Familiar No. 95	Tlalnepantla	32,201
Unidad de Medicina Familiar No. 96	Nezahualcóyotl	64,864
Unidad de Medicina Familiar No. 180	Chalco	53,658
Unidad de Medicina Familiar No. 181	Chalco	63,776
Unidad de Medicina Familiar No. 182	Nezahualcóyotl	39,287
Unidad de Medicina Familiar No. 183	Nezahualcóyotl	44,480
Unidad de Medicina Familiar No. 184	Cuautitlán	48,402
Unidad de Medicina Familiar No. 185	Tultitlan	50,449
Unidad de Medicina Familiar No. 186	Tlalnepantla	30,295
Unidad de Medicina Familiar No. 188	Cuautitlán	61,632
Unidad de Medicina Familiar No. 189	Chimalhuacán	45,768

Unidades médicas con 1er. Nivel de Atención	Municipio	Población Adscrita (2009)
Unidad de Medicina Familiar No. 191	<b>Ecatepec</b>	<b>53,748</b>
Unidad de Medicina Familiar No. 193	Chalco	71,027
Unidad de Medicina Familiar No. 195	Chalco	101,902