

# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

---

---

PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO EN  
INGENIERÍA

FACULTAD DE INGENIERÍA

## PLANEACIÓN DE LA PRODUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE UNA CADENA DE SUMINISTRO MEDIANTE UN MODELO MATEMÁTICO DE OPTIMIZACIÓN

T E S I S

QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:

**MAESTRO EN INGENIERÍA**

INGENIERIA DE SISTEMAS - INVESTIGACION DE OPERACIONES

P R E S E N T A

**JOSÉ ARMANDO ARROYO SÁNCHEZ**



TUTOR:

DRA. MAYRA ELIZONDO CORTÉS

*AÑO*

*2010*

**JURADO ASIGNADO:**

Presidente: Dra. SANCHEZ LARIOS HERICA  
Secretario: Dra. MONROY LEON COZUMEL ALLANEC  
Vocal: Dra. ELIZONDO CORTES MAYRA  
1<sup>er</sup> Suplente: Dr. SIERRA ACOSTA JORGE  
2<sup>do</sup> Suplente: Dr. SANCHEZ LARA BENITO

Lugar donde se realizó la tesis:

DEPARTAMENTO DE SISTEMAS DE LA DIVISIÓN DE INGENIERÍA MECÁNICA  
E INDUSTRIAL DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA DE LA UNAM.

**TUTOR DE TESIS:**

Dra. MAYRA ELIZONDO CORTES



---

**FIRMA**

---

# Agradecimientos

La realización de esta disertación representa un logro académico y personal significativo para mí. Así, quiero compartir y agradecer la culminación de esta etapa formativa con aquellos que enriquecen mi vida, y en especial con aquel que me la ha brindado.

*A mis padres, a mis hermanas, y a toda mi familia.* Por ser causa en mí, por su cariño, su confianza, y hacerme partícipe de las causas suyas.

*A mis sobrinos.* A mi linda *Aislin*, a mi hermosa *María Fernanda*, al alegre *Juan Pablo* y al travieso *Jorge Arturo* por ser mis más sabios y dedicados maestros.

*A mis amigos.* Por compartir y contagiarme de su gran esencia. Por el privilegio de conocerles y cultivarles.

*A Dios.* Por ser quien es, y darme tantas bendiciones.

Orgulloso me siento de haberme formado académicamente por instituciones de gran talla en mi país. Reconozco su loable labor, y el mérito de sus buenos elementos. Agradezco entonces también, a todos aquellos que han contribuido con esfuerzo, coraje y afecto en mi formación como ingeniero. Asimismo, al CONACyT por su patrocinio en estos estudios de maestría.

*José Armando Arroyo Sánchez*

*Ciudad de México, Verano del 2010*

# Índice

<b>Resumen</b> .....	v
<b>Abstract</b> .....	vi
<b>Introducción</b> .....	vii
<b>Objetivos</b> .....	ix
<b>Capítulo 1 La gestión y optimización de la cadena de suministro</b> .....	01
1.1 Introducción.....	02
1.2 Marco conceptual de la cadena de suministro.....	03
1.2.1 Concepto de cadena de suministro.....	03
1.2.2 Objetivos de la cadena de suministro.....	04
1.2.3 Procesos macro de una cadena de suministro.....	04
1.3 La gestión de la cadena de suministro.....	07
1.3.1 Definición de la gestión de la cadena de suministro.....	07
1.3.2 Fases de decisión de una cadena de suministro.....	08
1.3.3 Diseño de redes de distribución en la cadena de suministro.....	09
1.3.4 La operatividad de la cadena de suministro bajo una perspectiva de optimización.....	15



<b>Capítulo 2</b>	<b>Modelos matemáticos asociados a la optimización de la cadena de suministro.....</b>	<b>18</b>
2.1	Introducción.....	19
2.2	Generalidades y finalidades en los planteamientos de solución.....	20
2.3	Enfoques de solución mediante programación matemática.....	24
2.3.1	Formulaciones concebidas bajo el problema de flujo a costo mínimo en redes de distribución.....	24
2.3.1.A	Formulación para una red expandida y con opción de operación con productos múltiples.....	24
2.3.1.B	Formulación para cadenas de suministro multi nivel y de producto único.....	32
2.3.1.B.i	Formulación para cadenas de suministro multi nivel, de producto único, y de dimensión considerable.....	37
2.3.1.C	Formulación para cadenas de suministro multi nivel y multi producto.....	39
2.3.2	Formulación lineal para cadenas de suministro multi nivel y multi producto, típica a horizontes de planeación de mediano plazo.....	43
2.3.3	Formulación lineal para cadenas de suministro de dos niveles y producto único, con variables binarias.....	49
2.3.4	Formulación para cadenas de suministro multi nivel y de producto único, con restricciones de capacidad de almacenamiento y transferencia, y escenarios de caducidad del producto.....	52
2.3.4.1	Restricciones de capacidad de transferencia.....	56
2.3.4.2	Restricciones de capacidad física de los almacenes .....	57
2.3.4.3	Restricciones de caducidad del producto.....	58

---

<b>Capítulo 3</b>	<b><i>El contexto de negocio para la industria de bebidas refrescantes</i></b> .....	62
3.1	Introducción.....	63
3.2	Contexto mundial y nacional .....	64
3.2.1	Contexto mundial.....	64
3.2.2	Contexto nacional.....	66
3.2.2.1	Volumen de producción de la industria.....	70
3.2.2.2	Composición de las ventas de la industria.....	73
3.3	Tendencias de mercado y cambios en la industria.....	79
<b>Capítulo 4</b>	<b><i>Modelación de una cadena de suministro relativa a una empresa dedicada a la elaboración de bebidas refrescantes</i></b> .....	84
4.1	Introducción.....	85
4.2	Fases del proyecto de modelación.....	86
4.2.1	Definición del problema.....	86
4.2.1.1	Objetivo del proyecto de modelación.....	86
4.2.1.2	Descripción de la cadena de suministro objeto de estudio.....	88
4.2.2	Construcción del modelo.....	91
4.2.2.1	Notación del modelo.....	92
4.2.2.1.A	Variables de decisión del modelo.....	93
4.2.2.1.B	Costos asociados.....	94
4.2.2.1.C	Otros parámetros.....	95
4.2.2.2	La formulación.....	95
4.2.2.2.A	Función objetivo.....	95
4.2.2.2.B	Conjunto de restricciones.....	97

4.2.3 Solución del modelo.....	119
4.2.4 Validación del modelo.....	121
4.2.4.1 Escenario de validación 1.....	122
4.2.4.2 Escenario de validación 2.....	125
4.2.4.3 Escenario de validación 3.....	128
4.3 Resultados de la aplicación informática.....	131
 <i>Conclusiones</i> .....	 150
 <i>Apéndices</i> .....	 152
A. Características de las opciones de diseño de distribución.....	152
B. Clasificación y modelos de solución de operaciones para industrias de manufactura continua y discreta.....	165
C. Arreglos lógicos del modelo asociado a la cadena de suministro bajo estudio.....	169
C.1 De definición de $U_{jcdelt}$ en $t=i$ a $t=T$ .....	169
C.2 De definición de $q_{jcdt=T+1}$ .....	173
D. Modelo de optimización de la cadena de suministro en estudio.....	178
D.1 Función Objetivo.....	178
D.2 Restricciones.....	181
D.3 Declaración de Variables.....	229
 <i>Bibliografía</i> .....	 232

# Resumen

En esta tesis, se desarrollo un modelo matemático de optimización, el cual fue aplicado a un contexto industrial con el fin de determinar la planeación de la producción, almacenamiento y distribución más adecuada, satisfaciendo una demanda de consumo generada en una región geográfica determinada. La disertación trata de la optimización de cadenas de suministro, tanto en su concepción teórica, matemática y operativa, y como resultado generó una propuesta numérica, la cual surgió por medio de la Investigación de Operaciones, enfoque analítico que busca la mejor toma de decisiones de algún sistema bajo estudio.

Los principales costos por la adquisición de un bien, corresponden en gran medida, a costos de distribución y manejo. Es decir, el contexto industrial actual ha determinado que las principales áreas de oportunidad se concentran en los ámbitos logísticos, más que en los de manufactura propiamente. Así, el presente estudio es una propuesta matemática, la cual busca definir decisiones óptimas relacionadas con la planeación de una cadena de suministro, esto bajo la dinámica de un giro en particular; la industria de bebidas suaves.

La estructura de la investigación, parte del fundamento teórico de la logística y la gestión de cadenas de suministro (capítulo 1), como también del esbozo de representativos esfuerzos numéricos al respecto, específicamente aquellos relacionados con la modelación matemática (capítulo 2). El objetivo de la tesis, es inferir escenarios de conveniencia operativa a un giro en particular, con lo cual la tercera parte de la disertación se enfoca al estudio del giro industrial seleccionado, la industria de bebidas suaves. Finalmente, el último capítulo representa la glosa de la investigación, mostrando la original y valuada propuesta para definir la planeación óptima de producción, almacenamiento y distribución de la cadena de suministro objeto de estudio.

La aplicación del modelo propuesto a la cadena de suministro analizada, denota que un problema con robusta complejidad computacional, puede ser resuelto convenientemente, brindando un respaldo matemático óptimo a la toma de decisiones en ámbitos tan dinámicos como la logística.

# Abstract

In this thesis, an optimization mathematical model was developed, and applied to specific industrial environment. The goal was to establish the production, storage and distribution management in the most efficient way, according to meet the geographical regions than demand the supply of the products. The subject of this document is the supply chain optimization, which was present in the theoretical, mathematical, and operation conception through the chapters of the research. The result was a numerical proposal and it was born in the operation research discipline; analytical approach to support and find the best decisions in the systems studied by it.

The consumer goods have historically integrated by manufacturing and logistic costs. These last, are meanly represented by manipulation and distribution operations. These kings of activities have increased in the industrial process, appreciating the costs merged in logistics and raising the complexity of the system. So, this dissertation is a mathematical interpretation to find the most suitable production and distribution planning in a particular context; carbonated beverages industry.

The research is integrated by four sections. Firstly, the theory of supply chain management was developed, then the mathematical optimization models that perform that systems. Next section, explains the context of the carbonated beverages industry, some specific national and worldwide information are showed. Finally, a planning application was developed by original mathematical model designed by the author of this thesis. The model defined the optimum quantity of production, storage and distribution of a system integrated by three factories, six products, five distribution centers, and ten geographical regions to have to be served.

In this way, the model is able to find the best quantity of product to supply. The final result is a balance between the offer and demand focused to obtain the best profit in a distribution context.

# Introducción

Desde antaño, el hombre ha tratado de comprender el entorno en que se desarrolla, y para ello ha cimentado su ingenio en diversas disciplinas, aprendiendo e incluso modelando la realidad en la cual se encuentra inmerso. Para tal aprendizaje del entorno real, los enfoques analíticos son una herramienta que ha permitido la interpretación de un sin fin de escenarios, resultado de la actividad humana o del ámbito en el cual se encuentra inmerso el hombre.

La presente disertación es resultado de una disciplina con enfoque matemático, la Investigación de Operaciones, y en ella se aborda una problemática generada en el contexto operativo del hombre; la planeación de sistemas productivos.

El estudio se presenta como una propuesta numérica, para definir en detalle la planeación de un sistema productivo en particular. La temática fundamental de la disertación es la logística de una organización, su planeación, operación, y el establecimiento de escenarios que lleven al sistema a un nivel de eficiencia óptimo. El sistema, objeto de estudio de la tesis, corresponde a una cadena de suministro generada por un giro industrial en concreto; la industria de bebidas suaves. Dicho objeto de estudio, será analizado para definir la planeación de manufactura, de la gestión de almacenamiento, y de la planeación de la distribución de los productos con los cuales se efectúa la comercialización. La investigación de operaciones establecerá la herramienta, metodológica y numérica, para la creación de un modelo que defina cuantitativamente la planeación de la cadena de suministro seleccionada. La adopción sistémica del estudio, en conjunto con la visión matemática de la investigación operativa, conllevarán a escenarios de conveniencia, aportando un sustento de factibilidad a las decisiones de producción y distribución propias en los entes por los que se conforma el sistema.

Los sistemas logísticos presentan una complejidad de modelación robusta. Lo anterior es debido al gran número de variables que interactúan en el sistema, la vigencia de factibilidad de las decisiones en él realizadas, y en general, la incertidumbre creada por factores estacionales y de competencia. Así, el generar una formulación matemática que propicie escenarios de mejora, se considera un valioso reto. Contextos de mejor eficiencia, se traducirán en una esmerada planeación que conlleve a reducir costos, incrementar el nivel de servicio, y de forma integral, coordinar todas las actividades del sistema hacia un objetivo común.

El contexto actual de los sistemas de distribución presenta significativas áreas de oportunidad. Desde antaño, autores experimentados han establecido, que la problemática más significativa en el ámbito industrial no corresponde propiamente a la función de manufactura, sino a la función de distribución de los bienes fabricados. Ralph Borsodi <sup>α</sup> por ejemplo, establece un estudio en el cual contrasta los costos de manufactura y distribución entre los

---

<sup>α</sup> BORSODI, Ralph The Distribution Age. A study of the economy of modern distribution. Edit. D. Appleton and Company Año. 1927

años 1870 y 1920, llegando a la conclusión de que en promedio dos terceras partes del costo de un bien producido en aquella época, corresponden a costos de distribución. Es decir, mientras que los sistemas de manufactura incrementan su eficiencia, los sistemas de distribución incursionan en dinámicas más complejas, generando éstos un alza en el valor de los bienes manufacturados.

Bajo un contexto globalizado moderno, los costos inmersos de distribución se dimensionan a gran escala. La función de producción y distribución son áreas estratégicas. De tal modo, la significancia de la propuesta, descrita en este trabajo de tesis, radicará en el establecimiento de medios para la mejor toma de decisiones en sistemas productivos integrados por alguna fase de distribución, o conjuntamente de producción y distribución. Su principal aportación es el servir como medio para abordar un problema logístico complejo, y brindar una solución analítica con respecto a escenarios de conveniencia en la planeación operativa del ente bajo estudio.

# Objetivos

El presente trabajo de investigación considera un objetivo único como guía en su ejecución. Tal objetivo define toda la estructura de la disertación, la cual se ha sustentado en tres pilares, sirviendo de cimientos a la propuesta, y a la tesis misma que se desarrolla en estas páginas.

Los dos primeros pilares corresponden; a la visión teórica de la logística, y a la visión teórica numérica. La tercera columna, soporte del estudio, corresponde a un análisis del giro en particular en el cual se establecerá la aplicación de la disertación; el contexto del negocio de las empresas dedicadas a la elaboración de bebidas refrescantes.

El objetivo del proyecto, persigue entonces, una concepción teórica a una aplicación en concreto. A continuación éste se anuncia:

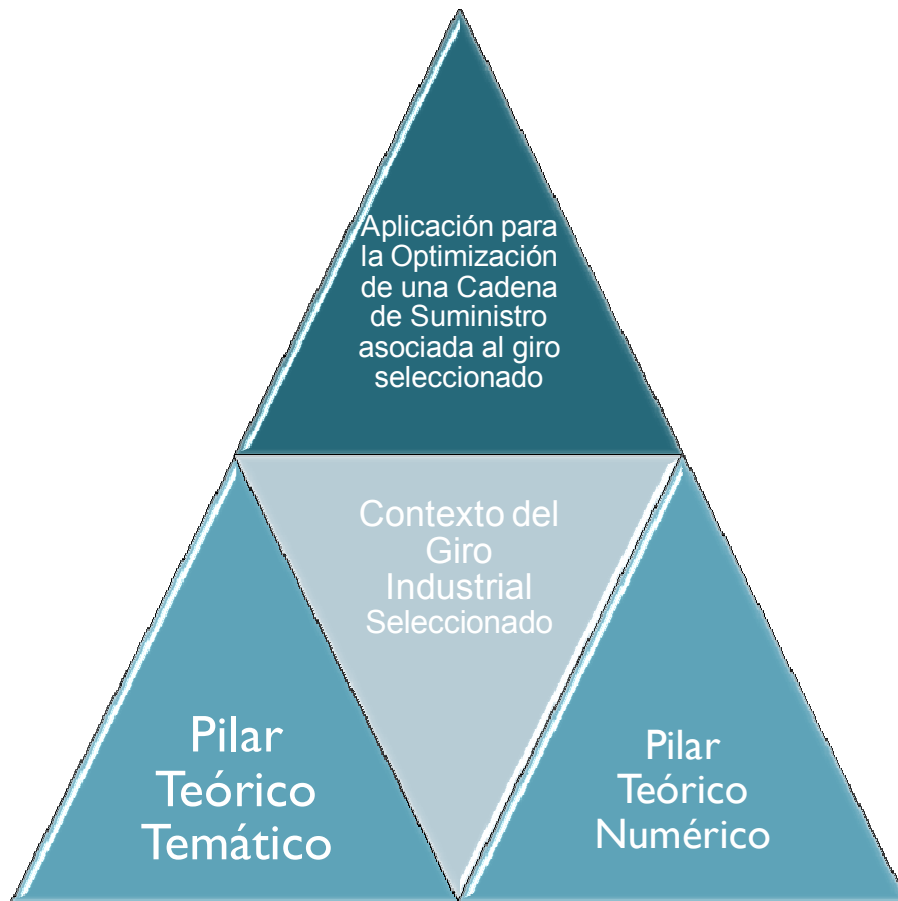
*Modelar la cadena de suministro de una industria relacionada con la elaboración de bebidas refrescantes, con el fin de establecer escenarios convenientes de planeación para su operación*

Tal objetivo permitirá desarrollar la investigación, bajo una perspectiva analítica y cuantitativa, de las diversas fases por las cuales se integra la cadena de suministro en estudio.

El objetivo principal, se ha traducido a objetivos parciales, que obedecen a la propia anatomía de la investigación. El detalle de cada uno de éstos, será presentado al inicio de cada capítulo, pudiendo comentar en esta etapa inicial, el ámbito de cada uno de ellos.

El primer conjunto de objetivos parciales, conceptualiza al primer pilar teórico en el que se fundamenta la investigación, es decir, el contexto de la cadena de suministro, y de su gestión. El segundo conjunto se ajusta a la visión teórica numérica que aborda los problemas de una gestión logística, concretamente de la cadena de suministro. Este segundo conjunto de objetivos parciales serán lineamientos, que permitan mostrar los esfuerzos matemáticos más relevantes asociados a tales sistemas. Los objetivos parciales que atañen al análisis del contexto en el cual se aplicará la propuesta, corresponden al tercer capítulo, el cual mostrará el giro industrial seleccionado en el estudio. Finalmente la aplicación de la propuesta, será guiada por objetivos relacionados con la creación del modelo matemático que brinde escenarios convenientes de operación para el sistema en estudio. La figura i.0, muestra una representación conceptual de la disertación, empleando para ello los pilares temáticos anteriormente comentados.





*Figura i.0*

*Pilares temáticos que estructuran la disertación*

De esta forma, se pretende el brindar un panorama analítico, metodológico y de aplicación de contexto con respecto a modelos de optimización de cadenas de suministro, relacionadas con la industria de elaboración de bebidas refrescantes.

# Capítulo 1

## La gestión y optimización de la cadena de suministro

### 1.0 Objetivos del capítulo

Este capítulo presenta el panorama de la Cadena de Suministro, su Gestión y el contexto de la Optimización como alternativa para abordar y plantear soluciones a los problemas relacionados con la función de abastecimiento. Por medio de este primer capítulo se establecerá el escenario global del tópico, considerando los siguientes objetivos a través de su desarrollo:

- Establecer el panorama del concepto de Cadena de Suministro.
- Mostrar el contexto y objetivos de la Gestión de la Cadena de Suministro.
- Exponer la concepción de la Optimización en la Cadena de Suministro.

De tal forma, el capítulo representa el fundamento teórico de la función de abastecimiento, y a la vez introduce la perspectiva de optimización como herramienta analítica asociada a la gestión logística.

## 1.1 Introducción

Una ventaja competitiva actual es, sin lugar a dudas, la adecuada gestión de la función logística en las empresas. El enfoque de integración y coordinación, tomado ya desde épocas pasadas en los entes productivos y comerciales, ha hecho notorio que se puede operar y lograr resultados muy significativos con respecto a objetivos comunes. Tal es la temática de la cadena de suministro y su gestión.

En las últimas décadas, varias compañías han reconocido que significativas reducciones de costos y mejoras en los niveles de servicio pueden ser logrados por planes de producción efectivamente integrados, controles de inventarios y políticas de transportación a través de sus cadenas de suministro. Los gastos implicados son enormes. Autores experimentados en el tema de la función de abastecimiento, señalan que en la actualidad, en promedio una tercera parte del costo de los bienes vendidos corresponden a costos logísticos. Por ejemplo, Carl Wike [1], establece que los costos de inventario sobrepasan el trillón de dólares por año en los Estados Unidos de Norteamérica. Tal contexto ha generado un considerable esfuerzo en actividades de investigación combinando nuevas metodologías con las teorías establecidas de gestión de inventarios, distribución y planeación de la producción.

Aunado a ello, ha de considerarse el esquema de globalización en los mercados, con lo cual las compañías son estimuladas a expandir su cadena de suministro en diversos países. Así pues, el presente trabajo de tesis estructura una propuesta para establecer escenarios de conveniencia, con respecto a la gestión de la cadena de suministro para un ámbito en particular, y desde una visión analítica para su estudio, concretamente por medio de formulaciones propias de la optimización.

Este capítulo es sustento teórico con respecto a la cadena de suministro, la gestión y aspectos particulares de la función de abastecimiento. La sección 1.2 trata respecto al objeto, es decir la cadena de suministro, y posteriormente la sección 1.3 mostrará los aspectos relevantes relacionados con la gestión de la cadena de suministro.

## 1.2 Marco conceptual de la cadena de suministro

El concepto de cadena de suministro pone de manifiesto áreas de oportunidad en las actividades relacionadas con la fabricación, el almacenamiento y la distribución bajo una perspectiva sistémica. Así pues, se considera importante determinar las características de tal concepto, con el fin de establecer análisis que consideren todos los elementos de la función de abasto, llegando a resultados propios de los objetivos de la cadena de suministro.

### 1.2.1 Concepto de cadena de suministro

Una cadena de suministro está formada por todas aquellas partes involucradas de manera directa o indirecta en la satisfacción de una solicitud de un cliente. La cadena de suministro incluye no solamente al fabricante y al proveedor, sino también a los transportistas, almacenistas, vendedores al detalle (o menudeo) e incluso a los mismos clientes. Dentro de cada organización, abarca todas las funciones que participan en la recepción y el cumplimiento de una petición del cliente. Estas funciones incluyen al desarrollo de nuevos productos, la mercadotecnia, la manufactura, la distribución, las finanzas y el servicio al cliente.

Entre las diversas interpretaciones para este concepto, se encuentra la concepción de redes organizacionales conectadas e interdependientes que trabajan juntas y de forma cooperativa para controlar, manejar y mejorar el flujo de materiales e información desde los proveedores hasta los usuarios finales. Es decir, la cadena de suministro abarca a todos los actores que hacen posible el ofertar y poner a disposición un bien o un servicio a un consumidor final. El contexto de operación en la realidad, hace que una cadena de suministro sea dinámica e implique un flujo constante de información, productos y bienes financieros entre las diferentes etapas por las cuales se conforma.

Una cadena de suministro típica puede abarcar varias etapas, que incluyen:

- Proveedores de componentes y materia primas,
- Fabricantes,
- Mayoristas / Distribuidores,
- Detallistas,
- Clientes.

Cada etapa en la cadena de suministro se conecta a través del flujo de productos, información y recursos monetarios. Estos flujos ocurren con frecuencia en ambas direcciones (de los centros de producción a los centros de consumo, o de los clientes a los fabricantes) y pueden ser administrados por una de las etapas o un intermediario. El diseño apropiado de la cadena de suministro depende tanto de las necesidades del cliente como de las funciones que desempeñan las etapas que abarca.

El cliente es la parte integral de las cadenas de suministro. De hecho, el propósito principal de éstas es satisfacer las necesidades del cliente y, en el proceso, generar una ganancia. El término cadena de suministro evoca la imagen de un producto o suministro que

se mueve a lo largo de la misma, de proveedores o fabricantes a distribuidores a detallistas. El fabricante puede recibir material de varios proveedores y luego abastecer a varios distribuidores. Por lo tanto, la mayoría de las cadenas de suministro son, en realidad, redes.

Resumiendo, el concepto de cadena de suministro es referido a las relaciones existentes entre los diversos entes organizacionales para satisfacer una necesidad de bienes o servicios. Se compone de proveedores, fabricantes y clientes, y de las relaciones entre éstos, por lo cual la cadena de suministro (como objeto) requiere de planeación de todas las actividades involucradas con la transformación, abastecimiento, procuración y distribución que establecen un nivel de servicio logístico. Tal campo de las decisiones efectuadas en la cadena es propio de la gestión de la función de abastecimiento, tópico desarrollado en la sección 1.3 de este capítulo.

### 1.2.2 Objetivos de la Cadena de Suministro

El objetivo principal en una cadena de suministro es producir y desarrollar la entrega de productos terminados (o servicios) hacia clientes finales en el costo más efectivo y de la forma más oportuna. Por lo anterior, tal objetivo general requiere coordinación entre las partes involucradas, desde aquellas relacionadas con manufactura u operaciones hasta aquellas relacionadas con la gestión de servicio al cliente posventa, por lo cual cada actor de la cadena (proveedores, fabricantes, distribuidores, minoristas, detallistas, etc.), requiere conllevar sus actividades a objetivos específicos que proporcionen solides al objetivo principal.

Sunil Chopra y Meter Meindl [2] establecen que el objetivo de una cadena de suministro debe ser maximizar el valor total generado. Es decir, el valor que ésta genera es la diferencia entre lo que vale el producto final para el cliente y los costos que el sistema opera para cumplir la petición del consumidor. Para la mayoría de las cadenas de suministro, el valor estará estrechamente correlacionado con su rentabilidad (también conocida como superávit de la cadena de suministro), que es la diferencia entre los ingresos generados por el cliente y el costo total en el que incurre el sistema.

Para lograr tales objetivos son requeridos enfoques analíticos que sustenten y proporcionen validez en las decisiones que se incurre dentro de la operación de la cadena de suministro. Tales herramientas deberán hacer uso de la interpretación sistémica, para visualizar los diversos entes interrelacionados como uno solo.

### 1.2.3 Procesos Macro de una Cadena de Suministro

Se ha considerado importante establecer en esta sección, relacionada con la interpretación conceptual de la cadena de suministro, los procesos por los cuales se encuentra formada la función de abastecimiento. La cadena de suministro comprende varias actividades y procesos para poder lograr los fines por la cual fue concebida. Sunil Chopra y Meter Meindel [3] establecen que todos los procesos de la cadena de suministro se clasifican en tres procesos macro de administración. Tales autores comentan, que dichos procesos administran el flujo de información, productos y fondos requeridos para generar, recibir y cumplir la petición del cliente. A continuación éstos se detallan (ver figura 1.1).

Procesos Macro de una Cadena de Suministro en una Compañía

1. *Administración de la Relación con el Cliente:* Todos los Procesos que se centran en la interacción de la compañía con sus clientes. Este proceso macro apunta a generar demanda por parte del cliente y a facilitar la colocación y el seguimiento de los pedidos. Incluye procesos como los de *marketing*, fijación de precios, ventas, administración de pedidos y administración de la atención posventa a clientes.
2. *Administración de la Cadena de Suministro Interna:* Todos los procesos internos de la empresa. Este proceso macro apunta a satisfacer la demanda generada por el proceso Administración de la Relación con el Cliente de manera oportuna y al menor costo posible. La administración de la cadena de suministro interna incluye la planeación de la capacidad interna de producción y almacenamiento, la preparación de los planes de demanda y oferta y el surtido de los pedidos reales.
3. *Administración de la Relación con el Proveedor:* Todos los procesos que se centran en la interacción de la compañía con sus proveedores. Este proceso macro apunta a conseguir y administrar las fuentes de suministro de varios bienes y servicios. Incluye la evaluación y selección de proveedores, negociación de los términos de suministro y la comunicación respecto a nuevos productos y órdenes para los proveedores.

Una característica puntual de todos los procesos macro es que éstos sirven al mismo cliente, es decir, se interrelacionan con el fin de proporcionar un bien o servicio a un consumidor final. Para que una cadena de suministro sea exitosa, es crucial que los tres procesos macro estén bien integrados. La estructura organizacional de la compañía tiene una fuerte influencia en el éxito o fracaso del esfuerzo de integración.



Figura 1.1

Procesos Macro de la Cadena de Suministro

Así, dentro de una empresa, todas las actividades de la cadena de suministro pertenecen a uno de los tres procesos macro; administración de la relación con el cliente, de la cadena de suministro interna, o de la relación con el proveedor. Los autores que proponen tal clasificación, señalan que la integración entre los tres procesos macro es crucial para el éxito de la administración de la cadena de suministro.

Un aspecto de relevancia entre el concepto de cadena de suministro y logística es el enfoque visionario de aplicación con los que se interpretan cada uno. En realidad, ambos conceptos se complementan, razón por la cual se ha decidido el nombrar a este trabajo de tesis bajo un escenario que hace referencia a una cadena de suministro interna (adoptando el término de Sunil Chopra y Peter Meindl) [3].

En concreto, el presente trabajo de tesis establece que la Investigación de Operaciones es una herramienta eficaz para hacer frente a la problemática de sistemas logísticos. Se ha adoptado el término de cadena de suministro, dado que el giro industrial en el cual la disertación aterriza ajusta perfectamente con el contexto aplicativo. Es decir, las empresas dedicadas a la elaboración de bebidas suaves presentan una estructura típica en etapas productivas, de distribución, almacenamiento y entrega. Los capítulos 3 y 4 demostrarán que tal estructura de operación obedece a una cadena de suministro.

## 1.3 La gestión de la cadena de suministro

La gestión de la cadena de suministro es un campo de creciente interés para las empresas e investigadores. Éste consiste en la conducción de materiales, información, y flujo financiero en la red de distribución logística, compuesta por diversos actores. El contexto en el cual las compañías actualmente gestionan su cadena de suministro es altamente dinámico. Como respuesta a lo anterior, son requeridos análisis que puedan hacer frente a tal naturaleza dinámica y por medio de ellos se ejecuten las mejores decisiones relativas al cumplimiento de los objetivos de operación y servicio determinados en la cadena.

### 1.3.1 Definición de la gestión de la cadena de suministro

La cadena de suministro es la relación entre diversos actores, tales como proveedores, fabricantes, distribuidores y clientes para poder satisfacer una necesidad de demanda. Sin embargo, estas relaciones requieren esquemas en los cuales se planeen y organicen las actividades con el fin de obtener los escenarios más oportunos y eficientes de la función de abastecimiento. Tal es el campo de aplicación de la gestión de la cadena de suministro.

Algunos estudiosos en temas logísticos, tales como Martín Christopher, establecen que la gestión de la cadena de suministro es el manejo de las relaciones hacia arriba y hacia abajo, con proveedores y clientes, para entregar un valor superior al consumidor al menor costo de toda la cadena de suministro. Entre las diversas concepciones de la administración de la función de abasto, se ha establecido a la gestión de la cadena de suministro como una serie de esquemas de acercamiento utilizados para integrar eficientemente a los proveedores, fabricantes, centros de distribución, almacenes y tiendas para que la mercancía sea producida y distribuida en las cantidades correctas a las ubicaciones correctas, en el tiempo correcto; para disminuir los costos del sistema completo, mientras se satisfacen los requerimientos de nivel de servicio (tal planteamiento es propuesto por otro conocedor logístico, David Simchi-Levi). Es decir, se requiere de una adecuada coordinación para disminuir costos y operar a un nivel de presencia deseado.

En esencia, la gestión de la cadena de suministro integra la gestión de la oferta y la demanda dentro de las diferentes compañías participantes. Así pues, John T. Mentzer establece que la gestión de la cadena de suministro es la coordinación sistémica y estratégica de las funciones tradicionales del negocio dentro de una compañía particular y a través de los diferentes negocios, dentro de la cadena de suministro con la búsqueda de mejorar el desempeño a largo plazo de las compañías individuales y de la cadena de suministro como un todo.

La gestión de la cadena de suministro es también un medio de crear ventaja competitiva. De esta forma, la logística y la cadena de suministro se convierten en una parte integral del producto que será entregado al consumidor final. La gestión de la función de abasto repercute de forma directa y significativa en las decisiones concernientes al desempeño de la cadena, razón por la cual es imprescindible que la gestión se haga valer de modelos efectivos para su coordinación.

Los apartados siguientes de este capítulo tratarán de las decisiones y el diseño en la cadena de suministro.



### 1.3.2 Fases de decisión en una cadena de suministro

La administración exitosa de la cadena de suministro requiere tomar varias decisiones relacionadas con el flujo de información, productos y recursos monetarios. Cada una de ellas debe tomarse para incrementar el superávit de la cadena de suministro. De acuerdo con la literatura relacionada, estas decisiones se clasifican en tres categorías o fases, dependiendo de la frecuencia de cada decisión y el periodo durante el cual tiene impacto una fase de decisión [4]. Como resultado, cada categoría de decisiones debe considerar la incertidumbre en el horizonte de decisión. Dicha clasificación de decisiones a continuación se muestra.

#### 1. *Decisiones de estrategia o diseño de la cadena de suministro.*

Durante esta fase, dados los planes de fijación de precios y de *marketing* para un producto, la compañía decide cómo estructurar la cadena de suministro durante los siguientes años. Decide cómo será la configuración de la cadena, cómo serán distribuidos los recursos y qué procesos se llevarán a cabo en cada etapa. Las decisiones estratégicas tomadas por las compañías incluyen subcontratar o realizar las funciones de la cadena de suministro internamente, la ubicación y las capacidades de producción e instalaciones de almacenaje, los productos que se fabricarán o almacenarán en varias ubicaciones, los medios de transporte disponibles a lo largo de las diferentes rutas de envío y el tipo de sistema de información que se utilizará. Una compañía debe asegurarse de que la configuración de la cadena de suministro apoye sus objetivos estratégicos e incremente el superávit de la misma durante esta fase.

Por lo general, estas decisiones se toman a largo plazo y resulta muy caro modificarles a corto término. En consecuencia, cuando las compañías toman estas decisiones, deben tener en consideración la incertidumbre en las condiciones previstas de mercado durante los siguientes años.

#### 2. *Decisiones tácticas o de planeación de la cadena de suministro.*

Para las decisiones que se toman en esta fase, el periodo que se considera es de un trimestre a un año. Por lo tanto, la configuración determinada para la cadena de suministro en esta fase estratégica es fija. Esta configuración establece las restricciones dentro de las cuales debe hacerse la planeación. La meta es maximizar el superávit de la cadena de suministro que se puede generar sobre el horizonte de planeación, dadas las restricciones que se establecieron durante la fase estratégica o de diseño. Las compañías comienzan la fase de planeación con un propósito para el siguiente año (o un periodo comparable) de la demanda en diferentes mercados. La planeación incluye tomar decisiones respecto a cuáles mercados serán abastecidos y desde qué ubicaciones, la subcontratación de fabricación, las políticas de inventario que se seguirán y la oportunidad y magnitud de las promociones de *marketing* y precio. La decisión de planeación establece los parámetros dentro de los cuales la cadena de suministro deberá funcionar por un periodo específico. En esta fase de la planeación, las compañías deben incluir en sus decisiones la incertidumbre de la demanda, las tasas de cambio de divisas y la competencia durante el horizonte de tiempo. Dado un periodo más corto y mejores pronósticos que en la fase de diseño, las compañías en la fase de planeación tratan de incorporar la flexibilidad integrada a la cadena de suministro en la fase de diseño y explotarla para optimizar el desempeño. Como resultado de la fase de planeación, las

compañías definen un grupo de políticas de operación que gobiernan las operaciones a corto plazo.

### 3. Decisiones de operación de la cadena de suministro.

En esta fase de decisión, el horizonte de tiempo es semanal o diario, y durante esta fase las compañías toman decisiones respecto a los pedidos de cada cliente. Al nivel de operación, la configuración de la cadena de suministro se considera fija y las políticas de planeación ya se han definido. La meta de las operaciones de la cadena de suministro es manejar los pedidos entrantes de los clientes de la mejor forma posible. Durante esta fase, las compañías distribuyen el inventario o la producción entre cada uno de los pedidos, establecen una fecha en la que debe completarse el pedido, generan listas de surtido en el almacén, asignan un pedido a un modo particular de transporte y envío, establecen los itinerarios de entrega de los camiones y colocan órdenes de reabastecimiento. Debido a que las decisiones de operaciones se toman a corto plazo (minutos, horas, días), hay menos incertidumbre acerca de la información de la demanda. Dadas las restricciones establecidas por la configuración y las políticas de planeación, la meta durante esta fase es explotar la reducción de la incertidumbre y optimizar el desempeño.

En resumen, las fases de decisión de una cadena de suministro pueden clasificarse como de diseño, planeación y operación, dependiendo del periodo en el cual apliquen las decisiones que se tomen. Asimismo, los modelos asociados para la mejor toma de decisiones estarán en función del nivel estratégico, táctico u operacional de las decisiones que soporten. La presente tesis se concentra en los modelos relacionados con la cadena de suministro, razón por la cual las decisiones que respalden los modelos aquí tratados, tendrán las características comentadas en el segundo rubro de la clasificación anterior, es decir, con decisiones en la planeación de la cadena de suministro. Es común que para niveles más operacionales, se empleen métodos de secuenciación y programación de actividades. El siguiente capítulo abordará tal temática, concretamente con respecto a los modelos de optimización que soportan la planeación de la cadena de suministro.

### 1.3.3 Diseño de redes de distribución en la cadena de suministro

La presente tesis, establece el modelar una cadena de suministro bajo una perspectiva de optimización. Sin embargo, para ello es imprescindible establecer la configuración de la red de distribución asociada al sistema bajo estudio. Así, en este apartado se fundamentan, por medio del marco teórico relacionado, los diversos arreglos que serán premisa de desarrollo en las formulaciones analíticas de cadena de suministro.

La distribución se refiere a los pasos a seguir para mover y almacenar un producto, desde la etapa del proveedor hasta la del cliente en la cadena de suministro y ocurre entre cada par de etapas. 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 una directriz clave de la rentabilidad total de la compañía, debido a que afecta de manera directa, tanto los costos de la cadena, como la experiencia del cliente. La red 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. Como resultado, las compañías de la misma industria con frecuencia seleccionan redes muy diferentes.

El contexto de la cadena de suministro deberá ser estudiado respecto a las diversas decisiones que se pueden llevar a cabo. Algunos de los factores que influyen sobre el diseño de una red son; factores estratégicos, tecnológicos, macroeconómicos, políticos, de infraestructura, competitivos, factores relacionados con el tiempo de respuesta al cliente y la presencia local, así como costos de logística e instalaciones.

Cambiar el diseño de la red de distribución afecta los siguientes costos de la cadena de suministro:

- Inventarios
- Transporte
- Instalaciones y manejo
- Información

Típicamente, para disminuir los costos de inventario, las compañías tratan de consolidar y limitar el número de instalaciones en la red de su cadena. Los costos de transporte entrante son aquellos en los que se incurre al traer material a la instalación. Los costos de transporte saliente son los que se generan por el envío de material fuera de la instalación. Los segundos tienden a ser más altos por unidad, ya que el tamaño de los lotes entrantes generalmente es mayor.

Al incrementar el número de ubicaciones de almacenes, disminuye el promedio de distancia hacia el cliente, haciéndola una fracción más pequeña del total de la distancia que viaja el producto. Por tanto, mientras las economías de escala del transporte entrante se mantengan, incrementar el número de instalaciones disminuirá el costo total de transporte. Los costos de las instalaciones disminuyen conforme el número de éstas se va reduciendo, debido a que su consolidación permite a la compañía explotar las economías de escala.

Los costos totales de logística son la suma de los costos de inventario, transporte e instalaciones de la red de la cadena de suministro. Así, en consecuencia cada compañía deberá tener el número de instalaciones que minimice los costos totales de logística. Una compañía que quiera reducir el tiempo de respuesta, tendrá que incrementar el número de instalaciones más allá del punto que minimiza los costos de logística. Una compañía deberá agregar instalaciones más allá del punto de minimizar el costo sólo si los planeadores tienen la certeza de que el incremento en los ingresos debido a una mejor capacidad de respuesta es mayor que el incremento de los costos debido a las instalaciones adicionales.

El servicio al cliente y los costos comentados anteriormente son las métricas primordiales que se emplean para evaluar los diferentes diseños de redes de entrega. Chopra y Meindl comentan, que en general, ninguna red de distribución funciona mejor que otras en todas las dimensiones. Por tanto, es importante asegurar que las fortalezas de la red de distribución se ajusten a la posición estratégica de la compañía.

La literatura relacionada con el diseño de redes de distribución logística señala, que entre las opciones de configuración de una red, se encuentran las siguientes:

1. Almacenaje con el fabricante con envío directo
2. Almacenaje con el fabricante con envío directo y consolidación en tránsito
3. Almacenaje con el distribuidor con entrega por mensajería
4. Almacenaje con el distribuidor con entrega a domicilio
5. Almacenaje con el fabricante / distribuidor con recolección por parte del cliente
6. Almacenaje con el vendedor con recolección por parte del cliente

A continuación se establecen algunas características relevantes de cada una de ellas.

#### 1. Almacenaje con el fabricante, con envío directo.

En la configuración de almacenaje con envío directo, el producto se envía de forma directa del fabricante al consumidor final, evitando al minorista, siendo éste último capacitado para tomar el pedido e iniciar la petición de entrega (también este arreglo puede no considerar al minorista en la red). De tal forma el minorista es independiente del fabricante y no mantiene inventarios. A esta configuración también se le conoce como remesa directa.

La ventaja de la entrega directa es la habilidad de centralizar los inventarios con el fabricante, así, éste puede agregar demanda a lo largo de los minoristas que provee. Como resultado, la cadena de suministro es capaz de proporcionar un alto nivel de disponibilidad de producto con bajos niveles de inventario. Generalmente tal arreglo de distribución es adoptado para artículos de valor alto con demanda baja e impredecible, y en donde el cliente está dispuesto a esperar por la entrega y a aceptar varios envíos parciales. Con dicha modalidad de distribución, los costos de inventario son comúnmente bajos, pero en contraste, los costos de transporte son altos.

Las cadenas de suministro ahorran en el costo fijo de las instalaciones al utilizar el envío directo, ya que los inventarios son centralizados con el fabricante. Esto elimina la necesidad de colocar otros almacenes a través de la red de abastecimiento. Así mismo, puede haber algunos ahorros en los costos de manejo, debido a que no ocurre la transferencia del fabricante al minorista. Otra particularidad de este arreglo de distribución radica en, por lo general, en una sólida infraestructura de información entre los minoristas y el fabricante, con el fin de que aquellos proporcionen información sobre la disponibilidad del producto al cliente, aún cuando el inventario esté ubicado con el fabricante. También, es común que bajo este diseño de distribución los tiempos de respuestas sean relativamente prolongados, y no necesariamente el mismo para cada cliente. El almacenaje con el fabricante permite un alto nivel de variedad del producto disponible para el cliente, así cada producto puede estar disponible para el consumidor sin los límites impuestos por el espacio de anaquel en la distribución tradicional. Finalmente en esta configuración de distribución, existe la probabilidad de que se tenga dificultades para manejar las devoluciones, lo que afecta la satisfacción del cliente. Lo anterior es debido, dado a que es más caro el manejo de las devoluciones bajo el sistema de envío directo, dado que cada pedido puede estar asociado a envíos por parte de más de un fabricante.

#### 2. Almacenaje con el fabricante, con envío directo y consolidación en tránsito.

La consolidación en tránsito combina artículos que provienen de diversas ubicaciones, de manera que el cliente obtiene una sola entrega. Es decir, entre la relación de los centros de fabricación y de consumo existe un tercero, generalmente el transportista o el propio minorista, que se encarga de consolidar las partes por las cuales se conforma el pedido, recibiendo varias de éstas de diversos proveedores y realizando una entrega única al consumidor final.

Así como sucede con el envío directo, la habilidad de agregar inventarios y posponer la personalización es una ventaja significativa de la consolidación en tránsito. Este método tiene grandes beneficios para los productos con alto valor cuya demanda es difícil de pronosticar, en particular si la personalización puede posponerse. En la mayoría de los casos, los costos de transporte son menores que los generados por el envío directo, debido a que la consolidación tiene lugar en el centro del transportista antes de entregar al cliente, aunque se

requiere de una mayor coordinación para la entrega de los pedidos. Los costos de instalaciones y procesamiento tanto para el fabricante como para el minorista son similares a los del envío directo. El grupo que lleva a cabo la consolidación en tránsito tiene costos mayores de instalación debido a que sólo se requiere una sola entrega. El costo total de instalación y manejo de la cadena de suministro es un poco más alto que el envío directo.

En esta modalidad de transportación se requiere de una infraestructura compleja de manejo de información para permitir la consolidación en tránsito. Además de la información, las operaciones que se llevan a cabo entre el minorista, los fabricantes y los transportistas deben estar coordinadas. Los tiempos de respuesta, la variabilidad de producto, la disponibilidad y el tiempo para llegar al mercado son similares con respecto al envío directo. Sin embargo, los tiempos de respuesta pueden ser marginalmente más altos debido a la necesidad de realizar la consolidación. La retornabilidad es similar a la del envío directo de los centros de fabricación. Los problemas relacionados con el manejo de las devoluciones son similares, y la cadena de suministro inversa continuará siendo cara y difícil de implementar en esta configuración de distribución, la cual es más adecuada para artículos de demanda baja a media y de alto valor que el minorista adquiere de un número limitado de fabricantes

### 3. *Almacenaje con el distribuidor, con entrega por mensajería o paquetería.*

Bajo esta opción, no se mantiene inventario en las instalaciones del fabricante, sino que lo tienen los distribuidores y minoristas en almacenes intermedios y, para transportar los productos desde la ubicación intermedia hasta el cliente final, se emplean servicios de mensajería.

A diferencia del almacenaje con el fabricante, el almacenamiento con el distribuidor o minorista requiere un nivel más alto de inventario, por lo que tal configuración de distribución conviene para productos con demanda alta. Los costos de transporte son un poco más bajos para el almacenamiento con el distribuidor en comparación con el almacenaje con los fabricantes, debido a que pueden emplearse medios de transporte más económicos para envíos que llegan al almacén, el cual deberá de estar ubicado en las cercanías del cliente.

En comparación con el almacenaje con el fabricante, los costos de instalaciones (de almacenaje) son en cierta medida más altos con el almacenaje con el distribuidor, debido a los niveles de demanda manejados por el almacenamiento con el fabricante. Así, desde esta perspectiva del costo de las instalaciones, el almacenaje con el distribuidor no es apropiado para artículos que tienen rotación sumamente baja. La infraestructura de información que se necesita con el almacenaje con el distribuidor es significativamente menos compleja que la necesaria con el almacenaje con el fabricante. Regularmente es necesario que exista visibilidad en tiempo real entre los clientes y el almacén, esto para tener un control en la gestión de inventarios. El tiempo de respuesta bajo el almacenaje con el distribuidor es menor que en el almacenaje con el fabricante, ya que los almacenes del primero están, en general, más cerca de los clientes y el pedido completo se surte en el almacén antes de que éste se envíe al cliente.

Finalmente la retornabilidad puede tornarse compleja dado que existen dos centros de almacenamiento, razón por la cual es común que las devoluciones se gestionen como una cadena de suministro inversa centralizada con el fabricante. Por lo regular esta configuración de distribución es adecuada para redes que manejan artículos con una rotación media a alta.

### 4. *Almacenaje con el distribuidor, con entrega a domicilio.*

La entrega a domicilio se refiere a la entrega del producto por parte del distribuidor y / o minorista en el hogar del cliente, en lugar de usar una transportación por mensajería o paquetería. El almacenaje con el distribuidor con entrega a domicilio requiere mayores niveles de inventario con respecto a las otras opciones, debido al menor nivel de demanda con el que opera (en comparación con el fabricante, por ejemplo).

Entre todas las redes de distribución, la entrega a domicilio tiene los costos más altos. Esto se debe a que las entregas no son consolidadas, por ejemplo como las empresas de mensajería y paquetería que agrupan entregas de muchos minoristas y son capaces de obtener mejores economías de escala de las que están disponibles para el distribuidor / minorista que trata de realizar entregas únicas a domicilio.

Los costos de instalaciones y procesamiento son muy altos cuando se utiliza esta opción, dado que se requiere de una gran cantidad de instalaciones. Los costos de instalaciones son más bajos que los de una red de tiendas minoristas pero mucho más altos que los del almacenaje con el fabricante o los del almacenaje con el distribuidor con entrega por transportista de paquetería. Sin embargo, los costos de procesamiento son mucho más altos que para los dos anteriores debido a que se elimina toda participación del cliente. La infraestructura de información con la entrega a domicilio es similar a la del almacenamiento con el distribuidor con entrega por el transportista de paquetería. Sin embargo, requiere capacidades adicionales de programación de entregas.

La variedad de producto es en general más baja que para el almacenaje con el distribuidor con entrega por transportista. El costo de proporcionar disponibilidad del producto es más alto que para cualquier otra opción que no sea las tiendas minoristas. La experiencia del cliente puede ser muy buena si se utiliza esta opción, particularmente para artículos voluminosos, difíciles de llevar. De todas las opciones consideradas, la retornabilidad es la mejor con la entrega a domicilio, ya que es común que los vehículos que hacen las entregas, también puedan recoger las devoluciones de los clientes.

Esta opción de configuración de red de distribución, en áreas con costos de mano de obra altos, es difícil justificarla sobre la base de la eficiencia o de mejorar el margen. Sólo puede justificarse si existe un segmento de consumidores suficientemente grande dispuesto a pagar por esta conveniencia. La entrega a domicilio se justifica si los pedidos de los clientes son suficientemente grandes ó frecuentes para generar algunas economías de escala.

#### 5. Almacenaje con el fabricante / distribuidor, con recolección por parte del cliente.

En este enfoque, el inventario se almacena en los recintos del fabricante o distribuidor y los clientes colocan sus pedidos en línea o por teléfono y luego viajen a los puntos designados para surtir su mercancía. Si se utiliza tal configuración, los costos de inventario pueden mantenerse bajos, ya sea con el fabricante o con el distribuidor para explorar la agregación.

El costo de transporte es más bajo que con cualquier otra solución que emplee servicios de envío de paquetería, puesto que es posible una agregación significativa cuando se entregan los pedidos en un sitio de surtido. Con respecto a los costos de las instalaciones, éstos generalmente son altos si tienen que construirse los nuevos sitios de surtido. Los costos de procesamiento en el sitio de surtido son altos, ya que cada pedido debe ser cotejado con un cliente específico. Crear esta capacidad incrementa los costos significativamente si no se proporcionan el almacenaje y los sistemas de información apropiados. El incremento en el costo de procesamiento en el sitio de surtido es el mayor obstáculo para el éxito de este

método. Bajo esta modalidad se pueden establecer escenarios que proporcionen variedad y disponibilidad comparables con cualquier otra opción de almacenaje con el fabricante o distribuidor. La visibilidad del pedido es sumamente importante para las recolecciones del cliente. Es necesario informar al cliente que su pedido ha llegado y éste debe poder identificarse con facilidad durante el proceso de abastecimiento. Finalmente dentro de las características más representativas de este diseño de distribución, la retornabilidad es fácil de implementar, ya que al contar con diversos sitios de surtido por parte del cliente, éste puede gestionar justo ahí las devoluciones. Las principales ventajas de la red con sitios de surtido por parte del cliente es que se puede disminuir el costo de entrega y expandir el conjunto de productos vendidos así como los clientes atendidos por canales no tradicionales (en línea, por ejemplo). El mayor obstáculo es el incremento en el costo de manejo en el sitio de surtido. Este tipo de red de distribución presenta mejores resultados cuando llega a ser implementada usando como sitios de surtido lugares tales como cafeterías, tiendas de conveniencia o pequeños supermercados, ya que este tipo de red mejora las economías a partir de la infraestructura existente.

### 6. Almacenaje con el vendedor, con surtido por parte del cliente.

En esta opción, vista con frecuencia como la cadena de suministro más tradicional, el inventario se almacena en las tiendas. Los clientes entran al lugar o colocan un pedido en línea o por teléfono y lo recogen ahí. El almacenaje local incrementa los costos de inventario debido a la falta de agregación, y en el caso de artículos de alta rotación, existe un incremento marginal en el inventario incluso con el almacenaje local.

El costo de transporte es mucho menor que con otras soluciones debido a los medios de transporte de bajo costo que pueden emplearse para reabastecer el producto en la tienda. Los costos de las instalaciones son altos, puesto que se requiere de varias instalaciones locales y se necesita una infraestructura mínima de información si los clientes entran a una tienda y colocan pedidos. Para los pedidos que se reciben en línea, se necesita una infraestructura de información significativa para proporcionar visibilidad del pedido hasta que el cliente lo recoja.

Bajo este esquema de distribución, se pueden lograr buenos tiempos de respuesta, debido al almacenaje local. La variedad de productos almacenada localmente es menor que bajo otras opciones, y asimismo, resulta más caro brindar un alto nivel de disponibilidad del producto. El tiempo para llegar al mercado es el más alto con esta opción, ya que el nuevo producto tiene que atravesar toda la cadena de suministro antes de que esté disponible para los clientes. La visibilidad del pedido es en extremo importante para que el cliente pueda darle seguimiento y recogerlo cuando los pedidos se colocan en línea o se hacen vía telefónica. Las devoluciones se pueden manejar en el sitio de surtido. En suma, por lo general se obtienen buenos resultados con respecto a la retornabilidad bajo esta opción de distribución.

El *Apéndice A* de la presente disertación, muestra las características de cada diseño de distribución tratado anteriormente estableciendo para ello factores de costos (concretamente en *inventario, transporte, instalaciones y manejo*, así como en *información*) y factores de servicio (específicamente en *tiempo de respuesta, variabilidad y disponibilidad del producto, la experiencia del cliente, el tiempo para llegar al mercado, la visibilidad requerida del pedido y la retornabilidad*) asociados a cada uno de ellos.

### 1.3.4 La operatividad de la cadena de suministro bajo una perspectiva de optimización

La función de abastecimiento puede ser analizada desde diversas perspectivas. Por ejemplo, es común que las decisiones de producción, inventario y distribución sean soportadas bajo una concepción netamente financiera, determinada por el ámbito económico en el cual se desenvuelve la empresa. Otra perspectiva para el estudio de las decisiones de entes sistémicos, tal como la cadena de suministro, es la optimización, la cual consiste en establecer criterios matemáticos en el análisis del sistema bajo estudio, y determinar, la mejor solución de un conjunto de alternativas de operación posibles para dicho sistema. Tal elección es efectuada respetando las reglas y limitantes de la configuración operativa, y bajo una premisa en común, un objetivo integral.

Esta disertación de maestría, pone de manifiesto que la perspectiva de optimización es aplicable a la gestión de la cadena de suministro como una herramienta para la mejor toma de decisiones en el contexto logístico. La investigación de operaciones se vale de modelos, los cuales le ayudan a interpretar el mundo real como una abstracción. Así, la formulación de modelos de optimización, tiene como fin el expresar en forma adecuada las funciones matemáticas que representan el comportamiento del sistema supuesto.

Hamdy A. Taha [5] comenta, que como herramienta en la toma de decisiones, la investigación de operaciones es una ciencia y un arte. Es una ciencia por las técnicas matemáticas que presenta, y es un arte, porque el éxito de todas las fases que anteceden y siguen a la resolución del modelo matemático, depende en gran medida de la creatividad y la experiencia de aquellos que proponen la solución.

Bajo tal contexto, las diversas formulaciones de optimización que se establezcan para una cadena de suministro en específico, están asociadas a un periodo de tiempo de aplicación. Es decir, los modelos son de carácter estratégico, táctico u operativo, lo que termina en un alcance de largo, mediano y corto plazo con respecto a las decisiones que pueden respaldar. Michael L. Pinedo [6] establece que los procesos de planeación a mediano plazo tratan de minimizar el costo total sobre todos estos escenarios. El costo que debe ser minimizado en estos procesos de optimización, incluye el costo de producción, costo de almacenamiento, costo de transportación, costo de penalización asociados a tardanza, costos asociados por no entregar, costo de manejo, costo por aumento de capacidad de recursos, y costo por incremento de la capacidad de almacenamiento.

Los resultados de este proceso de optimización, ya sea a mediano o corto plazo, son las cantidades de producción diaria o semanal, para toda la familia de productos y para cada localidad o instalación, así como las cantidades programadas a transportar cada semana entre las localidades. Es común que los resultados del proceso de producción a mediano plazo actúen como entradas del proceso detallado de programación a corto plazo, llamado también proceso de secuenciación. A su vez, los problemas de secuenciación, comúnmente tratan de optimizar cada etapa y cada instalación separadamente. Es decir, una vez efectuado el panorama de decisión estratégico y de planeación, lo consecuente es realizar la coordinación de tareas en la planta y los centros de distribución asociados a tales decisiones. Así, por medio de la secuenciación de actividades se puede llegar al nivel operativo de la cadena de suministro.

El problema de la secuenciación detallada puede ser analizado por medio de diversas técnicas, incluyendo:



- a. Reglas de prioridad
- b. Técnicas de corrección a cuellos de botella
- c. Procedimientos de búsqueda local (por ejemplo, algoritmos genéticos)
- d. Técnicas de programación enteras (por ejemplo ramificación y acotamiento)

Frecuentemente la secuenciación de actividades considera dentro de sus objetivos las fechas de entrega de las órdenes de producción, la secuencia de dependencia de los tiempos y, costos de preparación y alistamiento, tiempo de procesamiento, así como los costos de los recursos.

Existen concepciones de la cadena de suministro y los modelos asociados a su análisis basadas en el flujo asociado en su operación. Tal interpretación ha clasificado las cadenas de suministro acorde al tipo de manufactura de las empresas por las cuales se conforma:

- I. Industrias de Manufactura Continua
- II. Industrias de Manufactura Discreta

Estos dos sectores no son enteramente complementarios; los límites no llegan a ser totalmente definidos y es común que algún tipo de industria coincida con los criterios de los dos sectores a la vez. El Apéndice B de este trabajo de tesis, *Clasificación y modelos de solución de operaciones para industrias de manufactura continua y discreta*, muestra una clasificación de operaciones para tales contextos de cadenas de suministro, así como modelos y técnicas asociados para establecer la optimización relacionada con la planeación o secuenciación, según sea el caso.

Ha de comentarse que son comunes artificios en las formulaciones y modelado de los arreglos matemáticos de optimización, relacionados con la gestión de cadenas de suministro. Por ejemplo, la *descomposición* es comúnmente usada cuando los problemas de optimización son simplemente muy grandes para ser tratados eficientemente por las rutinas disponibles. Un proceso de descomposición divide el problema entero en un número de sub-problemas y resuelve éstos separadamente. Al final del proceso, las soluciones parciales son integradas como una solución global. La descomposición puede ser realizada de acuerdo a:

1. El tiempo
2. Disponibilidad de recursos (Instalaciones o máquinas)
3. Familias de productos
4. Áreas geográficas

En la planeación a mediano plazo la descomposición es a menudo basada sobre el tiempo y/o sobre la familia de los productos.

Otra común estrategia en la ejecución de los modelos de optimización es la *discretización*. Por ejemplo, la discretización debe ser empleada cuando la versión continua del problema no proporciona resultados suficientemente exactos. Para obtener resultados más exactos ciertas restricciones deben ser impuestas a algunas variables. Por ejemplo, algunas variables de producción deberán estar expresadas no solamente como enteras, sino también asociadas a un múltiplo fijo (tamaño de lote, capacidad de contenedores, unidades por tarima, etc.). Este tipo de características discretas debe transformar el problema de la optimización continua en un problema de optimización discreta, con el fin de establecer escenarios más reales al sistema modelado. El siguiente capítulo mostrará algunos de tales artificios de modelación creados al tratar con modelos de cadenas de suministro.

- [1] WIKE Carl E., Supply Chain Optimization: Formulations and algorithms Año. 1999, Tesis de Maestría, Massachusetts Institute of Technology, Pág. 9
- [2] CHOPRA Sunil, MEINDL Peter Administración de la Cadena de Suministro. Estrategia, Planeación y Operación Edic. Tercera, Año.2008, Edit. Prentice Hall Pág. 5
- [3] CHOPRA Sunil, MEINDL Peter Año.2008, Pág. 15
- [4] CHOPRA Sunil, MEINDL Peter Año.2008, Pág. 9
- [5] TAHA Hamdy A. Investigación de Operaciones Edic. Séptima, Año.2004, Edit. Prentice Hall Capítulo 1, Pág. 8
- [6] PINEDO Michael L. Planning and Scheduling in Manufacturing and Services Año. 2005, Edit. Springer Capítulo 8, Pág. 178

# Capítulo 2

## Modelos matemáticos asociados a la optimización de la cadena de suministro

### 2.0 Objetivos del capítulo

Este apartado representa una recopilación de los modelos asociados a la optimización de la planeación de la cadena de suministro, estableciendo los aspectos críticos asociados a este tópico. Así, los objetivos del presente capítulo, son:

- Mostrar los esfuerzos más representativos relacionados con la optimización de la cadena de suministro.
- Establecer los principales factores considerados en los diversos modelos.
- Establecer los alcances, limitantes y aplicaciones de cada modelo analizado.

Dichos objetivos tienen como fin establecer herramientas de optimización que conlleven a desarrollar la gestión de cadena de suministro en su fase operativa, y posteriormente se infiera la opción más conveniente a un caso en particular.

## 2.1 Introducción

El nivel de coordinación de las actividades de producción, almacenamiento, y distribución comprendidas en un ente organizacional, define la certeza de la gestión logística, concretamente con respecto al plan de producción y distribución para hacer frente a una solicitud del mercado. Existen diversos indicadores para establecer una noción de la eficiencia con la que operan los sistemas organizacionales al respecto, entre los cuales, los más puntuales son aquellos asociados a una determinación de los costos incurridos, con respecto a un determinado nivel de servicio al cliente fijado por los objetivos, la visión y el contexto de operación de la empresa.

Son diversas las alternativas analíticas que pueden proporcionar sustento teórico a las decisiones que emanan de la coordinación de las actividades de la gestión de abastecimiento. Sin embargo, sólo aquellas con una visión sistémica podrán brindar las mejores propuestas y resultados globales para la organización. Así, entre el acervo más representativo para interpretar las relaciones existentes en la operación de algún sistema, se encuentran aquellas agrupadas por la Investigación de Operaciones, entre éstas la Optimización. De tal forma, el presente capítulo muestra representativos esfuerzos involucrados con la gestión logística de suministro, bajo la concepción de la minimización de los costos incurridos para la satisfacción de la demanda asociada.

El esquema de este capítulo considera, en primera instancia un acercamiento a los modelos establecidos para la optimización de la cadena de suministro. Esto es logrado mediante una descripción de la naturaleza, principales supuestos y características de los modelos (sección 2.2). Posteriormente son mostradas cuatro tipos de formulaciones matemáticas que conllevan a la planeación de la gestión logística, siendo el primer conjunto de tales formulaciones, modelos que interpretan la producción, almacenamiento y distribución como relaciones basadas en redes (sección 2.3.1). Tales modelos son establecidos para diversos niveles de integración de la cadena de suministro y para uno ó varios tipos de productos en su operación, así como para contextos a considerable escala. La sección 2.3.2 muestra otra propuesta de formulación para escenarios de planeación a horizontes típicos. Y finalmente, las secciones, 2.3.3 y 2.3.4 manifiestan formulaciones para cadenas de suministro con manejo de producto único. La primera de éstas, es diseñada para una red de abastecimiento con una configuración de dos niveles y la última para cadenas de suministro multinivel y con la apertura de modelar condiciones limitadas de almacenamiento y transferencia de bienes, así como el establecer panoramas restrictivos en la gestión de suministro para productos caducos.

## 2.2 Generalidades y finalidades en los planteamientos de solución

Las diversas interpretaciones que han sido formuladas para el establecimiento de mejores prácticas y controles en la operación de una cadena de suministro, parten de diversos supuestos. En esta sección se describirán algunas generalidades propias que han sido adoptadas en los modelos de optimización para la planeación de la función de abastecimiento.

Primeramente, se hace el supuesto de contar con una red de distribución multiniveles en donde los bienes se mueven desde fábricas hacia centros de distribución ó almacenes y desde ahí a las tiendas. De tal modo, en las formulaciones estarán presentes redes de distribución estratificadas en capas, siendo representadas por las fábricas, los centros de distribución, los almacenes y las tiendas. En tales redes se consideran niveles o escalones, en donde el primer escalón comprende del centro de distribución hacia los puntos de consumo (distribución secundaria), y el segundo escalón de las fábricas a los centros de distribución (distribución primaria). Asimismo, las modelaciones podrán limitar la estructura de la red a ser arborescente (es decir, con cada nodo a lo más con un arco de entrada) lo cual es aplicable a muchos problemas de distribución (el empleo de una red arborescente permitirá el manejo de grandes problemas a sub problemas). Las figuras 2.1 y 2.2 muestran cadenas típicas de suministro con topología arborescente y no arborescente.

### *Redes Típicas de Distribución*

#### *Red Arborescente*

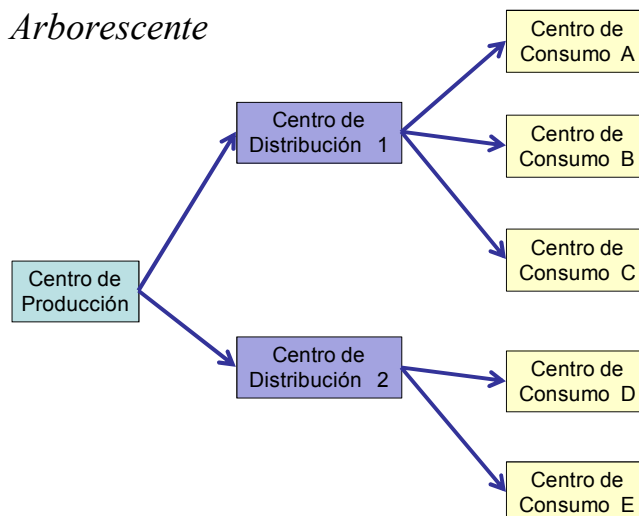


Figura 2.1

*Diagrama de una Red de Distribución Arborescente*

### *Red No – Arborescente*

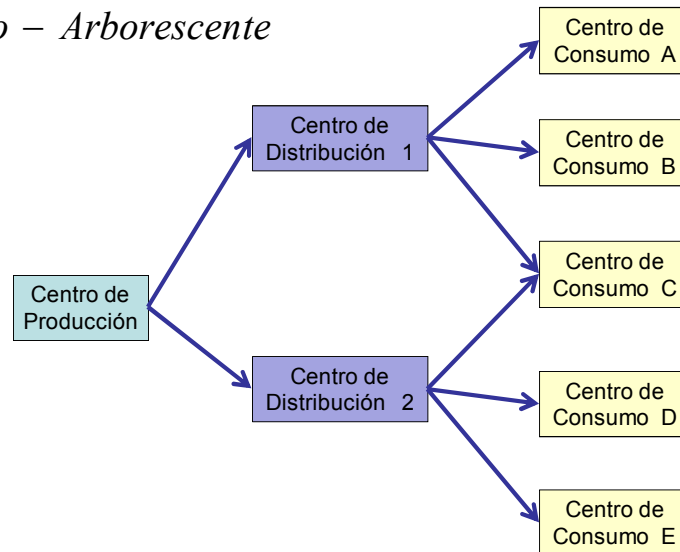


Figura 2.2

*Diagrama de una Red de Distribución No - Arborescente*

Si existiera un pronóstico de la demanda perfecto sobre un horizonte de tiempo finito, el problema se resume a encontrar los movimientos óptimos a realizar de los productos a través de la red que minimice el sistema total de costos. Así, se tendrían que establecer los tiempos y las condiciones de la función de envío y de la función de almacenamiento cuando éstas fueran requeridas.

Por lo anterior, varias formulaciones establecen sus planteamientos asumiendo una demanda determinista fluctuante a través del tiempo. Cabe señalar que existen algunas limitaciones y beneficios del modelar la demanda en esta forma. Un modelo de demanda estocástica sería más realista, el cual deberá de considerar el ciclo de vida de los productos, tendencias de demanda estacional o irregular e, influencia por promociones efectuadas por la empresa, y también por las realizadas por competidores. El beneficio del contexto determinístico y con variación en el tiempo, se concentra en la realización de presupuestos, y como agente orientador de la función de planeación. Si tal tipo de problemas son resueltos rápidamente, entonces es posible simular varios escenarios y examinar los resultados. De esta forma se podrán analizar los costos de desempeño de la compañía por la determinación de la solución óptima ó, cercana a la óptima, que satisface la demanda histórica, y que emite un plan de producción y distribución adecuado al contexto de operación.

Como resultado, los modelos asociados a la optimización de la cadena de suministro buscarán minimizar un sistema total de costos, los cuales están compuestos por costos de mantener en inventario, costos de penalización por órdenes en espera, y los costos de envío. Los costos de mantener en inventario y penalización pueden ser modelados como funciones

lineales de exceso de inventario ó de escasez. Sin embargo, los costos de envío presentan una concepción no lineal, lo que resulta en las complicaciones más representativas que tienen estos modelos. Los costos de envío son cóncavos porque existe un costo fijo (por ordenar, por alistamiento y preparación de máquinas, etc.) además de los costos variables. La naturaleza no lineal de los costos de envío radica en la posibilidad de elección entre diversas modalidades de transportación, ó a requerimientos de envío en transportes sin llegar a su capacidad total (el empleo de 3.5 contenedores, por ejemplo). Sin embargo, existen alternativas de modelación para los costos de envío, los cuales por medio de una aproximación de variables pueden representar entornos muy cercanos al comportamiento real.

A su vez, es importante comentar que al abordar el contexto del negocio de transportación, son comunes los descuentos por volumen de envío. La figura 2.3 muestra funciones de costos de envío bajo arreglos lineales. La gráfica situada a la izquierda muestra un comportamiento de los costos de envío a partir de un punto fijo, y la gráfica situada a la derecha muestra un comportamiento lineal segmentado, tal como el representado por las compañías fleteras que ofertan descuentos por la cantidad transportada.

## *Funciones de costos de envío*

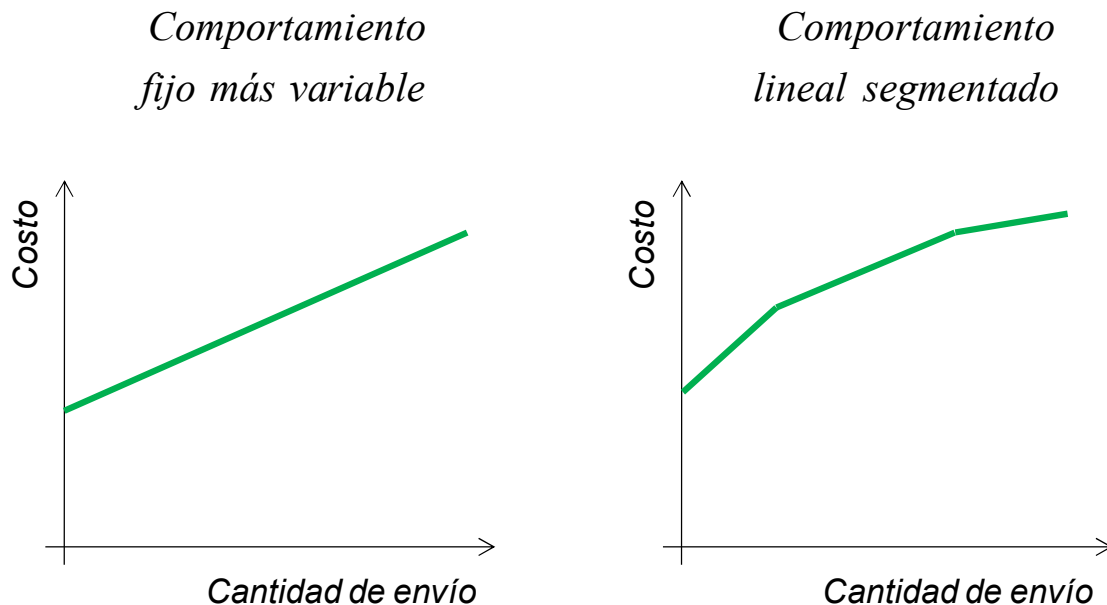


Figura 2.3

*Funciones de costos de envío*

En la modelación de la cadena de suministro, se puede elegir asumir capacidad ilimitada de almacenamiento en el inventario y capacidad ilimitada de envíos, o bien, aplicar límites. El caso de asumir una capacidad ilimitada es común en el diseño de la red y costos

cóncavos de los modelos de flujo en redes. Entre los modelos de optimización de distribución, se llega a considerar tiempos de entrega fijos, o no considerar éstos. Así, los modelos y algoritmos son frecuentemente desarrollados con tiempos de entrega valorados en cero y puestos en práctica por una simple traslación de los periodos de la demanda. Mejoras significativas entre estas formulaciones podrían incluir extensiones al modelo que impliquen el poder elegir entre diversos modos de envío, siendo necesaria la incorporación de tiempos de entrega específicos, si entre las modalidades de transportación existe una significativa variación de los tiempos de entrega.

Resumiendo, se tratará de encontrar la secuenciación diaria ó semanal de envíos óptima para un producto único ó productos múltiples, sobre una red de distribución multiniveles, dentro de un horizonte de planeación fijo, asumiendo capacidad ilimitada ó limitada, costos de envío fijos, costos de almacenamiento lineales, costos de inventarios lineales, tiempos de entrega iguales a cero o fijos, y una demanda determinista fluctuante respecto al tiempo. En la siguiente sección se desarrollan formulaciones representativas para hallar las cantidades y condiciones específicas de fabricación, almacenamiento y distribución de productos con el fin de establecer los ambientes de operación óptimos en la planeación de la función de abastecimiento, fortaleciendo así las relaciones existentes entre los actores que integran la cadena de suministro y resolviendo la problemática respecto a costos y eficiencia operativa.



## 2.3 Enfoques de solución mediante programación matemática

La presente sección muestra algunos esfuerzos analíticos que se han establecido para la interpretación de la operación del suministro, con el objetivo de llegar a escenarios factibles u óptimos en la planeación de aquellos que intervienen en la gestión de cadenas de abastecimiento.

Esta tercera parte del capítulo es una recopilación de modelos matemáticos que tratan del control de la función de abasto. La selección de dichos modelos ha sido contemplando, como premisa fundamental, el enfoque sistémico para el control de la función de suministro, es decir, aquellos modelos que conciben en su solución al conjunto de actividades que integran enteramente a la gestión de suministro. Esto es, aquellas formulaciones que comprenden las temáticas de producción, almacenamiento y distribución para satisfacer una demanda de mercado.

Las formulaciones a continuación mostradas, son producto de la investigación de operaciones, y con ellas se denota tan solo una pequeña muestra de la gran diversidad de planteamientos matemáticos para dar solución a los problemas logísticos. Los modelos desarrollados en este capítulo son fieles al planteamiento de su autor, y en estos se manejarán conceptos de programación matemática lineal, no lineal, entera y entera mixta; los cuales fundamentan la estructura de cada formulación.

### 2.3.1 Formulaciones concebidas bajo el problema de flujo a costo mínimo en redes de distribución

Diversos arreglos de nodos y arcos pueden representar problemas específicos a situaciones en el ámbito operativo empresarial. Para poder dar solución a tales dificultades la investigación de operaciones se ha encargado del estudio de problemas, en donde por medio de una interpretación bajo la perspectiva de redes, se hace posible la obtención del mejor escenario de solución. Típicamente, los problemas relacionados con la teoría de redes consideran entre sus aplicaciones árboles de expansión mínima, algoritmos para encontrar la ruta más corta, algoritmos de flujo máximo, algoritmos de flujo a costo mínimo en redes con restricciones de capacidad, así como algoritmos de ruta crítica.

Así, esta sección mostrará cuatro modelos relacionados con la planeación de cadenas de suministro considerando para ello formulaciones basadas en la perspectiva de la teoría de redes. A continuación se desarrolla cada una de las propuestas comentadas.

#### 2.3.1.A Formulación para una red expandida y con opción de operación con productos múltiples

Entre las diversas opciones encontradas para el análisis analítico de la coordinación de la cadena de suministro, se encuentra en la literatura un modelo de programación

matemática lineal y entero, que se apoya de la teoría de redes en la solución que éste sustenta.

David Simchi-Levi, Xin Chen y Julien Bramel [7] proponen un modelo asociando a la cadena de suministro como una red expandida, es decir, una red de transportación genérica  $G = (N, A)$ , con un conjunto de nodos  $N$ , representando a los proveedores almacenes y clientes, y un conjunto de arcos  $A$ , los cuales representan las trayectorias posibles entre los puntos de oferta, abastecimiento y demanda, así como periodos de tiempo. Dentro de los supuestos asociados a este modelo, se encuentra la consideración de que la demanda de los clientes para el periodo consecutivo  $T$  es determinista, que cada uno de los nodos es considerado una instalación única, y para fines de simplificación se asume que la duración del trayecto de entrega es cero. Así, el problema se centra en desarrollar un plan de producción y distribución de envíos a través del tiempo, satisfaciendo la demanda y minimizando los costos totales de producción, distribución, inventario y penalización.

El modelo asociado a la presente propuesta considera de forma integral a los centros de producción, los centros de distribución y los centros de consumo, razón por la cual el modelo es multinivel y puede ser establecido para un contexto en el cual se opera con un solo producto o bajo la combinación de varias clases de bienes físicos. Las figuras 2.4 y 2.5 muestran dos escenarios para la red de expansión genérica  $G = (N, A)$ . La primera figura considera un escenario simple, dado que solamente se integra de un periodo, y no necesariamente la red se proyecta a través del tiempo.

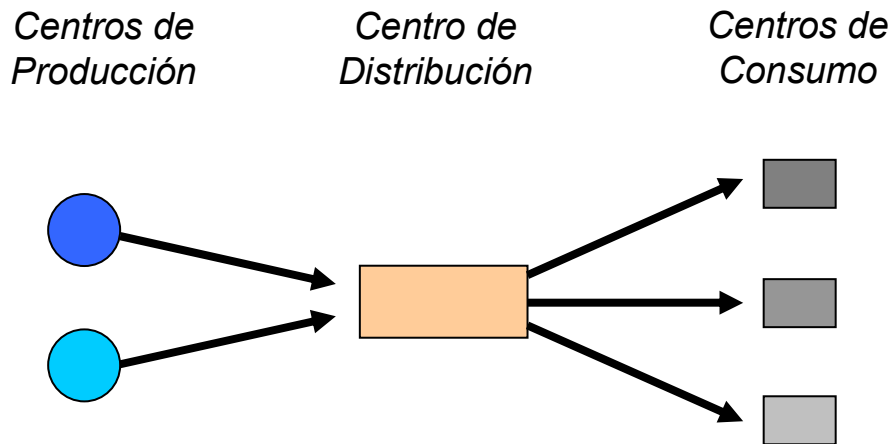


Figura 2.4  
Ejemplo de red expandida en Escenario Simple

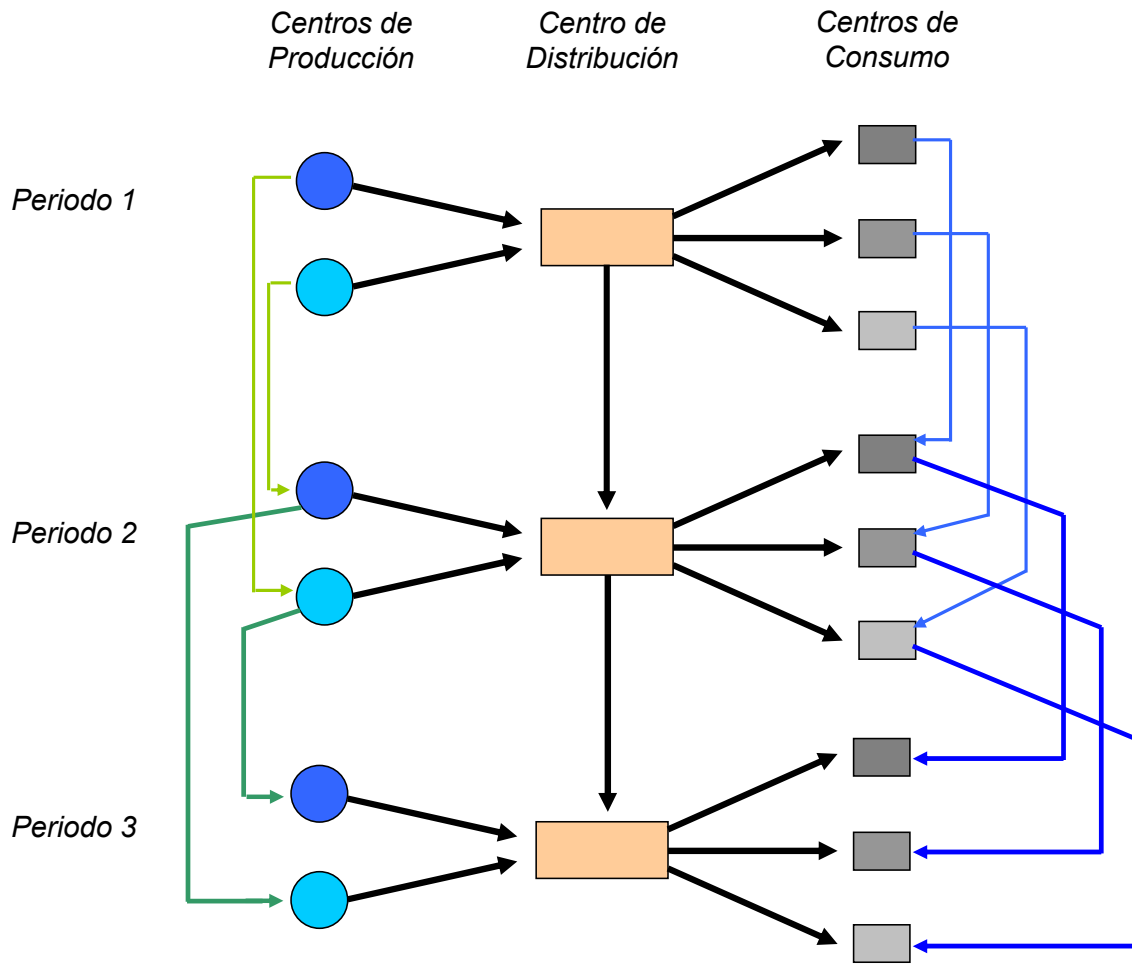


Figura 2.5

Ejemplo de red expandida en Escenario Multi - Periodo

Considérese la red expandida mostrada en la figura 2.5. Empleando la red expandida, la problemática de la cadena de suministro puede ser formulada como un problema de flujo en la red con costos cóncavos entre sus múltiples instalaciones.

Para incorporar la dimensión del tiempo, es decir los periodos, sea  $\tau_1, \tau_2, \dots, \tau_T$  una enumeración de los periodos relevantes de tiempo del modelo. En la red original  $G$ , cada nodo  $i$  es reemplazado por un conjunto de nodos  $i_1, i_2, \dots, i_T$ . El modelo plantea el conectar el nodo  $i_u$  con el nodo  $j_v$  si y sólo si  $\tau_v - \tau_u$  es exactamente el tiempo que toma el viajar de  $i$  a  $j$ . Así, el arco  $i_u \rightarrow j_v$  representa la posibilidad de ser distribuido

del nodo  $i$  a  $j$  comenzando en el tiempo  $\tau_u$  y terminando en el tiempo  $\tau_v$ . Tales arcos son llamados arcos de envío.

Las penalizaciones asociadas a envíos retrasados, son representadas mediante un arco. Así, para un producto dado se crea un nodo, sirviendo éste como un nodo sumidero en caso de incurrir en demanda no satisfecha para el periodo asociado.

Asimismo, las decisiones de producción en el modelo, son representadas por un nodo y un arco artificial. En donde para cada nodo  $i_t$  correspondiente a una instalación de producción (o una instalación del proveedor)  $i$  en un punto particular en tiempo  $t$ , un nodo artificial  $i'_t$  y un arco de  $i'_t$  a  $i_t$ , representa el costo lineal y cóncavo de producción en lo que respecta al producto manufacturado.

Finalmente, son agregados arcos  $(i_l + i_{l+1})$  para  $l = 1, 2, \dots, T - 1$ , referidos como *arcos de inventario*. Así, para describir el enfoque de modelación se empleará la siguiente notación:

$k = \{1, 2, \dots, K\}$  Un conjunto de índices para todos los productos, o diferentes demandas con orígenes y destinos fijos.

$W_k$  Con  $k = 1, 2, \dots, K$  el tamaño correspondiente al conjunto de índices.

Por ejemplo, el producto  $k = 1$  debe corresponder a una demanda de  $w_1 = 100$  Unidades que requieren ser enviadas de un cierto proveedor a un cierto minorista en un cierto periodo de tiempo o incurrir en penalizaciones por retraso.

$P_k$  El conjunto de todas las trayectorias posibles para el producto  $k$ .

$C_{pk}$  Los costos incurridos cuando el producto  $k$  es enviado a través de la trayectoria  $p \in P_k$ .

$SE$  El conjunto de todas las rutas

$Z_e$  La suma total de peso de todos los productos que se transportan en la ruta  $e \in SE$ .

Los costos de distribución asociados con la trayectoria adoptada, estarán en función de la cantidad total de producto enviado a través de la ruta y por consiguiente dichos costos asociados no pueden ser considerados en primera instancia. Por lo tanto cada envío, cuyo costo debe ser globalmente calculado, necesita ser considerado separadamente. Así, se asume que el costo de la ruta  $e$ ,  $e \in SE$ , de la red expandida  $G_T(V, E)$ , es  $F_e(z_e)$ , que

es una función de costo lineal y cóncava, la cual es no decreciente en la cantidad total,  $Z_e$ , de los productos que emplean la ruta  $e$ .

Este especial y estructurado costo permite ser tratado mediante una formulación con programación lineal entera mixta. Para este propósito, las funciones lineales cóncavas concernientes a los productos son modelados como sigue.

$R$  El número de pendientes diferentes de la función de costos, las cuales se asume, sin pérdida de generalidad, que es el mismo para todas las rutas.

$M_e^{r-1}$  El elemento que denota el límite inferior en el intervalo  $r = 1, \dots, R$  correspondiente a la  $r$ -ésima pendiente de la función de costo asociada a la ruta  $e$ .

$M_e^r$  El elemento que denota el límite superior en el intervalo  $r = 1, \dots, R$  correspondiente a la  $r$ -ésima pendiente de la función de costo asociada a la ruta  $e$ .

Note que  $M_e^0 = 0$  y  $M_e^R$  pueden ser fijos con respecto a la cantidad total de todos los productos que pueden utilizar el arco  $e$ . Así, se asocia cada uno de estos intervalos, llamados  $r$ , con un costo variable por unidad denotado por  $\alpha_e^r$ , igual a la pendiente correspondiente al segmento de línea, y un costo fijo  $f_e^r$ , definido por la intersección de la ordenada al origen de la prolongación de la línea de tal segmento.

La figura 2.6 muestra una representación gráfica de lo anterior. El costo incurrido por cualquier cantidad en algunos rangos es la suma de sus costos fijos asociados más el costo de enviar todas las unidades en su correspondiente costo lineal. Esto es, se puede expresar la función de costo del flujo que pasa por el arco,  $F_e(z_e)$ , como

$$F_e(z_e) = f_e^r + \alpha_e^r z_e$$

si  $z_e \in (M_e^{r-1}, M_e^r]$

La afirmación anterior obedece a propiedades de concavidad y monotonía de la función  $F_e$ , las cuales pueden ser revisadas en el trabajo de aquellos que proponen el modelo [8].

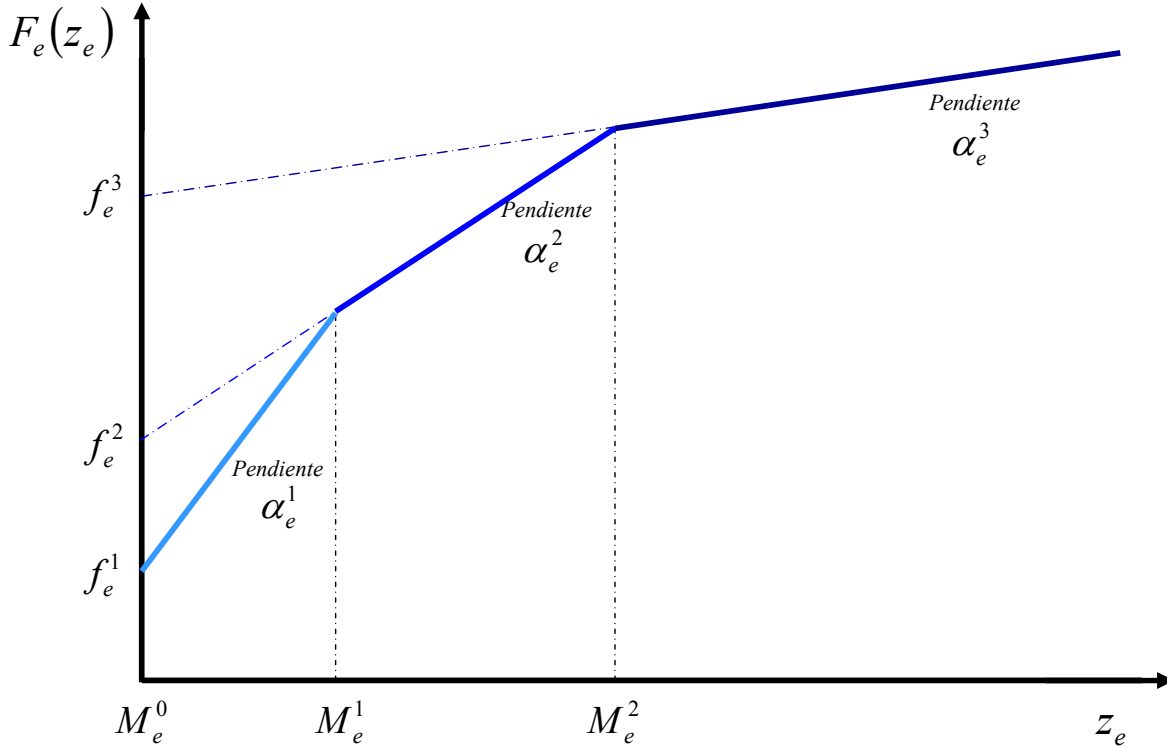


Figura 2.6

Estructura de los costos unitarios lineales y cóncavos

A continuación será establecido propiamente el modelo, pero antes se definirán algunas de sus variables. Recuérdese que  $z_{ek}$  denota el flujo total sobre la ruta  $e$  y permite que  $z_{ek}$  sea la cantidad de producto  $k$  que es enviado a través de esa ruta. Para toda  $e \in SE$  y  $r = 1, \dots, R$  definimos las variables binarias de intervalo como

$$x_e^r = \begin{cases} 1, & \text{sí } z_e \in (M_e^{r-1}, M_e^r] \\ 0, & \text{en otro caso} \end{cases}$$

y, además, para toda  $k, k \in K$ , sean las variables binarias de cantidad como

$$z_{ek}^r = \begin{cases} z_{ek}, & \text{sí } z_e \in (M_e^{r-1}, M_e^r] \\ 0, & \text{en otro caso} \end{cases}$$

Para relacionar este flujo de rutas hacia las trayectorias de flujo definimos, para cada  $e \in SE$  y  $p \in \bigcup_{k=1}^K P_k$ ,

$$\delta_p^e = \begin{cases} 1, & \text{si la ruta } e \text{ se encuentra en la trayectoria } p \\ 0, & \text{en otro caso} \end{cases}$$

Finalmente, sean las variables

$$y_{pk} = \begin{cases} 1, & \text{si el producto } k \text{ emplea la trayectoria } p \text{ en la solución óptima} \\ 0, & \text{en otro caso} \end{cases}$$

para cada  $k \in K$  y  $p \in P_k$ . Estas variables son conocidas como variables de flujo de trayectoria.

El objetivo de la formulación es seleccionar el costo mínimo resultante de trayectorias factibles. Dicha formulación considera costos cóncavos lineales en lo que respecta a los productos, y es planteada mediante programación lineal entera mixta. A continuación se presenta el modelo.

## Minimizar

$$\sum_{k=1}^K \sum_{p \in P_k} y_{pk} c_{pk} + \sum_{e \in SE} \sum_{r=1}^R \left[ f_e^r x_e^r + \alpha_e^r \left( \sum_{k=1}^K z_{ek}^r \right) \right] \quad (2.3.1.A. 1)$$

Sujeto a

$$\sum_{p \in P_k} y_{pk} = 1 \quad \forall k = 1, 2, \dots, K \quad (2.3.1.A. 2)$$

$$\sum_{p \in P_k} \delta_p^e y_{pk} w_k = \sum_{r=1}^R z_{ek}^r \quad \forall e \in SE, \quad k = 1, 2, \dots, K \quad (2.3.1.A. 3)$$

$$z_{ek}^r \leq w_k x_e^r \quad \forall e, r, k \quad (2.3.1.A. 4)$$

$$\sum_{k=1}^K z_{ek}^r \leq M_e^r x_e^r \quad \forall e \in SE, \quad r = 1, \dots, R \quad (2.3.1.A. 5)$$

$$\sum_{k=1}^K z_{ek}^r \geq M_e^{r-1} x_e^r \quad \forall e \in SE, \quad r = 1, \dots, R \quad (2.3.1.A. 6)$$

$$\sum_{r=1}^R x_e^r \leq 1 \quad \forall e \in SE \quad (2.3.1.A. 7)$$

$$y_{pk} \in \{0,1\}, \quad \forall k = 1, 2, \dots, K, \quad y \quad p \in P_k \quad (2.3.1.A. 8)$$

$$x_e^r \in \{0,1\}, \quad \forall e \in SE, \quad y \quad r = 1, 2, \dots, R \quad (2.3.1.A. 9)$$

$$x_{ek}^r \geq 0, \quad \forall e \in SE, \quad k = 1, 2, \dots, K \quad y \quad r = 1, 2, \dots, R \quad (2.3.1.A. 10)$$

En esta formulación, la restricción (2.3.1.A. 2) asegura que exactamente una trayectoria sea seleccionada para cada producto y la restricción (2.3.1.A. 3) coloca el flujo total sobre una ruta  $e$  para hacer igual el flujo total de todas las trayectorias que utilizan tal ruta. Las restricciones (2.3.1.A. 4) a (2.3.1.A. 7) son empleadas para modelar la función cóncava lineal relacionada con el producto. La restricción (2.3.1.A. 4) específica que si algún producto  $k$  es enviado en la ruta  $e$  usando un índice de costo  $r$ , la variable de intervalo asociada,  $x_e^r$ , debe ser 1. La restricción (2.3.1.A. 5) y (2.3.1.A. 6) asegura que si el índice de costo  $r$  es usado sobre la ruta  $e$ , entonces el flujo total sobre la ruta debe caer en el intervalo asociado,  $[M_e^{r-1}, M_e^r]$ . Finalmente la restricción (2.3.1.A. 7) indica que a lo más un rango de costos puede ser seleccionado para cada ruta.



### 2.3.1.B Formulación para cadenas de suministro multi nivel y de producto único

Entre la literatura, diversas formulaciones han sido concebidas estableciendo la estructura de la cadena de suministro como una red, con centros de producción, centros de distribución y de consumo como nodos, y a su vez, relaciones de envío, transferencia o almacenamiento por medio de sus arcos.

Así, la presente formulación citada por Carl E. Wike [9] también considera una red expandida como diseño de la programación matemática que sustenta. El problema de cadena de suministro es considerado en varios niveles (de las fabricas a los centros de distribución, y de los centros de distribución a los centros de consumo) y para un producto único en su operación. En este apartado se propone un modelo entero mixto como alternativa de solución al problema de distribución, y las condiciones de operación son iguales a las de la formulación de la sección 2.3.1A, es decir, deterministas y con el fin de elaborar un plan de producción y distribución bajo una minimización de costos de producción, transportación y por demanda no satisfecha.

Para la coordinación de envíos e inventario, el horizonte de tiempo para los costos relacionados con el inventario es de  $t = 1$  a  $t = T$ , mientras que el horizonte de tiempo para los movimientos de inventario es de  $t = 0$  a  $t = T - 1$ . El inventario inicial se encuentra en el tiempo cero, y el inventario final se encuentra en el tiempo  $T$ . Así, el modelo establece una dimensión de tiempo en la cadena de suministro para crear una red expandida, siendo cada instante de tiempo (medido en día, semana, etc.) denotado por  $t$  y cada instalación (o nodo) denotada por  $i$ .

El modelo considera dos tipos de arcos, aquellos que denotan un enlace de envío y aquellos que denotan un enlace de inventario, de tal forma que los envíos realizados de una instalación a otra son realizados mediante el arco de envío, y el inventario de un periodo a otro fluye en un arco de inventario. Existen dos tipos de arcos de inventario; positivo y negativo, dependiendo si el inventario es llevado ó no hacia el siguiente periodo o es reprogramado para el siguiente periodo. Los arcos de envío pueden ser denotados como  $(i, j, t)$  para envíos desde la instalación  $i$  a la instalación  $j$  abandonando a la instalación  $i$  en el tiempo  $t$ . Así, a continuación se muestra la red dinámica  $(N, A)$  expandida en el tiempo fijo  $t = 0, \dots, T$

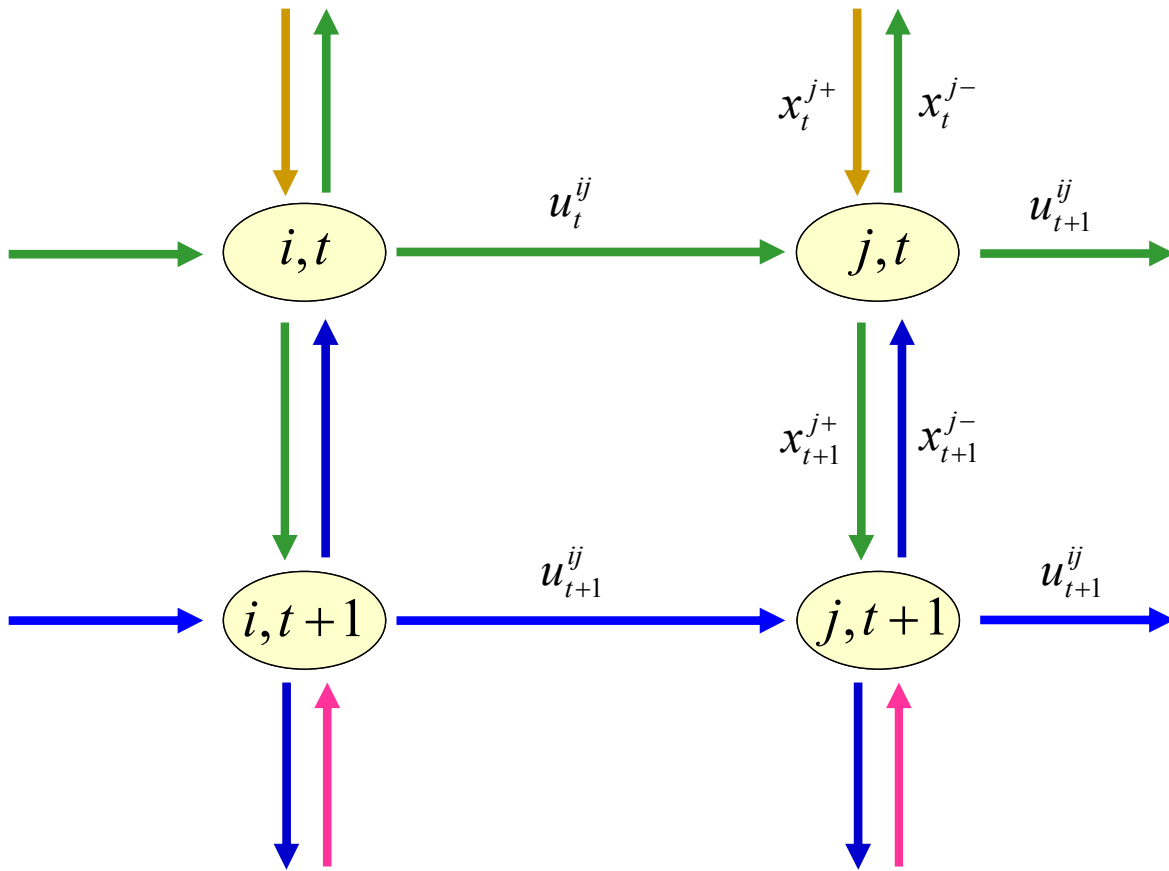


Figura 2.7

Red Dinámica considerada para la Modelación del Problema de Cadena de Suministro

La figura 2.7 muestra una sección de la red dinámica propuesta por la presente formulación, en donde los arcos de envío e inventario han sido etiquetados con la notación que a continuación se detalla.

- $N_f$  Es el nodo perteneciente a la fábrica  $i$
- $N_d$  Es el nodo perteneciente al centro de distribución  $j$
- $N_s$  Es el nodo perteneciente a la tienda de detalle  $k$
- $(i, j, t) \in A$  Representa la salida desde el nodo  $i$  en el tiempo  $t$  para ir al nodo  $j$

$(i, j, s) \in A$  Representa la salida desde el nodo  $i$  en el tiempo  $s$  para ir al nodo  $j$ . Siendo  $s$  una representación del tiempo antecedente con respecto a  $t$

$d_t^j$  Es la demanda del nodo de detalle  $j$  en el tiempo  $t$

$h_t^j$  Es el costo por mantener en inventario por unidad en el nodo  $j$  en el tiempo  $t$

$h_s^j$  Es el costo por mantener en inventario por unidad en el nodo  $j$  en el tiempo  $s$

$h_s^k$  Es el costo por mantener en inventario por unidad en el nodo  $k$  en el tiempo  $s$

$p_t^j$  Es el costo asociado a penalización por unidad en el nodo  $j$  en el tiempo  $t$

$p_s^k$  Es el costo asociado a penalización por unidad en la tienda  $k$  en el tiempo  $s$

$f_{ijt}$  Es el costo fijo por ordenar ó enviar entre el nodo  $i$  y el nodo  $j$  en el tiempo  $t$

$M_j$  Es la demanda total en el nodo  $j$  sobre todos los periodos de tiempo:

$$M_j = \sum_{k \in D_j} \sum_{t=0}^{T-1} d_t^k$$

Las variables de decisión son las siguientes:

$x_t^{j+}$  Es el exceso de inventario en el nodo  $j$  en el tiempo  $t$

$x_t^{j-}$  Es la escasez de inventario en el nodo  $j$  en el tiempo  $t$

$x_t^j$  Es la red iniciada de inventario

$x_t^j$	$= x_t^{j+} - x_t^{j-}$
$u_{ijt}$	Es la cantidad liberada a través de los arcos de envíos $(i, j, t)$
$z_{ijt}$	Es una variable binaria que decide si existe envío desde el nodo $i$ hacia el nodo $j$ en el tiempo $t$
$q_{ijs}^{kt}$	Es la cantidad enviada a través de los arcos $(i, j, s)$ para satisfacer la demanda en la tienda $k$ en el tiempo $t$
$z_{ijs}$	Es una variable binaria que decide si existe envío desde el nodo $i$ hacia el nodo $j$ en el tiempo $s$
$x_{js}^{kt}$	Es el inventario en el nodo $j$ (centro de distribución ó almacén) en el tiempo $s$ destinado a la tienda $k$ para satisfacer la demanda en el tiempo $t$

Además, se considera, que  $P(i)$  es un conjunto de antecesores inmediatos del nodo  $i$ . Es decir,  $P(i) = \{j \in N : (j, i, t) \in A, \forall t\}$ . De forma similar, se establece que  $F(i)$  es el conjunto de seguidores inmediatos del nodo  $i$ . Es decir,  $F(i) = \{j \in N : (i, j, t) \in A, \forall t\}$ .

Así, la formulación propuesta es como se muestra a continuación:

$$\begin{aligned}
 \text{Minimizar} \quad & \sum_{(i,j,s) \in A} f_{ijs} z_{ijs} + \sum_{k \in N_s} \sum_{j \in N_d} \sum_{s=0}^{T-1} \sum_{t=0}^{T-1} h_s^j x_{js}^{kt} + \\
 & \left. \sum_{k \in N_s} \sum_{i \in P(k)} \left\{ \sum_{t=1}^{T-1} \sum_{s=0}^{t-1} (h_s^k + \dots + h_{t-1}^k) q_{iks}^{kt} + \sum_{t=0}^{T-2} \sum_{s=t+1}^{T-1} (p_{t+1}^k + \dots + p_s^k) q_{iks}^{kt} \right\} \right.
 \end{aligned}$$

(2.3.1.B. 1)

Sujeto a

$$\sum_{i \in P(k)} \sum_{s=0}^{T-1} q_{iks}^{kt} = d_t^k \quad \forall k \in N_s$$

$$\forall t = 0, \dots, T-1$$

(2.3.1.B. 2)

$$\sum_{j \in F(i)} \sum_{s=0}^{T-1} q_{ijs}^{kt} = d_t^k \quad \forall k \in N_s$$

$$\forall i \in N_f$$

$$\forall t = 0, \dots, T-1$$

(2.3.1.B. 3)

$$q_{ijs}^{kt} \leq d_t^k z_{ijs} \quad \forall t = 0, \dots, T-1$$

$$\forall k \in N_s$$

$$\forall (i, j, s) \in A$$

(2.3.1.B. 4)

$$x_{js}^{kt} + \sum_{i \in P(j)} q_{ijs}^{kt} = x_{j,s+1}^{kt} + \sum_{i \in F(j)} q_{jis}^{kt} \quad \forall s, t = 0, \dots, T-1$$

$$\forall k \in N_s$$

$$\forall j \in N_d$$

(2.3.1.B. 5)

$$x_{j0}^{kt} = x_{jT}^{kt} = 0 \quad \forall t = 0, \dots, T-1$$

$$\forall k \in N_s$$

$$\forall j \in N_d$$

(2.3.1.B. 6)

$$q_{ijs}^{kt}, x_{js}^{kt} \geq 0 \quad \forall k \in N_s$$

$$\quad \quad \quad \forall (i, j, s) \in A$$

$$\quad \quad \quad \forall t = 0, \dots, T - 1$$

(2.3.1.B. 7)

$$z_{ijs} \in \{0, 1\} \quad \forall (i, j, s) \in A$$

(2.3.1.B. 8)

La función objetivo (2.3.1.B. 1) considera una minimización de los costos asociados a ordenar (cuando ocurre tal evento), los costos por mantener en inventario y los costos asociados a penalizaciones por demanda no satisfecha.

Las restricciones (2.3.1.B. 2) y (2.3.1.B. 3) aseguran que los envíos satisfacen las demandas asociadas, la restricción (3.3.1.B. 4) es la restricción limitante para cada arco, la restricción (2.3.1.B. 5) mantiene un balance de flujo en cada Centro de Distribución o Almacén, y la restricción (2.3.1.B. 6) coloca el inventario final e inicial en cero.

Es importante el señalar que, a medida que la complejidad de la red incrementa, aumenta el número de variables y restricciones por órdenes incrementales de  $T^2$ , dependiendo del número de escalones (ó niveles, por ejemplo Producción – Distribución, Distribución – Consumo) y arcos de envío.

### 2.3.1.B.i Formulación para cadenas de suministro multi nivel y de producto único, y de considerable dimensión

Esta sección establece un modelo que es desarrollado a partir de la formulación de la sección anterior (2.3.1.B.). La propuesta, citada por Carl E. Wike, [10] radica en establecer una programación basada en la trayectoria de los flujos, esto como una estrategia para resolver problemas de considerable dimensión. Así mismo, la propuesta aplica para cadenas de suministro de varios niveles bajo el manejo de un solo producto y en condiciones deterministas.

La notación asociada al modelo es fundada en la anterior, no obstante cabe señalar algunas particularidades a este modelo. De manera inicial se considera que los envíos serán por lotes, es decir, cada lote  $(k, t)$ , (que es, la demanda en la tienda  $k$  en el tiempo  $t$ ) es enviado de la fábrica hacia la tienda sobre una trayectoria  $P$  de arcos de envío y arcos de inventario dentro de la red dinámica. Así entonces, se define a  $P_{kt}$  como el conjunto de las posibles trayectorias para el lote  $(k, t)$ .

En lugar de las variables de envío  $q_{ijs}^{kt}$  y las variables de inventario  $x_{js}^{kt}$ , se establecen variables de flujo  $y_p^{kt}$  para el flujo sobre la trayectoria  $p$  que es destinado para satisfacer la demanda en la tienda  $k$  en el tiempo  $t$ . Como en el modelo anterior, se hace uso de la misma notación para las variables binarias  $z_{ijt}$  que deciden si el envío es realizado. Igualmente, se asumen los mismos parámetros relacionados con costos, y la misma forma de computar el costo  $c_p^k$  de la trayectoria, basada en arcos de inventario en los caminos que sean adoptados en la red.

Así, la formulación 2.3.2.1 es como sigue.

$$\text{Minimizar} \quad \sum_{k \in N_s} \sum_{t=0}^{T-1} \sum_{p \in P_{kt}} c_p^{kt} y_p^{kt} + \sum_{(i,j,t) \in A} f_{ijt} z_{ijt} \quad (2.3.1.B.i. 1)$$

Sujeto a

$$\sum_{p \in P_{kt}} y_p^{kt} = d_t^k \quad \forall k \in N_s$$

$$\forall t = 0, \dots, T-1 \quad (2.3.1.B.i. 2)$$

$$\sum_{p \in P_{kt} : (i,j,s) \in p} y_p^{kt} \leq d_t^k z_{ijs} \quad \forall k \in N_s$$

$$\forall (i, j, s) \in A$$

$$\forall t = 0, \dots, T-1 \quad (2.3.1.B.i. 3)$$

$$y_p^{kt} \geq 0 \quad \forall k \in N_s$$

$$\forall p \in P_{kt}$$

$$\forall t = 0, \dots, T-1 \quad (2.3.1.B.i. 4)$$

$$z_{ijt} \in \{0,1\} \qquad \forall (i, j, t) \in A$$

(2.3.1.B.i. 5)

La función objetivo (2.3.1.B.i. 1) considera el costo de mantener en inventario y el costo fijo de envíos. La restricción (2.3.1.B.i. 2) asegura que la demanda es satisfecha, y la restricción (2.3.1.B.i. 3) es la restricción limitante para cada arco de envío con respecto a la demanda asociada. La restricción (2.3.1.B.i. 4) denota que las variables de flujo deben de ser positivas, y finalmente la restricción (2.3.1.B.i. 5) establece la naturaleza binaria de las variables de decisión de envío. Es importante el señalar que esta formulación contiene menor cantidad de restricciones, pero no es el caso para las variables, ya que se ha añadido una para cada trayectoria posible en la red.

### 2.3.1.C Formulación para cadenas de suministro multi nivel y multi producto

El presente apartado muestra una extensión de la formulación de la sección 2.3.1.B, pero ahora considerando un escenario multi producto en la planificación de la cadena de suministro. Las modificaciones que se establecen al modelo, son con el fin de controlar los envíos y el inventario de más de un producto.

Se asume que los productos son enviados en conjunto y que el envío de uno o más productos incurre sólo en un costo fijo. De otra forma, se tendría que separar familias de productos en sub problemas. En esta formulación se empleará la misma notación de la sección 2.3.1.B, con la variante de la adición de un superíndice  $\mathcal{V}$  el cual representa al tipo de producto para los datos y las variables de decisión, siendo  $v=1,2,3,4,\dots,V$ . Tal

superíndice no aplica para la variable de envío  $z_{ijt}$ , y se asume que existen  $V$  tipos de productos.

Los parámetros de costos asociados a esta propuesta, son los siguientes:

- |            |   |
|------------|---|
| $f_{ijt}$  | Es el costo fijo para envío sobre el arco $(i, j, t)$   |
| $h_t^{vj}$ | Es el costo por mantener el producto $\mathcal{V}$ en la localidad $j$ en el tiempo $t$         |
| $p_t^{vj}$ | Es el costo de penalización para el producto $\mathcal{V}$ en la localidad $j$ en el tiempo $t$ |



$d_t^{vj}$  Es la demanda para el producto  $v$  en la localidad  $j$  en el tiempo  $t$

Las variables de decisión son las siguientes:

$q_{ijs}^{vkt}$  Es la cantidad enviada a través del arco  $(i, j, s)$  para satisfacer la demanda del producto  $v$  en la tienda  $k$  en el tiempo  $t$

$z_{ijs}$  Es una variable binaria que decide si existe envío desde el nodo  $i$  hacia el nodo  $j$  en el tiempo  $s$

$x_{js}^{vkt}$  Es el inventario de producto  $v$  en el nodo  $j$  (centro de distribución ó almacén) en el tiempo  $s$  que será enviado a la tienda  $k$  para satisfacer la demanda en el tiempo  $t$ .

Habiendo establecido la notación, se procede a presentar la programación asociada:

$$\begin{aligned}
 \text{Minimizar} \quad & \sum_{(i,j,s) \in A} f_{ijs} z_{ijs} + \sum_{v=1}^V \sum_{k \in N_s} \sum_{j \in N_d} \sum_{s=0}^{T-1} \sum_{t=0}^{T-1} h_s^{vj} x_{js}^{vkt} + \\
 & \sum_{v=1}^V \sum_{k \in N_s} \sum_{i \in P(k)} \left\{ \sum_{t=1}^{T-1} \sum_{s=0}^{t-1} (h_s^{vk} + \dots + h_{t-1}^{vk}) q_{iks}^{vkt} + \right. \\
 & \left. \sum_{t=0}^{T-2} \sum_{s=t+1}^{T-1} (p_{t+1}^{vk} + \dots + p_s^{vk}) q_{iks}^{vkt} \right\}
 \end{aligned}
 \tag{2.3.1.C. 1}$$

Sujeto a

$$\sum_{i \in P(k)} \sum_{s=0}^{T-1} q_{iks}^{vkt} = d_t^{vk} \quad \forall k \in N_s$$

$$\forall v = 1, \dots, V$$

$$\forall t = 0, \dots, T-1 \quad (2.3.1.C. 2)$$

$$\sum_{j \in F(i)} \sum_{s=0}^{T-1} q_{ijs}^{vkt} = d_t^{vk}$$

$$\forall k \in N_s$$

$$\forall v = 1, \dots, V$$

$$\forall i \in N_f$$

$$\forall t = 0, \dots, T-1 \quad (2.3.1.C. 3)$$

$$q_{ijs}^{vkt} \leq d_t^{vk} z_{ijs}$$

$$\forall t = 0, \dots, T-1$$

$$\forall k \in N_s$$

$$\forall v = 1, \dots, V$$

$$\forall (i, j, s) \in A \quad (2.3.1.C. 4)$$

$$x_{js}^{vkt} + \sum_{i \in P(j)} q_{ijs}^{vkt} = x_{j,s+1}^{vkt} + \sum_{i \in F(j)} q_{jis}^{vkt}$$

$$\forall s, t = 0, \dots, T-1$$

$$\forall k \in N_s$$

$$\forall v = 1, \dots, V$$

$$\forall j \in N_d \quad (2.3.1.C. 5)$$

$$\begin{aligned}
 x_{j0}^{vkt} = x_{jT}^{vkt} = 0 & \quad \forall t = 0, \dots, T-1 \\
 & \quad \forall k \in N_s \\
 & \quad \forall v = 1, \dots, V \quad ( \\
 & \quad \forall j \in N_d \\
 & \quad \quad \quad 2.3.1.C. 6)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 q_{ijs}^{vkt}, x_{js}^{vkt} \geq 0 & \quad \forall k \in N_s \\
 & \quad \forall v = 1, \dots, V \\
 & \quad \forall (i, j, s) \in A \quad (2. \\
 & \quad \forall t = 0, \dots, T-1 \\
 & \quad \quad \quad 3.1.C. 7)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 z_{ijt} \in \{0,1\} & \quad \forall (i, j, t) \in A \\
 & \quad \quad \quad (2.3.1.C. 8)
 \end{aligned}$$

La función objetivo (2.3.1.C. 1), incurre en las mismas consideraciones con respecto al modelo de la sección 3.3.1.B, sólo que en este caso, la minimización de los costos asociados a ordenar, mantener en inventario y penalizaciones por demanda no satisfecha se establecen para cada uno de los productos asociados a la modelación efectuada.

Las restricciones (2.3.1.C. 2) y (2.3.1.C. 3) tratan de garantizar que la demanda asociada al modelo se satisfaga. La restricción (2.3.1.C. 4) es una restricción limitante para cada arco, así como las restricciones (2.3.1.C. 5) y (2.3.1.C. 6) establecen un balance en el flujo de los centros de distribución y limitan el inventario final e inicial en cero respectivamente.

### 2.3.2 Formulación lineal para cadenas de suministro multi nivel y multi producto, típica a horizontes de planeación de mediano plazo

El objetivo principal de una cadena de suministro es el producir y desarrollar la entrega de productos terminados hacia clientes finales con el costo más efectivo y de la forma más oportuna. Así pues, se requiere de coordinar las operaciones en todas las etapas de la cadena con lo cual se hace imprescindible de la planeación y la secuenciación de actividades, con el fin de alcanzar los niveles de servicio y calidad deseados al menor costo posible. La revisión literaria muestra que los esfuerzos realizados para la optimización de la cadena de suministro consideran de forma implícita un horizonte de planeación de mediano y largo plazo. Esto es debido, por la configuración estructural de la cadena de suministro (manufactura, almacenamiento y distribución) y de la naturaleza de operación del sistema al cual se pretende modelar. En tal caso de establecer escenarios con periodos de operación a corto plazo, cada ente asociado (manufactura, almacenamiento, distribución) deberá emplear algún método de secuenciación que se correlacione con el horizonte de tiempo establecido al problema.

La presente sección muestra una propuesta para la optimización de la cadena de suministro a mediano plazo, bajo un ambiente determinista y asociada a una operación de diversas clases de productos. El modelo es fiel del establecido por Michael L. Pinedo [11], y se considera que la cadena de suministro asociada al modelo presenta una configuración en tres etapas, la etapa de fabricación (etapa 1), la etapa de almacenamiento y distribución (etapa 2) y la última etapa que es representada por los clientes (etapa 3).

En el modelo asociado se considera que las etapas 1 y 2 pueden entregar directamente a los clientes (Etapa 3). Se considera que los centros de producción (Etapa 1) no cuentan con algún recinto para almacenar los bienes terminados y los clientes no admiten entregas adelantadas. Se considera un solo centro de distribución y para fines prácticos sólo una región de entrega a los centros de consumo. Asimismo, el modelo considera restricciones asociadas a la capacidad de producción con respecto al tiempo (típicamente 8 horas de trabajo por turno por siete días a la semana, es decir un máximo de 168 horas / semana operando a tres turnos). Dichos supuestos no distan de la dinámica operacional de cualquier embotelladora, al contrario, los entes reales comúnmente operan bajo tales consideraciones (dejando así de ser supuestos, y convirtiéndose en políticas operativas).

A continuación se establece la notación concerniente al modelo, en donde se manejan dos centros de producción (fábricas), dos familias de productos y un horizonte de planeación fijado en cuatro semanas. Tal determinación de elementos es sólo con el fin de ilustrar los parámetros relacionados con el modelo.

El subíndice  $t \forall t=1,\dots,4$  denota la semana  $t$

El subíndice  $i \forall i=1,2$  denota la fábrica  $i$

El subíndice  $j \forall j=1,2$  denota la familia de producto  $j$

El subíndice  $l \forall l=1,2,3$  denota la etapa  $l$  ;

$l=1$  Denota las dos fábricas

$l=2$  Denota el centro de distribución

$l=3$  Denota a los clientes

El superíndice  $p$  se refiere a un parámetro de producción

El superíndice  $m$  se refiere a un parámetro de transportación

La demanda para la familia de productos  $j$ ,  $j=1,2$ , al nivel del centro de distribución (etapa 2) al terminar la semana  $t$ ,  $t=1,\dots,4$ , es denotada por  $D_{2jt}$ . La demanda para la familia de productos  $j$ ,  $j=1,2$ , en la etapa de los clientes (etapa 3) al terminar la semana  $t$ ,  $t=1,\dots,4$ , es denotada por  $D_{3jt}$ . Los tiempos y costos de producción están dados por:

$c_{ij}^p$  = El costo de producir una unidad de la familia  $j$  en la fábrica  $i$

$\hat{p}_{ij}$  = El tiempo (en horas) para producir una unidad de la familia  $j$  en la fábrica  $i$

En donde  $\hat{p}_{ij}$ , es el tiempo para producir una unidad de la familia  $j$ . Dicho parámetro es sólo un estimado del promedio de tiempo requerido para producir una unidad, así éste es una combinación de los tiempos de procesamiento con los tiempos de preparación y alistamiento.

La etapa 2, perteneciente a los centros de distribución y almacenamiento es denotada como DC, como acrónimo de la lengua inglesa *distribution center*.

Los costos de almacenar y transportar, incluyen:

$h$  = El costo semanal por almacenar en el DC para una unidad de cualquier tipo

$c_{i2o}^m$  = El costo de mover una unidad de cualquier tipo de la fábrica  $i$  al DC

$c_{io3}^m$  = El costo de mover una unidad de cualquier tipo de la fábrica  $i$  a los clientes

$c_{o23}^m$  = El costo de mover una unidad de cualquier tipo del DC a los clientes

$\tau$  = El tiempo de transportación de cualquiera de las dos fábricas al DC, o de cualquiera de las dos fábricas a los clientes; todos los tiempos de transportación se consideran idénticos e iguales a una semana.

Los siguientes pesos y costos de penalización son dados:

$w_j^{//}$  = El costo asociado a retraso por unidad por semana para una orden de productos de la familia  $j$  que arriban (con retraso) al DC

### 2.3 Enfoques de solución mediante programación matemática

---

$w_j'''$  = El costo asociado a retraso por unidad por semana para una orden de productos de la familia  $j$  que arriban (con retraso) a los clientes

$\psi$  = La penalización por no haber nunca entregado una unidad de producto

Para establecer la formulación de este problema como un programa entero mixto, las siguientes variables de decisión deben de ser definidas:

$x_{ijt}$  = Número de unidades de la familia  $j$  producidas en la fábrica  $i$  durante la semana  $t$

$y_{i2jt}$  = Número de unidades de la familia  $j$  transportadas de la fábrica  $i$  al DC en la semana  $t$

$y_{i3jt}$  = Número de unidades de la familia  $j$  transportadas de la fábrica  $i$  a los clientes en la semana  $t$

$z_{jt}$  = Número de unidades de la familia  $j$  transportadas del DC a los clientes en la semana  $t$

$q_{2j0}$  = Número de unidades de la familia  $j$  en almacenamiento en el DC en el tiempo 0

$q_{2jt}$  = Número de unidades de la familia  $j$  en almacenamiento en el DC al final de la semana  $t$

$v_{2jt}$  = Número de unidades de la familia  $j$  tardías (aún no arribadas) al DC en la semana  $t$

$v_{2j4}$  = Número de unidades de la familia  $j$  no entregadas al DC al final del horizonte de planeación (al final de la semana 4, para este ejemplo denotativo)

$v_{3j0}$  = Número de unidades de la familia  $j$  tardías (aún no arribadas) al cliente en el tiempo 0

$v_{3jt}$  = Número de unidades de la familia  $j$  tardías (aún no arribadas) al cliente al final de la semana  $t$

$v_{3j4}$  = Número de unidades de la familia  $j$  que no han sido entregadas al cliente al final del horizonte de planeación (al final de la semana 4)

Es importante el señalar que si  $y_{i2jt}$  ó  $y_{i3jt}$  son transportadas en la semana  $t$  de la fabrica  $i$  hacia el centro de distribución  $DC$  o hacia los clientes, entonces dichos productos salen de la fabrica en la semana  $t$  y llegan a su destino en la semana  $t + 1$ . Lo mismo ocurre para la variable  $z_{jt}$ . Existen varias restricciones en forma de límites superiores  $UB_{ilj}$  e inferiores  $LB_{ilj}$  sobre las cantidades de la familia  $j$  para ser enviadas de la fabrica  $i$  a la etapa  $l$ .

La programación entera puede ahora ser formulada como sigue:

### Minimizar

$$\begin{aligned}
 & \sum_{t=1}^4 \sum_{j=1}^2 \sum_{i=1}^2 c_{ij}^p x_{ijt} + \sum_{t=1}^4 \sum_{j=1}^2 \sum_{i=1}^2 c_{i2o}^m y_{i2jt} + \sum_{t=1}^4 \sum_{j=1}^2 \sum_{i=1}^2 c_{io3}^m y_{i3jt} \\
 & + \sum_{t=1}^4 \sum_{j=1}^2 c_{o23}^m z_{jt} + \sum_{t=1}^4 \sum_{j=1}^2 h q_{2jt} \\
 & + \sum_{t=1}^3 \sum_{j=1}^2 w_j^{//} v_{2jt} + \sum_{t=1}^3 \sum_{j=1}^2 w_j^{///} v_{3jt} \\
 & + \sum_{j=1}^2 \psi v_{2j4} + \sum_{j=1}^2 \psi v_{3j4}
 \end{aligned} \tag{2.3.2. 1}$$

Sujeto a las siguientes restricciones

$$\sum_{j=1}^2 \hat{p}_{ij} x_{ijt} \leq 168 \quad \forall t = 1, \dots, 4; \tag{2.3.2. 2}$$

$$y_{1ljt} \leq UB_{1lj} \quad \forall t = 1, \dots, 4; \tag{2.3.2. 3}$$

$$y_{1jt} \geq L B_{1lj} \quad \text{ó} \quad y_{1jt} = 0 \quad \forall t = 1, \dots, 4; \quad (2.3.2. 4)$$

$$y_{2ljt} \leq U B_{2lj} \quad \forall t = 1, \dots, 4; \quad (2.3.2. 5)$$

$$y_{2ljt} \geq L B_{2lj} \quad \text{ó} \quad y_{2ljt} = 0 \quad \forall t = 1, \dots, 4; \quad (2.3.2. 6)$$

$$\sum_{l=2}^3 y_{iljt} = x_{ijt} \quad \forall t = 1, \dots, 4; \quad (2.3.2. 7)$$

$$j = 1, 2;$$

$$i = 1, 2;$$

$$\sum_{i=1}^2 y_{i3jt} + z_{jt} \leq D_{3,j,t+1} + v_{3jt} \quad \forall t = 1, \dots, 3; \quad j = 1, 2; \quad (2.3.2. 8)$$

$$z_{j1} \leq \max(0, q_{2j0}) \quad \forall j = 1, 2; \quad (2.3.2. 9)$$

$$z_{jt} \leq q_{2,j,t-1} + y_{1,2,j,t-1} + y_{2,2,j,t-1} \quad \forall t = 2, 3, 4; \quad j = 1, 2; \quad (2.3.2. 10)$$

$$q_{2j1} = \max(0, q_{2j0} + D_{2j1} - z_{j1}) \quad \forall j = 1, 2; \quad (2.3.2. 11)$$

$$q_{2j1} = \max(0, q_{2,j,t-1} + y_{1,2,j,t-1} + y_{2,2,j,t-1} - v_{2,j,t-1} - D_{2jt} - z_{jt}) \quad (2.3.2. 12)$$

$$\forall j = 1, 2; \quad t = 2, 3, 4;$$

$$v_{2j1} = \max(0, D_{2j1} - q_{2j0}) \quad \forall j = 1, 2; \quad (2.3.2. 13)$$

$$v_{2jt} = \max(0, D_{2jt} + v_{2,j,t-1} + z_{jt} - q_{2,j,t-1} - y_{1,2,j,t-1} - y_{2,2,j,t-1}) \quad (2.3.2. 14)$$

$$\forall j = 1, 2; \quad t = 2, 3, 4;$$

$$v_{3j1} = \max(0, D_{3j1}) \quad \forall j = 1, 2; \quad (2.3.2. 15)$$



$$v_{3jt} = \max(0, D_{3jt} + v_{3,j,t-1} - z_{j,t-1} - y_{1,3,j,t-1} - y_{2,3,j,t-1}) \quad (2.3.2. 16)$$
$$\forall j = 1,2; \quad t = 2,3,4;$$

La función objetivo (2.3.2. 1) minimiza el total de los costos de producción, costos de manejo y almacenamiento, costos de transportación, costos asociados con retrasos, y costos de penalización por no entregar.

La desigualdad (2.3.2. 2) establece en el modelo la capacidad máxima de producción semanal en los centros de producción. El conjunto de restricciones (2.3.2. 3) a (2.3.2. 10) limitan al modelo con respecto a parámetros de transportación. Las igualdades (2.3.2. 11) a (2.3.2. 12) establecen restricciones de almacenamiento, y las últimas cuatro igualdades de la formulación, (2.3.2. 13) a (2.3.2. 16), modelan condiciones referentes a números de trabajos tardíos y número de trabajos no entregados. Diversas de las variables en esta formulación de programación entera mixta son continuas. Adicionalmente se podría limitar el modelo a que los lotes de producción fuesen enviados en múltiplos de una cantidad deseada fija.

### 2.3.3 Formulación lineal para cadenas de suministro de dos niveles y producto único, con variables binarias

La gestión de la cadena de suministro representa una importancia tácita en organizaciones de manufactura y comercialización, por lo cual se hacen necesarios enfoques que faciliten la interpretación de movimientos de materiales, información y flujo financiero en tales dinámicas. Dentro del acervo bibliográfico, se ha encontrado un trabajo que aborda la temática de los problemas de optimización en la gestión de la cadena de suministro [12]. María Dolores Romero Morales comenta en tal disertación varios modelos de optimización, tanto para formulaciones de cadenas de suministro de dos etapas o niveles (aquellas conformadas sólo por productores y clientes) como para cadenas de suministro de tres niveles (integradas por la parte de producción, almacenamiento y distribución, además de los clientes). Así, la presente sección muestra tales modelos de optimización, concretamente los relacionados solo con los centros de fabricación y los centros de consumo. La siguiente sección 2.3.4, mostrará el análisis referente a las propuestas formuladas para cadenas de suministro integradas por tres niveles.

El texto al cual se hace referencia, propone escenarios de operación en donde se modelará con un solo tipo de producto y bajo condiciones deterministas. La formulación crea una combinación de instalaciones, las cuales representan el primer nivel de la cadena de suministro. Es decir, los centros de fabricación así como los centros de almacenamiento y distribución, son considerados un ente único (se considera que las instalaciones relacionadas a la cadena de suministro son una combinación de planta y almacenes). Así el último nivel de la cadena de abastecimiento a modelar, será representado por los centros de consumo. A continuación, se mostrará la notación establecida para el modelo de optimización.

El término  $n$  = Denota el número de clientes

El término  $m$  = Denota el número de instalaciones (fábricas con capacidad de almacenamiento)

El término  $T$  = Denota el horizonte de planeación

$d_{jt}$  = Demanda del cliente  $j$  en el periodo  $t$

$b_{it}$  = Capacidad de producción en la instalación  $i$  en el periodo  $t$

$p_{it}$  = Costos de producción unitarios en la instalación  $i$  en el periodo  $t$

$a_{ijt}$  = Costo de asignar un cliente  $j$  en la instalación  $i$  en el periodo  $t$

$g_{it}$  = Costo unitario de mantener en inventario en la instalación  $i$  en el periodo  $t$

La formulación establece la suposición de que los costos de producción son lineales con respecto a la cantidad producida. Todos los parámetros anteriores por definición son no

negativos. A continuación son mostradas las variables de decisiones que el modelo establece en su concepción.

$y_{it}$  = Cantidad producida en la instalación  $i$  en el periodo  $t$

$I_{it}$  = Nivel de inventario en la instalación  $i$  al final del periodo  $t$

$x_{ijt}$  = Variable binaria de asignación

La variable binaria de asignación  $x_{ijt}$ , en caso de ser igual a 1, designa al cliente  $j$  a la instalación  $i$  en el periodo  $t$ .

La formulación considera la posibilidad de exclusividad de entrega, esto es, consideraciones de servicio al cliente, en donde algunos o todos de éstos sean asignados a la misma instalación el cada periodo. Para incorporar esta posibilidad en el modelo, se introduce el conjunto  $S \subseteq \{1, \dots, n\}$  de clientes (llamados clientes estáticos), que requieren ser asignados a la misma instalación en todos los periodos. Sea  $D = \{1, \dots, n\} \setminus S$  lo que denota al conjunto restante de clientes (llamados clientes dinámicos). También se ha considerado introducir un conjunto, el cual denota las instalaciones en las cuales el patrón de inventario es restringido a ser cíclico, esto a razón de condiciones de factibilidad. Así, el modelo propuesto es el siguiente:

*Minimizar*

$$\sum_{t=1}^T \sum_{i=1}^m p_{it} y_{it} + \sum_{t=1}^T \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n a_{ijt} x_{ijt} + \sum_{t=1}^T \sum_{i=1}^m g_{it} I_{it} \quad (2.3.3. 1)$$

Sujeto a

$$\sum_{j=1}^n d_{jt} x_{ijt} + I_{it} = y_{it} + I_{i,t-1} \quad \forall i = 1, \dots, m; \quad t = 1, \dots, T \quad (2.3.3. 2)$$

$$y_{it} \leq b_{it} \quad \forall i = 1, \dots, m; \quad t = 1, \dots, T \quad (2.3.3. 3)$$

$$\sum_{i=1}^m x_{ijt} = 1 \quad \forall j = 1, \dots, n; \quad t = 1, \dots, T \quad (2.3.3. 4)$$

$$x_{ijt} = x_{ij1} \quad \forall i = 1, \dots, m; \quad j \in S; \quad t = 1, \dots, T \quad (2.3.3. 5)$$

$$\begin{aligned} I_{i0} &= I_{iT} \mathbf{1}_{\{i \in C\}} & \forall i = 1, \dots, m \\ y_{it} &\geq 0 & \forall i = 1, \dots, m; \quad t = 1, \dots, T \end{aligned} \quad (2.3.3. 6)$$

$$\begin{aligned} x_{ijt} &\in \{0, 1\} & \forall i = 1, \dots, m; \quad j = 1, \dots, n; \quad t = 1, \dots, T \\ I_{it} &\geq 0 & \forall i = 1, \dots, m; \quad t = 1, \dots, T \end{aligned} \quad (2.3.3. 7)$$

La función objetivo (2.3.3. 1) establece una minimización de costos relacionados con la fabricación de productos, los costos relacionados a la distribución y costos por la gestión de inventarios. Las restricciones (2.3.3. 2) modelan el balance entre el flujo interno, el almacenamiento y el flujo externo en la instalación  $i$  en el periodo  $t$ . La capacidad máxima de producción en la instalación  $i$  es restringida por (2.3.3. 3). Las restricciones (2.3.3. 4) y (2.3.3. 7) aseguran que cada cliente es asignado a exactamente una instalación en cada periodo. Lo que es más, las restricciones (2.3.3. 5) asegura que cada cliente estático es asignado a la misma instalación a través de todo el horizonte de planeación.

Dicha formulación ha sido propuesta para dar respuesta a preguntas estratégicas y tácticas en la gestión de la cadena de suministro. Sin embargo, Romero Morales establece en tal planteamiento, que este tipo de problemas son complejos de resolver, dado que algunos de estos presentan complejidad computacional con naturaleza no polinomial dura (en tal disertación, se comenta que la complejidad de dicha clase de problemas ha sido demostrada por el trabajo de Fisher, Jakumar y Van Wassenhove) [13]. Así, si un problema dado presenta una solución factible se considera que es un problema polinomial completo.

### 2.3.4 Formulación para cadenas de suministro multi – nivel y de producto único, con restricciones de capacidad de almacenamiento y transferencia, y escenarios de caducidad del producto

Las características de los productos manejados en una cadena de suministros son muy diversas. Existen productos que requieren ser manipulados bajo condiciones logísticas únicas, relacionadas con la aplicación y diseño del bien. Tales propiedades definirán atributos clave en la gestión de la cadena de abastecimiento. Así, la presente sección establece la formulación para una cadena de suministro multi - nivel y de producto único, la cual considera restricciones de capacidad de almacenamiento, transferencia de producto y escenarios de vigencia de los artículos fabricados, almacenados y distribuidos. Tal formulación es una propuesta establecida en el trabajo de tesis doctoral de María Dolores Romero Morales [14].

El escenario particular que se considera para esta formulación está relacionado con un conjunto de plantas en donde un único tipo de producto es manufacturado. La producción en las plantas es limitada debido a sus respectivas capacidades. Se hace el supuesto de que no es permitida la transportación de producto entre las plantas. Un conjunto de almacenes es empleado para facilitar la entrega de la demanda a los clientes, y éstos, en contraste con el modelo de la sección 2.3.3, son independientes de los centros de producción (no se permite el almacenamiento en las plantas de manufactura). Cuando los productos arriban a los almacenes, éstos pueden ser almacenados hasta que ocurre la demanda de algún cliente. No es permitida la transportación de producto entre almacenes. La capacidad física de los almacenes, así como su tasa de transferencia, es limitada. Los clientes son abastecidos únicamente por los almacenes. Consideraciones de servicio al cliente conllevan a condiciones de abastecimiento exclusivo, es decir, que cada cliente tiene que ser atendido por exactamente un centro de distribución. Aparte de esto, se asumirá que los costos de producción son lineales con respecto a la cantidad producida y los costos de transportación entre las plantas y los almacenes son lineales con respecto a la cantidad transportada.

A continuación se establece la notación y los parámetros asociados con la formulación propuesta, la cual es concebida en base al modelo de optimización de la sección anterior. Posteriormente será mostrado un modelo equivalente y las restricciones limitantes de almacenamiento, transferencia y capacidad de producto.

El término  $n$  denota el número de clientes

El término  $m$  denota el número de almacenes

El término  $q$  denota el número de plantas

El término  $T$  denota el horizonte de planeación

$d_{jt}$  = Demanda del cliente  $j$  en el periodo  $t$

$b_{lt}$  = Capacidad de producción en la planta  $l$  en el periodo  $t$

$p_{lit}$  = Costo unitario de producción, y manejo en la planta  $l$  para transportar hacia el almacén  $i$  en el periodo  $t$

$a_{ijt}$  = Costo de asignar al cliente  $j$  al almacén  $i$  en el periodo  $t$

$h_{it}$  = Costo unitario de mantener en inventario en el almacén  $i$  en el periodo  $t$

Todos los parámetros requeridos son no negativos. El conjunto  $C \subseteq \{1, \dots, m\}$  es la agrupación de almacenes en el cual la tendencia de inventario es restringida a ser cíclica y  $S \subseteq \{1, \dots, n\}$  es el conjunto de clientes que requieren ser asignados al mismo almacén en todos los periodos. Así como en las condiciones establecidas para el modelo de la sección 2.3.3, cada cliente  $j \in S$  es llamado estático y cada cliente  $j \notin S$  es conocido como dinámico. A continuación son mostradas las variables de decisión que el modelo establece en su concepción.

$y_{lit}$  = Cantidad producida en la planta  $l$  y entregada en el almacén  $i$  en el periodo  $t$

$x_{ijt}$  = Variable binaria de asignación

La variable binaria de asignación  $x_{ijt}$ , en caso de ser igual a 1, designa al cliente  $j$  a la instalación  $i$  en el periodo  $t$ .

$I_{it}$  = Nivel de inventario en la instalación  $i$  al final del periodo  $t$

Así, el Modelo es formulado como a continuación se muestra.

*Minimizar*

$$\sum_{t=1}^T \sum_{l=1}^q \sum_{i=1}^m p_{lit} y_{lit} + \sum_{t=1}^T \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n a_{ijt} x_{ijt} + \sum_{t=1}^T \sum_{i=1}^m h_{it} I_{it} \quad (2.3.4. 1)$$

Sujeto a

$$\sum_{j=1}^n d_{jt} x_{ijt} + I_{it} = \sum_{l=1}^q y_{lit} + I_{i,t-1} \quad \forall i = 1, \dots, m; \quad t = 1, \dots, T \quad (2.3.4. 2)$$

$$\sum_{i=1}^m y_{lit} \leq b_{lt} \quad \forall l = 1, \dots, q; \quad t = 1, \dots, T \quad (2.3.4.3)$$

$$\sum_{i=1}^m x_{ijt} = 1 \quad \forall j = 1, \dots, n; \quad t = 1, \dots, T \quad (2.3.4.4)$$

$$x_{ijt} = x_{ij1} \quad \forall i = 1, \dots, m; \quad j \in S; \quad t = 2, \dots, T \quad (2.3.4.5)$$

$$I_{i0} = I_{iT} 1_{\{i \in C\}} \quad \forall i = 1, \dots, m \quad (2.3.4.6)$$

$$x_{ijt} \in \{0,1\} \quad \forall i = 1, \dots, m; \quad j = 1, \dots, n; \quad t = 1, \dots, T \quad (2.3.4.7)$$

$$y_{lit} \geq 0 \quad \forall l = 1, \dots, q; \quad i = 1, \dots, m; \quad t = 1, \dots, T \quad (2.3.4.8)$$

$$I_{it} \geq 0 \quad \forall i = 1, \dots, m; \quad t = 1, \dots, T \quad (2.3.4.9)$$

En esta formulación se establece la minimización de los costos asociados a la producción, distribución y almacenaje de los productos demandados por los centros de consumo, esto es reflejado por la función objetivo (2.3.4. 1). La restricción (2.3.4. 2) modela el balance entre el flujo interno, el almacenamiento y el flujo externo en el centro de distribución  $i$  en el periodo  $t$ . La cantidad producida en la planta  $l$  en el periodo  $t$  está restringida por (2.3.4. 3). Las restricciones (2.3.4. 4) y (2.3.4. 7) aseguran que cada cliente es asignado exactamente a un almacén en cada periodo. Además, la restricción (2.3.4. 5) obliga a que cada cliente estático sea asignado al mismo almacén a través de todo el horizonte de planeación. Para cada almacén  $i \in C$ , la restricción (2.3.4. 6) impone que los niveles de inventario al inicio y al final del horizonte de planeación sean iguales, y para cada almacén  $i \notin C$  que el inventario al inicio del horizonte de planeación sea igual a cero. Finalmente las restricciones (2.3.4. 8) y (2.3.4. 9) establecen condiciones de no negatividad para la capacidad de producción en los centros de consumo, así como en el nivel de inventario de los almacenes.

El programa de optimización que sustenta la función objetivo del modelo anteriormente presentado (2.3.4. 1) puede ser reformulado por el reemplazo de expresiones relacionadas con las cantidades a producir y los niveles de inventario, en las variables de asignación. Así, se presenta a continuación una formulación que es equivalente para al modelo anterior.

#### **Formulación Equivalente (2.3.4 a)**

$$\text{Minimizar } \sum_{t=1}^T \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n a_{ijt} x_{ijt} + H(x) \quad (2.3.4a. 1)$$

Sujeto a

$$\sum_{i=1}^m x_{ijt} = 1 \quad \forall j = 1, \dots, n; \quad t = 1, \dots, T \quad (2.3.4a. 2)$$

$$x_{ijt} = x_{ij1} \quad \forall i = 1, \dots, m; \quad j \in S; \quad t = 2, \dots, T \quad (2.3.4a. 3)$$

$$x_{ijt} \notin \{0,1\} \quad \forall i = 1, \dots, m; \quad j = 1, \dots, n; \quad t = 1, \dots, T \quad (2.3.4a. 4)$$

En donde  $x \in \text{dom}(H)$  y la función  $H(x)$ ,  $x \in \mathfrak{R}_+^{mnT}$ , es definida como el valor óptimo del siguiente problema de programación lineal, denotado como (2.3.4b):

**Formulación (2.3.4 b)**

$$\text{Minimizar } \sum_{t=1}^T \sum_{l=1}^q \sum_{i=1}^m p_{lit} y_{lit} + \sum_{t=1}^T \sum_{i=1}^m h_{it} I_{it} \quad (2.3.4b. 1)$$

Sujeto a

$$I_{i,t-1} - I_{it} + \sum_{l=1}^q y_{lit} = \sum_{j=1}^n d_{jt} x_{ijt} \quad \forall i = 1, \dots, m; \quad t = 1, \dots, T \quad (2.3.4b. 2)$$

$$\sum_{i=1}^m y_{lit} \leq b_{lt} \quad \forall l = 1, \dots, q; \quad t = 1, \dots, T \quad (2.3.4b. 3)$$

$$I_{i0} = I_{iT} 1_{\{i \in C\}} \quad \forall i = 1, \dots, m; \quad (2.3.4b. 4)$$



$$y_{lit} \geq 0 \quad \forall l = 1, \dots, q; \quad i = 1, \dots, m; \quad t = 1, \dots, T \quad (2.3.4b. 5)$$

$$I_{it} \geq 0 \quad \forall i = 1, \dots, m; \quad t = 1, \dots, T \quad (2.3.4b. 6)$$

Dando un conjunto factible de asignaciones  $x \in \mathcal{R}^{mnT}$ , sí  $H(x) < +\infty$ , entonces las plantas y los almacenes pueden abastecer las tendencias de la demanda implicadas por los vectores de asignación  $x$ . Además,  $\sum_{t=1}^T \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n a_{ijt} x_{ijt} + H(x)$  es igual al mínimo costo incurrido cuando se abastece dicha demanda.

Así, para poder establecer la optimización de una cadena de suministro asociada por medio de la formulación equivalente, es necesario determinar primeramente los valores óptimos de las variables de decisión del modelo anteriormente presentado.

### 2.3.4.1 Restricciones de capacidad de transferencia

En el presente apartado se analizará la adición de restricciones de capacidad en la tasa de transferencia a almacenes en el problema de optimización de cadenas de suministro multinivel y de producto único. Las restricciones aquí planteadas son de la forma:

$$\sum_{j=1}^n d_{jt} x_{ijt} \leq r_{it} \quad \forall i = 1, \dots, m; \quad t = 1, \dots, T \quad (2.3.4.1 i)$$

En donde  $r_{it}$  es la capacidad de tasa de transferencia en el almacén  $i$  en el periodo  $t$ . Un planteamiento similar al que fue mostrado en la reformulación para el problema de optimización de la cadena de suministro de tres niveles (2.3.4.a), sostiene un cambio donde tenemos que sustituir la función  $H$  por  $\tilde{H}$  definida como,

$$\tilde{H}(x) = \begin{cases} H(x) & \text{sí } \sum_{j=1}^n d_{jt} x_{ijt} \leq r_{it} \quad \text{para } i = 1, \dots, m; \quad t = 1, \dots, T \\ \infty & \text{en otro caso} \end{cases} \quad (2.3.4.1 ii)$$

Para cada  $x \in \mathcal{R}^{mnT}$

El dominio de la función  $\tilde{H}$  puede ser fácilmente derivado desde el dominio de la función  $H$ . Así, por medio de tal planteamiento, se puede lograr una concepción para limitar la capacidad de la tasa de transferencia de los centros de producción a los almacenes.

### 2.3.4.2 Restricciones de capacidad física de los almacenes

Ciertos bienes físicos requieren estrictos controles de manejo de inventarios. Esto puede ser debido a varias causas, entre ellas, el valor financiero que representa dicho artículo para la empresa, la caducidad del bien, y el costo por mantener el inventario asociado al producto, el patrón de demanda en mercado, entre otros. Es decir, existen artículos que demandan requerimientos especiales (dimensión, manejo, operación, etc.), lo cual hace necesario crear escenarios en donde se limite la capacidad física destinada a la gestión del almacenamiento. De tal forma, la presente sección establece una propuesta de restricción limitante a tales escenarios, para el modelo asociado del apartado 2.3.4a. Tal propuesta se basa en la adopción de una reformulación del modelo.

Las restricciones de capacidad física de los almacenes son planteadas de la forma:

$$I_{it} \leq \bar{I}_{it} \quad i = 1, \dots, m; \quad t = 1, \dots, T \quad (2.3.4.2 \text{ i})$$

Donde  $\bar{I}_{it}$  es la capacidad física del almacén  $i$  en el periodo  $t$ . Así la propuesta de reformulación sostiene que la función  $H$  debe de ser sustituida por  $\bar{H}$ , donde  $\bar{H}(x)$ ,  $x \in \mathfrak{R}_+^{mnT}$ , es definido como el valor de la solución óptima del siguiente problema de programación lineal:

$$\text{Minimizar} \quad \sum_{t=1}^T \sum_{l=1}^q \sum_{i=1}^m p_{lit} y_{lit} + \sum_{t=1}^T \sum_{i=1}^m h_{it} I_{it} \quad (2.3.4.2 \text{ ii})$$

Sujeto a

$$I_{i,t-1} - I_{it} + \sum_{l=1}^q y_{lit} = \sum_{j=1}^n d_{jt} x_{ijt} \quad \forall i = 1, \dots, m; \quad t = 1, \dots, T \quad (2.3.4.2 \text{ iii})$$

$$\sum_{i=1}^m y_{lit} \leq b_{lt} \quad \forall l=1,\dots,q; \quad t=1,\dots,T \quad (2.3.4.2 \text{ iv})$$

$$I_{i0} = I_{iT} 1_{\{i \in C\}} \quad \forall i=1,\dots,m \quad (2.3.4.2 \text{ v})$$

$$I_{it} \leq \bar{I}_{it} \quad \forall i=1,\dots,m; \quad t=1,\dots,T \quad (2.3.4.2 \text{ vi})$$

$$y_{lit} \geq 0 \quad \forall l=1,\dots,q; \quad i=1,\dots,m; \quad t=1,\dots,T \quad (2.3.4.2 \text{ vii})$$

$$I_{it} \geq 0 \quad \forall i=1,\dots,m; \quad t=1,\dots,T \quad (2.3.4.2 \text{ viii})$$

La propuesta de reformulación aquí planteada, tan solo presenta las restricciones de almacenamiento de capacidad en los almacenes establecidos en el problema de cadena de suministro. Sin embargo, esta pequeña adición restrictiva será más fiel para el modelado de la realidad.

### 2.3.4.3 Restricciones de caducidad del producto

El presente apartado establecerá un escenario para modelar la vigencia de los productos a través del tiempo. Se asumirá que la vida de aparador de los artículos es igual a  $k$  periodos,  $k = 1, \dots, T - 2$ . Las restricciones que son manejadas en esta propuesta de formulación son de la siguiente forma:

$$\sum_{\tau=t+1}^{t+k} \sum_{j=1}^n 1_{\{i \in C \vee \tau \leq T\}} d_{j[\tau]} x_{ij[\tau]} \geq I_{it} \quad t = 1, \dots, T \quad (2.3.4.3 \text{ i})$$

Reformulación similar a la dada en la sección (2.3.4.a), para este problema de optimización se considera substituir la función  $H$  por la  $H^k$ , en donde  $H^k(x)$ ,  $x \in \mathfrak{R}_+^{mnT}$ , y es definida como el valor de la función óptima del siguiente problema de programación lineal:

$$\text{Minimizar} \quad \sum_{t=1}^T \sum_{l=1}^q \sum_{i=1}^m p_{lit} y_{lit} + \sum_{t=1}^T \sum_{i=1}^m h_{it} I_{it} \quad (2.3.4.3 \text{ ii})$$

Sujeto a

$$I_{i,t-1} - I_{it} + \sum_{l=1}^q y_{lit} = \sum_{j=1}^n d_{jt} x_{ijt} + \sum_{t=1}^T \sum_{i=1}^m h_{it} I_{it} \quad \forall \quad i = 1, \dots, m; \quad t = 1, \dots, T \quad (2.3.4.3 \text{ ii})$$

$$\sum_{i=1}^m y_{lit} \leq b_{lt} \quad \forall \quad l = 1, \dots, q; \quad t = 1, \dots, T \quad (2.3.4.3 \text{ iii})$$

$$I_{it} \leq \sum_{\tau=t+1}^{t+k} \sum_{j=1}^n 1_{\{i \in C \vee \tau \leq T\}} d_{j[\tau]} x_{ij[\tau]} \quad \forall \quad t = 1, \dots, T \quad (2.3.4.3 \text{ iv})$$

$$I_{i0} = I_{iT} 1_{\{i \in C\}} \quad \forall \quad i = 1, \dots, m \quad (2.3.4.3 \text{ v})$$

$$y_{lit} \geq 0 \quad \forall \quad l = 1, \dots, q; \quad i = 1, \dots, m; \quad t = 1, \dots, T \quad (2.3.4.3 \text{ vi})$$

$$I_{it} \geq 0 \quad \forall \quad i = 1, \dots, m; \quad t = 1, \dots, T \quad (2.3.4.3 \text{ vii})$$

La restricción (2.3.4.3 iv) (que es la misma denotada por 2.3.4.3 i), establece que el inventario en el almacén  $i$  al final del periodo  $t$ , es al menos igual al total de la demanda suministrada a este almacén los  $k$  consecutivos periodos seguidos del periodo  $t$ , para cada  $i = 1, \dots, m$  y  $t = 1, \dots, T$ . Es decir, la desigualdad mencionada establece un equilibrio de entradas entre la demanda abastecida y el nivel de inventario asociado a la instalación de almacenaje.

Existe una gran aplicabilidad de este tipo de restricciones, a industrias en donde el tipo de producto ó productos que se fabrican y distribuyen presenta una vigencia con respecto al tiempo. Esto puede ser causado por el hecho de que el producto exhibe una capacidad física (ya sea biológica, de frescura, etc.) ó, en su defecto, que es afectado por una caducidad económica (obsolescencia).

Con el desarrollo de las condiciones de capacidad de transferencia, capacidad física de los almacenes y restricciones con respecto a la caducidad del producto culmina esta sección. El capítulo ha establecido el marco teórico para establecer la planeación de cadenas de suministro, desde diversos enfoques analíticos y sistémicos para los ámbitos operacionales en donde se efectúe la gestión de abasto.

Así, el desarrollo de la disertación hasta aquí presentado, ha establecido un fundamento teórico y numérico de la concepción de la cadena de suministro, su gestión y diversos modelos de optimización asociados. Se desarrollarán otros pilares que conforman la tesis en los capítulos subsecuentes, entre tales está el contexto de operación del giro seleccionado para analizar las bondades de los modelos aquí planteados y la propia aplicación a un particular contexto industrial.

- [7] SIMCHI-LEVI David, CHEN Xin, BRAMEL Julien The Logic of Logistics. Theory, Algorithms, and Applications for Logistics and Supply Chain Management. Edic. Segunda, Edit. Springer Año. 2005 Capítulo.11 Pág. 179 - 197
- [8] SIMCHI-LEVI David, CHEN Xin, BRAMEL Julien Año. 2005 Pág. 183
- [9] WIKE Carl E. Supply Chain Optimization: Formulations and Algorithms Tesis de Maestría de Ciencias en Investigación de Operaciones. Massachusetts Institute of Tecnology Año. 1999 Formulaci3n3 Pág. 31
- [10] WIKE Carl E. Año. 1999 Formulaci3n 4 Pág. 33
- [11] PINEDO Michael L. Planning and Scheduling in Manufacturing and Services Año. 2005, Edit. Springer Capítulo 8, Pág. 184
- [12] ROMERO MORALES María Dolores Optimization Problems in Supply Chain Management Tesis Doctoral de la Universidad de Rotterdam Año. 2000 Capítulo. 6 Pág. 123
- [13] FISHER M.L., JAIKUMAR R., VAN WASSENHOVE L.N. A multiplier adjustment method for the generalized assignment problem Management Science 32 Año. 1986, No. 9, Pág. 1095 – 1103
- [14] ROMERO MORALES María Dolores Año. 2000 Capítulo. 11 Pág. 229

# Capítulo 3

## El contexto de negocio para la industria de bebidas refrescantes

### 3.0 Objetivos del capítulo

El presente capítulo considera el ámbito de aplicación de la literatura numérica tratada en secciones anteriores. Concretamente, por medio de este apartado se establecerá el contexto actual del ramo de la industria de elaboración de bebidas refrescantes, haciendo énfasis en aquellas características logísticas propias del ramo.

Así, este tercer capítulo de la disertación considera como objetivos:

- Establecer la estructura más frecuente de operación de negocio de la industria de elaboración de bebidas refrescantes.
- Determinar el entorno mundial y nacional actual del giro.
- Mostrar las tendencias de mercado y cambios en la Industria de bebidas.

Dichos objetivos tienen como fin conceptualizar el ramo, mostrando las condiciones de suministro de la industria y la operatividad logística en la cual se encuentra inmersa.

## 3.1 Introducción

La industria de bebidas comprende un amplio acervo de productos y diversos procesos de manufactura y distribución. Típicamente la industria de bebidas se clasifica en dos amplios conjuntos,

- a) La industria de bebidas alcohólicas
- b) La industria de bebidas no alcohólicas, o suaves

Dicho ordenamiento obedece a dos sectores de mercado diferentes, y en consecuencia cada categoría opera bajo una dinámica logística que difiere significativamente entre cada ramo. Este trabajo de tesis se concentra, en el segundo conjunto, es decir, en la industria de elaboración de bebidas refrescantes suaves (no embriagantes), la cual comprende la producción de refrescos carbonatados, jugos, bebidas de frutas y sabor a frutas, aguas embotelladas, bebidas deportivas, bebidas instantáneas (tés embotellados, por ejemplo), bebidas energéticas y funcionales. Así, ahora cuando se denote a la industria de bebidas refrescantes en este documento, se hará referencia al contexto de bebidas suaves.

Este capítulo mostrará información puntual del giro industrial seleccionado, y en él se tratarán aspectos particulares del negocio. Entre tal contexto, se puede mencionar que en este tipo de industria el principal producto son las bebidas carbonatadas, seguido de las bebidas naturales, tales como los jugos, y en tercer posicionamiento un producto con un ámbito de mercado muy peculiar, el de agua embotellada. Son muy diversos los insumos de este negocio, entre éstos se encuentran azúcares, tanto de origen natural y artificial, agua, envases de diversos materiales (entre ellos el tereftalato de polietileno (comúnmente llamado PET), vidrio, aluminio, etc.), corcholatas (también llamadas coronas) y taparrosas, eficaces servicios de transporte, personal para la gestión administrativa, la de producción, y la distribución y venta, así como una gran cantidad de recursos publicitarios, entre muchos otros.

Así pues, este tercer capítulo establece la dinámica y la perspectiva operativa para el ramo de la industria de bebidas refrescantes. Por medio del desarrollo de sus apartados se mostrará la estructura típica del ramo industrial, concentrándose en aquella información que ayude a conceptualizar el giro en términos de visión de negocio y logísticos. La primera sección del capítulo aborda el contexto vigente del giro industrial a nivel global y, también a nivel particular, es decir, México. Dicha sección hace denota las características estadísticas de consumo, del personal empleado, y aquellas relacionadas con los bienes físicos. La sección 3.3 mostrará las características del ramo relacionadas con el entorno de mercado y las tendencias futuras del giro.



## 3.2 Contexto Mundial y Nacional

La participación de mercado para el sector industrial de bebidas refrescantes (no alcohólicas), varía ampliamente entre Europa, América y Asia, esto es debido a los diferentes hábitos de consumo, familiarización de los compradores con marcas, y estilos de vida de los habitantes de tales continentes.

En México la industria de bebidas carbonatadas presenta un ámbito factible, las estadísticas reportan para el año 2006 un consumo per cápita de 157.9 litros [15], con lo cual el país se ubica como el segundo consumidor a nivel mundial, en donde para este negocio, el grueso del consumo de refrescos se agrupa en los hogares de clase media y en hogares de menores ingresos.

La presente sección del capítulo se concentra en la descripción del ámbito del giro, en donde para el contexto internacional la información mostrada corresponde a la industria de bebidas suaves, es decir, se busca presentar un panorama general de la industria. Para el contexto nacional, sin embargo, la información mostrada corresponde principalmente a la industria de elaboración de refrescos y aguas carbonatadas. A continuación se detallará más ampliamente el contexto de la industria de bebidas refrescantes, esto en México y el mundo.

### 3.2.1 Contexto Mundial

El negocio de las bebidas suaves gradualmente ha sobrepasado al negocio de las bebidas alcohólicas. Por ahora, el mercado más grande es el de los Estados Unidos de Norteamérica, pero a nivel global existen mercados muy interesantes, entre estos se encuentra el de Asia, el cual probablemente será el principal mercado promotor de crecimiento de ventas en el futuro.

Dentro de este giro de industria, el mercado de las bebidas no embriagantes ha mostrado un crecimiento significativo en muchos países en recientes años, particularmente en el contexto emergente. Mientras los Estados Unidos de Norteamérica representan el mercado más grande de dicho ramo industrial, con el nivel más alto de consumo per cápita, muchos mercados han mostrado un crecimiento masivo tanto en términos de volumen como de valor. Por ejemplo, México y Polonia son dos mercados que han destacado en el ramo. Dentro del sector de bebidas suaves, las bebidas carbonatadas continúan dominando el mercado, por medio de sabores tradicionales así como presentaciones libres de azúcar y cafeína, las cuales han aumentado en popularidad. Simultáneamente los fabricantes se concentran en productos de innovación para consolidación de mercado. Nuevas categorías de productos emergen con rapidez y muchas, fortaleciendo la continua demanda de los consumidores hacia productos más saludables, tales como agua embotellada, jugos y bebidas de fruta, bebidas deportivas, té listos para beber y bebidas funcionales.

En conjunto, el valor total del consumo de bebidas suaves se ha estimado cerca de \$347 billones de dólares (USD), esto para el año 2006 [16]. A pesar de tal dimensión, las tendencias de crecimiento anual se encuentran limitadas al incremento de la población mundial, especialmente de la clase media. En mercados maduros, como América del Norte y

la Unión Europea, donde el crecimiento poblacional es limitado, el lograr un crecimiento real de la ganancia requiere estrategias específicas para el desempeño de este negocio altamente diferenciado.

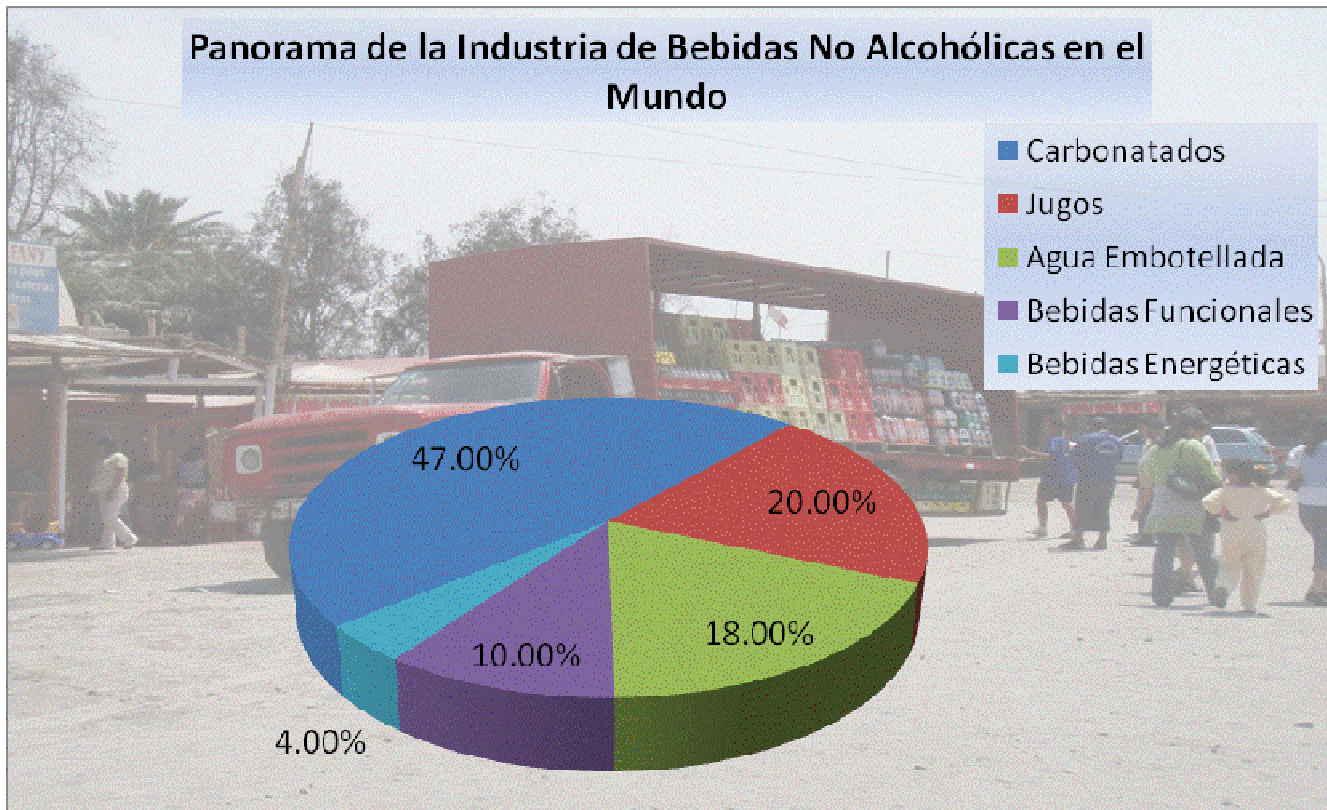


Figura 3.1

Gráfica del consumo mundial de la Industria de Bebidas Suaves  
Año 2005

Fuente: Elaboración propia con base en información de Deloitte Touche Tohmatsu

Tendencias recientes del mercado de comida y bebida, se concentran en conceptos de seguridad del producto, calidad, demanda de los consumidores y complejidad de los canales de distribución (incluyendo la tendencia de sobre crecimiento de algunos detallistas en la cadena de suministro). Estas tendencias han impactado a la industria de bebidas en general y en particular al sector de bebidas carbonatadas.

A principios del siglo XX fue definida la estructura de varias compañías líderes en este ramo, en donde a medida que fue evolucionando el mercado para este tipo de productos, evolucionaba también la expansión de los canales de comercialización y distribución. De tal forma, la industria de bebidas refrescantes históricamente ha estado caracterizada por un sistema de franquicias, el cual puede operar hasta niveles globales. El sistema provee a una empresa embotelladora de una marca, con la cual podrá hacer lucro en un área definida de mercado, mediante derechos exclusivos de manufactura y distribución dentro de tal demarcación. La empresa embotelladora se encuentra obligada a comprar el concentrado ó el jarabe formulado por la empresa que otorga la concesión, como un recurso único. En algunos casos la empresa productora del concentrado que tiene bajo su manejo un cierto número de

marcas registradas, fija la política de los precios y, a su vez provee de publicidad, recursos de mercadotecnia y promoción de marca a las embotelladoras locales o regionales.

### 3.2.2 Contexto Nacional

México es un país clave en el comercio de América del Norte, y para ciertos mercados, presenta un nicho favorable y próspero de desarrollo. Uno de éstos es el de las bebidas refrescantes (no alcohólicas). Durante 2006, el volumen de ventas de la industria de refrescos y aguas carbonatadas fue de 16,558 millones de litros, esto acorde a lo reportado en el Anuario Estadístico 2006 de la Asociación Nacional de Productores de Refrescos y Aguas Carbonatadas A.C. (ANPRAC, A.C.), documento del cual se han tomado diversas estadísticas mostradas a lo largo de este tercer capítulo de la disertación. En tal panorama, México sigue siendo el segundo productor y consumidor mundial de refrescos. Estas cifras indican el arraigo y la importancia que tiene para la población mexicana a los productos de esta industria, principalmente a las bebidas carbonatadas. El consumo per cápita anual oscila en los 160 litros, lo que representa un consumo diario de 438.4 mililitros por día y, como ya se ha señalado, la participación relativa del gasto en refrescos y aguas carbonatadas es muy significativa en los hogares de menor ingreso.

Para producir el mencionado volumen de refresco, durante 2006 la industria demandó consumos intermedios por 62,670 millones de pesos a un gran número de actividades productivas, como la industria del azúcar y la fructosa, resinas para envases PET, vidrio, concentrados de jarabes, gas carbónico, electricidad, transporte y comunicaciones, servicios publicitarios y tiempo en los medios de comunicación entre otros.

El Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática INEGI, reporta en su encuesta industria anual que para el año 2006, la elaboración de refrescos generó 69,840 empleos, de los cuales el 91.4 % son dependientes directos de la razón social asociada. Las siguientes gráficas muestran más detalles al respecto.

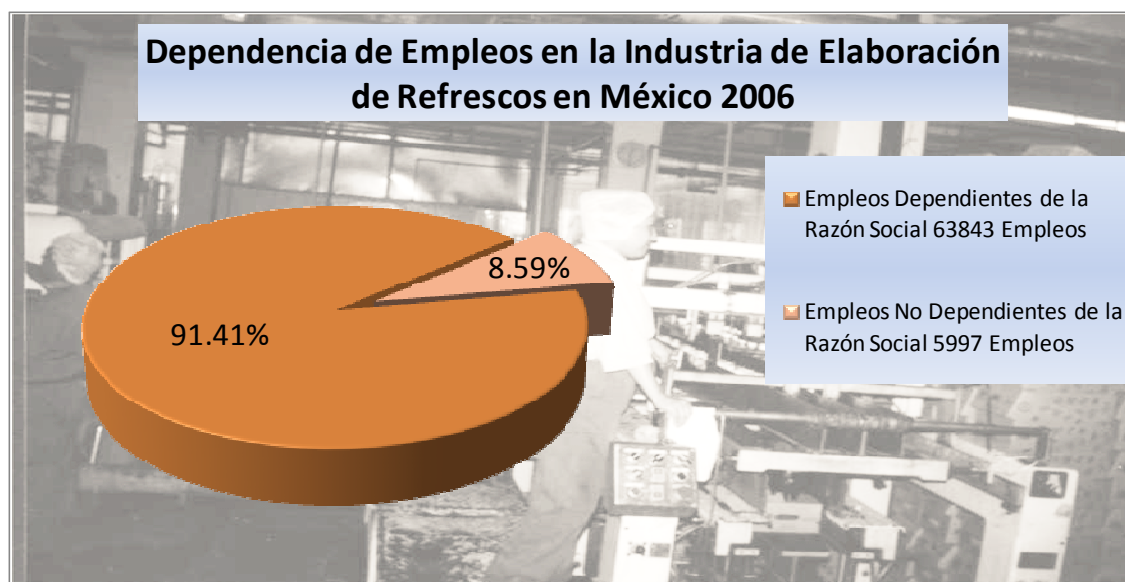
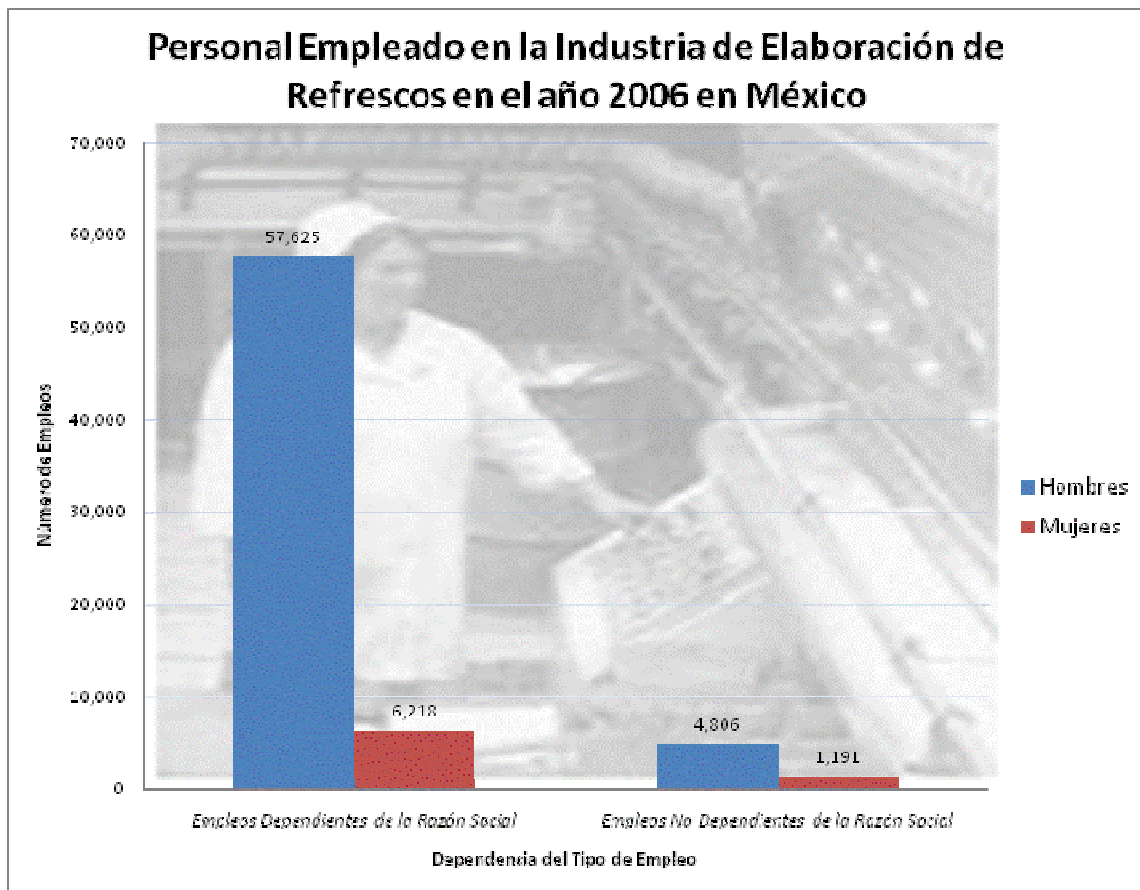


Figura 3.2

Gráfica de Dependencia de Empleos en la Industria de Elaboración de Refrescos para el año 2006.

Elaboración propia con base en información del INEGI



*Figura 3.3*

*Gráfica de Dependencia de Empleos en la Industria de Elaboración de Refrescos por sexo para el año 2006.*

*Elaboración propia con base en información del INEGI*

Asimismo, el reporte anual estadístico ANPRAC comenta que de las actividades generadas por la participación laboral directa en el contexto de la industria de elaboración de refrescos, las actividades de venta reparto y distribución agrupan a casi el 70% del personal ocupado en la industria, en tanto que el 30% restante se encuentra en la producción directa, administración y otras actividades. Esta composición del empleo en la industria muestra que la mayor parte de los costos de personal se encuentra en las actividades ligadas a la entrega del producto a quienes lo venderán al consumidor final. La siguiente figura muestra tal panorama.

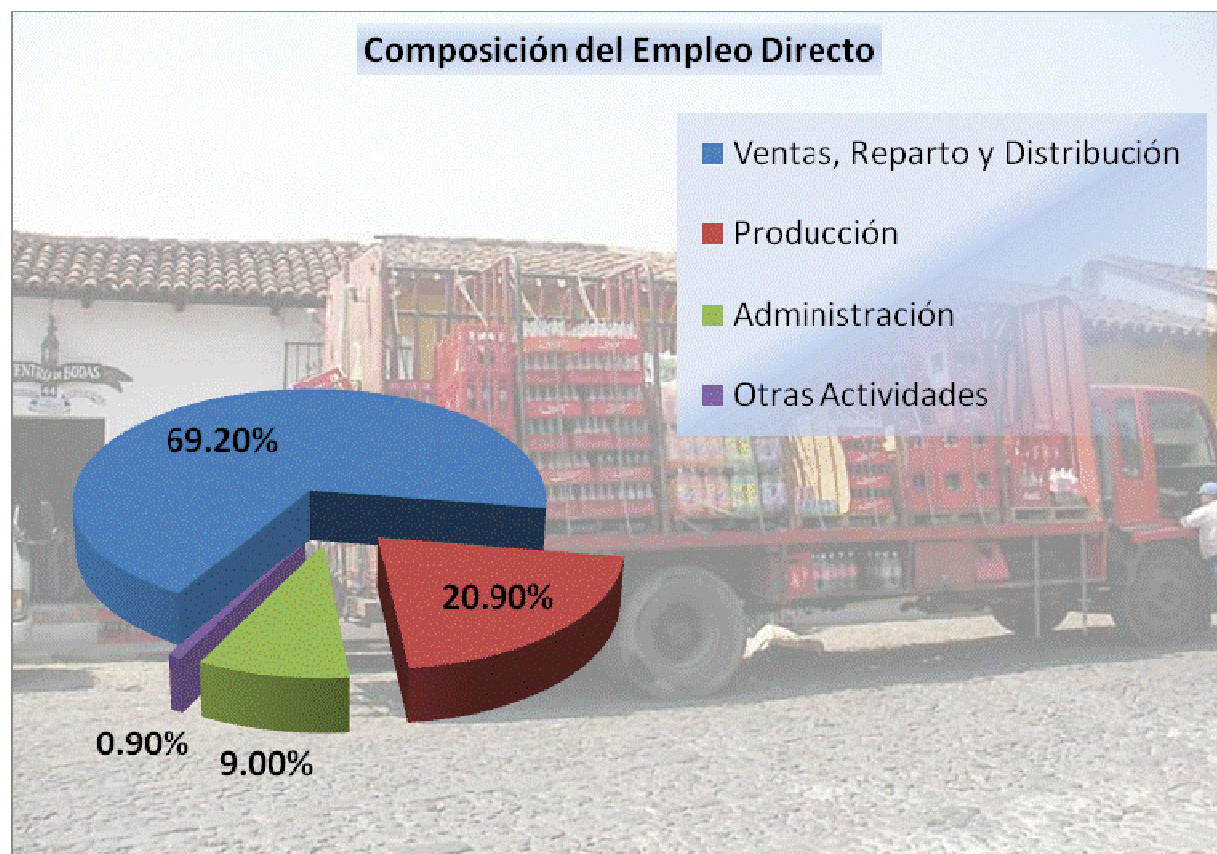


Figura 3.4

Gráfica de Composición del Empleo Directo en la Industria de Elaboración de Refrescos para el año 2006.

Elaboración propia con base en información de la ANPRAC

El valor de los activos fijos de la industria alcanzó en 2006 la cifra de 55,750 millones de pesos y en ese mismo año, la inversión fija bruta fue de 629 millones de dólares, equivalentes a 6,920 millones de pesos, generando demandas finales de bienes de capital a las industrias de la construcción, de maquinarias y equipo y automotriz entre otras. El contexto de los insumos azucareros de la industria refresquera en México históricamente presentaba una gran cohesión. Sin embargo, hoy en día se producen bebidas en México con sustitutos de azúcar, evento influyente en las economías de dichos sectores en el país. Actualmente la industria refresquera se encuentra frente a un marco favorable respecto a los insumos endulzantes de las bebidas (estableciendo que tal factibilidad es relativa, considerándose un marco favorable respecto a costos, legislación y limitantes, ya que bien podría ponerse en tela de juicio el empleo de tales ingredientes para la salud de los consumidores en dichos productos), caracterizado por la ausencia de limitaciones al uso de cualquier edulcorante y por estar menos sujeta a los aumentos del precio del azúcar.

El refresco llega al público consumidor en más de 1 millón 400 mil puntos de venta, la gran mayoría de ellos corresponden a pequeñas operaciones familiares para las que representa una porción de su ingreso. La distribución que debe de imperar en este tipo de negocio requiere ser estratégicamente eficaz, esto es debido a la naturaleza de sustitución del producto vigente en el mercado en el que se desarrolla.

Para las instalaciones e infraestructura del ramo productor de refrescos, de forma generalizada el activo fijo más representativo es la maquinaria y equipo de producción, tal rubro representa casi el 50 % del total de dicho concepto. Seguidos a la par, se encuentran los inmuebles y el equipo de transporte. La gráfica siguiente ejemplifica tal generalización de activos fijos del ramo refresquero.

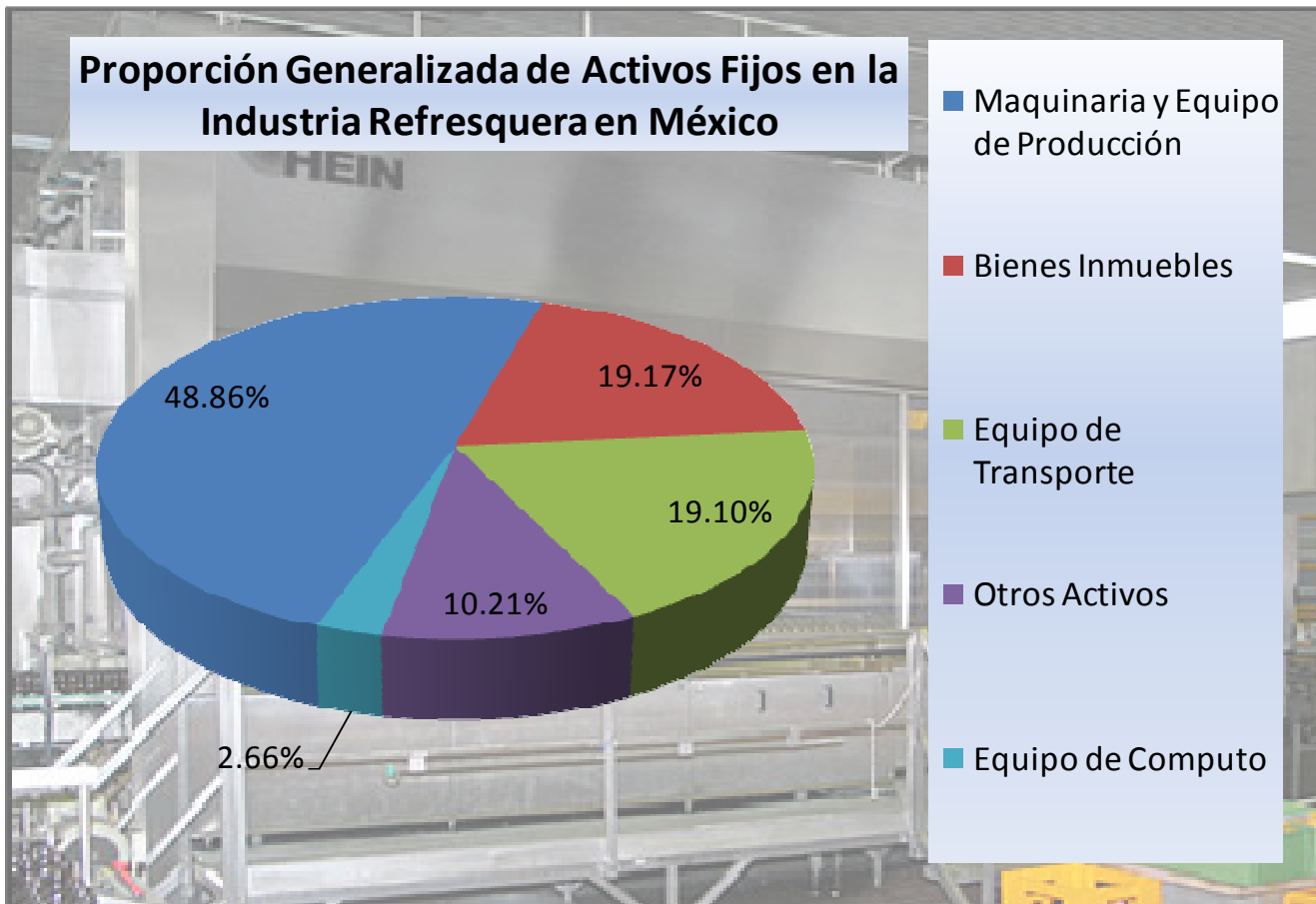


Figura 3.5

Proporción Generalizada de Activos Fijos en la Industria Refresquera Nacional Representación para el Año 2006

Elaboración propia con base en información del INEGI



3.2.2.1 Volumen de producción de la industria

La industria de refrescos, aguas carbonatadas y embotelladas presenta un volumen mensual de producción, que actualmente oscila entre los 1,500 y 2,000 millones de litros de producto. El INEGI, proporciona información detallada de tal sector de las bebidas suaves en México, por lo cual las gráficas siguientes muestran de forma exacta las cifras del volumen y valor de la producción de las diversas firmas embotelladoras que operan en México. Específicamente, las gráficas reportan información estadística concerniente a refrescos de cola, refrescos sabor a frutas, otros refrescos, agua mineral embotellada y agua purificada, esto en el periodo de enero de 1994 a noviembre del 2008 (excepto para el agua purificada, cuyo periodo considerado es a partir de enero de 1999).

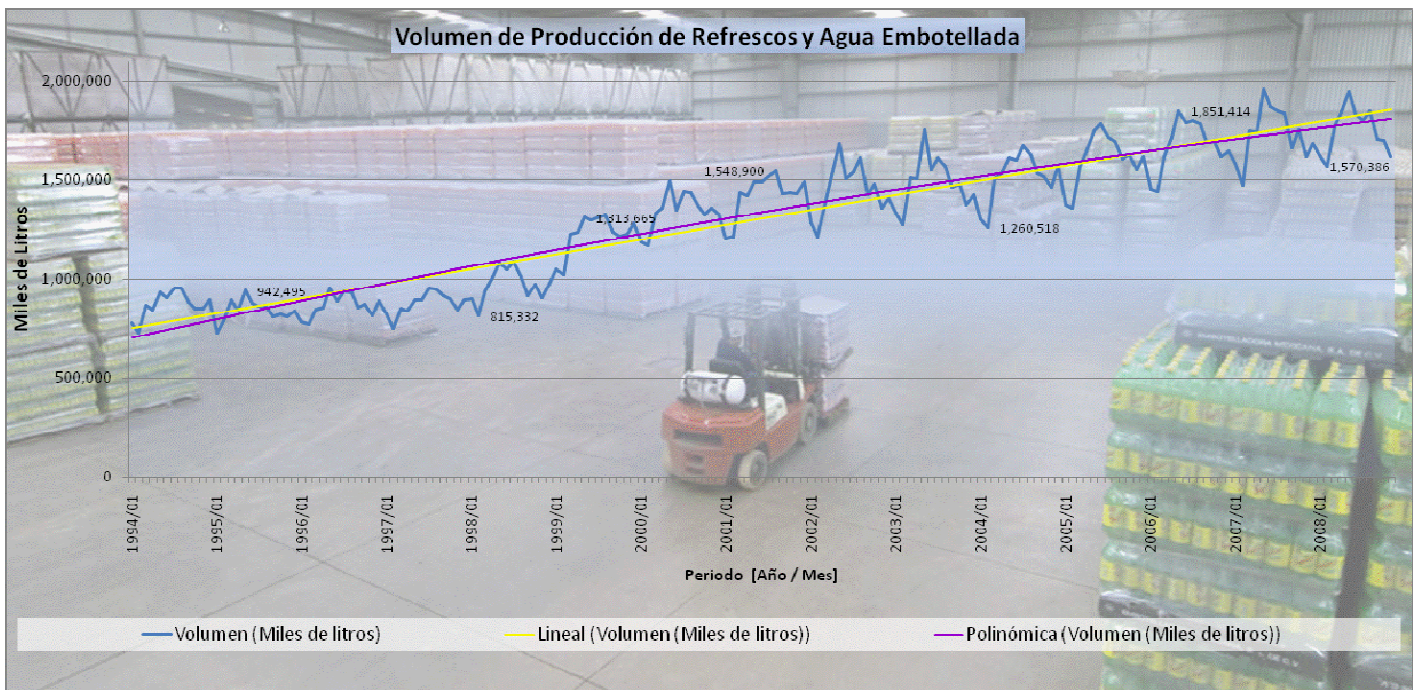


Figura 3.6

Gráfica del Volumen de Producción de Refrescos y Agua Embotellada en México  
 Periodo: Enero 1994 - Noviembre 2008  
 Información referente a refrescos de cola, sabor a frutas, otros refrescos, agua mineral embotellada y agua purificada  
 Elaboración propia con base en información del INEGI

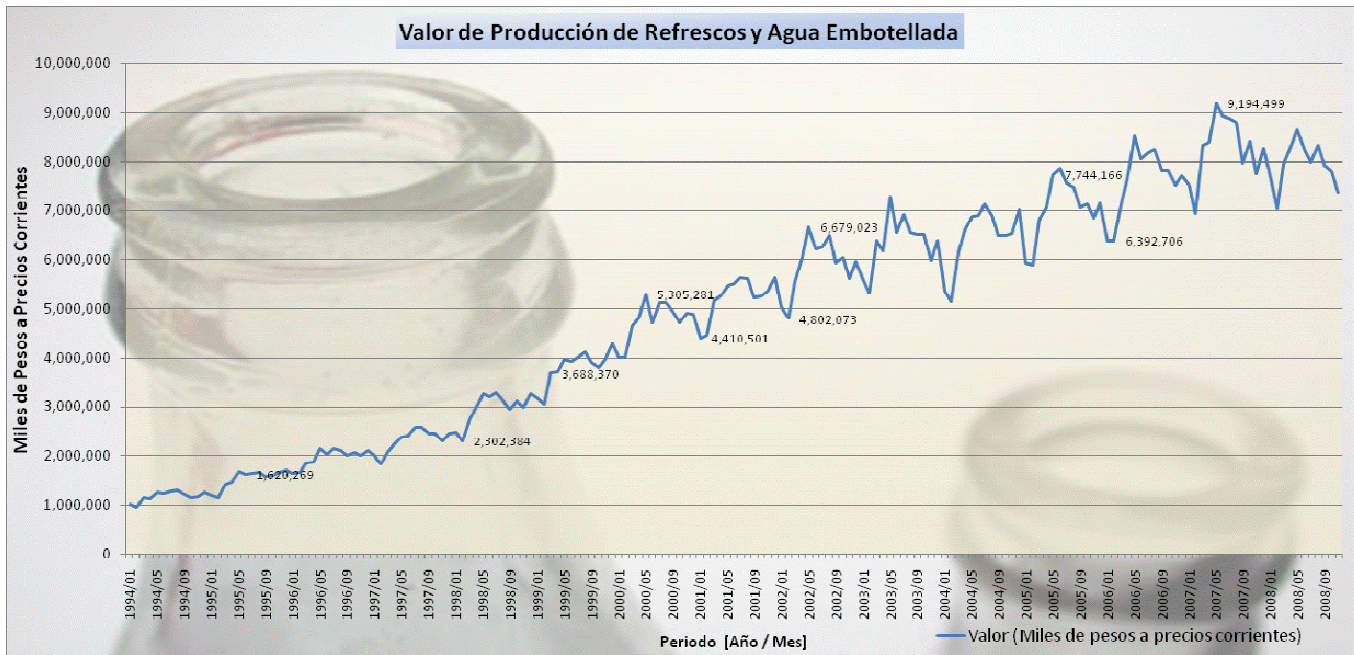


Figura 3.7

Gráfica del Valor de Producción de Refrescos y Agua Embotellada en México  
 Periodo: Enero 1994 - Noviembre 2008

Información referente a refrescos de cola, sabor a frutas, otros refrescos, agua mineral embotellada y agua purificada

Elaboración propia con base en información del INEGI

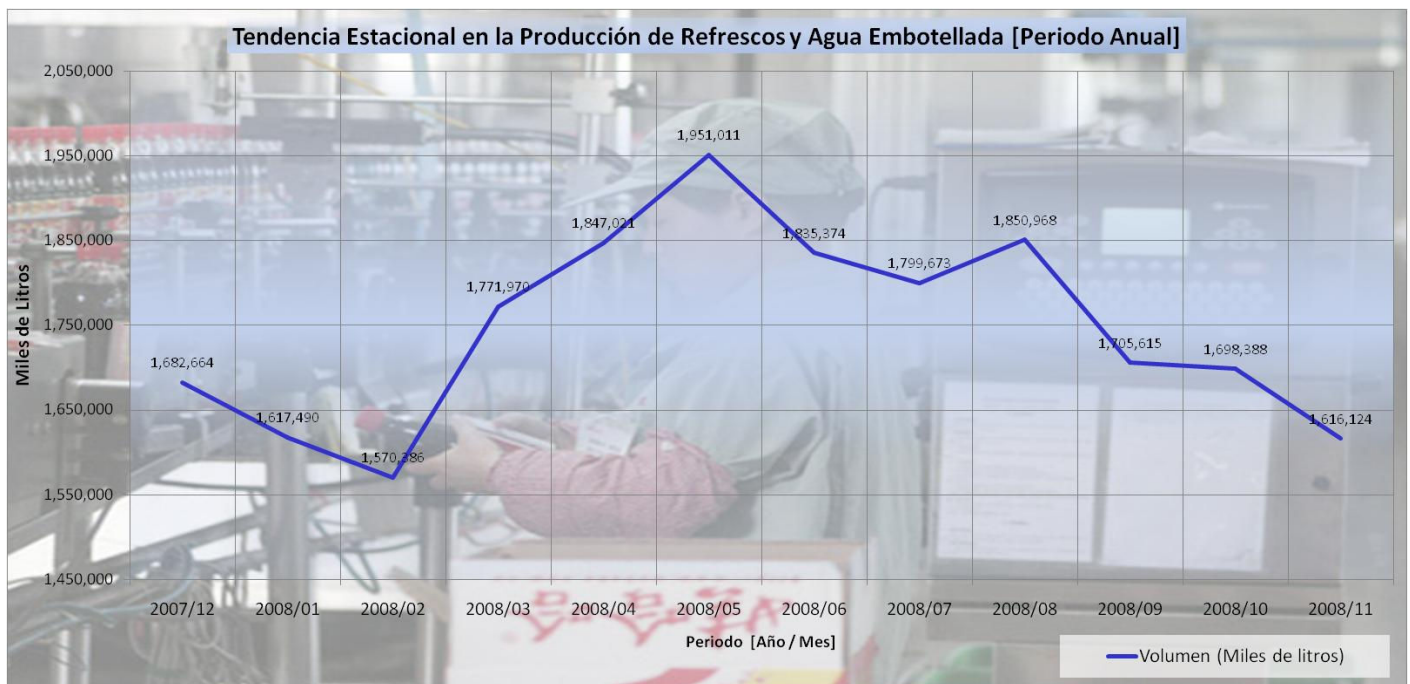


Figura 3.8

Tendencia Estacional de la Producción de Refrescos y Agua Embotellada

Información referente a refrescos de cola, sabor a frutas, otros refrescos, agua mineral embotellada y agua purificada

Periodo: Diciembre 2007 – Noviembre 2008

Elaboración propia con base en información del INEGI



La figura 3.6 y 3.7 muestran el volumen y valor de la producción para la industria refresquera en el contexto nacional. Es meritorio el reconocer en tales tendencias, la estacionalidad de tal industria, esto influenciado principalmente por el clima, y en menor medida por otros factores socioeconómicos. La figura 3.8 muestra el ciclo anual en el ramo, conforme al volumen de producción registrados en los últimos doce meses en los registros del INEGI.

A pesar de la tendencia positiva que muestra este ramo, el dinamismo de crecimiento del sector se ha visto afectado, esto es debido, entre otros factores, a una mayor participación de sustitutos dentro de la canasta de consumo de los hogares. Como ejemplos de tal participación de sustitutos, se puede recurrir a fuentes como la Encuesta Nacional de Ingreso Gasto de los Hogares que elabora el INEGI, la cual presenta hasta el año 2004 un detalle fino para el consumo de bebidas no alcohólicas que realizaron los hogares. En dicho documento, se reporta que entre los productos consumidos del ramo, la leche ocupó el primer lugar con el 45.8% del gasto. El segundo lugar lo ocuparon los refrescos y bebidas energéticas con el 32.4%, seguidos del agua purificada con 11.7%, café, té y chocolate con 5.7%, jugos néctares y jarabes con 3.1% y concentrados y polvos con el 1.7%. La siguiente gráfica muestra tales proporciones.

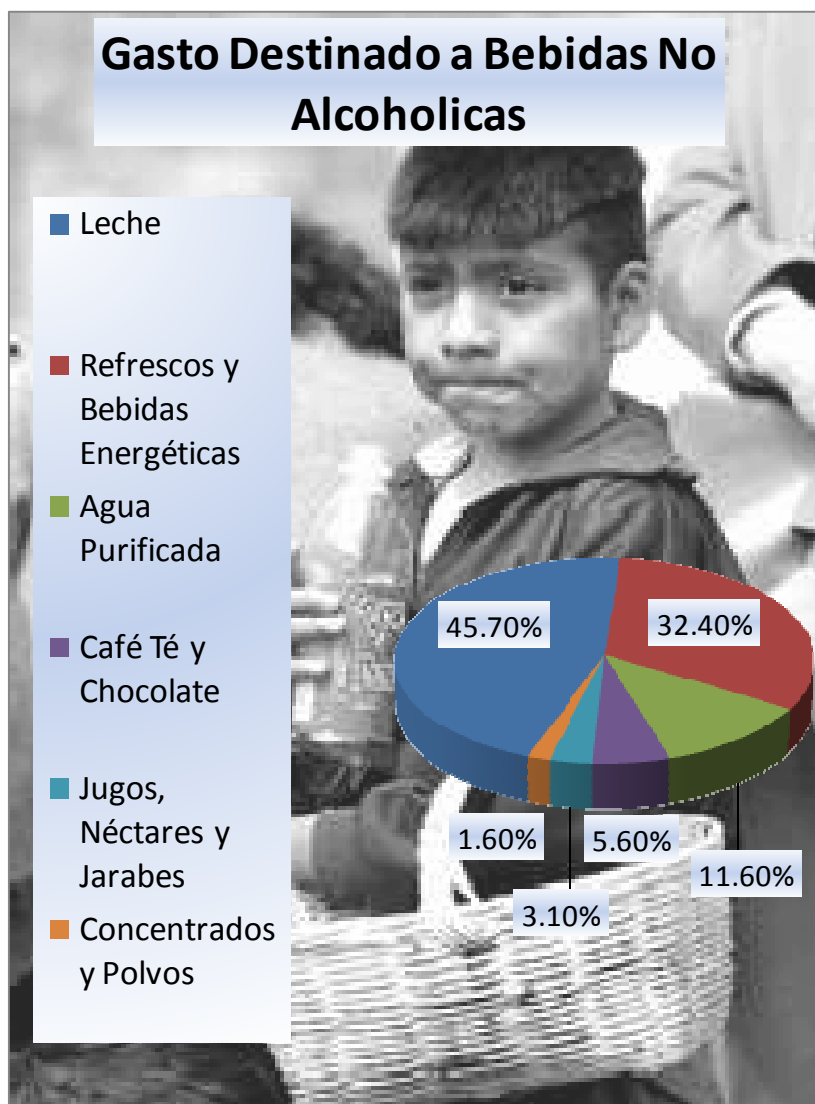


Figura 3.9

Gasto destinado a Bebidas No Alcohólicas  
Elaboración propia con base en información del INEGI

3.2.2.2 Composición de las ventas de la industria

Para determinar el nivel de las ventas nacionales en este giro, se ha valido de diversas fuentes. Sin embargo, la información histórica a la que se tiene acceso es poco vigente, y en algunos rubros en particular, escasa o nula. Las dos principales fuentes empleadas como recursos de información, el INEGI y la ANPRAC, reportan como datos más recientes el año 2006, siendo válidos en este apartado como referencia del ámbito de esta industria.

Las ventas históricas para el sector de refrescos fueron de 94,378.699 millones de pesos para el año 2006 (figura 3.10). De tal suma, las ventas destinadas al mercado de refrescos nacional representó el 99.59 %, con una participación en el mercado exterior de 388.357 millones de pesos en el mismo año (figura 3.11). Lo anterior denota una característica singular en este negocio, el cual netamente se concentra en la distribución domestica.



Figura 3.10

Nivel de Ventas de Refrescos en el Mercado Nacional  
Elaboración propia con base en información del INEGI

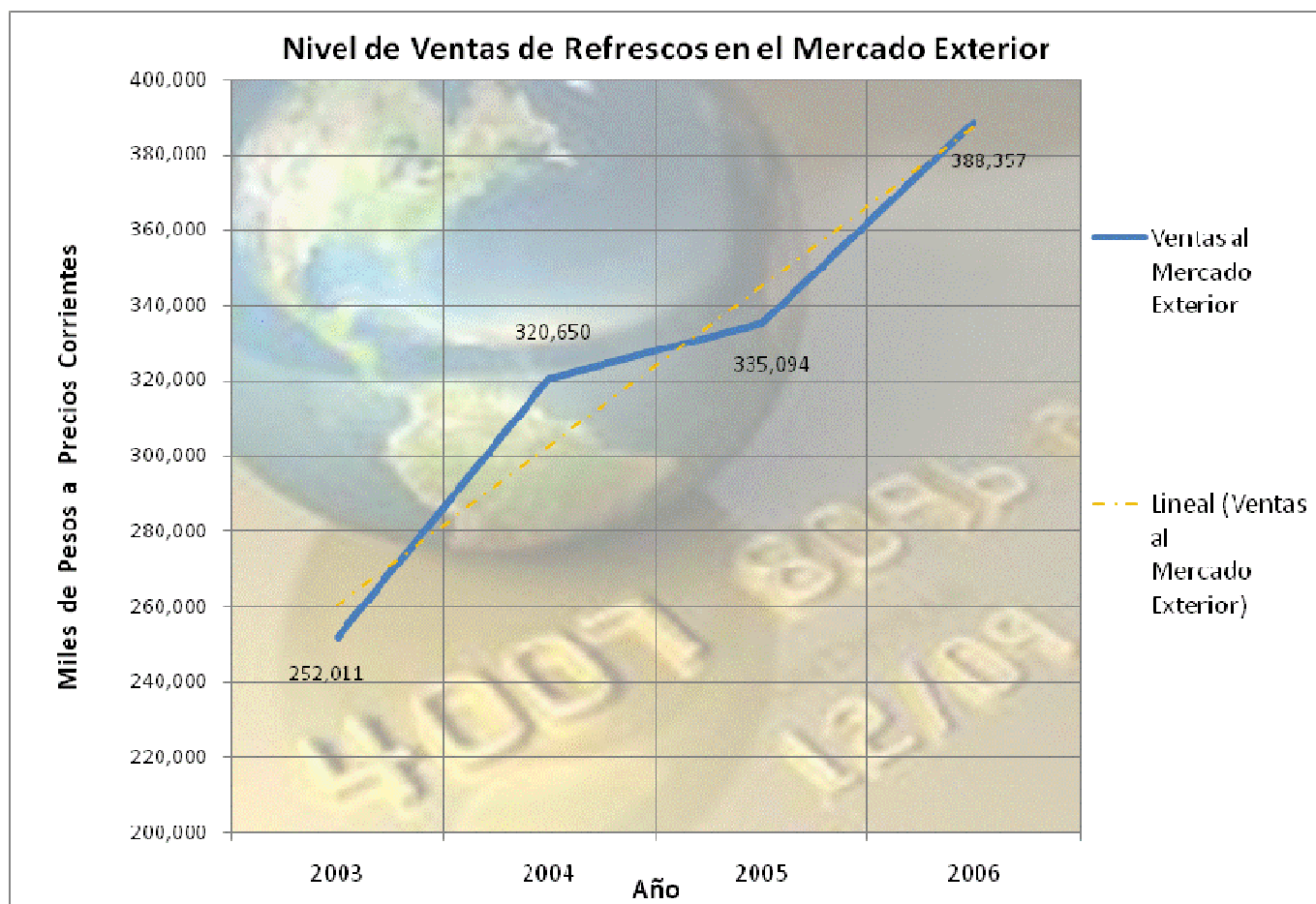


Figura 3.11

*Nivel de Ventas de Refrescos Nacionales en el Mercado Exterior  
Elaboración propia en base a información del INEGI*

Con respecto a la segmentación del mercado por tipo de envase, la participación de los refrescos no retornables vendidos es prioritaria y se encuentra en fase de crecimiento. En el 2006 representó el 70.5% del total de las presentaciones vendidas. Si este proceso se observa a lo largo de los últimos años, las bebidas en envases no retornables han ganado 21.7 puntos porcentuales a los envases con retorno (Ver figura 3.12). Esta tendencia de consumo de bebidas en envases desechables presentó ligeros cambios en el negocio, ya que existe una consolidación con la fabricación de este tipo de envases, adaptándose a regulaciones ecológicas e investigación de nuevas tecnologías para este tipo de productos, especialmente en materiales compatibles con el medio ambiente y de bajo costo.

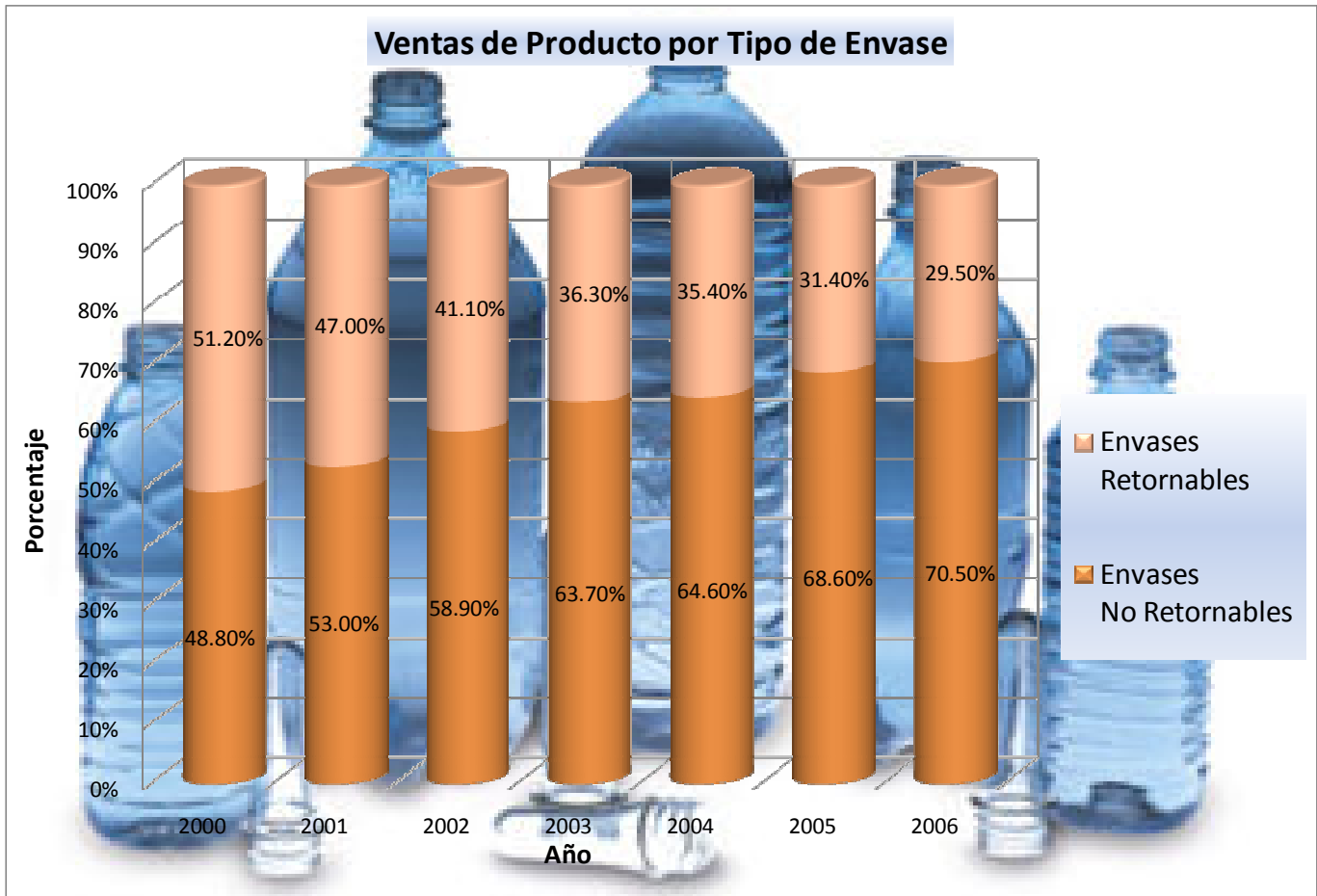


Figura 3.12

Venta de Refrescos y Aguas Carbonatadas por Tipo de Envase  
Elaboración propia con base en información de la ANPRAC

Entre los envases retornables, destacan las presentaciones de 2.5 litros, las de 2 litros, las de 355 mililitros y las de 400 mililitros, en ese orden. En los envases no retornables, las presentaciones de 600 mililitros y 2.5 litros continúan siendo las preferidas de los consumidores y concentran 36.4% del segmento. La siguiente tabla muestra el porcentaje de ventas detalladas de refrescos y aguas carbonatadas por parte de las firmas embotelladoras que operan en México, para el periodo 2003 -2006.

Ventas por Tipo de Envase				
Año	2003	2004	2005	2006
<b>Envases Retornables</b>	<b>36.40%</b>	<b>35.40%</b>	<b>31.30%</b>	<b>29.50%</b>
769 mL	0.10%	0.10%	0.00%	0.00%
1.25 L	0.10%	0.10%	0.05%	0.60%
Hasta 192 mL	0.20%	0.20%	0.10%	0.10%
1.5 L	0.30%	0.20%	0.10%	0.20%
1 L	0.40%	0.30%	0.60%	0.60%
De 400 a 500 mL	7.60%	6.70%	5.75%	5.40%
De 295 a 355 mL	9.30%	8.20%	6.30%	5.60%
2 L	14.30%	8.60%	7.70%	6.60%
2.5 L	4.10%	11.00%	10.70%	10.40%
<b>Envases No Retornables</b>	<b>63.60%</b>	<b>64.60%</b>	<b>68.70%</b>	<b>70.50%</b>
1.25 L	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
2.25 L	0.00%	0.00%	0.00%	0.10%
355 mL	0.60%	0.60%	0.60%	0.50%
1.75 L	1.10%	1.10%	0.00%	0.00%
De 710 a 769 mL	0.00%	1.20%	1.20%	0.90%
Hasta 250 mL	1.40%	1.20%	1.10%	1.10%
1.5 L	1.90%	2.40%	1.70%	2.00%
Post Mix (Bolsa Despachadora)	1.40%	1.40%	1.90%	1.80%
3 L	0.90%	2.30%	2.80%	4.20%
De 400 a 500 mL	3.50%	3.90%	4.00%	4.00%
1 L	5.30%	5.00%	4.80%	4.70%
Lata	4.80%	5.20%	5.20%	5.00%
2 L	15.00%	10.80%	9.70%	9.80%
2.5 L	9.10%	12.40%	17.20%	18.00%
600 mL	18.60%	17.10%	18.50%	18.40%
<b>Total</b>	<b>100.00%</b>	<b>100.00%</b>	<b>100.00%</b>	<b>100.00%</b>

Tabla 3.1

*Venta detallada de Refrescos y Aguas Carbonatadas por Tipo de Envase  
Elaboración propia con base en información de la ANPRAC*

A continuación, las figuras 3.13 y 3.14 mostrarán dichos datos de forma gráfica, lo cual es útil para determinar la preferencia y crecimiento de las diversas presentaciones, tanto en envases retornables como en desechables.



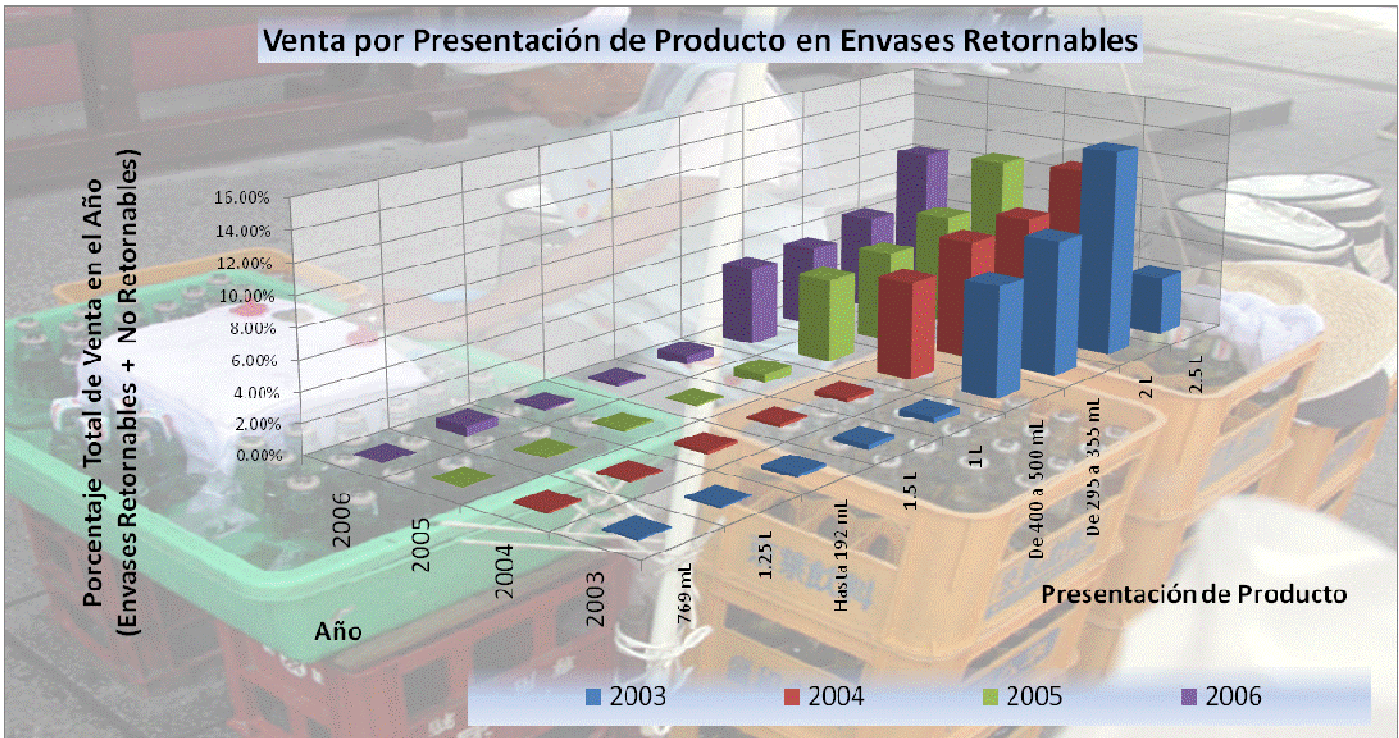


Figura 3.13

Venta por Presentación de Producto en Envase Retornable  
Elaboración propia con base en información de la ANPRAC

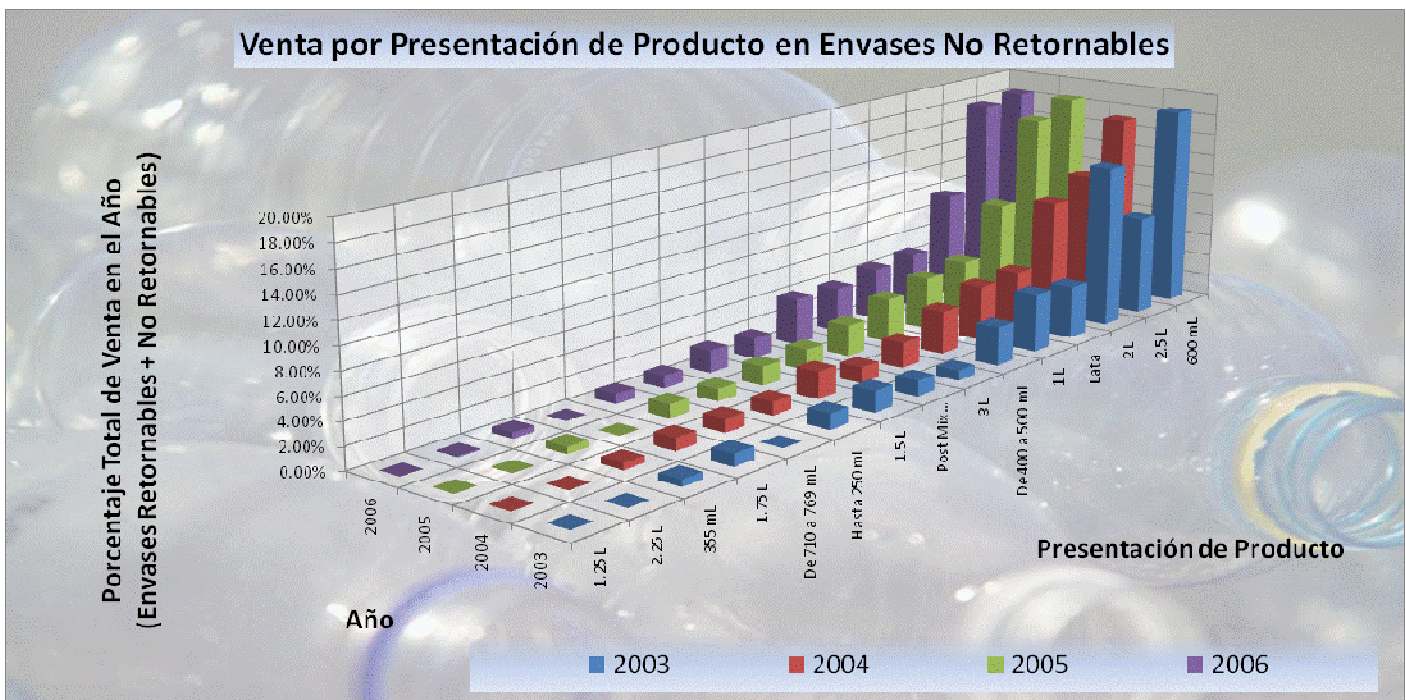


Figura 3.14

Venta por Presentación de Producto en Envase No Retornable  
Elaboración propia con base en información de la ANPRAC

El INEGI reporta que entre los insumos de la industria de elaboración de refrescos, aquellos relacionados con empaques y embalajes ascienden a los 16.8 millones de pesos, esto en el año 2006. La siguiente grafica muestra el grado monetario destinado al abastecimiento de tales insumos por el giro refresquero.

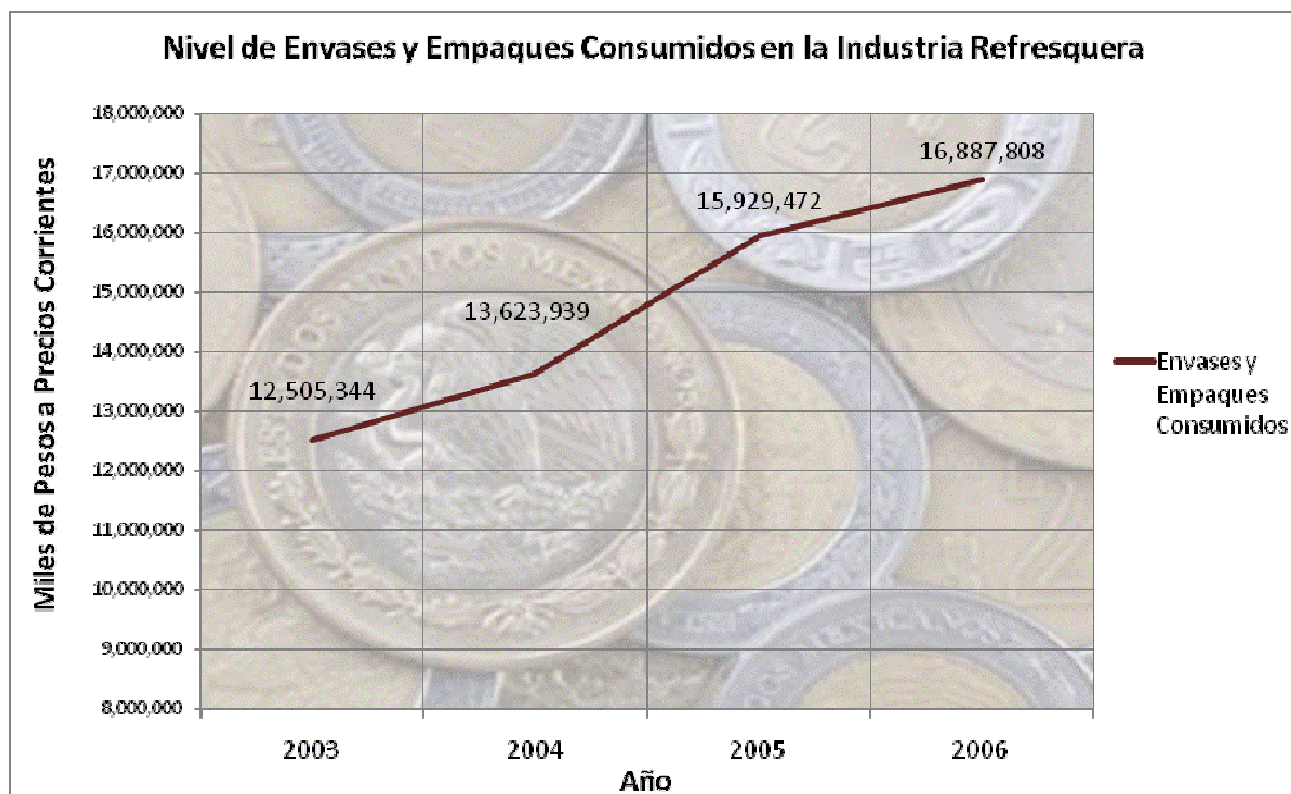


Figura 3.15  
Costos de Envases y Empaques en la Industria Refresquera  
Elaboración propia con base en información del INEGI

En vista de los grandes volúmenes de venta y abastecimiento de envases destinados a bebidas no retornables, se han creado esfuerzos para mitigar el impacto nocivo de diversos materiales, entre ellos, las botellas de tereftalato de polietileno (PET). Una institución que emana de tales iniciativas es la asociación Ecología y Compromiso Empresarial, ECOCE, organismo relacionado con los productores de refrescos y aguas carbonatadas en México, dedicado a la gestión del reciclado de envases no retornables de refresco. Algunas cifras de recolección son mostradas en la Tabla 3.2.

Año	2005	2006	2007 *
Acopio de Envases [Toneladas]	60,164	80,114	88,000
Envases recuperados 33 gr. promedio [Millones de Envases]	1,830	2,403	2,640

\* = Información Estimada

Tabla 3.2  
Acopio de Envases por ECOCE  
Elaboración propia con base en información de la ANPRAC

## 3.3 Tendencias de mercado y cambios en la industria

En medio de una creciente competencia, la industria de bebidas no alcohólicas debe intensificar la búsqueda de mercado, ofreciendo productos de alta calidad, eficiencia en sus sistemas de distribución, proporcionando seguridad y manteniendo precios bajos, esto a medida que desarrolla habilidades para satisfacer nuevos mercados por el lanzamiento de nuevos productos.

En términos prácticos, existen cuatro áreas en las cuales las compañías comprendidas en el negocio de las bebidas no embriagantes deben de enfocarse [17]:

- *Protección y aumento de los ingresos*, por ejemplo, esforzándose por la innovación del producto y del empaque, calidad diferenciada, disponibilidad de la mejora del producto, y mejora de la gestión de las relaciones con los clientes.
- *Reducciones de costos y mejoramiento de márgenes de ganancia*, por ejemplo, a través del mejoramiento de la eficiencia operacional, menores costos laborales, reducción de desperdicio y el establecimiento de sinergias operacionales en adquisiciones.
- *Mejora de la utilización de activos*, por ejemplo, a través de la reducción de los niveles de inventario de bebidas en almacenes fríos y empaques retornables o reutilizables en la cadena de suministro.
- *Apego a regulación y aseguramiento*, por ejemplo, a través de demostraciones de calidad, ya sea por el participar en esquemas de aseguramiento y participación de tratados que conllevan al cumplimiento total de la legislación aplicable.

Es importante señalar lo loable de considerar las herramientas que permitan llevar a cabo los puntos anteriores dentro del contexto industrial. La adopción de modelos analíticos que soporten la toma de decisiones en la cadena de suministro, como lo sustenta esta disertación, se hace día a día más puntuales y requeridos.

A fin de sobrevivir en este contexto, las compañías deben de considerar las tendencias de mercado que moldearán al giro industrial en los próximos años. Esto ayudará a las embotelladoras a comprender los cambios que deben efectuar y virar a oportunidades para la mejora de procesos, mejorando la flexibilidad y, como resultado, mayores ganancias.

Las tendencias de mercado para la industria de bebidas no embriagantes pueden ser resumidas en seis temas fundamentales:

- i. Cambios en la preferencia de los consumidores, desplazándose a esquemas de bebidas orientadas a la salud y el bienestar.
- ii. Crecimiento de intereses encontrados, entre fabricantes de concentrados y embotelladores, en el sistema de distribución.
- iii. Incremento continuo de la fortaleza de los mayoristas.
- iv. Intensa competencia en el ramo.
- v. Incremento de la complejidad en los sistema de distribución compuesto de múltiples canales de ventas.
- vi. Apego riguroso en contextos de seguridad y apego a regulaciones.



#### i. Tendencia de consumo de bebidas orientadas a la salud y el bienestar

Muchos de los países desarrollados inciden en significantes escenarios estadísticos de obesidad o sobrepeso en su población. En consecuencia mucha gente ha comenzado a regular su peso y a cambiar su estilo de vida, un cambio que se ha reflejado en sus compras de bebidas.

- ✓ Ha incrementado la demanda de bebidas percibidas como saludables
- ✓ El consumo de las bebidas energéticas ha también aumentado, principalmente en el mercado de jóvenes

Esta tendencia hacia bebidas saludables ha creado un número de nuevas categorías, y ha cambiado las tendencias de consumo en la industria de bebidas. Antes dominada principalmente por las bebidas carbonatadas, el consumo se balancea entre refrescos carbonatados, y categorías de productos con imagen saludable, tales como agua embotellada, bebidas energéticas y jugos. De los anteriores segmentos de mercado, el agua embotellada representa el crecimiento más rápido, expandiéndose en promedio 9% anualmente.

#### ii. Crecimiento de intereses encontrados, entre fabricantes de concentrados y embotelladores, en el sistema de distribución

En el mercado mundial de bebidas no embriagantes, las compañías fabricantes de concentrados utilizan típicamente a empresas embotelladoras para empacar y distribuir los diversos productos. Esta estructura de franquicias llega a generar conflictos de interés entre los fabricantes de concentrados y los embotelladores. No obstante, la cadena de suministro debe entregar consistentemente valor al mercado para el crecimiento del segmento.

Varios son los factores que contribuyen a fricciones entre los intereses de los productores de concentrados y embotelladores:

- ✓ Las compañías que otorgan la franquicia generan ganancias del incremento de ventas de concentrado a expensas de los márgenes de los embotelladores.
  - Las compañías que otorgan la franquicia han tenido históricamente altos retornos de inversión y bajos requerimientos de capital.
  - Las compañías embotelladoras han tenido históricamente bajos retornos de inversión y altos requerimientos de capital para la construcción y mantenimiento de las redes de producción y distribución.
- ✓ Los embotelladores continúan consolidándose, esto para intentar compensar la presión de los márgenes de ganancia a través de la reducción de costos. Específicamente el dimensionamiento que tengan los embotelladores, les ayudará a:
  - Propagar los costos fijos sobre los grandes volúmenes de producción.
  - Realizar significativas inversiones en líneas automáticas de producción.
  - Costear la adquisición de nuevos clientes.
  - Incrementar la lealtad de los clientes.
- ✓ La reducción del precios tiene grandes consecuencias de reducción en los márgenes de los embotelladores.

- ✓ Los fabricantes de concentrados con frecuencia lanzan nuevos productos, presentaciones y empaques, lo cual incrementa la complejidad de la operación y los gastos de los embotelladores.

#### iii. Incremento continuo de la fortaleza de los mayoristas

Gran cantidad de los artículos producidos son adquiridos por el cliente en diversos canales de distribución. Uno de los canales masivos de distribución de productos de consumo son las grandes cadenas mayoristas. Así, los principales mayoristas a nivel global demandan un mejor servicio y menores ciclos de entrega de la industria de bebidas no embriagantes. Esto reestructura dramáticamente a la industria, obligando a las empresas embotelladoras a ser más eficientes, y a su vez, limitando su maniobrabilidad en el contexto de la fijación de precios del producto. La necesidad de mejorar la agilidad de la cadena de suministro y la eficiencia de costos está cambiando la perspectiva de los embotelladores a reevaluar la forma en la cual ellos planean y administran su cadena de suministro, llevándola a alcanzar una eficiencia operacional y de costos de excelencia.

En años recientes, un par de factores han influenciado el crecimiento de competencia entre proveedores y mayoristas:

- ✓ Mayoristas emplean su poder para mantener altos estándares mercadológicos y operacionales, incluyendo creciente demanda para mejorar la calidad del servicio y menores ciclos de ordenamiento y entrega de los fabricantes y distribuidores. Muchas de estas demandas no solo limitan los márgenes de utilidad, sino que también requieren inversiones significativas de capital.
- ✓ A causa de la cercana relación con el mercado, los mayoristas tienen un profundo conocimiento del comportamiento del consumo.

#### iv. Intensa competencia en el ramo

En la industria de manufactura de bebidas no embriagantes, la competencia está creciendo debido a los siguientes factores:

- ✓ Demanda de constante para nuevo nicho de productos relacionados con las preferencias de consumo orientadas a la salud y ofertas de productos diversos.
- ✓ Consolidación de la industria, la cual ha forzado a esquemas en donde el dimensionamiento del embotellador es un requisito para competir.
- ✓ El crecimiento de productos de los productores de concentrados.

Este contexto competitivo ha llevado a:

- ✓ Proliferación de clases de productos.
- ✓ El lanzamiento de nuevos productos cae en alguna de las siguientes categorías:
  - La mayoría fracasa dentro de los dos primeros años
  - Solo el 20% de los lanzamientos son efectivos
  - Solo el 10% generan significantes ingresos para la firma

#### v. Complejo sistema de distribución compuesto de múltiples canales de venta

El ambiente macro en el cual la industria manufacturera de bebidas suaves opera, presenta gran cantidad de características únicas, entre éstas:

- Parte de los canales de distribución son establecidos por mayoristas.
- Se debe de tener la habilidad para comunicarse directamente con los detallistas.
- Canales múltiples de distribución.
- Demanda estacional.

La industria de bebidas es una industria multicanales. De ahí que las compañías tengan gran cantidad de tipos de clientes con características diversas, entre éstas:

- Pequeños minoristas independientes
  - Enorme número de pequeños puntos de venta
  - Algunas veces la compra del producto es directamente a través de efectivo y otras efectuada en formas más convencionales de pago
- Canales Indirectos (Mayoristas)
  - Organizaciones de tamaño mediano a grande como consecuencia de la agregación de consorcios y fusiones
  - Son considerados como canales que efectúan un rol fundamental en la distribución de bebidas
  - Poseen información crítica con respecto a ventas en términos de volumen, surtido, presencia de competidores, etc.

Debido a la complejidad del mercado, la integral cadena logística deberá de ser capaz de preservar marcas, productos y servicios coherentemente dentro de varios canales, tomando en consideración diferentes puntos de venta y diversas necesidades de los clientes. Adicionalmente cada embotellador debe de proporcionar a los clientes una amplia gama de opciones de empaquetamiento, incluyendo:

- ✓ Rastreo del producto en diversas modalidades de empaque
- ✓ Requerimientos especiales de etiquetado de los clientes
- ✓ Empaque diferenciado para el mercado nacional y el mercado exterior

#### vi. Incremento de la regulación legal

Los gobiernos a nivel mundial se encuentran en la expectativa de regulaciones hacia escenarios de seguridad y calidad en los productos alimenticios. En medio de este crecimiento regulatorio, las diversas legislaciones se concentran en la sanidad y una gran variedad de requisitos normativos alimenticios.

Cada empresa del giro de las bebidas no embriagantes debe considerar estos cambios así como sus fortalezas y posición en el mercado, cuando se está en la búsqueda de innovación, crecimiento acelerado e incrementos en los márgenes de operación.

---

15 Asociación Nacional de Productores de Refresco y Aguas Carbonatadas A.C. Anuario Estadístico 2006 Año. 2007 Pag. 14

16 Deloitte Touche Tohmatsu Profitable growth and value creation en the soft drink indutry Año. 2005, Pág. 14

17 Deloitte Touche Tohmatsu Profitable growth and value creation en the soft drink indutry Año. 2005, Pág. 2

# Capítulo 4

## Modelación de una cadena de suministro relativa a una empresa dedicada a la elaboración de bebidas refrescantes

### 4.0 Objetivos del Capítulo

A través de los capítulos anteriores se ha mostrado, el fundamento teórico, numérico y del contexto aplicativo, de este trabajo de investigación. Así pues, se ha llegado a la integración de tales pilares a través de este último capítulo, considerándose tal, como la parte más representativa de la disertación; la modelación de una cadena de suministro mediante un modelo matemático.

El presente capítulo representa la glosa de la tesis, y tiene como objetivos:

- Describir la Cadena de Suministro, que será ente objeto de estudio de los modelos de optimización matemática.
- Establecer el modelo matemático relativo a la planeación óptima de la producción y la distribución, de la cadena de suministro objeto de estudio.
- Determinar la conveniencia y validez de la solución, definida por el modelo propuesto.
- Mostrar el desarrollo de la aplicación matemática, así como sus resultados.

Mediante la exposición de este capítulo, se desarrollarán argumentos aún más tácitos para el objetivo principal de este trabajo de tesis de maestría, *el modelar una cadena de suministro de un giro industrial en particular, con el fin de establecer escenarios convenientes de planeación para su operación.*

## 4.1 Introducción

La misión de la gestión de la cadena de suministro, es la consolidación de objetivos, y correlación de esfuerzos para poder brindar un nivel de servicio bajo el escenario más eficiente. Tal cometido engloba un problema clásico de los sistemas logísticos, el cual, se traduce en una planeación esmerada.

La cadena de suministro seleccionada como objeto de estudio en esta disertación, corresponde al giro embotellador. Como pudo mostrarse en el capítulo anterior, tal ámbito de negocio ha operado típicamente bajo un sistema de franquicias, el cual brinda la posibilidad a una embotelladora local a lucrar mediante una marca en una región determinada. En México operan varias marcas de bebidas suaves, concentrándose en la elaboración de bebidas carbonatadas, jugos, y agua embotellada. La cadena de suministro a la cual este capítulo hace alusión, corresponde a un grupo embotellador que concentra sus operaciones el la parte centro - sur de la república mexicana.

Mediante la dinámica de operación de tal empresa, se procederá a establecer la formulación matemática para el problema de planeación que le atañe, configurando la propuesta numérica fiel a la realidad. Se ha considerado, al menos desde la humilde perspectiva del autor de ésta disertación, que el presente capítulo representa lo más valioso del estudio; la creación de la formulación matemática para la modelación. Tal valoración, quizá radique porque dicho individuo fue el inventor del arreglo matemático mostrado en este capítulo (claro, para ello estudiando los modelos ya planteados del capítulo 2), o quizá simplemente, por la trascendencia que el modelo propuesto denota; un contexto de planeación operativa ideal para un dimensionado arreglo de fabricas, centros de distribución y de consumo.

El capítulo es desarrollado por medio de las fases de un proyecto de investigación de operaciones, lo cual se ve reflejado por sus diversas secciones. Finalmente, el capítulo finaliza, mostrando los resultados de la aplicación informática, de la cual se valió la modelación para llegar al detalle de la planeación de la producción, de la distribución primaria, de la gestión de almacenamiento, y de la distribución secundaria, propias del sistema bajo estudio. Lo anterior es representado por la sección 4.3 del capítulo.

## 4.2 Fases del proyecto de investigación

Se ha decidido mostrar la propuesta que emana del análisis de esta disertación, por medio de las diversas fases por las cuales se desarrolla un proyecto de investigación de operaciones. Hamdy A. Taha [18], conceptualiza un proyecto de investigación de operaciones en cinco etapas, las cuales se enuncian a continuación:

1. Definición del Problema de Estudio
2. Construcción del Modelo Analítico
3. Solución del Modelo
4. Validación del Modelo
5. Implementación de la Solución

Adoptando tal concepción de etapas, se mostrará el desarrollo del modelo de planeación propuesto a la cadena de suministro bajo estudio, con el fin de exponer de forma ordenada la secuencia de desarrollo del proyecto, así como mostrar un mayor detalle de la propuesta misma.

### 4.2.1 Definición del Problema

Se busca hallar escenarios de conveniencia en un sistema productivo con el fin de minimizar costos dentro de un periodo de tiempo determinado. El sistema lucra mediante la fabricación, almacenamiento y distribución de seis diferentes bebidas refrescantes. Éste está conformado por tres fábricas, cinco centros de distribución y diez regiones de entrega.

A su vez, la definición del problema, implica definir el alcance del problema que se investiga. En esta fase del proyecto, aspectos tales como, la determinación del objetivo de estudio y, la especificación de las limitaciones bajo las cuales funciona el sistema modelado, serán definidos en detalle. De la misma forma parámetros, reglas de operación y políticas que rijan al sistema bajo análisis.

#### 4.2.1.1 Objetivo del proyecto de modelación

El objetivo del proyecto de modelación será determinar de forma cuantitativa la planeación de la producción, de la distribución primaria, de la gestión de almacenamiento, y de la distribución secundaria de la cadena de suministro bajo análisis, obedeciendo a las variables asociadas en el sistema con el fin de establecer escenarios de conveniencia operativa a través del tiempo.

Tal objetivo puede ser representado por la figura 4.1, la cual muestra de forma esquemática el sistema bajo estudio. Éste se compone de diversos centros de producción, diversos centros de consumo (ubicados en diferentes zonas geográficas), y obedeciendo a la

### 4.3 Desarrollo y resultados de la aplicación informática

economía de escalas, centros de distribución que se encargan de la consolidación y entrega de los pedidos generados por los centros de consumo.

Dichos entes logísticos, han sido estratégicamente ubicados en el plano geográfico en el que opera el sistema, para poder realizar de la forma más eficiente, la manufactura, el almacenamiento y la distribución de los diversos tipos de bebidas con los que el sistema realiza la comercialización.

Ha de comentarse, que el modelo de programación lineal propuesto en esta disertación, es válido desde la perspectiva táctica. Es decir, el modelo ha sido diseñado para sistemas en los cuales, los entes logísticos como fábricas y centros de almacenamiento y distribución, ya han sido localizados en la demarcación geográfica del sistema. Sin embargo, la bondad de los métodos matemáticos, tratados en esta tesis, podrá establecer la incorporación de un problema de localización dentro de la planeación que emane del modelo. Lo anterior podrá lograrse por medio de la concepción binaria de las variables de decisión establecidas en el modelo.

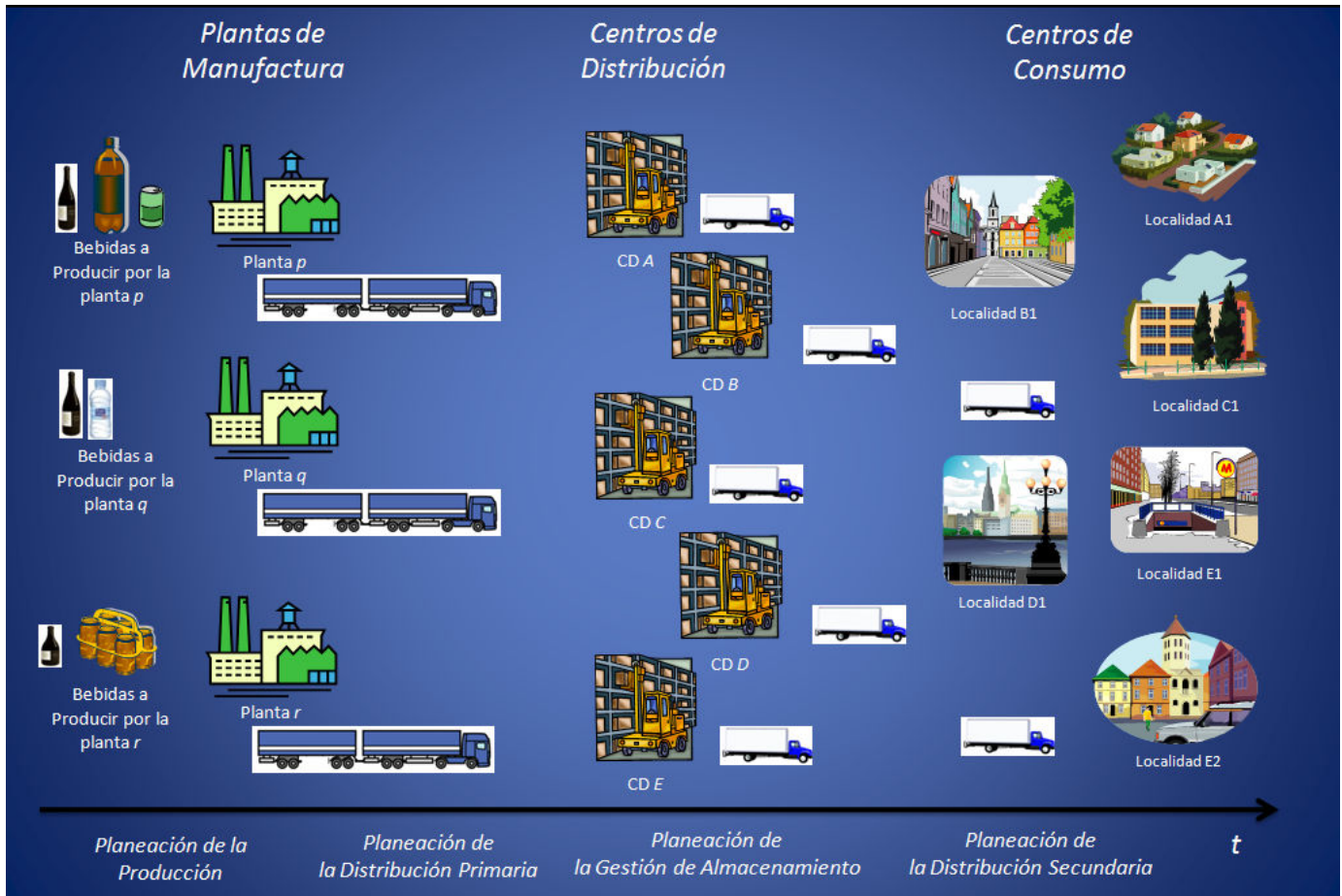


Figura 4.1

El objetivo de la modelación es determinar la planeación óptima de un sistema integrado por unidades de manufactura, almacenaje y distribución, cuyo fin es el comercializar en tiempo y forma diversos productos en diversas regiones geográficas.



#### 4.2.1.2 Descripción de la Cadena de Suministro objeto de estudio

El giro de negocio de la cadena de suministro que se ha seleccionado, corresponde al ramo de elaboración de bebidas suaves. El capítulo tres expone algunos parámetros de relevancia de este tipo de empresas, tales como tasas de demanda, consumo, preferencias del mercado, y en general, el ámbito en el cual se desarrolla tal industria.

La cadena de suministro bajo estudio corresponde a un grupo embotellador, el cual comercializa en la zona centro – sur de México. Concentrando su operación, en la región cercana a la capital de la República Mexicana. Actualmente la empresa bajo análisis cuenta con diversas plantas y centros de distribución, localizados estratégicamente con el fin de obtener la mayor rentabilidad en la operación.

El proyecto de modelación de esta disertación será limitado, principalmente por dos puntos en específico;

- El primero de ellos será, las características de la herramienta informática a la cual se tenga acceso para realizar la modelación
- En segunda instancia, la información que la empresa bajo estudio este dispuesta a compartir

La herramienta informática a la cual se tiene acceso, para realizar la modelación opera sólo bajo ciertos parámetros, en relación con el número de variables, la cantidad de restricciones y la naturaleza de las variables de decisión que emanen de la formulación del modelo (la sección 4.3.3 profundizará al respecto). Por fortuna para este proyecto, el segundo punto no representa netamente una limitante, ya que se ha contado con la información necesaria para ejecutar la formulación, y así establecer de forma cuantitativa la planeación del sistema bajo estudio.

De tal forma, el sistema a modelar estará compuesto por los siguientes elementos:

- 3 Plantas de manufactura
- 6 Productos a comercializar
- 5 Centros de distribución
- 10 Regiones de entrega distribuidas en la demarcación en la que opera el sistema

Las tres plantas que serán consideradas para la modelación se encuentran ubicadas en el norte, centro y sur de la demarcación en la cual opera la empresa bajo estudio. A su vez cada una de ellas cuenta con cinco líneas de producción. El producto 3, queda sujeto a la fabricación exclusiva por parte de la planta “p”. Lo mismo ocurre para el producto 6, siendo exclusiva la manufactura para las plantas “r” y “s”. Se considera que no existe almacenamiento en las fábricas, siendo éste solo permitido en los centros de distribución. La tabla 4.1, describe algunas características de cada centro de manufactura, por los cuales se conforma el sistema bajo análisis.

Nombre de la Planta	Localización	Productos a fabricar
Planta "p"	Norte de la demarcación	Prod. 1 = Refresco Sabor "A", 600 ml, Desechable
		Prod. 2 = Refresco Sabor "A", 2500 ml, Desechable
		Prod. 3 = Refresco Sabor "A", 355 ml, Lata
		Prod. 4 = Refresco Sabor "A", 1000 ml, Desechable
		Prod. 5 = Agua Embotellada, 600 ml, Desechable
Planta "r"	Centro de la demarcación	Prod. 1 = Refresco Sabor "A", 600 ml, Desechable
		Prod. 2 = Refresco Sabor "A", 2500 ml, Desechable
		Prod. 4 = Refresco Sabor "A", 1000 ml, Desechable
		Prod. 5 = Agua Embotellada, 600 ml, Desechable
		Prod. 6 = Agua Embotellada, 1000 ml, Desechable
Planta "s"	Sur de la demarcación	Prod. 1 = Refresco Sabor "A", 600 ml, Desechable
		Prod. 2 = Refresco Sabor "A", 2500 ml, Desechable
		Prod. 4 = Refresco Sabor "A", 1000 ml, Desechable
		Prod. 5 = Agua Embotellada, 600 ml, Desechable
		Prod. 6 = Agua Embotellada, 1000 ml, Desechable

Tabla 4.1

*Plantas de Manufactura y artículos a producir por la configuración del sistema en análisis*

El medio en el cual se establece la distribución de la producción en la fase primaria, corresponde a vehículos de doble semirremolque, los cuales tienen una capacidad máxima de 112 tarimas por viaje. Todas las plantas envían producto a todos los centros de distribución, quedando prohibida la entrega directamente de a fábrica hacia el cliente (ésta sólo podrá efectuarse por medio de la distribución secundaria). Los centros productivos no intercambian producto terminado directamente, surten las demarcaciones de consumo por medio de los centros de distribución. A su vez, la distribución en su fase secundaria es efectuada por vehículos de reparto, los cuales tienen una capacidad de 10 tarimas por viaje.

La capacidad de producto almacenada en cada tarima depende de las dimensiones del envase de cada artículo, siendo la capacidad promedio de 673 unidades por tarima (es decir, 673 envases individuales). La tabla 4.2 detalla el total de producto por empaque.

Producto	Cantidad de Producto por Empaque individual (Caja) [Pz]	Cantidad de Cajas por Cama de Tarima [Cajas]	Cantidad de Estibas por Tarima [Estibas]	Total de Producto por Tarima [Pz]
1	24	6	6	864
2	8	8	4	256
3	24	6	8	1152
4	6	15	5	450
5	24	6	6	864
6	6	15	5	450

Tabla 4.2

*Detalle del Producto por Tarima*

4 *Modelación de una cadena de suministro relativa a una empresa dedicada a la elaboración de bebidas refrescantes*

---

El sistema cuenta con cinco centros de distribución, también, ubicados estratégicamente en la demarcación de operación. Cada centro de distribución realizará la entrega de producto solo a los clientes que se encuentren en la región de entrega que esté asociada al centro de distribución. La tabla 4.3 muestra las regiones de entrega asociadas a cada centro de distribución.

<b>Nombre del Centro de Distribución</b>	<b>Ubicación</b>	<b>Regiones de Entrega Asociadas</b>
CD A	Norte de la Demarcación	A Norte [AN]
		A Centro [AC]
		A Sur [AS]
CD B	Centro - Este de la Demarcación	B Norte - Centro [BNC]
		B Sur [BS]
CD C	Este de la Demarcación	C Única [CU]
CD D	Centro - Oeste de la Demarcación	D Poniente [DP]
		D Oriente [DO]
CD E	Sur de la Demarcación	E Noroeste [ENO]
		E Sureste [ESE]

*Tabla 4.3*

*Regiones de Entrega asociadas a cada Centro de Distribución*

## 4.2.2 Construcción del Modelo

La construcción del modelo implica traducir la definición del problema a relaciones matemáticas, que permitan determinar el comportamiento del sistema real bajo estudio. Esta fase del proyecto es la que representa mayor logro y satisfacción al autor de esta disertación. El modelo propuesto es creación auténtica del tesista. Su concepción fue establecida con base al compendio de modelos tratados en el capítulo 2, especialmente de los mostrados en la sección 2.3.2, y la 2.3.3. Un rasgo de relevancia del modelo, es que éste presenta un comportamiento lineal, es decir, la complejidad de cómputo se encuentra determinada por operaciones de suma entre sus variables de decisión.

La característica más puntual que difiere del modelo, con respecto a aquellos tratados en el capítulo 2, es la incorporación de variables binarias, las cuales permiten establecer funciones lógicas entre sus restricciones. Es decir, la incorporación de variables que sólo pueden tomar valores de 0 ó 1, posibilita al modelo de hacer válida una restricción en particular, mientras que ignora algunas otras, claro, esto dependiendo del panorama que se genere de los datos que le fueron establecidos.

Así pues, habiendo mostrado el planteamiento del problema y el sistema que será objeto de estudio, se considera oportuno describir lo que se espera del proyecto, es decir, del modelo que definirá la planeación del sistema.

La formulación obedece a un objetivo de minimización de costos en los que incurra el sistema, indicando en cantidad y tiempo, la producción para cada ente de manufactura, de distribución, y almacenamiento. Si se espera una demanda considerable al final del horizonte de planeación, las plantas de producción deberán anticipar tal necesidad de mercado, enviando a los almacenes las unidades necesarias para poder satisfacer las necesidades del cliente. El modelo en su concepción establecerá en el sistema, un beneficio por la existencia de inventario en los centros de distribución, para la semana inicial de la siguiente modelación (es decir, si el último periodo de la modelación se denota por  $T$ , el modelo generará beneficio para la existencia de inventario de la semana  $T+1$ ). Sin embargo, no podrá asignar inventario en tal periodo ( $T+1$ ), si se presentan entregas nulas en el horizonte de planeación de la modelación, el cual es de 6 semanas para la cadena de suministro en cuestión. Cabe señalar que el inventario generativo de beneficio, estará fijado por un nivel deseado (calculado previamente de forma estratégica) y éste deberá ser resultado, de la existencia de producto sobrante al final el último periodo de la modelación ( $T$ ). Dicho en otras palabras, el surtido será efectuado en las semanas estipuladas en la formulación (del periodo 1, al periodo  $T$ ).

Se consideran válidas las entregas parciales en los clientes, más no así las entregas por adelantado. El modelo asigna el distribuir cierta cantidad de diversos tipos de productos a los almacenes y clientes, por lo que el costo asociado a distribución, debe ser asignado considerando las dimensiones de los productos. Esto es, el costo está determinado por unidad de volumen de los diversos productos embarcados. Características más puntuales del modelo, serán comentadas conforme a la presentación de la formulación.

#### 4.2.2.1 Notación del Modelo

El modelo que se ha establecido considera la siguiente notación para cada una de las etapas por las cuales se encuentra integrado. Primeramente se definirá la notación relacionada con los productos, los centros de producción, de distribución y consumo. Con base en ello se mostrará la notación de las variables de decisión, y también la concerniente a otros parámetros propios del modelo.

Así, sea:

El subíndice  $j \quad \forall j = (1, 2, 3, \dots, J)$  denota el artículo a ser producido, almacenado y distribuido

El subíndice  $k \quad \forall k = (p, q, r, \dots, K)$  denota la planta, en la cual el producto  $j$  será manufacturado

El subíndice  $t \quad \forall t = (i, ii, iii, \dots, T)$  denota el periodo de tiempo, pudiendo establecerse en unidades de día, semana, mes, etc.

El subíndice  $cd \quad \forall cd = (A, B, C, \dots, CD)$  denota el centro de distribución, en el cual el producto  $j$  será almacenado, y finalmente enviado a los centros de consumo

El subíndice  $cl \quad \forall cl = (g, h, \dots, CL)$  denota el Cliente o la zona de entrega en la cual el producto será enviado desde los Centros de Distribución  $cd$

#### 4.2.2.1.A Variables de Decisión del Modelo

Las variables de decisión asociadas al modelo, son las siguientes:

Sea,

$X_{jkt}$  = Número de unidades del producto  $j$  fabricadas en la planta  $k$  durante la semana  $t$

$Y_{jkcdt}$  = Número de unidades del producto  $j$  enviadas de la planta  $k$  al centro de distribución  $cd$  durante la semana  $t$

$Z_{jcdclt}$  = Número de unidades del producto  $j$  enviadas del centro de distribución  $cd$  al centro de consumo  $cl$  durante la semana  $t$

$q_{jcdt}$  = Número de unidades del producto  $j$  almacenadas en el centro de distribución  $cd$  durante la semana  $t$

$U_{jcdclt}$  = Número de unidades del producto  $j$  no enviadas del centro de distribución  $cd$  al centro de consumo  $cl$  durante la semana  $t$

$BIN_{jcdclt}$  = Variable auxiliar de naturaleza binaria, la cual es empleada para definir el comportamiento de las entregas con demora, y las entregas nulas  $U_{jcdclt}$  en el sistema

$NIV_{jcdclt}$  = Variable auxiliar de naturaleza binaria, la cual es empleada para definir el comportamiento de las entregas con demora, y las entregas nulas  $U_{jcdclt}$  en el sistema

$BBIN_{jcdt=T+1}$  = Variable auxiliar de naturaleza binaria, la cual es empleada para definir el nivel del inventario  $q_{jcdt=T+1}$

$NNIV_{jcdt=T+1}$  = Variable auxiliar de naturaleza binaria, la cual es empleada para definir el nivel del inventario  $q_{jcdt=T+1}$

$BINNN$  = Variable auxiliar de naturaleza binaria, la cual es empleada para

definir el nivel del inventario  $q_{jcdt=T+1}$

#### 4.2.2.1.B Costos Asociados

El modelo establece como criterio de decisión una minimización de costos con respecto a los flujos monetarios asociados en la dinámica del sistema. El criterio de decisión se ha establecido de esta forma, ya que en la práctica lo que interesa a la empresa no es, puramente, la satisfacción de la demanda, sino la maximización de los ingresos<sup>1</sup>. Tal acervo de costos, penalizaciones y gratificaciones monetarias se definen a continuación.

Sea:

$cp$  = Costo de fabricación del producto  $j$  en la planta  $k$  durante la semana  $t$   
[\$ / pz]

$cdp$  = Costo de transportación del producto  $j$ , de la planta  $k$ , al centro de distribución  $cd$  durante la semana  $t$  [\$ / pz]

$cds$  = Costo de transportación del producto  $j$ , del centro de distribución  $cd$ , al centro de consumo  $cl$ , durante la semana  $t$  [\$ / pz]

$cm$  = Costo de mantener en inventario el producto  $j$ , en el centro de distribución  $cd$ , durante la semana  $t$  [\$ / pz]

$ppet$  = Penalización por entregas tardías del producto  $j$ , del centro de distribución  $cd$ , al centro de consumo  $cl$ , durante la semana  $t$  [\$ / pz]

$ppen$  = Penalización por entregas nulas del producto  $j$ , del centro de distribución  $cd$ , al centro de consumo  $cl$ , durante la semana  $t$  [\$ / pz]

$grat$  = Beneficio por existencia de inventario del producto  $j$ , en el centro de distribución  $cd$ , durante la semana  $t = T + 1$  [\$ / pz]

---

<sup>1</sup> La concepción del modelo corresponde a la minimización de costos, y no propiamente, a la satisfacción de la demanda a un determinado nivel de servicio. Es común que éste y otros giros de empresas, al presentar la demanda un incremento considerable y no poderle satisfacer en su totalidad, se proceda a generar un incremento en el precio de sus productos (con lo que se espera que la demanda mengüe un poco) reafirmando así la concepción de maximización de ingresos.

#### 4.2.2.1.C Otros Parámetros

En la formulación del modelo que es sustento de esta disertación, se encontrarán algunas abreviaturas que denotan ciertos parámetros clave, para el detalle de la planeación asociada a la formulación. A continuación se definen tales abreviaturas.

Sea:

$tp$  = Tiempo de fabricación del producto  $j$  en la planta  $k$  durante la semana  $t$  [Horas]. Tal parámetro corresponde no solo al tiempo de operaciones de máquina, sino a la suma de tiempo de todas las operaciones de manufactura efectuadas en el proceso de producción. Dicho parámetro es llamado *tiempo estándar*

$tmd$  = Tiempo máximo disponible de fabricación en la planta  $k$  durante la semana  $t$  [Horas]

$lmdp$  = Límite máximo de distribución primaria durante la semana  $t$  [Pz]

$Dem$  = Demanda del producto  $j$ , establecida por el centro de consumo  $cl$  perteneciente al centro de distribución  $c$ , durante la semana  $t$  [Pz]

$nid$  = Nivel de inventario deseado del producto  $j$ , en el centro de distribución  $cd$ , en la semana  $t = T + 1$  [Pz]

$M$  = Valor numérico suficientemente grande para poder propiciar resultados deseados a las restricciones que le contienen. Considérese como  $\infty$

#### 4.2.2.2 La Formulación

A continuación se mostrará la formulación del modelo, el cual es una aplicación única para el sistema objeto de estudio, que brinda resultados con base en las reglas y parámetros propios a la cadena de suministro en cuestión.

##### 4.2.2.2.A Función Objetivo

La función objetivo contemplada por el modelo propuesto, considera a las variables de decisión, multiplicadas por cantidades escalares, las cuales representan costos asociados a cada una de ellas. Tal producto se enmarca en un conjunto de sumatorias relativas al tipo de producto, a las diversas plantas y centros de distribución, así como a las regiones de entrega.



Toda expresión generada en la función objetivo es proyectada en un horizonte de planeación, representado por el subíndice  $i$ , el cual denota el periodo en cuestión.

## Minimizar

$$\begin{aligned}
 & \sum_{j=1}^J \sum_{k=1}^K \sum_{t=i}^T cp_{jkt} \cdot X_{jkt} + \sum_{j=1}^J \sum_{k=p}^K \sum_{cd=A}^{CD} \sum_{t=i}^T cdp_{jkcdt} \cdot Y_{jkcdt} \\
 & + \sum_{j=1}^J \sum_{cd=A}^{CD} \sum_{cl=g}^{CL} \sum_{t=i}^T cds_{jcdclt} \cdot Z_{jcdclt} + \sum_{j=1}^J \sum_{cd=A}^{CD} \sum_{t=i}^T cm_{jcdt} \cdot q_{jcdt} \\
 & + \sum_{j=1}^J \sum_{cd=A}^{CD} \sum_{cl=g}^{CL} \sum_{t=i}^{T-1} ppct_{jcdclt} \cdot U_{jcdclt} \\
 & + \sum_{j=1}^J \sum_{cd=A}^{CD} \sum_{cl=g}^{CL} \sum_{t=T}^T ppen_{jcdclt} \cdot U_{jcdclt} \\
 & - \sum_{j=1}^J \sum_{cd=A}^{CD} grat_{jcdt=T+1} \cdot q_{jcdt=T+1}
 \end{aligned}$$

El primer sumando denota los costos de producción para todos los productos, todas las plantas y todos los periodos que se establezcan en la modelación.

El siguiente costo considerado es el de transportación primaria, estableciendo la función objetivo aquel arreglo de unidades transportadas, de las fábricas a los centros de distribución, que minimice el valor económico para el horizonte de planeación establecido en el modelo. Lo mismo ocurre para el tercer sumando, considerando los costos de transportación secundaria, es decir, de los centros de distribución a los centros de consumo que interactúen en el sistema.

El cuarto sumando de la función objetivo considera en el modelo los costos incurridos por mantener en inventario los diversos productos que son suministrados a los centros de distribución.

Finalmente son establecidas penalizaciones y gratificaciones, ya sea por entregas tardías / nulas por parte de la distribución secundaria, o por la existencia de inventario en los centros de distribución para la semana  $(T+1)$ . De tal modo existen dos escenarios regidos por una regla en común. El primero de éstos será un incremento del valor de la función objetivo si es que el sistema no logra satisfacer la demanda en tiempo. El segundo escenario es un decremento de la función objetivo si el sistema logra enviar producto a los centros de

distribución en la última semana de la modelación (esto con el fin de poder hacer frente a la demanda en la semana  $T+1$ ). La regla en común que debe de ser respetada para cualquiera de estos escenarios, radica en que el sistema no podrá establecer algún nivel de inventario en cualquiera de los centros de distribución para el último periodo modelado (es decir,  $T$ ), sí es que existen entregas nulas o con demora a lo largo del horizonte de planeación.

#### 4.2.2.2.B Conjunto de Restricciones

Las restricciones que hacen posible que el modelo arroje resultados congruentes con el sistema real asociado, se agrupan en un conjunto de 24 restricciones generales. De estas,

- 12 presentan una desigualdad del tipo  $\leq$
- 4 contienen una desigualdad del tipo  $\geq$
- 4 restricciones son igualdades
- 2 presentan una desigualdad del tipo  $<$
- 4 contienen una desigualdad del tipo  $>$

La naturaleza general del conjunto de 24 restricciones es dado que su dimensionamiento estará en función de la cantidad de productos, fábricas, centros de distribución, centros de consumo, y periodos involucrados en la modelación. De tal forma, el modelo asociado para la determinación de la planeación de la producción y distribución de la cadena de suministro bajo estudio en esta disertación, contiene un total de 3,700 restricciones, generadas por un arreglo de 5 productos / planta, 3 fábricas (plantas), 5 centros de distribución, 10 regiones de consumo y un horizonte de planeación de 6 semanas.

A continuación tal conjunto de restricciones generales es mostrado.

#### R1 De capacidad de producción respecto al tiempo

$$\sum_{j=1}^J tp X_{jkt} \leq tmd_t$$

$$\forall \quad \begin{aligned} j &\in \{1, \dots, J\} \\ k &\in \{p, \dots, K\} \\ t &\in \{i, \dots, T\} \end{aligned}$$

La expresión  $R1$ , establece un límite máximo de producción por fábrica. Tal cota máxima de producción por planta, es establecida por el tiempo disponible existente en cada periodo asociado a la modelación, y el tiempo requerido para la manufactura de las bebidas.

Ha de comentarse que esta restricción depende de la configuración de manufactura del sistema bajo estudio. Es decir, la suma del tiempo de manufactura de los productos puede o no establecerse, dependiendo de la versatilidad de las líneas de producción. Dicho en otras palabras, la suma del tiempo de producción aplicará solo a aquellos productos que la línea de manufactura pueda producir.

#### 4 Modelación de una cadena de suministro relativa a una empresa dedicada a la elaboración de bebidas refrescantes

---

El sistema bajo análisis no es versátil. Cada fábrica tiene 5 líneas de producción, cada una exclusiva para cada producto manufacturado. De tal forma, la sumatoria de tiempo de producción establecida en esta restricción  $R1$ , considerará el tiempo de manufactura del producto único producido por la línea de producción, así para cada línea de las tres fábricas establecidas en la formulación.

Las restricciones resultantes están limitadas por el número de productos por planta  $j/k$ , número de fábricas  $k$ , y periodos totales  $T$  considerados por el horizonte de planeación. Así, para la cadena de suministro bajo análisis se tienen 90 restricciones.

##### R2 De capacidad de distribución primaria

$$\sum_{j=1}^J \sum_{k=p}^K \sum_{cd=A}^{CD} Y_{jkcdt} \leq lmdp_t$$

$$\forall \quad \begin{aligned} j &\in \{1, \dots, J\} \\ k &\in \{p, \dots, K\} \\ cd &\in \{A, \dots, CD\} \\ t &\in \{i, \dots, T\} \end{aligned}$$

La expresión  $R2$ , establece un límite máximo de distribución en la fase primaria, correspondiente a la capacidad máxima de viajes que pueden efectuarse, de las plantas a los centros de distribución. Es decir, establece la disponibilidad de la flota de vehículos para cada semana en el sistema.

El número total de restricciones generadas de  $R2$ , estará en función del número de periodos establecidos en el horizonte de planeación, el cual ha sido establecido en 6 semanas para la modelación en estudio.

R3 De igualdad entre envío primario y envío secundario

$$\left( \sum_{cl=g}^{CL} Z_{jcdclt} \right) + (q_{jcdt}) - \left( \sum_{cl=g}^{CL} U_{jcdclt} \right) = \sum_{k=p}^K Y_{jkcdt} + q_{jcdt-1}$$

$$\forall \quad \begin{aligned} j &\in \{1, \dots, J\} \\ k &\in \{p, \dots, K\} \\ cd &\in \{A, \dots, CD\} \\ cl &\in \{g, \dots, CL\} \\ t &\in \{i, \dots, T\} \end{aligned}$$

La ecuación R3, establece una igualdad entre la cantidad de producto que se introduce al almacén por medio de la distribución primaria, y la cantidad de producto que sale del almacén a causa de la distribución secundaria. Dicho en otras palabras, R3 establece una igualdad entre la distribución secundaria y la distribución primaria.

La restricción generará tantas ecuaciones en sistema, como dimensionados sean sus parámetros de  $j$ ,  $cd$  y  $T$ . En la aplicación se reportan un total de 180 restricciones que emanan de R3.

R4 De igualdad entre distribución primaria y fabricación

$$\left( \sum_{t=i}^{T-(T-1)} X_{j k t} \right) = \left( \sum_{t=i}^{T-(T-1)} \sum_{cd=A}^{CD} Y_{j k c d t} \right)$$

$$\left( \sum_{t=i}^{T-(T-2)} X_{j k t} \right) = \left( \sum_{t=i}^{T-(T-2)} \sum_{cd=A}^{CD} Y_{j k c d t} \right)$$

$$\left( \sum_{t=i}^{T-(T-3)} X_{j k t} \right) = \left( \sum_{t=i}^{T-(T-3)} \sum_{cd=A}^{CD} Y_{j k c d t} \right)$$

.

.

.

$$\left( \sum_{t=i}^{T-(T-T)} X_{j k t} \right) = \left( \sum_{t=i}^{T-(T-T)} \sum_{cd=A}^{CD} Y_{j k c d t} \right)$$

$$\forall \quad \begin{aligned} j &\in \{1, \dots, J\} \\ k &\in \{p, \dots, K\} \\ cd &\in \{A, \dots, CD\} \\ cl &\in \{g, \dots, CL\} \\ t &\in \{i, \dots, T\} \end{aligned}$$

La restricción R4 establece que la cantidad producida por los diversos entes de manufactura del sistema, deberá de ser igual a la cantidad de producto distribuido en la fase primaria, esto definido para cada periodo de la modelación. Tal conjunto de ecuaciones reitera la adopción de capacidad nula de almacenamiento de los centros de manufactura.

La cantidad de productos por fábrica, el total de periodos en el horizonte de planeación, así como el número de los centros productivos que conforman el sistema definirá la cantidad de restricciones que emanen de R4. Para el caso de estudio son 90 inecuaciones.

R5 De definición de  $Z_{jcdclt}$  única

$$Z_{jcdclt} = Dem_{jcdclt} - U_{jcdclt} + U_{jcdclt-1}$$

$$\forall \begin{aligned} j &\in \{1, \dots, J\} \\ cd &\in \{A, \dots, CD\} \\ cl &\in \{g, \dots, CL\} \\ t &\in \{i, \dots, T\} \end{aligned}$$

La ecuación *R5* define la variable de decisión  $Z_{jcdclt}$ , relacionada a la cantidad de producto a distribuir en la fase secundaria. En el contexto de la cadena de suministro bajo estudio en esta disertación, *R5* genera 360 restricciones, las cuales son determinadas por el número de productos  $j$ , la cantidad de centros de distribución  $cd$  en el sistema, las regiones de entrega por centro de distribución y finalmente, el número de periodos que conforman el horizonte de planeación.

Considere que la variable  $U_{jcdclt}$  denota un nivel de producto no entregado a los clientes, esto debido a que las condiciones de operación del sistema imposibilitaron al equipo de reparto para dicha tarea (ya sea por bajo nivel de inventarios, capacidad limitada de producción, niveles de demanda excesivos para la semana en cuestión, u otras muchas causas).

La ecuación *R5* establece una igualdad del envío secundario de producto, con respecto a las necesidades de demanda y obligaciones por parte del sistema de entregas. Es decir, la cantidad de producto  $j$  que es enviado del centro de distribución  $cd$  a un centro de consumo  $cl$  en una determinada semana, corresponderá a la suma de producto que adeudaba el sistema de entregas en la semana anterior más la cantidad máxima de producto que le permita satisfacer las necesidades de mercado establecidas en la demarcación en cuestión.

El modelo también, requiere una definición de la variable de decisión  $Z_{jcdclt}$  en forma conglomerada, lo cual es establecido en la restricción *R22*, creando una cantidad de envío máxima de producto respetando las necesidades del mercado y las obligaciones de entrega conforme las semanas transcurren en el horizonte de planeación fijado en la modelación. Es decir, las restricciones *R5* y *R22* definen conjuntamente la cantidad de envío secundario a los centros de consumo.

El conjunto de restricciones *R6*, *R7*, *R8*, *R9*, *R10* y *R11* definen el nivel de entregas que el sistema adeuda en la fase de distribución secundaria. Es decir, tales restricciones determinan el valor de la variable  $U_{jcdclt}$ .

Lo anterior se hace posible gracias a un arreglo lógico, representado por una característica de unificación establecida por medio de variables binarias. Tal agrupación de restricciones (de R6 a R11) obedece a la siguiente estructura;

**Sí,**

$$Z_{jcdclt} < Dem_{jcdclt} + U_{jcdclt} - U_{jcdclt-1}$$

**entonces**

$$U_{jcdclt} = Dem_{jcdclt} - Z_{jcdclt} + U_{jcdclt-1} ,$$

**En caso contrario,**

$$U_{jcdclt} = 0$$

Dicho arreglo lógico enfatiza que, en caso de que el nivel de entregas en una determinada semana sea menor a la cantidad de producto requerido por las necesidades del mercado y las obligaciones por adeudos pendientes, existirá un valor positivo para la variable  $U_{jcdclt}$ , la cual denota que el sistema de entregas no pudo satisfacer en tiempo y forma el suministro de producto en la semana en cuestión. En contraparte, si el sistema de entregas satisface adecuadamente los requerimientos de producto generados de la demanda y obligaciones diferidas, el nivel de adeudo será nulo.

A continuación se presentan las restricciones en cuestión.

R6 De definición de  $U_{jcdclt}$  en  $t=i$  a  $t=T$ , Apartado 1

$$Z_{jcdclt} - Dem_{jcdclt} - U_{jcdclt} + U_{jcdclt-1} < (M \cdot BIN_{jcdclt})$$

$$\forall \begin{aligned} & j \in \{1, \dots, J\} \\ & cd \in \{A, \dots, CD\} \\ & cl \in \{g, \dots, CL\} \\ & t \in \{i, \dots, T\} \\ & BIN_{jcdclt} \in \{0, 1\} \end{aligned}$$

Esta restricción, junto con  $R7$  a  $R11$ , establece en el modelo la decisión lógica del nivel de entregas tardías. Esto como resultado del arreglo establecido en las 6 restricciones mencionadas y la bondad generada por la naturaleza binaria de las variables auxiliares  $BIN_{jcdclt}$  y  $NIV_{jcdclt}$ .

El apéndice C, arreglos lógicos del modelo asociado a la cadena de suministro bajo estudio, en su apartado C.1, muestra como es que tal conjunto de restricciones definen a la variable  $U_{jcdclt}$  con respecto a un escenario de conveniencia a la función objetivo.

De tal forma la cantidad de inecuaciones resultantes por  $R6$  (y para cualquiera de las restricciones pertenecientes a tal conjunto  $R6 - R11$ ) se establecen en 360, cantidad definida por la cantidad de productos  $j$ , el número de centros de distribución en el sistema  $cd$ , regiones de entrega por centro de distribución, y el número de periodos que conforman el horizonte de planeación de la modelación.

$R7$  De definición de  $U$  en  $t=i$  a  $t=T$ , Apartado 2

$$-\left(M \cdot BIN_{jcdclt}\right) + U_{jcdclt} \leq Dem_{jcdclt} - Z_{jcdclt} + U_{jcdclt-1} + \left(M \cdot BIN_{jcdclt}\right)$$

$$\forall \begin{aligned} j &\in \{1, \dots, J\} \\ cd &\in \{A, \dots, CD\} \\ cl &\in \{g, \dots, CL\} \\ t &\in \{i, \dots, T\} \\ BIN_{jcdclt} &\in \{0, 1\} \end{aligned}$$

$R7$  obedece a un conjunto de restricciones que hacen posible la definición de la variable  $U_{jcdclt}$  bajo los parámetros propios de la modelación. Es decir, si el sistema no puede satisfacer el nivel de pedidos fijado por la demanda, deberá asignarse un valor positivo a dicha variable de adeudo.

La cantidad de inecuaciones generadas por  $R7$  para el modelo aplicativo corresponde a 360.



R8 De definición de U en t=i a t=T, Apartado 3

$$\begin{aligned} (M \cdot NIV_{jcdclt}) + (1 - NIV_{jcdclt}) + (BIN_{jcdclt}) \\ \leq 1 + (M \cdot (BIN_{jcdclt} - NIV_{jcdclt})) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \forall \quad j \in \{1, \dots, J\} \\ cd \in \{A, \dots, CD\} \\ cl \in \{g, \dots, CL\} \\ t \in \{i, \dots, T\} \\ NIV_{jcdclt} \in \{0, 1\} \\ BIN_{jcdclt} \in \{0, 1\} \end{aligned}$$

La presente restricción, al igual que R6, R7, R9, R10 y R11 establece el valor de la variable de adeudo de entregas.

Igualmente genera 360 inecuaciones en el modelo de aplicación bajo análisis en esta disertación.

R9 De definición de U en t=i a t=T, Apartado 4

$$\begin{aligned} (M \cdot BIN_{jcdclt}) + U_{jcdclt} + (M \cdot NIV_{jcdclt}) \\ \geq Dem_{jcdclt} - Z_{jcdclt} + U_{jcdclt-1} - (M \cdot NIV_{jcdclt}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \forall \quad j \in \{1, \dots, J\} \\ cd \in \{A, \dots, CD\} \\ cl \in \{g, \dots, CL\} \\ t \in \{i, \dots, T\} \\ BIN_{jcdclt} \in \{0, 1\} \\ NIV_{jcdclt} \in \{0, 1\} \end{aligned}$$

De forma pura,  $R7$  y  $R9$  definen el valor de  $U_{jcdclt}$  cuando el nivel de adeudo es positivo. Pero como ya se ha comentado anteriormente, tal restricción pertenece a un arreglo binario que permite modelar la variable de acuerdo a las condiciones de entrega generadas por el sistema. Igualmente genera 360 inequaciones para la modelación objeto de estudio de la tesis.

R10 Restricción de Definición de U en  $t=1$  a  $t=T$ , Apartado 5

$$M(1 - BIN_{jcdclt}) + U_{jcdclt} \geq NIV_{jcdclt}$$

$$\forall \begin{array}{l} j \in \{1, \dots, J\} \\ cd \in \{A, \dots, CD\} \\ cl \in \{g, \dots, CL\} \\ t \in \{i, \dots, T\} \\ BIN \in \{0, 1\} \\ NIV \in \{0, 1\} \end{array}$$

$R10$  junto con  $R11$  definen el valor de  $U_{jcdclt}$  para cuando su valor es cero. No perteneciendo al conjunto de  $R6$  a  $R11$  carece de significado.

R11 Restricción de Definición de U en  $t=1$  a  $t=T$ , Apartado 6

$$U_{jcdclt} \leq NIV_{jcdclt} + M(1 - BIN_{jcdclt})$$

$$\forall \begin{array}{l} j \in \{1, \dots, J\} \\ cd \in \{A, \dots, CD\} \\ cl \in \{g, \dots, CL\} \\ t \in \{i, \dots, T\} \\ NIV \in \{0, 1\} \\ BIN \in \{0, 1\} \end{array}$$

Esta es la última restricción que define a la variable  $U_{jcdclt}$ , y al igual que las restricciones por las cuales se integra el arreglo binario, genera 360 inequaciones. Ha de comentarse que en total el arreglo de definición de  $U_{jcdclt}$  en sus 6 apartados generan un total de 2,160 restricciones para la empresa en estudio, lo cual hace puntual el tratado de la modelación por medio de una herramienta de cómputo eficaz.

**R12 De igualdad entre oferta y demanda**

$$\begin{aligned} & \left( \sum_{j=1}^J \sum_{k=p}^K \sum_{cd=A}^{CD} \sum_{t=i}^T Y_{jkcdt} \right) \\ & + \left( \sum_{j=1}^J \sum_{cd=A}^{CD} q_{jcdt=0} \right) \\ & + \left( \sum_{j=1}^J \sum_{cd=A}^{CD} \sum_{cl=g}^{CL} U_{jcdclt=T} \right) = \\ & \sum_{j=1}^J \sum_{cd=A}^{CD} \sum_{cl=g}^{CL} \sum_{t=i}^T Dem_{jcdclt} \\ & + \sum_{j=1}^J \sum_{cd=A}^{CD} q_{jcdt=T+1} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \forall \quad & j \in \{1, \dots, J\} \\ & k \in \{p, \dots, K\} \\ & cd \in \{A, \dots, CD\} \\ & cl \in \{g, \dots, CL\} \\ & t \in \{0, \dots, T\} \end{aligned}$$

La ecuación R4 establece un equilibrio entre lo manufacturado y lo distribuido en el sistema en la fase primaria. Ahora, se hace necesario el igualar la cantidad de producto distribuida en la fase primaria y la demanda total que es generada en el sistema, lo cual es representado por la restricción R12.

Es decir,  $R12$  considera que la cantidad total inicial de producto almacenado y distribuido a los centros de distribución, es igual al total de la demanda de producto más la cantidad generada de inventario para hacer frente al comienzo del siguiente horizonte de planeación menos lo que no se entregó a los clientes. Dicho en otras palabras,  $R12$  establece una igualdad entre producto disponible y demanda. Considerando que esta restricción se relaciona con  $R4$ , se establece tácitamente una igualdad entre oferta y demanda en el sistema.

Para  $R12$  no influye el número de productos, centros de distribución o periodos del horizonte de planeación; siempre generará solo una igualdad, una ecuación. Sin embargo, los argumentos que esta pueda tener son cuantiosos, y si dependen directamente de los parámetros comentados anteriormente.

Para poder modelar la realidad asociada a la empresa en estudio, con respecto al problema de planeación, el modelo se vale de arreglos que generan funciones lógicas en su formulación. Tal es el caso del siguiente conjunto de restricciones, las cuales definen la existencia de inventario para el periodo  $t = T + 1$ , sí y solo sí, se cumplen ciertas condiciones.

Así, el nuevo conjunto de restricciones que hacen un arreglo lógico, es aquel integrado por  $R13$  a  $R21$ . A continuación se esquematiza lo que tal agrupación define en la formulación.

**Sí,**

Existe la capacidad de producción para  $q_{jcd\ t=T+1}$  ,

**y**

Existe la capacidad de distribución para  $q_{jcd\ t=T+1}$  ,

**y**

El sistema no ha incurrido en entregas nulas, es decir,  $U_{jcd\ cl\ t=T} = 0$  ,

**entonces**

$$q_{jcd\ t=T+1} \geq 1 ,$$

**pero**

$$q_{jcd\ t=T+1} \leq \text{Nivel deseado de inventario} ,$$

**En caso contrario,**

$$q_{jcd\ t=T+1} = 0 .$$

Lo anterior denota una función lógica de tipo condicionante, determinada a la existencia de tres eventos en particulares; capacidad de producción, de distribución y un nivel

de adeudo de entregas nulo. La fineza de las variables binarias, podrá hacer realidad, la interpretación matemática de semejante arreglo.

El apéndice C, en su apartado C.2, esquematiza la operatividad de las restricciones que conforman al arreglo binario mostrado anteriormente, a fin de obtener una función lógica condicional por su configuración estructural.

A continuación son mostradas las restricciones en cuestión.

**R13 De existencia de capacidad excedente de producción**

$$\sum_{j=1}^J \sum_{k=p}^K \sum_{t=i}^T tp_{jkt} X_{jkt} < \sum_{k=p}^K \sum_{t=i}^T tmd_{kt} + M(BBIN_{j\ cd\ t=T+1} - NNIV_{j\ cd\ t=T+1})$$

$$\begin{aligned} \forall \quad & j \in \{1, \dots, J\} \\ & k \in \{p, \dots, K\} \\ & cd \in \{A, \dots, CD\} \\ & t \in \{i, \dots, T\} \\ & BBIN_{j\ cd\ t=T+1} \in \{0, 1\} \\ & NNIV_{j\ cd\ t=T+1} \in \{0, 1\} \end{aligned}$$

La presente restricción *R13* define en el modelo, si es que existe o no, capacidad excedente de producción. Esto de acuerdo al nivel de demanda, y a la capacidad de respuesta establecida por las líneas de producción de cada fábrica en el sistema.

El total de inecuaciones generadas para *R13*, estará en función del total de artículos *j* manejados en el sistema, así como el número de centros de distribución *cd* en operación. Así, para la modelación del sistema productivo bajo análisis en esta disertación, *R13* generará solamente 30 inecuaciones. Lo mismo aplica para *R14* a *R21* dado que la definición del nivel de inventario para cada artículo y centro de distribución esta asociado al arreglo de las mencionadas restricciones.

R14 De existencia de capacidad excedente de distribución primaria

$$\begin{aligned}
 & M(BBIN_{j\ cd\ t=T+1} - NNIV_{j\ cd\ t=T+1}) \\
 & + \sum_{t=i}^T lmdp_t + \sum_{j=1}^J \sum_{cd=A}^{CD} q_{j\ cd\ t=0} > \sum_{j=1}^J \sum_{cd=A}^{CD} \sum_{cl=g}^{CL} \sum_{t=i}^T Dem_{j\ cd\ cl\ t} \\
 & - \sum_{j=1}^J \sum_{cd=A}^{CD} \sum_{cl=g}^{CL} U_{j\ cd\ cl\ t=T} \\
 & \quad \forall \quad j \in \{1, \dots, J\} \\
 & \quad \quad cd \in \{A, \dots, CD\} \\
 & \quad \quad cl \in \{g, \dots, CL\} \\
 & \quad \quad t \in \{0, \dots, T\} \\
 & \quad \quad BBIN_{j\ cd\ t=T+1} \in \{0, 1\} \\
 & \quad \quad NNIV_{j\ cd\ t=T+1} \in \{0, 1\}
 \end{aligned}$$

R14 establece en la formulación la existencia excedente de distribución en su fase primaria. El objetivo de la restricción es asegurar un abastecimiento a los centros de distribución para hacer frente a la demanda generada por el sistema. Si las condiciones establecen una holgura para la distribución de producto en su fase primaria (y si es que existe capacidad de producción), se podrá considerar un nivel de inventario positivo para el periodo  $t = T + 1$ .

No es requerida una restricción que modele una capacidad de distribución secundaria. Lo anterior es debido a dos causas. La primera de ellas es que las bebidas son abastecidas de las fábricas a los centros de distribución, y no propiamente de las fábricas a los centros de consumo. La segunda causa, efecto matemático de la formulación, es dado a la definición de la variable  $Z_{j\ cd\ cl\ t}$ , la cual esta en función del nivel de entregas pendientes  $U_{j\ cd\ cl\ t}$ , y del nivel de demanda generado en el horizonte de planeación.

R15 Restricción que limita a  $q_{t=T+1}$ , si y solo si  $U_{jcdclt=T} = 0$ , Apartado 1

$$\sum_{cl=g}^{CL} U_{jcdclt=T} \geq BBIN_{jcdt=T+1}$$

$$\forall j \in \{1, \dots, J\}$$

$$cd \in \{A, \dots, CD\}$$

$$cl \in \{g, \dots, CL\}$$

$$t \in \{i, \dots, T\}$$

$$BBIN_{jcdt=T+1} \in \{0, 1\}$$

R15, junto con R16 establecen la existencia de un nivel de inventario para el periodo  $t = T + 1$ , si es que se cumple que el nivel de entregas nulas es de cero. Como ya se ha comentado, este conjunto de restricciones estará limitado por la magnitud del número de productos  $j$  y centros de distribución  $cd$  manejados por el sistema.

R16 Restricción que limita a  $q_{t=T+1}$ , si y solo si  $U_{jcdclt=T} = 0$ , Apartado 2

$$M(NNIV_{jcdt=T+1}) \leq (1 - BBIN_{jcdt=T+1})$$

$$\forall j \in \{1, \dots, J\}$$

$$cd \in \{A, \dots, CD\}$$

$$cl \in \{g, \dots, CL\}$$

$$t \in \{i, \dots, T\}$$

$$BBIN_{jcdt=T+1} \in \{0, 1\}$$

$$NNIV_{jcdt=T+1} \in \{0, 1\}$$

R17 De definición de  $Q_{t=T+1}$ , Apartado 1

$$\begin{aligned}
 q_{j\ cd\ t=T+1} &\leq \textit{nid} \textit{ para } q_{j\ cd\ t=T+1} + M(BBIN_{j\ cd\ t=T+1}) \\
 \forall \quad j &\in \{1, \dots, J\} \\
 cd &\in \{A, \dots, CD\} \\
 cl &\in \{g, \dots, CL\} \\
 t &\in \{i, \dots, T\} \\
 BBIN_{j\ cd\ t=T+1} &\in \{0, 1\}
 \end{aligned}$$

El conjunto de restricciones de R17 a R21, propiamente establecen el valor de la variable  $Q_{t=T+1}$ , propiciando un nivel de inventario de acuerdo a las condiciones de capacidad de manufactura y distribución que la dinámica del sistema real genere.

Justo R17 y R19 harán que  $Q_{t=T+1}$  sea positiva y menor a un nivel de inventario deseado *nid*, esto cuando las variables binarias asuman una combinación de valores de  $BIN_{j\ cd\ cl\ t} = 0$  y  $NIV_{j\ cd\ cl\ t} = 0$ , generando el sistema condiciones de capacidad productiva y de distribución.

Si el contexto que envuelve la dinámica del sistema no genera condiciones de capacidad de manufactura ó capacidad de distribución ó ambas, R20 y R21 propiamente fijarán en cero el valor de  $Q_{t=T+1}$ .



R18 De definición de  $q_{t=T+1}$ , Apartado 2

$$\begin{aligned}
 M(NNIV_{jcd\ t=T+1}) + (1 - NNIV_{jcd\ t=T+1}) + (BBIN_{jcd\ t=T+1}) \\
 \leq 1 + M(BBIN_{jcd\ t=T+1}) \\
 \forall \quad j \in \{1, \dots, J\} \\
 \quad cd \in \{A, \dots, CD\} \\
 \quad cl \in \{g, \dots, CL\} \\
 \quad t \in \{i, \dots, T\} \\
 \quad BBIN_{jcd\ t=T+1} \in \{0, 1\} \\
 \quad NNIV_{jcd\ t=T+1} \in \{0, 1\}
 \end{aligned}$$

R18 es resultado de un arreglo que define al nivel de inventario para el periodo  $t = T + 1$ . Propiamente esta restricción actúa como un filtro de sentencia, verdadera o falsa, según a conveniencia para la modelación.

R19 De definición de  $q_{t=T+1}$ , Apartado 3

$$\begin{aligned}
 M(BBIN_{jcd\ t=T+1}) + q_{jcd\ t=T+1} + M(NNIV_{jcd\ t=T+1}) \\
 > 0 - M(NNIV_{jcd\ t=T+1}) \\
 \forall \quad j \in \{1, \dots, J\} \\
 \quad cd \in \{A, \dots, CD\} \\
 \quad cl \in \{g, \dots, CL\} \\
 \quad t \in \{i, \dots, T\} \\
 \quad BBIN_{jcd\ t=T+1} \in \{0, 1\} \\
 \quad NNIV_{jcd\ t=T+1} \in \{0, 1\}
 \end{aligned}$$

La presente restricción define una cota inferior para  $Q_{t=T+1}$ , cuando la formulación le define como positiva. Así mismo actúa como un filtro de sentencia para definir el nivel de inventario en  $t = T + 1$ .

R20 De definición de  $Q_{t=T+1}$ , Apartado 4

$$M(1 - BBIN_{jcd t=T+1}) + q_{jcd t=T+1} \geq NNIV_{jcd t=T+1}$$

$$\forall \quad j \in \{1, \dots, J\}$$

$$cd \in \{A, \dots, CD\}$$

$$cl \in \{g, \dots, CL\}$$

$$t \in \{i, \dots, T\}$$

$$BBIN_{jcd t=T+1} \in \{0, 1\}$$

$$NNIV_{jcd t=T+1} \in \{0, 1\}$$

Tal restricción, junto con R21 propiamente es la que define el valor de cero al nivel de inventario en  $t = T + 1$ , esto para cuando no se cumplen condiciones de producción o distribución en el sistema.

R21 De definición de  $Q_{t=T+1}$ , Apartado 5

$$q_{jcd t=T+1} \leq NNIV_{jcd t=T+1} + M(1 - BBIN_{jcd t=T+1})$$

$$\forall \quad j \in \{1, \dots, J\}$$

$$cd \in \{A, \dots, CD\}$$

$$cl \in \{g, \dots, CL\}$$

$$t \in \{i, \dots, T\}$$

$$BBIN_{jcd t=T+1} \in \{0, 1\}$$

$$NNIV_{jcd t=T+1} \in \{0, 1\}$$

R22 De definición de Z conjunta

$$\left( \sum_{t=i}^{T-(T-1)} Z_{jcdclt} \right) \leq \left( \sum_{t=i}^{T-(T-1)} Dem_{jcdclt} \right) - U_{jcdclt=T-(T-1)} + U_{jcdclt=T-(T)}$$

$$\left( \sum_{t=i}^{T-(T-2)} Z_{jcdclt} \right) \leq \left( \sum_{t=i}^{T-(T-2)} Dem_{jcdclt} \right) - U_{jcdclt=T-(T-2)} + U_{jcdclt=T-(T-1)}$$

$$\left( \sum_{t=i}^{T-(T-3)} Z_{jcdclt} \right) \leq \left( \sum_{t=i}^{T-(T-3)} Dem_{jcdclt} \right) - U_{jcdclt=T-(T-3)} + U_{jcdclt=T-(T-2)}$$

.

.

.

$$\left( \sum_{t=i}^{T-(T-T)} Z_{jcdclt} \right) \leq \left( \sum_{t=i}^{T-(T-T)} Dem_{jcdclt} \right) - U_{jcdclt=T-(T-T)} + U_{jcdclt=T-(T-1)}$$

$$\forall \quad \begin{aligned} j &\in \{1, \dots, J\} \\ cd &\in \{A, \dots, CD\} \\ cl &\in \{g, \dots, CL\} \\ t &\in \{i, \dots, T\} \end{aligned}$$

La definición del nivel de producto enviado a los centros de consumo en su fase secundaria es establecido por  $Z_{jcdclt}$ . Tal variable es definida en *dos momentos*.

El *primero* de ellos es con respecto al periodo singular de tiempo generado para la variable, es decir, de acuerdo a conveniencia de la formulación dados ciertos niveles de demanda y entregas no conformes ya acontecidos. Así pues, la definición de la variable es por periodo, y tal escenario es definido por la ecuación R5, la cual ajusta a  $Z_{jcdclt}$  de acuerdo al nivel de demanda y entregas no conformes actualizado al periodo de evaluación  $t$ . Tácitamente, R5 define al nivel de entregas en función al pasado.

El *segundo momento* que define a  $Z_{jcdclt}$  es tomando en cuenta a todo el horizonte de planeación establecido en la formulación. Es decir, la definición del nivel de entrega a los centros de consumo no es singular a un periodo, sino respetando la operatividad de las variables a través del tiempo definido en la formulación. Tal escenario es representado por *R22*, en donde tal restricción ajusta a  $Z_{jcdclt}$  no solamente de acuerdo al pasado, sino también al horizonte completo de planeación en el que interactúa la modelación.

De tal forma *R22*, define a la variable de decisión en forma integral a través de tiempo. El número de restricciones generadas será función del número de productos  $j$ , centros de distribución  $cd$ , centros de consumo por centro de distribución  $cl/cd$ , así como periodos totales  $T$  manejados en el sistema. Para la formulación objeto de estudio de esta disertación, *R22* generará un total de 360 inecuaciones.

*R23 de cota máxima de Z*

$$\sum_{cl=g}^{CL} Z_{jcdclt} \leq \sum_{k=p}^K Y_{jkcdt} + q_{jcdt-1}$$

$$\forall \begin{aligned} j &\in \{1, \dots, J\} \\ k &\in \{p, \dots, K\} \\ cd &\in \{A, \dots, CD\} \\ cl &\in \{g, \dots, CL\} \\ t &\in \{i, \dots, T\} \end{aligned}$$

La cantidad máxima de envío, en la fase secundaria, estará limitada al nivel de inventario existente en los centros de distribución, así como del producto que sea recibido de las fábricas (para el periodo en cuestión). Tal condición es establecida por la restricción *R23*.

La dimensión generada por esta restricción estará sujeta al número de productos  $j$ , centros de distribución  $cd$  y periodos totales  $T$  involucrados en la modelación. Así *R23* genera 180 inecuaciones para la aplicación mostrada en secciones siguientes.

Finalmente es presentada la última restricción de la formulación, la *R24*. Esta restricción define a  $q_{jcdt=T+1}$  en forma conjunta con respecto a las condiciones de operación efectuadas a través de todo el horizonte de planeación.

R24 de definición de  $q_{t=T+1}$  en forma global

La presente restricción establece que el total de inventario, es decir,

$$\sum_{j=1}^J \sum_{cd=A}^{CD} q_{jcdt=T+1}$$

no deberá de sobrepasar el total de la capacidad excedente de producción. Tal restricción se integra de tres desigualdades (R24.1, R24.2 y R24.3), y hace uso exclusivo de una variable de naturaleza binaria.

La primera de ellas, R24.1, es una regla de decisión la cual se vale de una comparativa del valor del inventario inicial y la capacidad excedente de producción, con respecto a la demanda total generada en el sistema.

$$M(BINNN) + \frac{\sum_{k=p}^K \sum_{t=i}^T tmd_{kt}}{\sum_{j=1}^J \sum_{k=p}^K \sum_{t=i}^T tp_{jkt}} + \sum_{j=1}^J \sum_{cd=A}^{CD} q_{jcdt=0} - \sum_{j=1}^J \sum_{cd=Acl=g}^{CD} \sum_{t=i}^T Dem_{jcdclt} > 0,$$

R24.1

La segunda y tercera restricción que conforman a R24, actúan como una sentencia verdadera o falsa, esto para generar escenarios de conveniencia en el modelo.

$$\sum_{j=1}^J \sum_{cd=A}^{CD} q_{jcdt=T+1}$$

$$\leq \left( \frac{\sum_{k=p}^K \sum_{t=i}^T tmd_{kt}}{\sum_{j=1}^J \sum_{k=p}^K \sum_{t=i}^T tp_{jkt}} + \sum_{j=1}^J \sum_{cd=A}^{CD} q_{jcdt=0} - \sum_{j=1}^J \sum_{cd=Acl=g}^{CD} \sum_{t=i}^T Dem_{jcdclt} \right) * (1 - BINNN),$$

R24.2

$$\sum_{j=1}^J \sum_{cd=A}^{CD} q_{jcdt=T+1} > (BINNN - BINNN),$$

R24.3

Todas ellas bajo la notación de los siguientes parámetros:

$$\begin{aligned}
 \forall \quad & j \in \{1, \dots, J\} \\
 & k \in \{p, \dots, K\} \\
 & cd \in \{A, \dots, CD\} \\
 & cl \in \{g, \dots, CL\} \\
 & t \in \{0, i, \dots, T\} \\
 & BINNN \in \{0, 1\}
 \end{aligned}$$

Sin embargo, analizando el objetivo que persigue *R24*, el cual es la determinación de una holgura con respecto a la satisfacción de la demanda, se podría reducir la complejidad computacional de la formulación.

Es decir, si a priori (antes de correr el modelo) se sabe de la existencia de tal holgura de satisfacción de la demanda (la cual será la que propicie el nivel de inventario en  $t = T + 1$ ) *R24* puede ser representada por una única restricción, la cual es la siguiente (*R24.s*). Así simplificando:

$$\sum_{j=1}^J \sum_{cd=A}^{CD} q_{jcdt=T+1} \leq \frac{\sum_{k=p}^K \sum_{t=i}^T tmd_{kt}}{\sum_{j=1}^J \sum_{k=p}^K \sum_{t=i}^T tp_{jkt}} + \sum_{j=1}^J \sum_{cd=A}^{CD} q_{jcdt=0} - \sum_{j=1}^J \sum_{cd=A}^{CD} \sum_{cl=g}^{CL} \sum_{t=i}^T Dem_{jcdclt}$$

*R24.s*

Tal inecuación sólo será válida sí, y solo sí la demanda total no es mayor a la capacidad de producción más el inventario inicial existente en los centros de distribución. Para la aplicación del modelo propuesto a la cadena de suministro objeto de estudio de este capítulo, sus parámetros establecen una mayor dimensión a la oferta generada por el sistema, con respecto a la demanda total asociada al horizonte de planeación. Por lo cual se ha establecido la aplicación por medio de *R24.s*.

Finalmente, se desea señalar que el modelo propuesto es susceptible a mejoras, principalmente con respecto a escenarios de ruteo de vehículos. Es decir, la optimización logística no solo debe de establecer la *cantidad* de producción, almacenamiento y distribución a través del horizonte de tiempo en la planeación, sino también la *forma* en que el producto debe de ser manipulado. Tales mejoras podrán efectuarse sólo si se cuenta con una herramienta informática robusta. Por ejemplo, fácilmente pueden ser incorporadas restricciones que limiten la capacidad de almacenamiento de los centros de distribución, o restricciones que limiten la distribución secundaria a una capacidad de reparto máximo a través del horizonte de planeación.

Sin embargo, las características de la modelación efectuada a la cadena de suministro bajo estudio (número de productos, fábricas, centros de distribución y periodos considerados) establecieron una dimensión en el paquete de cómputo al máximo de su capacidad de modelación. Generando así los supuestos de que los centros de distribución presentan una amplia capacidad de almacenamiento, y, que se cuenta, en la fase secundaria de distribución con una robusta flotilla de transporte para hacer frente a las necesidades de reparto establecidas por las condiciones de demanda y oferta inmersas en el modelo.

La sección 4.3 muestra los resultados de la aplicación informática, y en tal formulación ningún supuesto establecido en el modelo sobrepasa a la realidad de la cadena de suministro bajo estudio. Es decir, los resultados arrojados por la herramienta informática obedecen a los supuestos de capacidad ilimitada de almacenamiento y distribución secundaria, pero a la vez no rebasan tales parámetros en el sistema real modelado.

### 4.2.3 Solución del Modelo

La tercera fase del proyecto de optimización de la cadena de suministro bajo análisis, corresponde a la solución del modelo anteriormente presentado. Tal etapa fue desarrollada por medio de la herramienta informática. La paquetería empleada fue *LINGO*, de la firma norteamericana Lingo Systems Inc. *LINGO* es un programa de cómputo para modelar formulaciones de optimización, el cual puede emplear el algoritmo simplex primal, simplex dual, así como algoritmos de ramificación y acotamiento, para llegar a la solución de la formulación que en él se establezcan.

La capacidad de modelación la establecerá, la versión del paquete informático, pudiendo incorporar modelos con una complejidad lineal, e incluso no lineal en su operación. La sección 4.2.1.2, descripción de la cadena de suministro objeto de estudio, plantea las principales limitantes para el proyecto de optimización asociado a esta disertación, y entre éstas se encuentra la robustez de la paquetería informática a la cual se tenga acceso para la solución del modelo propuesto.

La versión de *LINGO* empleada para la solución del modelo pertenece a Hyper LINGO 10.0, la cual permite modelar formulaciones integradas, a lo más, por 4,000 restricciones, 8,000 variables, y entre éstas, solamente un conjunto de 800 variables enteras (integrando en el conjunto entero, a las variables binarias). La limitante de modelación binaria de la versión de *LINGO* empleada, representa para nuestro modelo, poca libertad de modelación con respecto al sistema real en cuestión. Por lo anterior el sistema a modelar tiene una configuración de, solamente, 6 productos, 3 plantas, 5 centros de distribución, y 10 regiones de entrega; elementos que serán proyectados en un horizonte de planeación de mes y medio (6 semanas). Ha de considerarse que los entes logísticos de la modelación realizada (plantas, centros de distribución, etc.), son de los más críticos del sistema real considerado.

Con base en la limitante de cómputo generada de la herramienta informática, se ha optado por representar la distribución secundaria de la cadena de suministro en cuestión, de forma conglomerada. Es decir, el detalle de entrega que el modelo puede establecer es tan fino, que éste puede ser establecido por cliente. Sin embargo para la modelación realizada en este proyecto, no se ha considerado a clientes, sino a conjuntos de éstos. Tal interpretación puede ser visualizada también, como rutas de entrega en la fase de distribución secundaria. De tal forma, la demanda asociada a la región de entrega Norte del Centro de Distribución "A", corresponde a una integración de demandas parciales, representadas por la necesidad de producto de varios clientes.

Otra consideración importante que se ha de mencionar, fue la necesidad de ajustar el modelo al paquete de cómputo empleado. La capacidad de precisión de la versión de *LINGO* manejada, obedece sólo a cierto rango. Así, cuando al modelo se le introducían datos que se alejaban del rango de precisión, los resultados de la formulación presentaban inconsistencia (por ejemplo, para la fase primaria, los resultados arrojados indicaban distribuir mayor cantidad de producto, de la que se había fabricado). La detección de este problema en la solución del modelo, representa, para el autor de esta tesis, una significancia de la misma magnitud que la creación del propio modelo. El problema fue resuelto estableciendo una regla de ponderación generada de los parámetros críticos, la cual establece un factor multiplicativo para varios de los sumandos en la función objetivo, a tal manera de que el resultado calculado por el paquete de cómputo, permanezca al rango de precisión en el cual el modelo fuera válido.



#### 4 Modelación de una cadena de suministro relativa a una empresa dedicada a la elaboración de bebidas refrescantes

El equipo de cómputo en el que se efectuó la ejecución del modelo, no presenta características especiales. Es una computadora personal, con un modesto procesador de 2.66 GHz, y memoria de acceso aleatorio de 448 MB (memoria RAM)<sup>2</sup>, la cual genera la solución del modelo en un tiempo de 27 segundos, realizando para ello LINGO, 13,532 iteraciones en 500 pasos, resolviendo un modelo con un total de 2,251 variables reales, 780 variables binarias y 3,700 restricciones (Ver figura 4.2).

Tales estadísticas pueden variar un tanto, debido a que la solución asociada al modelo no es única. Es decir, existen varias combinaciones de resultados, que generan el mismo nivel de ahorro para la función objetivo, con lo cual el modelo puede variar en el número de iteraciones, pasos y tiempo de cálculo asociados a la solución resultante. El Apéndice C muestra el modelo de optimización de la cadena de suministro bajo estudio.

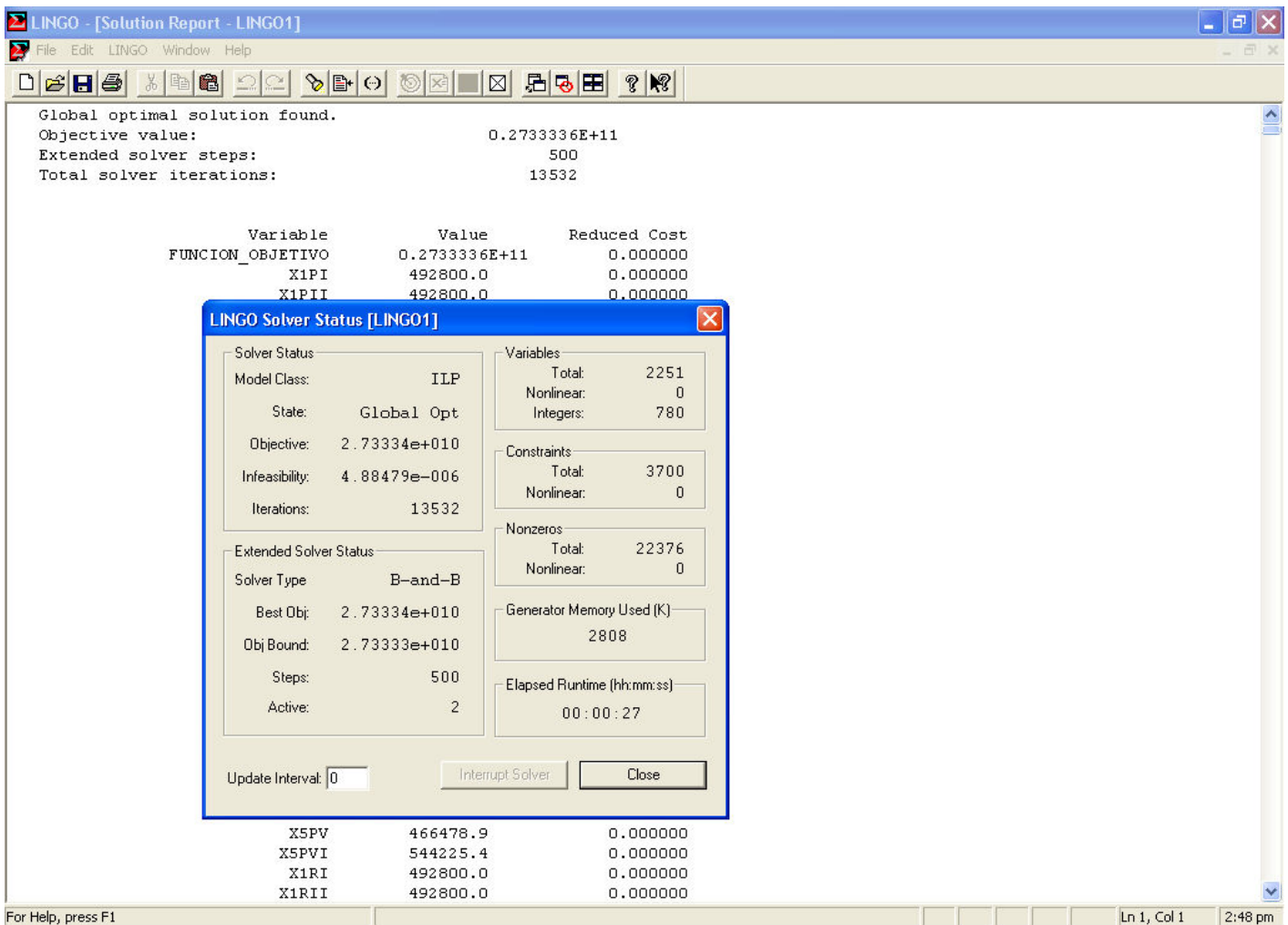


Figura 4.2

Resumen de la Solución proporcionada por LINGO

<sup>2</sup> La memoria de acceso aleatoria (RAM, por su acrónimo en la lengua inglesa *Random Access Memory*), es la memoria, desde donde el procesador recibe las instrucciones y guarda los resultados. Sin duda, característica que no denota trascendencia alguna para el equipo de cómputo empleado en la modelación.

#### 4.2.4 Validación del Modelo

Una vez establecido el modelo, se procede a validarlo, esto es, asegurar que el modelo se comporta de la misma forma que el sistema real. Gracias a esta fase de la investigación operativa, se pudo establecer con éxito la propuesta asociada en esta disertación.

La validación del modelo tiene como fin el comprobar que la formulación, proporcione información veraz del sistema real al cual hace alusión. Las técnicas existentes para poder conllevar tan particular objetivo son variadas, y en general dependen del tipo de problema, su naturaleza probabilística, y del entorno que determina la dinámica del sistema real.

Es común en esta etapa; la alteración de los datos, comparar la actuación histórica del sistema real contra los resultados del modelo, los análisis estadísticos en la solución que arroja la formulación y el cambio de parámetros críticos. De tal forma, se procedió a validar el modelo por medio de confrontación. Es decir, la técnica con la cual se determinó la validez de la formulación con respecto al sistema real fue de conducta en casos extremos. Los casos aplicados en la validación fueron los siguientes:

- Demanda < Oferta
- Demanda = Oferta
- Demanda > Oferta

Todos ellos con un grado de fluctuación respecto al tiempo, con lo cual se determino un comportamiento deseado en el modelo. Es decir, por medio de los casos extremos la formulación fue forzada a generar excesivos, escaso o nulos niveles de producción, almacenamiento o penalización por entregas nulas. Para ello se desarrolló una aplicación de menor dimensión que el problema real, esto con el fin de facilitar la interpretación de resultados y el comportamiento del modelo, el cual considera los siguientes factores en su formulación:

- Una planta de manufactura (Denotada como  $p$  )
- Un solo producto (Denotado como 1 )
- Dos centros de distribución (Denotados como  $A$  y  $B$  )
- Un horizonte de planeación de 4 periodos medidos en semanas (Denotados como  $i, ii, iii, iv$  respectivamente)

Se consideraron varios escenarios, los cuales diferían del valor de la demanda, el valor del inventario inicial, el nivel de inventario deseado para el inicio de la próxima modelación, la capacidad máxima de producción por planta, la capacidad de distribución, etc. Es decir, el modelo de validación fue sometido a diversos arreglos, modificando valores críticos y otros parámetros que establecen la operación del sistema, a fin de definir la veracidad de la formulación.

De tal forma, a continuación se muestran algunos de los escenarios comentados, generados para la validación del modelo, los cuales son presentados por medio de tablas, y una descripción inicial de los resultados arrojados por el modelo.

4 Modelación de una cadena de suministro relativa a una empresa dedicada a la elaboración de bebidas refrescantes

4.2.4.1 Escenario de Validación 1

Este escenario contempla una demanda total de 950,400 pz, la cual es 50% menor de la capacidad máxima de producción establecida para la fábrica. La fluctuación de tal demanda presenta un componente excesivamente elevado respecto al primer periodo de la modelación, esperando que para el primer periodo,  $i$ , se tenga una elevada incidencia de producto no entregado al cliente. Se espera que el modelo asimile lo anterior, por medio de una compensación diferida, establecida por la entrega de producto en las semanas siguientes.

<b>Valor de la Función Objetivo</b>		1,092,453,000.00	
Pasos extendidos Solver		0.00	
Total de Iteraciones		26.00	
Ponderación de U en t=1 a t=T-1		100.00	
Ponderación de U en t=T		1,000.00	
Valor de la Ponderación de Ajuste		25*36.5	
<b>Factor Comparativo Demanda vs Capacidad Total de producción</b>		0.50	
Inventario Inicial [Pz]		36,288.00	
Inventario Final Deseado [Pz]		38,102.40	
<b>Fluctuación de la Demanda [Porcentaje respectoa la Demanda Total]</b>			
Periodo i		99.75000%	
Periodo ii		0.08250%	
Periodo iii		0.08250%	
Periodo iv		0.08500%	
<b>Producción</b>			
Variable	Resultado	Cap. Máx de X	$\Delta$
X1pi	492,800.00	492,800.00	0.00
X1pii	784.08	492,800.00	492,015.92
X1piii	784.08	422,400.00	421,615.92
X1piv	457,846.20	492,800.00	34,953.80
	<b>952,214.36</b>	1,900,800.00	<b>948,585.64</b>
			Cant Máx a Producir para q T+1
			<b>986,688.00</b>
<b>Distribución Primaria</b>			
Variable	Resultado	Variable	Resultado
Y1pAi	492,800.00	Y1pBi	0.00
Y1pAii	522.72	Y1pBii	261.36
Y1pAiii	522.72	Y1pBiii	261.36
Y1pAiv	457,577.00	Y1pBiv	269.28
	<b>951,422.44</b>		<b>792.00</b>
			Sumatoria de envío
			<b>492,800.00</b>
			<b>784.08</b>
			<b>784.08</b>
			<b>457,846.28</b>
			<b>952,214.44</b>
<b>Gestión de Abastecimiento</b>			
Inv. Inicial		Inv. Inicial	
q1AO	24,192.00	q1BO	12,096.00
Variable	Resultado	Variable	Resultado
q1Ai	115,024.00	q1Bi	303,912.00
q1Aii	0.00	q1Bii	0.00
q1Aiii	0.00	q1Biii	0.00
q1Aiv	457,038.40	q1Biv	0.00
Deseado	25,401.60	Deseado	12,700.80
q1Av	25,401.60	q1Bv	12,700.78
		$\Sigma$ q T+1 Deseado	<b>38,102.40</b>
		$\Sigma$ q T+1 Entregado	<b>38,102.38</b>

Tabla 4.4

Datos de Validación para el Escenario 1  
Detalle de Producción, Distribución Primaria, y Almacenamiento



En el presente escenario de validación, como se esperaba, el modelo no puede satisfacer la demanda establecida por los centros de consumo para el primer periodo, aún fijando un nivel máximo de manufactura en la planta productiva del sistema.

La cantidad total de producto elaborado durante los cuatro periodos del horizonte de planeación, corresponde al total del producto distribuido a los dos almacenes en la fase primaria (952,214 unidades). Lo mismo ocurre con respecto al total de la demanda y el total de distribución en la fase secundaria (950,400 unidades). Así se concluye que operando a una demanda menor de la capacidad de producción, con una alta ponderación de necesidades de abastecimiento en los primeros periodos, el modelo genera niveles de entrega con demora al comienzo de la planeación, recuperándose a través del tiempo y, definiendo un nivel de entregas nulas en cero.

El modelo fue diseñado para generar un nivel de inventario positivo para el periodo  $t = T + 1$  en los centros de distribución. Esto si se cumplen condiciones de capacidad de producción y distribución, lo cual aplica en el presente escenario de validación y es reflejado por el valor de 38,102 unidades para  $Q_{t=T+1}$ .

4.2.4.2 Escenario de Validación 2

El presente escenario de validación tiene una configuración de parámetros, igual que el presentado en la sección anterior. La diferencia estriba en el factor de la demanda, con respecto a la capacidad total de producción (definido en 1.0). Así mismo, se espera que los resultados arrojados por el paquete de optimización, describan una proporción alta de pedidos no entregados en las primeras semanas de la modelación, estableciendo una compensación diferida. El modelo deberá definir un nivel de entregas insatisfechas igual a cero, para la última semana de la formulación (lo anterior es con base al valor del factor comparativo de la demanda con respecto a la capacidad máxima de producción). A continuación se muestra el detalle de los datos.

<b>Valor de la Función Objetivo</b>		3,612,258,000.00	
Pasos extendidos Solver		0.00	
Total de Iteraciones		88.00	
Ponderación de U en t=1 a t=T-1		100.00	
Ponderación de U en t=T		1,000.00	
Valor de la Ponderación de Ajuste		25*36.5	
<b>Factor Comparativo Demanda vs Capacidad Total de producción</b>		1.00	
Inventario Inicial [Pz]		36,288.00	
Inventario Final Deseado [Pz]		38,102.40	
<b>Fluctuación de la Demanda [Porcentaje respecto a la Demanda Total]</b>			
Periodo i		99.75000%	
Periodo ii		0.08250%	
Periodo iii		0.08250%	
Periodo iv		0.08500%	
<b>Producción</b>			
Variable	Resultado	Cap. Máx de X	$\Delta$
X1pi	492,800.00	492,800.00	0.00
X1pii	492,800.00	492,800.00	0.00
X1piii	422,400.00	422,400.00	0.00
X1piv	492,800.00	492,800.00	0.00
	<b>1,900,800.00</b>	1,900,800.00	<b>0.00</b>
			Cant Máx a Producir para q T+1
			<b>36,288.00</b>
<b>Distribución Primaria</b>			
Variable	Resultado	Variable	Resultado
Y1pAi	492,800.00	Y1pBi	0.00
Y1pAii	492,277.30	Y1pBii	522.72
Y1pAiii	421,877.30	Y1pBiii	522.72
Y1pAiv	492,261.40	Y1pBiv	538.56
	<b>1,899,216.00</b>		<b>1,584.00</b>
		Sumatoria de envío	
		492,800.00	
		492,800.02	
		422,400.02	
		492,799.96	
		<b>1,900,800.00</b>	
<b>Gestión de Abastecimiento</b>			
Inv. Inicial		Inv. Inicial	
q1A0	24,192.00	q1B0	12,096.00
Variable	Resultado	Variable	Resultado
q1Ai	747,040.00	q1Bi	619,920.00
q1Aii	491,231.80	q1Bii	0.00
q1Aiii	912,063.70	q1Biii	0.00
q1Aiv	1,403,248.00	q1Biv	0.00
Deseado	25,401.60	Deseado	12,700.80
q1Av	25,401.60	q1Bv	10,886.40
		$\Sigma$ q T+1 Deseado	<b>38,102.40</b>
		$\Sigma$ q T+1 Entregado	<b>36,288.00</b>

Tabla 4.6

Datos de Validación para el Escenario 2  
Detalle de Producción, Distribución Primaria, y Almacenamiento

Distribución Secundaria										
Variable	Valor Variable	Demanda	Variable	Valor Variable	Demanda	Sum Demanda	Sum Entregado	Dif Dem - Entreg	Inv F = Inv. Inicial - Entregado	Total Disponible a Entregar
Z1Agi	3,479.00	750,519.00	Z1Aki	513,513.00	513,513.00	1,264,032.00	516,992.00	747,040.00	0.00	516,992.00
Z1Agi	747,660.70	620.73	Z1Aki	424.71	424.71	1,045.44	748,085.41	-747,039.97	491,231.89	1,239,317.30
Z1Agi	620.73	620.73	Z1Aki	424.71	424.71	1,045.44	1,045.44	0.00	912,063.66	913,109.10
Z1Agi	639.54	639.54	Z1Aki	437.58	437.58	1,077.12	1,077.12	0.00	1,403,247.98	1,404,325.10
		<b>752,400.00</b>				<b>1,267,200.00</b>	<b>1,267,199.97</b>	<b>0.03</b>		<b>-0.03</b>
Variable	Valor Variable	Demanda	Variable	Valor Variable	Demanda	Sum Demanda	Sum Entregado	Dif Dem - Entreg	Inv F = Inv. Inicial - Entregado	Total Disponible a Entregar
Z1Bgi	0.00	355,509.00	Z1Bki	12,096.00	276,507.00	632,016.00	12,096.00	619,920.00	0.00	12,096.00
Z1Bgi	355,803.00	294.03	Z1Bki	264,639.70	228.69	522.72	620,442.70	-619,919.98	0.02	620,442.72
Z1Bgi	294.03	294.03	Z1Bki	228.69	228.69	522.72	522.72	0.00	0.00	522.72
Z1Bgi	302.94	302.94	Z1Bki	235.62	235.62	538.56	538.56	0.00	0.00	538.56
		<b>356,400.00</b>				<b>633,600.00</b>	<b>633,599.98</b>	<b>0.02</b>		<b>-0.02</b>
Variable	Valor Variable	Demanda	Variable	Valor Variable	Demanda	Sum Demanda	Sum Entregado	Dif Dem - Entreg	Inv F = Inv. Inicial - Entregado	Total Disponible a Entregar
U1Bgi			U1Bki							
U1Bgi			U1Bki							
U1Bgi			U1Bki							
U1Bgi			U1Bki							

Tabla 4.7  
 Datos de Validación para el Escenario 2  
 Detalle de Distribución Secundaria

Bajo tales condiciones de oferta y demanda, el modelo es válido. Los resultados que arrojan son fieles con respecto al objetivo por el cual fue concebido, generando resultados de planeación certeros para el contexto real.

El nivel total de producción a lo largo del tiempo, es igual que el nivel de distribución en la fase primaria para los cuatro periodos de planeación (1'900,800 unidades producidas, 1'900,800 unidades enviadas a los centros de consumo). A su vez, la capacidad máxima de producción establece una holgura de manufactura en 36,288 unidades, las cuales son justamente las que definen el nivel de inventario para  $q_{t=T+1}$ .

Para este escenario de validación, las fábricas se encuentran trabajando a su capacidad máxima, y el nivel de entregas no conforme solo aplica para la primera semana en los centros de consumo. Lo anterior es gracias al nivel de inventario inicial, el cual actual como elemento de amortiguamiento a las fluctuaciones de oferta y demanda en el sistema.



4 Modelación de una cadena de suministro relativa a una empresa dedicada a la elaboración de bebidas refrescantes

4.2.4.3 Escenario de Validación 3

Para el presente escenario, se modificó la demanda sustancialmente (en un factor de 3, respecto a la capacidad máxima de producción), así como la fluctuación de ésta a través del tiempo (con una ponderación muy baja para las primeras semanas). Con lo anterior se espera que el modelo defina una producción a capacidad máxima. Así mismo, la formulación propiciará que el nivel de entregas con demora sea para las últimas semanas. Establecidos tales parámetros, el sistema no podrá satisfacer gran parte de la demanda asociada. Esto se

verá reflejado por el valor de la sumatoria de entregas nulas, es decir,  $\sum_{j=1}^I \sum_{cd=A}^A \sum_{cl=g}^k U_{jcd} \text{ en } t=T$

<b>Valor de la Función Objetivo</b>		102,041,900,000.00	
Pasos extendidos Solver		0.00	
Total de Iteraciones		95.00	
Ponderación de U en t=1 a t=T-1		100.00	
Ponderación de U en t=T		1,000.00	
Valor de la Ponderación de Ajuste		25*36.5	
<b>Factor Comparativo Demanda vs Capacidad Total de producción</b>		3.00	
Inventario Inicial [Pz]		36,288.00	
Inventario Final Deseado [Pz]		38,102.40	
<b>Fluctuación de la Demanda [Porcentaje respectoa la Demanda Total]</b>			
Periodo i		3.75000%	
Periodo ii		6.25000%	
Periodo iii		42.50000%	
Periodo iv		47.50000%	
<b>Producción</b>			
Variable	Resultado	Cap. Máx de X	$\Delta$
X1pi	492,800.00	492,800.00	0.00
X1pii	492,800.00	492,800.00	0.00
X1piii	422,400.00	422,400.00	0.00
X1piv	492,800.00	492,800.00	0.00
	<b>1,900,800.00</b>	1,900,800.00	<b>0.00</b>
			Cant Máx a Producir para q T+1
			<b>-3,765,312.00</b>
<b>Distribución Primaria</b>			
Variable	Resultado	Variable	Resultado
Y1pAi	433,616.00	Y1pBi	59,184.00
Y1pAii	374,000.00	Y1pBii	118,800.00
Y1pAiii	107,360.00	Y1pBiii	315,040.00
Y1pAiv	492,800.00	Y1pBiv	0.00
	<b>1,407,776.00</b>		<b>493,024.00</b>
		Sumatoria de envío	
		492,800.00	
		492,800.00	
		422,400.00	
		492,800.00	
		<b>1,900,800.00</b>	
<b>Gestión de Abastecimiento</b>			
Inv. Inicial		Inv. Inicial	
q1A0	24,192.00	q1B0	12,096.00
Variable	Resultado	Variable	Resultado
q1Ai	315,248.00	q1Bi	0.00
q1Aii	451,648.00	q1Bii	0.00
q1Aiii	1,056,672.00	q1Biii	492,800.00
q1Aiv	4,411,904.00	q1Biv	902,880.00
			Disponible
			71,280.00
			118,800.00
			315,040.00
			492,800.00
Deseado	25,401.60	Deseado	12,700.80
q1Av	0.00	q1Bv	0.00
		$\Sigma$ q T+1 Deseado	
		38,102.40	
		$\Sigma$ q T+1 Entregado	
		0.00	

Tabla 4.8

Datos de Validación para el Escenario 3  
Detalle de Producción, Distribución Primaria, y Almacenamiento

Distribución Secundaria

Variable	Valor Variable	Demanda	Variable	Valor Variable	Demanda	Sum Demanda	Sum Entregado	Dif Dem - Entreg	Inv F = Inv. Inicial - Entregado	Total Disponible a Entregar
Z1Agi	84,645.00	84,645.00	Z1Aki	57,915.00	57,915.00	142,560.00	142,560.00	0.00	315,248.00	457,808.00
Z1Agii	141,075.00	141,075.00	Z1Aki	96,525.00	96,525.00	237,600.00	237,600.00	0.00	451,648.00	689,248.00
Z1Agiii	559,008.00	959,310.00	Z1Aki	0.00	656,370.00	1,615,680.00	559,008.00	1,056,672.00	0.00	559,008.00
Z1Agiv	0.00	1,072,170.00	Z1Aki	0.00	733,590.00	1,805,760.00	0.00	1,805,760.00	1,549,472.00	1,549,472.00
		<b>2,257,200.00</b>			<b>1,544,400.00</b>	<b>3,801,600.00</b>	<b>939,168.00</b>	<b>2,862,432.00</b>	<b>-2,862,432.00</b>	

Variable	Valor Variable	Dif Dem - Entreg	Variable	Valor Variable	Dif Dem - Entreg
U1Agi	0.00	0.00	U1Aki	0.00	0.00
U1Agii	0.00	0.00	U1Aki	0.00	0.00
U1Agiii	400,302.00	400,302.00	U1Aki	656,370.00	656,370.00
U1Agiv	1,472,472.00	1,072,170.00	U1Aki	1,389,960.00	733,590.00

Variable	Valor Variable	Demanda	Variable	Valor Variable	Demanda	Sum Demanda	Sum Entregado	Dif Dem - Entreg	Inv F = Inv. Inicial - Entregado	Total Disponible a Entregar
Z1Bgi	40,095.00	40,095.00	Z1Bki	31,185.00	31,185.00	71,280.00	71,280.00	0.00	0.00	71,280.00
Z1Bgii	66,825.00	66,825.00	Z1Bki	51,975.00	51,975.00	118,800.00	118,800.00	0.00	0.00	118,800.00
Z1Bgiii	315,040.00	454,410.00	Z1Bki	0.00	353,430.00	807,840.00	315,040.00	492,800.00	0.00	315,040.00
Z1Bgiv	492,800.00	507,870.00	Z1Bki	0.00	395,010.00	902,880.00	492,800.00	410,080.00	0.00	492,800.00
		<b>1,069,200.00</b>			<b>831,600.00</b>	<b>1,900,800.00</b>	<b>997,920.00</b>	<b>902,880.00</b>	<b>-902,880.00</b>	

Variable	Valor Variable	Dif Dem - Entreg	Variable	Valor Variable	Dif Dem - Entreg
U1Bgi	0.00	0.00	U1Bki	0.00	0.00
U1Bgii	0.00	0.00	U1Bki	0.00	0.00
U1Bgiii	139,370.00	139,370.00	U1Bki	353,430.00	353,430.00
U1Bgiv	154,440.00	15,070.00	U1Bki	748,440.00	395,010.00

Tabla 4.9  
Datos de Validación para el Escenario 3  
Detalle de Distribución Secundaria

Este tercer escenario de validación muestra que a pesar de un nivel máximo de producción, el sistema no puede satisfacer la demanda (lo cual es verdadero, dado el factor de comparación de 3).

Como era de esperarse (dados los valores de fluctuación de la demanda), el sistema sólo puede satisfacer a los centros de consumo en las primeras semanas (esto conforme al nivel de  $U_{jcdclt}$  para los dos primeros periodos), estableciendo un nivel de distribución secundaria máximo en 1'937,088 unidades, el cual corresponde a la sumatoria de inventario inicial, y a la capacidad máxima de producción (36,288 y 1'900,800 unidades respectivamente). El sistema no genera unidades para  $q_{t=T+1}$ , debido al valor de  $U_{jcdclt=T} \neq 0$  y a la imposibilidad de producción excedente.

Los escenarios anteriormente presentados brindan un panorama, de que el modelo se ajusta, a la realidad del problema de asignación para el cual fue creado. La dinámica del mismo, obedece a los lineamientos de operación establecidos, es decir, el modelo define de forma adecuada el comportamiento del sistema que se estudia. Los resultados de la formulación tienen sentido con la realidad.

La validación del modelo fue establecida en una formulación pequeña (como la que atañe a los escenarios de validación) para que con ello se tuviese simplificación en el manejo, y la presentación de los datos. No obstante, gracias a la herramienta informática, también se establecieron escenarios de validación para la formulación para el modelo de aplicación (aquél que considera 3 fábricas, 6 productos y 5 centros de distribución proyectados en un horizonte de planeación de mes y medio).

Finalmente, la última fase de un proyecto de investigación de operaciones, culmina con la implementación de la solución, la cual implica la traducción de los resultados a instrucciones de operación en el sistema bajo estudio. Dicha fase no fue realizada, dado el alcance y objetivos de la disertación.

## 4.3 Resultados de la aplicación informática

La modelación efectuada, por medio de la herramienta de cómputo, logró generar un escenario óptimo de operación para la empresa en estudio y, bajo las consideraciones en las que se realizó el análisis (Ver sección 4.2).

En esta sección se mostrarán los resultados concebidos por el modelo de optimización. Tal información establece la planeación de la producción y la distribución del sistema, para las siguientes 6 semanas. Con lo anterior, el detalle de la producción, de la distribución primaria, de la gestión de almacenamiento, así como la planeación de la distribución secundaria, se dimensiona en cantidad y tiempo.

La premisa con la cual el modelo opera, corresponde al pronóstico de la demanda. La firma embotelladora, correspondiente a la cadena de suministro bajo estudio, establece un nivel de ventas futuras de acuerdo a diversos factores, entre ellos la época del año (recuérdese que el producto presenta una fuerte influencia de consumo estacional, vea la figura 3.8), los mecanismos actuales de promoción efectuados por la empresa y por la competencia, datos históricos y otros particulares agentes de ponderación.

Así, a continuación se precisa el detalle de los requerimientos de producto asociados a cada semana, así como a cada una de las regiones de entrega.

<i>Demanda [Pz]</i>							
<i>Producto</i>	<i>Semana I</i>	<i>Semana II</i>	<i>Semana III</i>	<i>Semana IV</i>	<i>Semana V</i>	<i>Semana VI</i>	<i>Demanda Total</i>
<b>1</b>	824,808.32	879,795.54	1,429,667.75	1,539,642.19	1,209,718.87	714,833.88	6,598,466.54
<b>2</b>	735,155.24	784,165.59	1,274,269.08	1,372,289.78	1,078,227.69	637,134.54	5,881,241.92
<b>3</b>	83,915.28	89,509.63	145,453.15	156,641.86	123,075.75	72,726.58	671,322.25
<b>4</b>	659,846.65	703,836.43	1,143,734.20	1,231,713.75	967,775.09	571,867.10	5,278,773.23
<b>5</b>	614,661.50	655,638.94	1,065,413.27	1,147,368.14	901,503.54	532,706.64	4,917,292.02
<b>6</b>	667,736.13	712,251.87	1,157,409.28	1,246,440.77	979,346.32	578,704.64	5,341,889.00
							<b>28,688,984.97</b>

*Tabla 4.10*

*Detalle por producto de la Demanda asociada a la modelación*

La tabla 4.10 muestra la demanda total para cada tipo de producto por semana. El detalle para cada región es mostrado en la tabla 4.11, la cual establece el total de la demanda de los diversos clientes, por los cuales la región se encuentra integrada.

4 Modelación de una cadena de suministro relativa a una empresa dedicada a la elaboración de bebidas refrescantes

<b>Demanda [Pz]</b>								
<i>Producto</i>	<i>Región</i>	<i>i</i>	<i>ii</i>	<i>iii</i>	<i>iv</i>	<i>v</i>	<i>vi</i>	<i>Total</i>
<b>1</b>	An	64,151.76	68,428.54	111,196.38	119,749.95	94,089.25	55,598.19	513,214.06
	Ac	73,316.29	78,204.05	127,081.58	136,857.08	107,530.57	63,540.79	586,530.36
	As	114,556.71	122,193.82	198,564.97	213,839.19	168,016.51	99,282.48	916,453.69
	Bcs	132,885.78	141,744.84	230,335.36	248,053.46	194,899.15	115,167.68	1,063,086.28
	Bs	91,645.37	97,755.06	158,851.97	171,071.35	134,413.21	79,425.99	733,162.95
	Cu	100,809.91	107,530.57	174,737.17	188,178.49	147,854.53	87,368.58	806,479.24
	Dp	54,987.22	58,653.04	95,311.18	102,642.81	80,647.92	47,655.59	439,897.77
	Do	100,809.91	107,530.57	174,737.17	188,178.49	147,854.53	87,368.58	806,479.24
	Eno	45,822.68	48,877.53	79,425.99	85,535.68	67,206.60	39,712.99	366,581.47
Ese	45,822.68	48,877.53	79,425.99	85,535.68	67,206.60	39,712.99	366,581.47	
<b>2</b>	An	57,178.74	60,990.66	99,109.82	106,733.65	83,862.15	49,554.91	457,429.93
	Ac	65,347.13	69,703.61	113,268.36	121,981.31	95,842.46	56,634.18	522,777.06
	As	102,104.89	108,911.89	176,981.82	190,595.80	149,753.85	88,490.91	816,839.16
	Bcs	118,441.68	126,337.79	205,298.91	221,091.13	173,714.46	102,649.45	947,533.42
	Bs	81,683.92	87,129.51	141,585.45	152,476.64	119,803.08	70,792.73	653,471.32
	Cu	89,852.31	95,842.46	155,744.00	167,724.31	131,783.38	77,872.00	718,818.46
	Dp	49,010.35	52,277.71	84,951.27	91,485.99	71,881.85	42,475.64	392,082.79
	Do	89,852.31	95,842.46	155,744.00	167,724.31	131,783.38	77,872.00	718,818.46
	Eno	40,841.96	43,564.75	70,792.73	76,238.32	59,901.54	35,396.36	326,735.66
Ese	40,841.96	43,564.75	70,792.73	76,238.32	59,901.54	35,396.36	326,735.66	
<b>3</b>	An	6,526.74	6,961.86	11,313.02	12,183.26	9,572.56	5,656.51	52,213.95
	Ac	7,459.14	7,956.41	12,929.17	13,923.72	10,940.07	6,464.58	59,673.09
	As	11,654.90	12,431.89	20,201.83	21,755.81	17,093.85	10,100.91	93,239.20
	Bcs	13,519.68	14,421.00	23,434.12	25,236.74	19,828.87	11,717.06	108,157.47
	Bs	9,323.92	9,945.51	16,161.46	17,404.65	13,675.08	8,080.73	74,591.36
	Cu	10,256.31	10,940.07	17,777.61	19,145.12	15,042.59	8,888.80	82,050.50
	Dp	5,594.35	5,967.31	9,696.88	10,442.79	8,205.05	4,848.44	44,754.82
	Do	10,256.31	10,940.07	17,777.61	19,145.12	15,042.59	8,888.80	82,050.50
	Eno	4,661.96	4,972.76	8,080.73	8,702.33	6,837.54	4,040.37	37,295.68
Ese	4,661.96	4,972.76	8,080.73	8,702.33	6,837.54	4,040.37	37,295.68	
<b>4</b>	An	51,321.41	54,742.83	88,957.10	95,799.96	75,271.40	44,478.55	410,571.25
	Ac	58,653.04	62,563.24	101,665.26	109,485.67	86,024.45	50,832.63	469,224.29
	As	91,645.37	97,755.06	158,851.97	171,071.35	134,413.21	79,425.99	733,162.95
	Bcs	106,308.63	113,395.87	184,268.29	198,442.77	155,919.32	92,134.14	850,469.02
	Bs	73,316.29	78,204.05	127,081.58	136,857.08	107,530.57	63,540.79	586,530.36
	Cu	80,647.92	86,024.45	139,789.74	150,542.79	118,283.62	69,894.87	645,183.40
	Dp	43,989.78	46,922.43	76,248.95	82,114.25	64,518.34	38,124.47	351,918.22
	Do	80,647.92	86,024.45	139,789.74	150,542.79	118,283.62	69,894.87	645,183.40
	Eno	36,658.15	39,102.02	63,540.79	68,428.54	53,765.28	31,770.39	293,265.18
Ese	36,658.15	39,102.02	63,540.79	68,428.54	53,765.28	31,770.39	293,265.18	
<b>5</b>	An	47,807.01	50,994.14	82,865.48	89,239.74	70,116.94	41,432.74	382,456.05
	Ac	54,636.58	58,279.02	94,703.40	101,988.28	80,133.65	47,351.70	437,092.62
	As	85,369.65	91,060.96	147,974.07	159,356.69	125,208.82	73,987.03	682,957.23
	Bcs	99,028.80	105,630.72	171,649.92	184,853.76	145,242.24	85,824.96	792,230.38
	Bs	68,295.72	72,848.77	118,379.25	127,485.35	100,167.06	59,189.63	546,365.78
	Cu	75,125.29	80,133.65	130,217.18	140,233.88	110,183.77	65,108.59	601,002.36
	Dp	40,977.43	43,709.26	71,027.55	76,491.21	60,100.24	35,513.78	327,819.47
	Do	75,125.29	80,133.65	130,217.18	140,233.88	110,183.77	65,108.59	601,002.36
	Eno	34,147.86	36,424.39	59,189.63	63,742.67	50,083.53	29,594.81	273,182.89
Ese	34,147.86	36,424.39	59,189.63	63,742.67	50,083.53	29,594.81	273,182.89	
<b>6</b>	An	51,935.03	55,397.37	90,020.72	96,945.39	76,171.38	45,010.36	415,480.26
	Ac	59,354.32	63,311.28	102,880.83	110,794.73	87,053.01	51,440.41	474,834.58
	As	92,741.13	98,923.87	160,751.29	173,116.77	136,020.32	80,375.64	741,929.03
	Bcs	107,579.71	114,751.69	186,471.50	200,815.46	157,783.57	93,235.75	860,637.67
	Bs	74,192.90	79,139.10	128,601.03	138,493.42	108,816.26	64,300.52	593,543.22
	Cu	81,612.19	87,053.01	141,461.13	152,342.76	119,697.88	70,730.57	652,897.54
	Dp	44,515.74	47,483.46	77,160.62	83,096.05	65,289.75	38,580.31	356,125.93
	Do	81,612.19	87,053.01	141,461.13	152,342.76	119,697.88	70,730.57	652,897.54
	Eno	37,096.45	39,569.55	64,300.52	69,246.71	54,408.13	32,150.26	296,771.61
Ese	37,096.45	39,569.55	64,300.52	69,246.71	54,408.13	32,150.26	296,771.61	
<b>Totales</b>		<b>3,586,123.12</b>	<b>3,825,198.00</b>	<b>6,215,946.74</b>	<b>6,694,096.49</b>	<b>5,259,647.24</b>	<b>3,107,973.37</b>	<b>28,688,984.97</b>

Tabla 4.11  
Detalle de la Demanda asociada por región de entrega

### 4.3 Desarrollo y resultados de la aplicación informática

El nivel de inventario inicial reportado para cada uno de los centros de distribución corresponde a un total de 676,000 piezas, y se ha estimado que el nivel de inventario adecuado para iniciar la séptima semana de operación, corresponde a un total de 681,070 unidades almacenadas, es decir un 0.75% en incremento. Lo anterior, es mostrado en la tabla 4.12.

Datos de Nivel de Inventario			
Datos de Inventario Inicial		Datos de Inventario Final	
q1A 0 = 25,920.00	pz	q1A t=T+1 = 26,114.40	pz
q1B 0 = 25,920.00	pz	q1B t=T+1 = 26,114.40	pz
q1C 0 = 25,920.00	pz	q1C t=T+1 = 26,114.40	pz
q1D 0 = 25,920.00	pz	q1D t=T+1 = 26,114.40	pz
q1E 0 = 25,920.00	pz	q1E t=T+1 = 26,114.40	pz
q2A 0 = 12,800.00	pz	q2A t=T+1 = 12,896.00	pz
q2B 0 = 12,800.00	pz	q2B t=T+1 = 12,896.00	pz
q2C 0 = 12,800.00	pz	q2C t=T+1 = 12,896.00	pz
q2D 0 = 12,800.00	pz	q2D t=T+1 = 12,896.00	pz
q2E 0 = 12,800.00	pz	q2E t=T+1 = 12,896.00	pz
q3A 0 = 34,560.00	pz	q3A t=T+1 = 34,819.20	pz
q3B 0 = 34,560.00	pz	q3B t=T+1 = 34,819.20	pz
q3C 0 = 34,560.00	pz	q3C t=T+1 = 34,819.20	pz
q3D 0 = 34,560.00	pz	q3D t=T+1 = 34,819.20	pz
q3E 0 = 34,560.00	pz	q3E t=T+1 = 34,819.20	pz
q4A 0 = 13,500.00	pz	q4A t=T+1 = 13,601.25	pz
q4B 0 = 13,500.00	pz	q4B t=T+1 = 13,601.25	pz
q4C 0 = 13,500.00	pz	q4C t=T+1 = 13,601.25	pz
q4D 0 = 13,500.00	pz	q4D t=T+1 = 13,601.25	pz
q4E 0 = 13,500.00	pz	q4E t=T+1 = 13,601.25	pz
q5A 0 = 25,920.00	pz	q5A t=T+1 = 26,114.40	pz
q5B 0 = 25,920.00	pz	q5B t=T+1 = 26,114.40	pz
q5C 0 = 25,920.00	pz	q5C t=T+1 = 26,114.40	pz
q5D 0 = 25,920.00	pz	q5D t=T+1 = 26,114.40	pz
q5E 0 = 25,920.00	pz	q5E t=T+1 = 26,114.40	pz
q6A 0 = 22,500.00	pz	q6A t=T+1 = 22,668.75	pz
q6B 0 = 22,500.00	pz	q6B t=T+1 = 22,668.75	pz
q6C 0 = 22,500.00	pz	q6C t=T+1 = 22,668.75	pz
q6D 0 = 22,500.00	pz	q6D t=T+1 = 22,668.75	pz
q6E 0 = 22,500.00	pz	q6E t=T+1 = 22,668.75	pz
<b>676,000.00</b>		<b>681,070.00</b>	

Tabla 4.12

*Detalle de la Demanda asociada por región de entrega*

El tiempo disponible destinado a manufactura, corresponde a 640 horas, para cada una de las plantas asociadas al sistema. La capacidad de entrega primaria está limitada por el número de viajes máximos que pueden efectuarse por las unidades de transporte con las que el sistema opera en esta fase. Así, se establece que la cantidad máxima de distribución para la fase primaria, corresponde a 5'801,077 piezas en promedio. Tal cantidad se mantiene constante en los diversos periodos de la modelación.

4 Modelación de una cadena de suministro relativa a una empresa dedicada a la elaboración de bebidas refrescantes

La configuración generada por los diversos parámetros, establecen una capacidad máxima de producción de 29'716,276 unidades, la cual es superior a la demanda total, fijada en 28'688,985 unidades, con lo cual la demanda total es menor que la oferta (capacidad productiva total). Lo anterior no significa que se pueda satisfacer en tiempo la demanda (ni aún en cantidad), eso dependerá de la fluctuación entre oferta y la demanda a través del tiempo.

Planta "p"			Planta "r"			Planta "s"		
Variable	Capacidad Máxima de Producción / Periodo	Resultado LINGO	Variable	Capacidad Máxima de Producción / Periodo	Resultado LINGO	Variable	Capacidad Máxima de Producción / Periodo	Resultado LINGO
X1PI	492,800.00	492,800.00	X1RI	492,800.00	492,800.00	X1SI	492,800.00	492,800.00
X1PII	492,800.00	492,800.00	X1RII	492,800.00	492,800.00	X1SII	492,800.00	492,800.00
X1PIII	422,400.00	422,400.00	X1RIII	422,400.00	422,400.00	X1SIII	422,400.00	422,400.00
X1PIV	492,800.00	492,800.00	X1RIV	492,800.00	492,800.00	X1SIV	492,800.00	492,800.00
X1PIV	422,400.00	422,400.00	X1RV	422,400.00	422,400.00	X1SV	422,400.00	422,400.00
X1PVI	492,800.00	492,800.00	X1RVI	492,800.00	492,800.00	X1SVI	492,800.00	492,800.00
X2PI	174,146.34	174,146.30	X2RI	174,146.34	174,146.30	X2SI	174,146.34	174,146.30
X2PII	174,146.34	78,264.39	X2RII	174,146.34	113,542.30	X2SII	174,146.34	69,077.36
X2PIII	149,268.29	46,819.50	X2RIII	149,268.29	57,506.06	X2SIII	149,268.29	0.00
X2PIV	174,146.34	174,146.30	X2RIV	174,146.34	17,970.46	X2SIV	174,146.34	118,496.10
X2PV	149,268.29	149,268.30	X2RV	149,268.29	134,950.30	X2SV	149,268.29	149,268.30
X2PVI	174,146.34	142,050.00	X2RVI	174,146.34	174,146.30	X2SVI	174,146.34	174,146.30
X3PI	250,833.33	91,886.41	X4RI	252,000.00	252,000.00	X4SI	252,000.00	252,000.00
X3PII	250,833.33	250,833.30	X4RII	252,000.00	252,000.00	X4SII	252,000.00	252,000.00
X3PIII	215,000.00	215,000.00	X4RIII	216,000.00	216,000.00	X4SIII	216,000.00	216,000.00
X3PIV	250,833.33	250,833.30	X4RIV	252,000.00	252,000.00	X4SIV	252,000.00	252,000.00
X3PV	215,000.00	215,000.00	X4RV	216,000.00	216,000.00	X4SV	216,000.00	216,000.00
X3PVI	250,833.33	250,833.30	X4RVI	252,000.00	252,000.00	X4SVI	252,000.00	252,000.00
X4PI	252,000.00	252,000.00	X5RI	544,225.35	544,225.40	X5SI	544,225.35	544,225.40
X4PII	252,000.00	252,000.00	X5RII	544,225.35	544,225.40	X5SII	544,225.35	544,225.40
X4PIII	216,000.00	216,000.00	X5RIII	466,478.87	466,478.90	X5SIII	466,478.87	466,478.90
X4PIV	252,000.00	252,000.00	X5RIV	544,225.35	544,225.40	X5SIV	544,225.35	544,225.40
X4PV	216,000.00	216,000.00	X5RV	466,478.87	466,478.90	X5SV	466,478.87	466,478.90
X4PVI	252,000.00	252,000.00	X5RVI	544,225.35	544,225.40	X5SVI	544,225.35	544,225.40
X5PI	544,225.35	544,225.40	X6RI	280,000.00	280,000.00	X6SI	280,000.00	280,000.00
X5PII	544,225.35	544,225.40	X6RII	280,000.00	280,000.00	X6SII	280,000.00	280,000.00
X5PIII	466,478.87	466,478.90	X6RIII	240,000.00	240,000.00	X6SIII	240,000.00	240,000.00
X5PIV	544,225.35	544,225.40	X6RIV	280,000.00	280,000.00	X6SIV	280,000.00	280,000.00
X5PV	466,478.87	466,478.90	X6RV	240,000.00	240,000.00	X6SV	240,000.00	240,000.00
X5PVI	544,225.35	544,225.40	X6RVI	280,000.00	280,000.00	X6SVI	280,000.00	280,000.00

La tabla 4.13 muestra los resultados que se han determinado óptimos para la fase de manufactura del sistema bajo análisis. El total de utilización de la capacidad de la plantas es del 96.60% como promedio. Es decir, la planta "p" opera al 96.02% , la "q" a un nivel del 96.75% , y la planta "s" al 96.88% con respecto a la capacidad máxima instalada de producción.

Ha de considerarse, que tales resultados son conformados por una parte fraccionaria. Una definición más exacta, correspondería a una modelación cuyas variables asociadas a la manufactura y distribución fuesen enteras. Tal fineza de cálculo no pudo ser establecida, dadas las limitantes de la herramienta informática de modelación con respecto a la dimensión del modelo.

Las tablas 4.14, y 4.15 muestran los resultados generados para la planeación de la distribución primaria, y la gestión de inventarios de los centros de distribución, respectivamente. A su vez, cada tabla de resultados muestra un campo comparativo, el cual tiene la finalidad de ubicar al lector con la validez del resultado con respecto a algún parámetro crítico asociado a éste.

No hay que sorprenderse si es que existen variables iguales a cero. Lo anterior indica que el modelo determinó que es mejor no producir, distribuir o almacenar en un periodo dado, debido a que generaría un mayor costo en el sistema.





### 4.3 Desarrollo y resultados de la aplicación informática

Almacenamiento en los Centros de Producción [Pz]									
Centro de Distribución A		Centro de Distribución B		Centro de Distribución C		Centro de Distribución D		Centro de Distribución E	
Variable	Resultado LINGO	Variable	Resultado LINGO	Variable	Resultado LINGO	Variable	Resultado LINGO	Variable	Resultado LINGO
Q1A0	25,920.000	Q1B0	25,920.000	Q1C0	25,920.000	Q1D0	25,920.000	Q1E0	25,920.000
Q1AI	303,809.800	Q1BI	116,536.000	Q1CI	106,888.800	Q1DI	198,455.000	Q1EI	98,742.550
Q1AII	567,647.400	Q1BII	192,183.200	Q1CII	181,136.900	Q1DII	360,603.400	Q1EII	165,455.400
Q1AIII	690,962.000	Q1BIII	118,143.000	Q1CIII	188,178.500	Q1DIII	418,887.200	Q1EIII	171,071.400
Q1AIV	786,172.100	Q1BIV	14,165.250	Q1CIV	181,778.700	Q1DIV	456,397.900	Q1EIV	164,467.900
Q1AV	965,695.900	Q1BV	0.000	Q1CV	215,702.900	Q1DV	556,227.600	Q1EV	194,522.600
Q1AVI	1,271,690.000	Q1BVI	120,553.400	Q1CVI	310,113.000	Q1DVI	749,535.500	Q1EVI	279,564.600
Q1AVII	26,114.400	Q1BVII	26,114.400	Q1CVII	26,114.400	Q1DVII	26,114.400	Q1EVII	26,114.400
Q2A0	12,800.000	Q2B0	12,800.000	Q2C0	12,800.000	Q2D0	12,800.000	Q2E0	12,800.000
Q2AI	100,351.100	Q2BI	12,795.540	Q2CI	38,116.310	Q2DI	14,651.500	Q2EI	43,564.750
Q2AII	240,179.900	Q2BII	147,792.900	Q2CII	146,758.800	Q2DII	136,028.100	Q2EII	116,505.200
Q2AIII	401,741.300	Q2BIII	345,414.500	Q2CIII	149,753.800	Q2DIII	309,772.600	Q2EIII	141,585.500
Q2AIV	180,190.200	Q2BIV	475,252.900	Q2CIV	131,783.400	Q2DIV	22,218.030	Q2EIV	152,476.600
Q2AV	129,662.800	Q2BV	25,152.130	Q2CV	149,753.800	Q2DV	0.000	Q2EV	127,659.800
Q2AVI	0.000	Q2BVI	0.000	Q2CVI	0.000	Q2DVI	0.000	Q2EVI	0.000
Q2AVII	12,896.000	Q2BVII	12,896.000	Q2CVII	12,896.000	Q2DVII	12,896.000	Q2EVII	12,896.000
Q3A0	34,560.000	Q3B0	34,560.000	Q3C0	34,560.000	Q3D0	34,560.000	Q3E0	34,560.000
Q3AI	36,797.870	Q3BI	43,814.160	Q3CI	33,954.110	Q3DI	37,158.400	Q3EI	33,242.350
Q3AII	37,606.080	Q3BII	51,545.410	Q3CII	32,664.470	Q3DII	38,700.090	Q3EII	31,303.110
Q3AIII	24,117.610	Q3BIII	44,047.590	Q3CIII	24,537.280	Q3DIII	29,674.660	Q3EIII	23,147.920
Q3AIV	7,769.801	Q3BIV	33,503.950	Q3CIV	15,042.590	Q3DIV	18,535.820	Q3EIV	13,749.540
Q3AV	0.000	Q3BV	32,097.760	Q3CV	9,650.423	Q3DV	13,737.240	Q3EV	8,080.731
Q3AVI	5,097.209	Q3BVI	44,397.730	Q3CVI	10,412.040	Q3DVI	18,449.060	Q3EVI	8,006.272
Q3AVII	34,819.200	Q3BVII	34,819.200	Q3CVII	34,819.200	Q3DVII	34,819.200	Q3EVII	34,819.200
Q4A0	13,500.000	Q4B0	13,500.000	Q4C0	13,500.000	Q4D0	13,500.000	Q4E0	13,500.000
Q4AI	62,158.340	Q4BI	84,062.360	Q4CI	32,306.360	Q4DI	42,236.720	Q4EI	34,450.390
Q4AII	39,081.660	Q4BII	142,649.700	Q4CII	139,243.600	Q4DII	62,664.260	Q4EII	128,598.800
Q4AIII	219,745.200	Q4BIII	81,487.140	Q4CIII	52,154.430	Q4DIII	0.000	Q4EIII	56,327.220
Q4AIV	503,051.600	Q4BIV	0.000	Q4CIV	1,065.916	Q4DIV	0.000	Q4EIV	13,500.350
Q4AV	0.000	Q4BV	0.000	Q4CV	0.000	Q4DV	0.000	Q4EV	0.000
Q4AVI	0.000	Q4BVI	86,974.690	Q4CVI	20,677.700	Q4DVI	10,820.660	Q4EVI	30,489.430
Q4AVII	13,601.250	Q4BVII	13,601.250	Q4CVII	13,601.250	Q4DVII	13,601.250	Q4EVII	13,601.250
Q5A0	25,920.000	Q5B0	25,920.000	Q5C0	25,920.000	Q5D0	25,920.000	Q5E0	25,920.000
Q5AI	413,065.200	Q5BI	269,557.500	Q5CI	84,058.040	Q5DI	333,679.600	Q5EI	77,987.310
Q5AII	789,738.400	Q5BII	502,040.000	Q5CII	137,187.700	Q5DII	633,699.000	Q5EII	125,501.600
Q5AIII	1,061,691.000	Q5BIII	622,972.900	Q5CIII	140,233.900	Q5DIII	856,316.600	Q5EIII	127,485.300
Q5AIV	1,312,700.000	Q5BIV	721,595.800	Q5CIV	133,263.300	Q5DIV	1,063,454.000	Q5EIV	120,363.000
Q5AV	1,626,542.000	Q5BV	887,148.500	Q5CV	156,342.900	Q5DV	1,317,032.000	Q5EV	140,559.000
Q5AVI	2,034,631.000	Q5BVI	1,153,096.000	Q5CVI	224,497.600	Q5DVI	1,640,272.000	Q5EVI	201,732.400
Q5AVII	26,114.400	Q5BVII	26,114.400	Q5CVII	26,114.400	Q5DVII	26,114.400	Q5EVII	26,114.400
Q6A0	22,500.000	Q6B0	22,500.000	Q6C0	22,500.000	Q6D0	22,500.000	Q6E0	22,500.000
Q6AI	151,281.300	Q6BI	36,504.720	Q6CI	13,636.040	Q6DI	45,907.440	Q6EI	39,569.550
Q6AII	352,975.700	Q6BII	38,391.260	Q6CII	141,461.100	Q6DII	60,906.350	Q6EII	101,275.900
Q6AIII	359,520.800	Q6BIII	0.000	Q6CIII	141,495.100	Q6DIII	0.000	Q6EIII	128,601.000
Q6AIV	299,244.700	Q6BIV	15,538.170	Q6CIV	152,342.800	Q6DIV	0.000	Q6EIV	138,493.400
Q6AV	307,226.100	Q6BV	78,563.030	Q6CV	7,254.417	Q6DV	0.000	Q6EV	108,816.300
Q6AVI	0.000	Q6BVI	0.000	Q6CVI	0.000	Q6DVI	0.000	Q6EVI	0.000
Q6AVII	22,668.750	Q6BVII	22,668.750	Q6CVII	22,668.750	Q6DVII	22,668.750	Q6EVII	22,668.750

Tabla 4.15

Resultados de la Planeación de Inventarios asociados al sistema en estudio

4 Modelación de una cadena de suministro relativa a una empresa dedicada a la elaboración de bebidas refrescantes

Demarcación del Centro de Distribución "A"								
Región AN			Región AC			Región AS		
Variable	Demanda	Resultado LINGO	Variable	Demanda	Resultado LINGO	Variable	Demanda	Resultado LINGO
Z1ANI	64151.76	64151.76	Z1ACI	73316.29	73316.29	Z1ASI	114556.71	114556.70
Z1ANII	68428.54	68428.54	Z1ACII	78204.05	78204.05	Z1ASII	122193.82	122193.80
Z1ANIII	111196.38	111196.40	Z1ACIII	127081.58	127081.60	Z1ASIII	198564.97	198565.00
Z1ANIV	119749.95	119749.90	Z1ACIV	136857.08	136857.10	Z1ASIV	213839.19	213839.20
Z1ANV	94089.25	94089.25	Z1ACV	107530.57	107530.60	Z1ASV	168016.51	168016.50
Z1ANVI	55598.19	55598.19	Z1ACVI	63540.79	63540.79	Z1ASVI	99282.48	99282.48
Z2ANI	57178.74	0.00	Z2ACI	65347.13	65347.13	Z2ASI	102104.89	102104.90
Z2ANII	60990.66	0.00	Z2ACII	69703.61	69703.61	Z2ASII	108911.89	108911.90
Z2ANIII	99109.82	0.00	Z2ACIII	113268.36	110017.60	Z2ASIII	176981.82	176981.80
Z2ANIV	106733.65	324012.90	Z2ACIV	121981.31	61279.00	Z2ASIV	190595.80	190595.80
Z2ANV	83862.15	83862.15	Z2ACV	95842.46	95842.46	Z2ASV	149753.85	149753.80
Z2ANVI	49554.91	49554.91	Z2ACVI	56634.18	120587.30	Z2ASVI	88490.91	88490.91
Z3ANI	6526.74	6526.74	Z3ACI	7459.14	7459.14	Z3ASI	11654.90	11654.90
Z3ANII	6961.86	6961.86	Z3ACII	7956.41	7956.41	Z3ASII	12431.89	12431.89
Z3ANIII	11313.02	11313.02	Z3ACIII	12929.17	12929.17	Z3ASIII	20201.83	20201.83
Z3ANIV	12183.26	12183.26	Z3ACIV	13923.72	13923.72	Z3ASIV	21755.81	21755.81
Z3ANV	9572.56	9572.56	Z3ACV	10940.07	10940.07	Z3ASV	17093.85	17093.85
Z3ANVI	5656.51	5656.51	Z3ACVI	6464.58	6464.59	Z3ASVI	10100.91	10100.91
Z4ANI	51321.41	22155.40	Z4ACI	58653.04	58653.04	Z4ASI	91645.37	91645.37
Z4ANII	54742.83	83908.84	Z4ACII	62563.24	53561.63	Z4ASII	97755.06	97755.06
Z4ANIII	88957.10	88957.10	Z4ACIII	101665.26	0.00	Z4ASIII	158851.97	158852.00
Z4ANIV	95799.96	95799.96	Z4ACIV	109485.67	0.00	Z4ASIV	171071.35	171071.40
Z4ANV	75271.40	62461.41	Z4ACV	86024.45	306177.00	Z4ASV	134413.21	134413.20
Z4ANVI	44478.55	57288.54	Z4ACVI	50832.63	50832.63	Z4ASVI	79425.99	79425.99
Z5ANI	47807.01	47807.01	Z5ACI	54636.58	54636.58	Z5ASI	85369.65	85369.65
Z5ANII	50994.14	50994.14	Z5ACII	58279.02	58279.02	Z5ASII	91060.96	91060.96
Z5ANIII	82865.48	82865.48	Z5ACIII	94703.40	94703.40	Z5ASIII	147974.07	147974.10
Z5ANIV	89239.74	89239.74	Z5ACIV	101988.28	101988.30	Z5ASIV	159356.69	159356.70
Z5ANV	70116.94	70116.94	Z5ACV	80133.65	80133.65	Z5ASV	125208.82	125208.80
Z5ANVI	41432.74	41432.74	Z5ACVI	47351.70	47351.70	Z5ASVI	73987.03	73987.03
Z6ANI	51935.03	15790.38	Z6ACI	59354.32	23329.38	Z6ASI	92741.13	92741.13
Z6ANII	55397.37	48827.64	Z6ACII	63311.28	3529.83	Z6ASII	98923.87	98923.87
Z6ANIII	90020.72	132735.10	Z6ACIII	102880.83	59489.31	Z6ASIII	160751.29	160751.30
Z6ANIV	96945.39	96945.39	Z6ACIV	110794.73	110794.70	Z6ASIV	173116.77	173116.80
Z6ANV	76171.38	76171.38	Z6ACV	87053.01	87053.01	Z6ASV	136020.32	136020.30
Z6ANVI	45010.36	45010.36	Z6ACVI	51440.41	190638.30	Z6ASVI	80375.64	80375.64

Tabla 4.16 A

Resultados de la Planeación de la Distribución Secundaria asociados a la Demarcación del Centro de Distribución "A" del sistema en estudio

### 4.3 Desarrollo y resultados de la aplicación informática

Demarcación del Centro de Distribución "B"					
Región BN			Región BS		
Variable	Demanda	Resultado LINGO	Variable	Demanda	Resultado LINGO
Z1BNCI	132885.78	132885.80	Z1BSI	91645.37	91645.37
Z1BNCII	141744.84	141744.80	Z1BSII	97755.06	97755.06
Z1BNCIII	230335.36	230335.40	Z1BSIII	158851.97	158852.00
Z1BNCIV	248053.46	248053.50	Z1BSIV	171071.35	171071.40
Z1BNCV	194899.15	194899.20	Z1BSV	134413.21	134413.20
Z1BNCVI	115167.68	115167.70	Z1BSVI	79425.99	79425.99
Z2BNCI	118441.68	118441.70	Z2BSI	81683.92	55768.38
Z2BNCII	126337.79	126337.80	Z2BSII	87129.51	0.00
Z2BNCIII	205298.91	205298.90	Z2BSIII	141585.45	0.00
Z2BNCIV	221091.13	221091.10	Z2BSIV	152476.64	102233.80
Z2BNCV	173714.46	173714.50	Z2BSV	119803.08	424676.40
Z2BNCVI	102649.45	102649.50	Z2BSVI	70792.73	70792.73
Z3BNCI	13519.68	13519.68	Z3BSI	9323.92	9323.92
Z3BNCII	14421.00	14421.00	Z3BSII	9945.51	9945.52
Z3BNCIII	23434.12	23434.12	Z3BSIII	16161.46	16161.46
Z3BNCIV	25236.74	25236.74	Z3BSIV	17404.65	17404.65
Z3BNCV	19828.87	19828.87	Z3BSV	13675.08	13675.08
Z3BNCVI	11717.06	11717.06	Z3BSVI	8080.73	8080.73
Z4BNCI	106308.63	106308.60	Z4BSI	73316.29	73316.29
Z4BNCII	113395.87	113395.90	Z4BSII	78204.05	78204.05
Z4BNCIII	184268.29	184268.30	Z4BSIII	127081.58	127081.60
Z4BNCIV	198442.77	198442.80	Z4BSIV	136857.08	135044.40
Z4BNCV	155919.32	148381.70	Z4BSV	107530.57	109343.30
Z4BNCVI	92134.14	99671.81	Z4BSVI	63540.79	63540.79
Z5BNCI	99028.80	99028.80	Z5BSI	68295.72	68295.72
Z5BNCII	105630.72	105630.70	Z5BSII	72848.77	72848.77
Z5BNCIII	171649.92	171649.90	Z5BSIII	118379.25	118379.30
Z5BNCIV	184853.76	184853.80	Z5BSIV	127485.35	127485.30
Z5BNCV	145242.24	145242.20	Z5BSV	100167.06	100167.10
Z5BNCVI	85824.96	85824.96	Z5BSVI	59189.63	59189.63
Z6BNCI	107579.71	107579.70	Z6BSI	74192.90	74192.90
Z6BNCII	114751.69	114751.70	Z6BSII	79139.10	79139.10
Z6BNCIII	186471.50	186471.50	Z6BSIII	128601.03	88149.07
Z6BNCIV	200815.46	200815.50	Z6BSIV	138493.42	79184.54
Z6BNCV	157783.57	157783.60	Z6BSV	108816.26	91773.00
Z6BNCVI	93235.75	93235.75	Z6BSVI	64300.52	181104.60

Tabla 4.16 B

Resultados de la Planeación de la Distribución Secundaria asociados a la Demarcación del Centro de Distribución "B" del sistema en estudio

4 Modelación de una cadena de suministro relativa a una empresa dedicada a la elaboración de bebidas refrescantes

Demarcación del Centro de Distribución "C"		
Región CU		
Variable	Demanda	Resultado LINGO
Z1CUI	100809.91	100809.90
Z1CUII	107530.57	107530.60
Z1CUIII	174737.17	174737.20
Z1CUIV	188178.49	188178.50
Z1CUIV	147854.53	147854.50
Z1CUIVI	87368.58	87368.58
Z2CUI	89852.31	51736.00
Z2CUII	95842.46	32126.15
Z2CUIII	155744.00	146758.80
Z2CUIV	167724.31	167724.30
Z2CUIV	131783.38	131783.40
Z2CUIVI	77872.00	188689.80
Z3CUI	10256.31	10256.31
Z3CUII	10940.07	10940.07
Z3CUIII	17777.61	17777.61
Z3CUIV	19145.12	19145.12
Z3CUIV	15042.59	15042.59
Z3CUIVI	8888.80	8888.80
Z4CUI	80647.92	80647.92
Z4CUII	86024.45	39270.76
Z4CUIII	139789.74	186543.40
Z4CUIV	150542.79	150542.80
Z4CUIV	118283.62	109401.90
Z4CUIVI	69894.87	78776.58
Z5CUI	75125.29	75125.29
Z5CUII	80133.65	80133.65
Z5CUIII	130217.18	130217.20
Z5CUIV	140233.88	140233.90
Z5CUIV	110183.77	110183.80
Z5CUIVI	65108.59	65108.59
Z6CUI	81612.19	76976.15
Z6CUII	87053.01	13670.05
Z6CUIII	141461.13	141461.10
Z6CUIV	152342.76	141495.10
Z6CUIV	119697.88	208564.50
Z6CUIVI	70730.57	70730.57

Tabla 4.16 C

Resultados de la Planeación de la Distribución Secundaria asociados a la Demarcación del Centro de Distribución "C" del sistema en estudio

### 4.3 Desarrollo y resultados de la aplicación informática

Demarcación del Centro de Distribución "D"					
Región DP			Región DO		
Variable	Demanda	Resultado LINGO	Variable	Demanda	Resultado LINGO
Z1DPI	54987.22	54987.22	Z1DOI	100809.91	100809.90
Z1DPII	58653.04	58653.04	Z1DOII	107530.57	107530.60
Z1DPIII	95311.18	95311.18	Z1DOIII	174737.17	174737.20
Z1DPIV	102642.81	102642.80	Z1DOIV	188178.49	188178.50
Z1DPV	80647.92	80647.92	Z1DOV	147854.53	147854.50
Z1DPVI	47655.59	47655.59	Z1DOVI	87368.58	87368.58
Z2DPI	49010.35	49010.35	Z2DOI	89852.31	89852.31
Z2DPII	52277.71	0.00	Z2DOII	95842.46	83728.86
Z2DPIII	84951.27	0.00	Z2DOIII	155744.00	136028.10
Z2DPIV	91485.99	228715.00	Z2DOIV	167724.31	199553.80
Z2DPV	71881.85	51515.32	Z2DOV	131783.38	131783.40
Z2DPVI	42475.64	62842.16	Z2DOVI	77872.00	77872.00
Z3DPI	5594.35	5594.35	Z3DOI	10256.31	10256.31
Z3DPII	5967.31	5967.31	Z3DOII	10940.07	10940.07
Z3DPIII	9696.88	9696.88	Z3DOIII	17777.61	17777.61
Z3DPIV	10442.79	10442.79	Z3DOIV	19145.12	19145.12
Z3DPV	8205.05	8205.05	Z3DOV	15042.59	15042.59
Z3DPVI	4848.44	4848.44	Z3DOVI	8888.80	8888.80
Z4DPI	43989.78	43989.78	Z4DOI	80647.92	80647.92
Z4DPII	46922.43	46922.43	Z4DOII	86024.45	86024.45
Z4DPIII	76248.95	76248.95	Z4DOIII	139789.74	139789.70
Z4DPIV	82114.25	47579.82	Z4DOIV	150542.79	145435.90
Z4DPV	64518.34	64518.34	Z4DOV	118283.62	123390.50
Z4DPVI	38124.47	72658.90	Z4DOVI	69894.87	69894.87
Z5DPI	40977.43	40977.43	Z5DOI	75125.29	75125.29
Z5DPII	43709.26	43709.26	Z5DOII	80133.65	80133.65
Z5DPIII	71027.55	71027.55	Z5DOIII	130217.18	130217.20
Z5DPIV	76491.21	76491.21	Z5DOIV	140233.88	140233.90
Z5DPV	60100.24	60100.24	Z5DOV	110183.77	110183.80
Z5DPVI	35513.78	35513.78	Z5DOVI	65108.59	65108.59
Z6DPI	44515.74	44515.74	Z6DOI	81612.19	81612.19
Z6DPII	47483.46	47483.46	Z6DOII	87053.01	87053.01
Z6DPIII	77160.62	73070.60	Z6DOIII	141461.13	141461.10
Z6DPIV	83096.05	46961.57	Z6DOIV	152342.76	147570.50
Z6DPV	65289.75	65289.75	Z6DOV	119697.88	124470.10
Z6DPVI	38580.31	78804.81	Z6DOVI	70730.57	70730.57

Tabla 4.16 D

Resultados de la Planeación de la Distribución Secundaria asociados a la Demarcación del Centro de Distribución "D" del sistema en estudio

4 Modelación de una cadena de suministro relativa a una empresa dedicada a la elaboración de bebidas refrescantes

Demarcación del Centro de Distribución "E"					
Región ENO			Región ESE		
Variable	Demanda	Resultado LINGO	Variable	Demanda	Resultado LINGO
Z1ENOI	45822.68	45822.68	Z1ESEI	45822.68	45822.68
Z1ENOII	48877.53	48877.53	Z1ESEII	48877.53	48877.53
Z1ENOIII	79425.99	79425.99	Z1ESEIII	79425.99	79425.99
Z1ENOIV	85535.68	85535.68	Z1ESEIV	85535.68	85535.68
Z1ENOV	67206.60	67206.60	Z1ESEV	67206.60	67206.60
Z1ENOVI	39712.99	39712.99	Z1ESEVI	39712.99	39712.99
Z2ENOI	40841.96	1333.71	Z2ESEI	40841.96	40841.96
Z2ENOII	43564.75	0.00	Z2ESEII	43564.75	43564.75
Z2ENOIII	70792.73	63566.47	Z2ESEIII	70792.73	52938.71
Z2ENOIV	76238.32	76238.32	Z2ESEIV	76238.32	65347.13
Z2ENOV	59901.54	59901.54	Z2ESEV	59901.54	88646.74
Z2ENOVI	35396.36	125695.60	Z2ESEVI	35396.36	35396.36
Z3ENOI	4661.96	4661.96	Z3ESEI	4661.96	4661.96
Z3ENOII	4972.76	4972.76	Z3ESEII	4972.76	4972.76
Z3ENOIII	8080.73	8080.73	Z3ESEIII	8080.73	8080.73
Z3ENOIV	8702.33	8702.33	Z3ESEIV	8702.33	8702.33
Z3ENOV	6837.54	6837.54	Z3ESEV	6837.54	6837.54
Z3ENOVI	4040.37	4040.37	Z3ESEVI	4040.37	4040.37
Z4ENOI	36658.15	36539.91	Z4ESEI	36658.15	36658.15
Z4ENOII	39102.02	0.00	Z4ESEII	39102.02	39102.02
Z4ENOIII	63540.79	102761.00	Z4ESEIII	63540.79	63540.79
Z4ENOIV	68428.54	68428.54	Z4ESEIV	68428.54	68428.54
Z4ENOV	53765.28	53765.28	Z4ESEV	53765.28	53765.28
Z4ENOVI	31770.39	31770.39	Z4ESEVI	31770.39	31770.39
Z5ENOI	34147.86	34147.86	Z5ESEI	34147.86	34147.86
Z5ENOII	36424.39	36424.39	Z5ESEII	36424.39	36424.39
Z5ENOIII	59189.63	59189.63	Z5ESEIII	59189.63	59189.63
Z5ENOIV	63742.67	63742.67	Z5ESEIV	63742.67	63742.67
Z5ENOV	50083.53	50083.53	Z5ESEV	50083.53	50083.53
Z5ENOVI	29594.81	29594.81	Z5ESEVI	29594.81	29594.81
Z6ENOI	37096.45	7540.36	Z6ESEI	37096.45	37096.45
Z6ENOII	39569.55	0.00	Z6ESEII	39569.55	39569.55
Z6ENOIII	64300.52	56760.16	Z6ESEIII	64300.52	44515.74
Z6ENOIV	69246.71	69246.71	Z6ESEIV	69246.71	59354.32
Z6ENOV	54408.13	54408.13	Z6ESEV	54408.13	84085.29
Z6ENOVI	32150.26	108816.30	Z6ESEVI	32150.26	32150.26

Tabla 4.16 E

Resultados de la Planeación de la Distribución Secundaria asociados a la Demarcación del Centro de Distribución "E" del sistema en estudio



### 4.3 Desarrollo y resultados de la aplicación informática

Finalmente, el grupo de tablas 4.18 muestran el detalle generado por entregas con retraso, así como entregas nulas.

Demarcación del Centro de Distribución "A"								
Región AN			Región AC			Región AS		
Variable	Resultado LINGO	Dem - Z	Variable	Resultado LINGO	Dem - Z	Variable	Resultado LINGO	Dem - Z
U1ANI	0.00	0.00	U1ACI	0.00	0.00	U1ASI	0.00	0.00
U1ANII	0.00	0.00	U1ACII	0.00	0.00	U1ASII	0.00	0.00
U1ANIII	0.00	0.00	U1ACIII	0.00	0.00	U1ASIII	0.00	0.00
U1ANIV	0.00	0.00	U1ACIV	0.00	0.00	U1ASIV	0.00	0.00
U1ANV	0.00	0.00	U1ACV	0.00	0.00	U1ASV	0.00	0.00
U1ANVI	0.00	0.00	U1ACVI	0.00	0.00	U1ASVI	0.00	0.00
U2ANI	57178.74	57178.74	U2ACI	0.00	0.00	U2ASI	0.00	0.00
U2ANII	118169.40	60990.66	U2ACII	0.00	0.00	U2ASII	0.00	0.00
U2ANIII	217279.20	99109.82	U2ACIII	3250.77	3250.76	U2ASIII	0.00	0.00
U2ANIV	0.00	-217279.25	U2ACIV	63953.08	60702.31	U2ASIV	0.00	0.00
U2ANV	0.00	0.00	U2ACV	63953.08	0.00	U2ASV	0.00	0.00
U2ANVI	0.00	0.00	U2ACVI	0.00	-63953.12	U2ASVI	0.00	0.00
U3ANI	0.00	0.00	U3ACI	0.00	0.00	U3ASI	0.00	0.00
U3ANII	0.00	0.00	U3ACII	0.00	0.00	U3ASII	0.00	0.00
U3ANIII	0.00	0.00	U3ACIII	0.00	0.00	U3ASIII	0.00	0.00
U3ANIV	0.00	0.00	U3ACIV	0.00	0.00	U3ASIV	0.00	0.00
U3ANV	0.00	0.00	U3ACV	0.00	0.00	U3ASV	0.00	0.00
U3ANVI	0.00	0.00	U3ACVI	0.00	0.00	U3ASVI	0.00	0.00
U4ANI	29166.01	29166.01	U4ACI	0.00	0.00	U4ASI	0.00	0.00
U4ANII	0.00	-29166.01	U4ACII	9001.61	9001.61	U4ASII	0.00	0.00
U4ANIII	0.00	0.00	U4ACIII	110666.90	101665.26	U4ASIII	0.00	0.00
U4ANIV	0.00	0.00	U4ACIV	220152.50	109485.67	U4ASIV	0.00	0.00
U4ANV	12809.99	12809.99	U4ACV	0.00	-220152.55	U4ASV	0.00	0.00
U4ANVI	0.00	-12809.99	U4ACVI	0.00	0.00	U4ASVI	0.00	0.00
U5ANI	0.00	0.00	U5ACI	0.00	0.00	U5ASI	0.00	0.00
U5ANII	0.00	0.00	U5ACII	0.00	0.00	U5ASII	0.00	0.00
U5ANIII	0.00	0.00	U5ACIII	0.00	0.00	U5ASIII	0.00	0.00
U5ANIV	0.00	0.00	U5ACIV	0.00	0.00	U5ASIV	0.00	0.00
U5ANV	0.00	0.00	U5ACV	0.00	0.00	U5ASV	0.00	0.00
U5ANVI	0.00	0.00	U5ACVI	0.00	0.00	U5ASVI	0.00	0.00
U6ANI	36144.65	36144.65	U6ACI	36024.94	36024.94	U6ASI	0.00	0.00
U6ANII	42714.38	6569.73	U6ACII	95806.39	59781.45	U6ASII	0.00	0.00
U6ANIII	0.00	-42714.38	U6ACIII	139197.90	43391.52	U6ASIII	0.00	0.00
U6ANIV	0.00	0.00	U6ACIV	139197.90	0.00	U6ASIV	0.00	0.00
U6ANV	0.00	0.00	U6ACV	139197.90	0.00	U6ASV	0.00	0.00
U6ANVI	0.00	0.00	U6ACVI	0.00	-139197.89	U6ASVI	0.00	0.00

Tabla 4.17 A

Resultados de entregas con retraso, así como entregas nulas asociados a la Demarcación del Centro de Distribución "A" del sistema en estudio



4 Modelación de una cadena de suministro relativa a una empresa dedicada a la elaboración de bebidas refrescantes

Demarcación del Centro de Distribución "B"					
Región BN			Región BS		
Variable	Resultado LINGO	Dem - Z	Variable	Resultado LINGO	Dem - Z
U1BNCI	0.00	0.00	U1BSI	0.00	0.00
U1BNCII	0.00	0.00	U1BSII	0.00	0.00
U1BNCIII	0.00	0.00	U1BSIII	0.00	0.00
U1BNCIV	0.00	0.00	U1BSIV	0.00	0.00
U1BNCV	0.00	0.00	U1BSV	0.00	0.00
U1BNCVI	0.00	0.00	U1BSVI	0.00	0.00
U2BNCI	0.00	0.00	U2BSI	25915.54	25915.54
U2BNCII	0.00	0.00	U2BSII	113045.00	87129.51
U2BNCIII	0.00	0.00	U2BSIII	254630.50	141585.45
U2BNCIV	0.00	0.00	U2BSIV	304873.30	50242.84
U2BNCV	0.00	0.00	U2BSV	0.00	-304873.32
U2BNCVI	0.00	0.00	U2BSVI	0.00	0.00
U3BNCI	0.00	0.00	U3BSI	0.00	0.00
U3BNCII	0.00	0.00	U3BSII	0.00	0.00
U3BNCIII	0.00	0.00	U3BSIII	0.00	0.00
U3BNCIV	0.00	0.00	U3BSIV	0.00	0.00
U3BNCV	0.00	0.00	U3BSV	0.00	0.00
U3BNCVI	0.00	0.00	U3BSVI	0.00	0.00
U4BNCI	0.00	0.00	U4BSI	0.00	0.00
U4BNCII	0.00	0.00	U4BSII	0.00	0.00
U4BNCIII	0.00	0.00	U4BSIII	0.00	0.00
U4BNCIV	0.00	0.00	U4BSIV	1812.72	1812.68
U4BNCV	7537.66	7537.62	U4BSV	0.00	-1812.73
U4BNCVI	0.00	-7537.67	U4BSVI	0.00	0.00
U5BNCI	0.00	0.00	U5BSI	0.00	0.00
U5BNCII	0.00	0.00	U5BSII	0.00	0.00
U5BNCIII	0.00	0.00	U5BSIII	0.00	0.00
U5BNCIV	0.00	0.00	U5BSIV	0.00	0.00
U5BNCV	0.00	0.00	U5BSV	0.00	0.00
U5BNCVI	0.00	0.00	U5BSVI	0.00	0.00
U6BNCI	0.00	0.00	U6BSI	0.00	0.00
U6BNCII	0.00	0.00	U6BSII	0.00	0.00
U6BNCIII	0.00	0.00	U6BSIII	40451.97	40451.96
U6BNCIV	0.00	0.00	U6BSIV	99760.84	59308.88
U6BNCV	0.00	0.00	U6BSV	116804.10	17043.26
U6BNCVI	0.00	0.00	U6BSVI	0.00	-116804.08

Tabla 4.17 B

Resultados de entregas con retraso, así como entregas nulas asociados a la Demarcación del Centro de Distribución "B" del sistema en estudio

### 4.3 Desarrollo y resultados de la aplicación informática

Demarcación del Centro de		
<i>Región CU</i>		
<i>Variable</i>	<i>Resultado LINGO</i>	<i>Dem - Z</i>
U1CUI	0.00	0.00
U1CUII	0.00	0.00
U1CUIII	0.00	0.00
U1CUIV	0.00	0.00
U1CUIV	0.00	0.00
U1CUIVI	0.00	0.00
U2CUI	38116.31	38116.31
U2CUII	101832.60	63716.31
U2CUIII	110817.80	8985.20
U2CUIV	110817.80	0.00
U2CUIV	110817.80	0.00
U2CUIVI	0.00	-110817.80
U3CUI	0.00	0.00
U3CUII	0.00	0.00
U3CUIII	0.00	0.00
U3CUIV	0.00	0.00
U3CUIV	0.00	0.00
U3CUIVI	0.00	0.00
U4CUI	0.00	0.00
U4CUII	46753.69	46753.69
U4CUIII	0.00	-46753.66
U4CUIV	0.00	0.00
U4CUIV	8881.71	8881.72
U4CUIVI	0.00	-8881.71
U5CUI	0.00	0.00
U5CUII	0.00	0.00
U5CUIII	0.00	0.00
U5CUIV	0.00	0.00
U5CUIV	0.00	0.00
U5CUIVI	0.00	0.00
U6CUI	4636.04	4636.04
U6CUII	78019.00	73382.96
U6CUIII	78019.00	0.00
U6CUIV	88866.61	10847.66
U6CUIV	0.00	-88866.62
U6CUIVI	0.00	0.00

Tabla 4.17 C

*Resultados de entregas con retraso, así como entregas nulas asociados a la Demarcación del Centro de Distribución "C" del sistema en estudio*

4 Modelación de una cadena de suministro relativa a una empresa dedicada a la elaboración de bebidas refrescantes

Demarcación del Centro de Distribución "D"					
Región DP			Región DO		
Variable	Resultado LINGO	Dem - Z	Variable	Resultado LINGO	Dem - Z
U1DPI	0.00	0.00	U1DOI	0.00	0.00
U1DPPII	0.00	0.00	U1DOII	0.00	0.00
U1DPPIII	0.00	0.00	U1DOIII	0.00	0.00
U1DPPIV	0.00	0.00	U1DOIV	0.00	0.00
U1DPV	0.00	0.00	U1DOV	0.00	0.00
U1DPVI	0.00	0.00	U1DOVI	0.00	0.00
U2DPI	0.00	0.00	U2DOI	0.00	0.00
U2DPPII	52277.71	52277.71	U2DOII	12113.60	12113.60
U2DPPIII	137229.00	84951.27	U2DOIII	31829.49	19715.90
U2DPPIV	0.00	-137229.01	U2DOIV	0.00	-31829.49
U2DPV	20366.52	20366.53	U2DOV	0.00	0.00
U2DPVI	0.00	-20366.52	U2DOVI	0.00	0.00
U3DPI	0.00	0.00	U3DOI	0.00	0.00
U3DPPII	0.00	0.00	U3DOII	0.00	0.00
U3DPPIII	0.00	0.00	U3DOIII	0.00	0.00
U3DPPIV	0.00	0.00	U3DOIV	0.00	0.00
U3DPV	0.00	0.00	U3DOV	0.00	0.00
U3DPVI	0.00	0.00	U3DOVI	0.00	0.00
U4DPI	0.00	0.00	U4DOI	0.00	0.00
U4DPPII	0.00	0.00	U4DOII	0.00	0.00
U4DPPIII	0.00	0.00	U4DOIII	0.00	0.00
U4DPPIV	34534.43	34534.43	U4DOIV	5106.89	5106.89
U4DPV	34534.43	0.00	U4DOV	0.00	-5106.88
U4DPVI	0.00	-34534.43	U4DOVI	0.00	0.00
U5DPI	0.00	0.00	U5DOI	0.00	0.00
U5DPPII	0.00	0.00	U5DOII	0.00	0.00
U5DPPIII	0.00	0.00	U5DOIII	0.00	0.00
U5DPPIV	0.00	0.00	U5DOIV	0.00	0.00
U5DPV	0.00	0.00	U5DOV	0.00	0.00
U5DPVI	0.00	0.00	U5DOVI	0.00	0.00
U6DPI	0.00	0.00	U6DOI	0.00	0.00
U6DPPII	0.00	0.00	U6DOII	0.00	0.00
U6DPPIII	4090.02	4090.02	U6DOIII	0.00	0.00
U6DPPIV	40224.50	36134.48	U6DOIV	4772.23	4772.26
U6DPV	40224.50	0.00	U6DOV	0.00	-4772.22
U6DPVI	0.00	-40224.50	U6DOVI	0.00	0.00

Tabla 4.17 D

Resultados de entregas con retraso, así como entregas nulas asociados a la Demarcación del Centro de Distribución "D" del sistema en estudio

### 4.3 Desarrollo y resultados de la aplicación informática

Demarcación del Centro de Distribución "E"					
Región ENO			Región ESE		
Variable	Resultado LINGO	Dem - Z	Variable	Resultado LINGO	Dem - Z
U1ENOI	0.00	0.00	U1ESEI	0.00	0.00
U1ENOII	0.00	0.00	U1ESEII	0.00	0.00
U1ENOIII	0.00	0.00	U1ESEIII	0.00	0.00
U1ENOIV	0.00	0.00	U1ESEIV	0.00	0.00
U1ENOV	0.00	0.00	U1ESEV	0.00	0.00
U1ENOVI	0.00	0.00	U1ESEVI	0.00	0.00
U2ENOI	39508.24	39508.24	U2ESEI	0.00	0.00
U2ENOII	83073.00	43564.75	U2ESEII	0.00	0.00
U2ENOIII	90299.25	7226.26	U2ESEIII	17854.02	17854.02
U2ENOIV	90299.25	0.00	U2ESEIV	28745.21	10891.19
U2ENOV	90299.25	0.00	U2ESEV	0.00	-28745.20
U2ENOVI	0.00	-90299.24	U2ESEVI	0.00	0.00
U3ENOI	0.00	0.00	U3ESEI	0.00	0.00
U3ENOII	0.00	0.00	U3ESEII	0.00	0.00
U3ENOIII	0.00	0.00	U3ESEIII	0.00	0.00
U3ENOIV	0.00	0.00	U3ESEIV	0.00	0.00
U3ENOV	0.00	0.00	U3ESEV	0.00	0.00
U3ENOVI	0.00	0.00	U3ESEVI	0.00	0.00
U4ENOI	118.23	118.24	U4ESEI	0.00	0.00
U4ENOII	39220.26	39102.02	U4ESEII	0.00	0.00
U4ENOIII	0.00	-39220.21	U4ESEIII	0.00	0.00
U4ENOIV	0.00	0.00	U4ESEIV	0.00	0.00
U4ENOV	0.00	0.00	U4ESEV	0.00	0.00
U4ENOVI	0.00	0.00	U4ESEVI	0.00	0.00
U5ENOI	0.00	0.00	U5ESEI	0.00	0.00
U5ENOII	0.00	0.00	U5ESEII	0.00	0.00
U5ENOIII	0.00	0.00	U5ESEIII	0.00	0.00
U5ENOIV	0.00	0.00	U5ESEIV	0.00	0.00
U5ENOV	0.00	0.00	U5ESEV	0.00	0.00
U5ENOVI	0.00	0.00	U5ESEVI	0.00	0.00
U6ENOI	29556.10	29556.10	U6ESEI	0.00	0.00
U6ENOII	69125.64	39569.55	U6ESEII	0.00	0.00
U6ENOIII	76666.00	7540.36	U6ESEIII	19784.77	19784.78
U6ENOIV	76666.00	0.00	U6ESEIV	29677.16	9892.39
U6ENOV	76666.00	0.00	U6ESEV	0.00	-29677.16
U6ENOVI	0.00	-76666.04	U6ESEVI	0.00	0.00

Tabla 4.17 E

Resultados de entregas con retraso, así como entregas nulas asociados a la Demarcación del Centro de Distribución "E" del sistema en estudio

4 Modelación de una cadena de suministro relativa a una empresa dedicada a la elaboración de bebidas refrescantes

Los resultados de la modelación denotan la condición crítica del sistema bajo estudio. A pesar de que las plantas laboran casi a su capacidad máxima y de que el flujo de producto es elevado en la distribución secundaria, no se logra satisfacer en forma los pedidos de los centros de consumo. El nivel de entregas satisfactorias que el sistema genera es de 93% en promedio. Lo anterior ratifica que, aún estando el sistema sobrado de capacidad productiva (o bien en equilibrio), la fluctuación entre la oferta y demanda a través del tiempo será la que determinará el nivel de pedidos con faltante a los clientes. La tabla 4.19 junto con la figura 4.3 muestran lo comentado anteriormente.

Región de Consumo	% de Entregas Conformes	% de Entregas No Conformes
Ac	87.10	12.90
An	87.35	12.65
As	100.00	0.00
Bcs	99.87	0.13
Bs	90.11	9.89
Cu	92.40	7.60
Do	99.12	0.88
Dp	91.13	8.87
Eno	86.15	13.85
Ese	97.65	2.35
<b>Promedio</b>	<b>93.09</b>	<b>6.91</b>

Tabla 4.18

Detalle del nivel promedio de entregas por región de consumo [%]

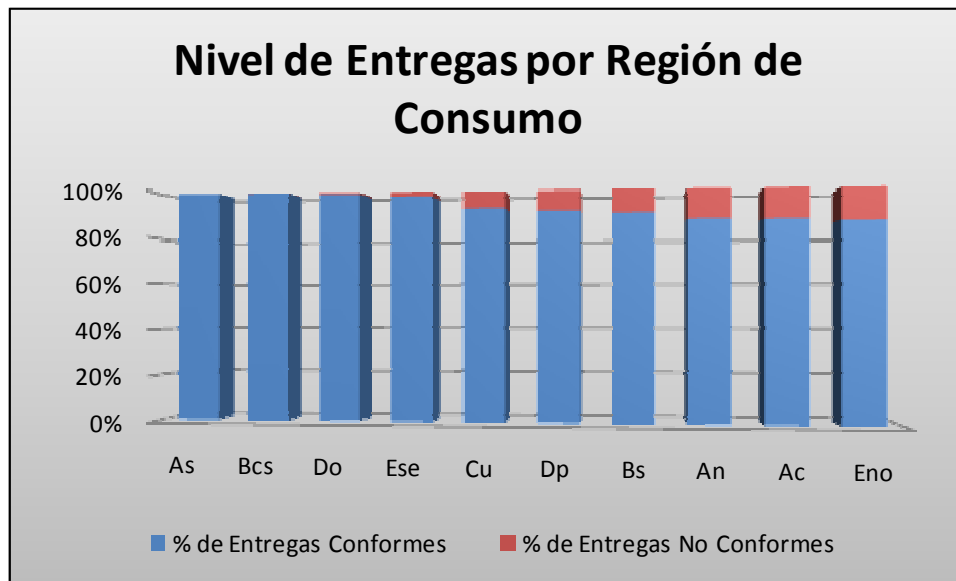


Figura 4.3

Porcentaje de entregas conformes por región de consumo

Es importante señalar que el modelo no genera entregas nulas, es decir, el sistema incurre en entregas con demora, pero a más tardar para la penúltima semana,  $T - 1$ , tal nivel de deuda en la entrega de los pedidos se salda. Así, los resultados muestran que para la última semana  $T$  en la modelación no existen entregas no conformes, permitiendo la acumulación de inventario en los centros de distribución para la semana  $T + 1$ .

La presentación de resultados significa el colofón para éste proyecto de modelación. El desarrollo de cada una de sus fases denota la metodología empleada para la realización del propio proyecto. La definición de variables que ha arrojado el paquete de optimización, establece sutilmente la planeación de la producción, de la distribución en su fase primaria, de la gestión de almacenamiento, así como de la distribución hacia los clientes (o conjunto de éstos, como es el caso) con una muy delicada precisión.

Nótese la trascendencia de la propuesta, se ha definido el mejor arreglo para fabricar, y la cantidad más conveniente a almacenar y distribuir para un giro en particular, la industria de bebidas refrescantes. Tal condición óptima podrá cuestionarse si se produce una botella de refresco de más (o menos) en el sistema. A tal grado la fineza de la determinación.

## Conclusiones

La gestión de cualquier cadena de suministro, establece el unificar esfuerzos entre todos los entes que conforman la cadena, con el fin de operar bajo escenarios de mayor eficiencia y brindar al cliente final, un servicio que corresponda al nivel planteado por el propio sistema.

Esta disertación abordó tal temática desde una perspectiva analítica, fraguando el contenido teórico y numérico en un giro industrial en particular, la industria de bebidas suaves. Ha de reconocerse que el término *cadena de suministro* denota diversos entes productivos (no necesariamente pertenecientes a la misma organización), que correlacionan todas sus actividades para un objetivo en concreto, la maximización de utilidades. El giro seleccionado, por su configuración estructural típica, se ha interpretado como una cadena de suministro interna, y bajo un enfoque sistémico se logró inferir una propuesta para unificar esfuerzos de todos los entes productivos que conforman el sistema.

Tal necesidad de coordinación, se traduce en una detallada planeación, integrada por las diversas fases y elementos, cuya operación afecta al objetivo común ligado entre ellos. La investigación de operaciones proporcionó la visión teórica y metodológica, requerida para establecer una formulación matemática, generadora de escenarios de conveniencia operativa al sistema bajo estudio. Concretamente, se formuló un modelo de optimización, configurado por la programación lineal y la programación entera, el cual establece una detallada planeación de la producción, de la gestión de almacenamiento y de la distribución en la cadena de suministro bajo estudio.

Dicho modelo matemático obedece a una concepción táctica operativa. Sin embargo, la bondad de las variables binarias podrá hacer del modelo un soporte de decisiones para sistemas no creados, es decir, para una concepción estratégica<sup>1</sup>. La aportación más significativa en esta disertación, es representada por la formulación matemática propuesta, la cual define a escala óptima la planeación de la manufactura, del envío de productos a los centros de distribución (fase primaria), de la gestión del almacenamiento, y de la entrega a los clientes (fase secundaria) acotada en cantidad, y tiempo de acción específico. La fineza de los resultados que el modelo proporciona, podrá refutar la factibilidad de la planeación sí es que se opera una unidad de más o menos en el sistema.

---

<sup>1</sup> El modelo propuesto se ha aplicado a un sistema ya existente, es decir, una empresa dedicada a la elaboración de bebidas refrescantes cuya localización de fábricas y centros de distribución es definida. La bondad generada por la adopción binaria en las variables de decisión del modelo, podrá generar escenarios de conveniencia estratégica, es decir, el modelo puede ser utilizado para seleccionar la más conveniente localización de los elementos del sistema en un ambiente aún no creado. Así, la formulación puede ser empleada bajo una concepción táctica operativa, pero también bajo una concepción estratégica.

La excelencia inherente a la modelación matemática, radica en la naturaleza de sus resultados. Si las condiciones lo permiten, dichos resultados podrán ubicarse en un espacio de factibilidad combinatoria, encontrando la mejor alternativa para el objetivo establecido en una convergencia óptima. El modelo planteado, brinda la mejor combinación de esfuerzos, conceptualizando al sistema en un panorama ideal. La estocástica hará lo suyo para que, el sistema real modelado, se aleje de lo planteado por la formulación en las operaciones efectuadas día con día. El reto consistirá entonces, en la identificación de acciones que conlleven a la cercanía ideal, al nivel operativo óptimo.

A través del desarrollo de este trabajo de tesis, se logró definir un escenario de conveniencia operativa para una cadena de suministro relacionada con el giro de bebidas suaves. Los resultados obtenidos en la modelación de la cadena de suministro bajo estudio, demuestran que la fluctuación entre oferta y demanda generada en el sistema a través de tiempo, es el factor decisivo para el nivel de entregas a los clientes. La formulación propuesta, es aplicable a cualquier industria cuyas condiciones sean similares al mencionado giro e incluso en contextos más diversos como el giro comercial, siendo la mayor limitante en la modelación, la robustez del paquete de cómputo empleado en la definición de la planeación del sistema.

Finalmente, se considera, que la formulación desarrollada es susceptible de mejora. Arreglos que permitan el conocer, no solamente en cantidad y tiempo de acción, sino también la forma de la distribución de los productos en sus diversas fases (ruteo de vehículos), así como adaptaciones a productos en particular (productos lácteos con estrecha caducidad, por ejemplo) harán del modelo una panacea logística en los sistemas de distribución.



# Apéndices

## A. Características de las Opciones de Diseño de Distribución

El presente anexo muestra una recopilación de las principales características de los diseños de distribución asociados a la cadena de suministro, particularmente analizados desde una perspectiva de costos y de factores de servicios relacionados con cada una de las configuraciones teóricas de distribución.

Ha de considerarse que tal recopilación obedece a una interpretación general de los arreglos de distribución aquí analizados, los cuales para algunas cadenas de suministro, pueden llegar a tener factores de desempeño muy particulares y distantes de los aquí propuestos. Con lo anterior denotamos que los arreglos de distribución pueden llegar a ser generalizados, pero algunas cadenas de suministro operaran con parámetros particulares.

Las opciones de diseño de distribución tratados, son los siguientes:

1. Almacenaje con el fabricante con envío directo
2. Almacenaje con el fabricante con envío directo y consolidación en tránsito
3. Almacenaje con el distribuidor con entrega por mensajería
4. Almacenaje con el distribuidor con entrega a domicilio
5. Almacenaje con el fabricante / distribuidor con recolección por parte del cliente
6. Almacenaje con el vendedor con recolección por parte del cliente

## 1. ALMACENAJE CON EL FABRICANTE CON ENVÍO DIRECTO

<i>Factor del Costo</i>	<i>Desempeño</i>
Inventario	Costos bajos debido a la agregación. Los beneficios son altos para artículos de baja demanda y de alto valor. Serán más altos si la personalización del producto puede posponerse con el fabricante.
Transporte	Altos costes de transporte debido al incremento de la distancia y el envío no agregado.
Instalaciones y manejo	Costos bajos de instalaciones debido a la agregación. Algo de ahorro en los costos de manejo si el fabricante puede manejar pequeños embarques o enviar desde las líneas de producción.
Información	Inversión significativa en la infraestructura de la información para integrar al fabricante y al vendedor.

<i>Factor del Servicio</i>	<i>Desempeño</i>
Tiempo de respuesta	Tiempo de respuesta largo, debido a la distancia y a las dos etapas para el procesamiento del pedido. El tiempo de respuesta puede variar por producto, por tanto, complica la recepción.
Variedad del producto	Mediante esta configuración es fácil proporcionar un alto nivel de variabilidad.
Disponibilidad del producto	Fácil de proporcionar un alto nivel de disponibilidad del producto debido a la agregación con el fabricante.
Experiencia del cliente	Catalogada como buena, en términos de entrega a domicilio, pero puede sufrir si el pedido de varios fabricantes se envía como envíos parciales.
Tiempo para llegar al mercado	Rápido, con disponibilidad del producto tan pronto como se produce la primera unidad.
Visibilidad del pedido	Más difícil pero también más importante desde la perspectiva del servicio al cliente.
Retornabilidad	Cara y difícil de implementar.

*Tabla A.1*

*Factores de Costo y Servicio para el Diseño de Distribución de Almacenaje con el Fabricante con Envío Directo*

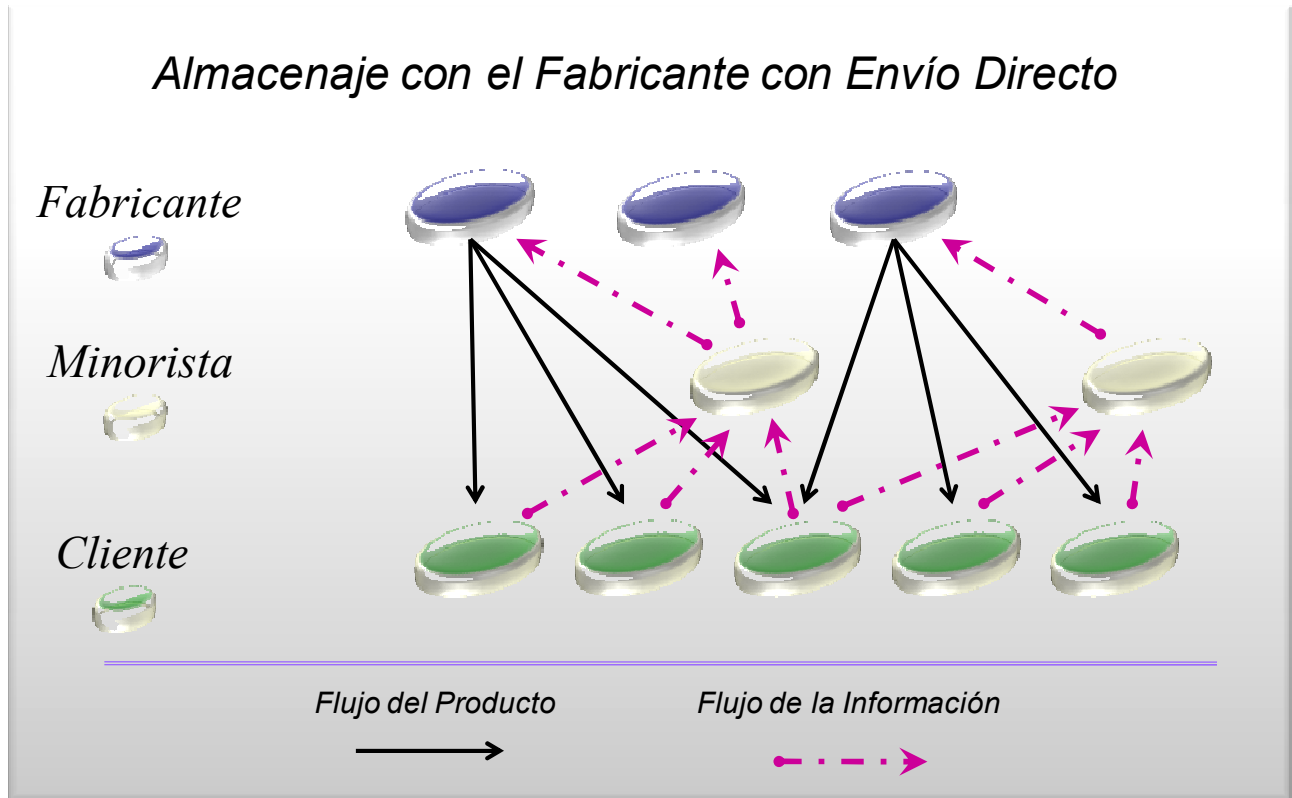


Figura A.1

Red para el Diseño de Distribución de Almacenaje con el Fabricante con Envío Directo

## 2. ALMACENAJE CON EL FABRICANTE CON ENVÍO DIRECTO Y CONSOLIDACIÓN EN TRÁNSITO

<i>Factor del Costo</i>	<i>Desempeño</i>
Inventario	Similar al envío directo.
Transporte	Costos de transporte en cierta medida menores que los del envío directo.
Instalaciones y manejo	Costos de manejo más altos que los del envío directo con el transportista, pero en contraste, costos de recepción menores con el cliente.
Información	Inversión un poco más alta que el envío directo.

<i>Factor del Servicio</i>	<i>Desempeño</i>
Tiempo de respuesta	Similar al envío directo; es probable que sea marginalmente más alto.
Variedad del producto	Similar al envío directo.
Disponibilidad del producto	Similar al envío directo.
Experiencia del cliente	Nivel de satisfacción más alto con respecto al envío directo, ya que se recibe en una sola entrega.
Tiempo para llegar al mercado	Similar al envío directo.
Visibilidad del pedido	Similar al envío directo.
Retornabilidad	Similar al envío directo.

*Tabla A.2*

*Factores de Costo y Servicio para el Diseño de Distribución de Almacenaje con el Fabricante con Envío Directo y consolidación en Tránsito*

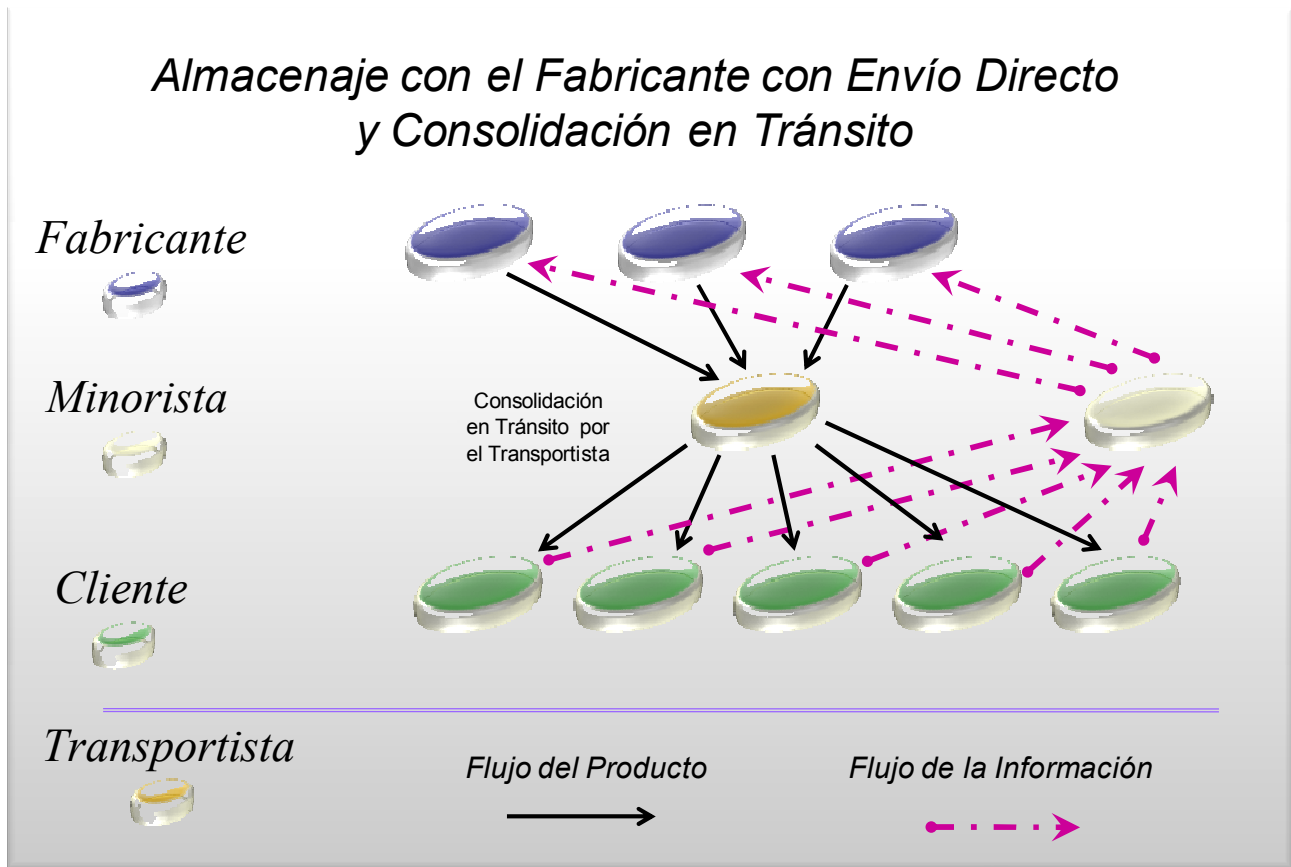


Figura A.2

Red para el Diseño de Distribución de Almacenaje con el Fabricante con Envío Directo y consolidación en Tránsito

### 3. ALMACENAJE CON EL DISTRIBUIDOR CON ENTREGA POR MENSAJERÍA

<i>Factor del Costo</i>	<i>Desempeño</i>
Inventario	Más alto que el almacenaje con el fabricante. La diferencia no es grande para artículos de alta rotación.
Transporte	Más bajo que el almacenaje con el fabricante. La diferencia puede ser grande en artículos de muy baja rotación.
Instalaciones y manejo	Un poco más alto que el almacenaje con el fabricante. La diferencia puede ser grande en artículos de muy baja rotación.
Información	Infraestructura más sencilla en comparación con el almacenaje con el fabricante.

<i>Factor del Servicio</i>	<i>Desempeño</i>
Tiempo de respuesta	Más rápido que el almacenaje con el fabricante.
Variedad del producto	Más baja que el almacenaje con el fabricante.
Disponibilidad del producto	Presenta mayores costos para proporcionar el mismo nivel de disponibilidad como el almacenaje con el fabricante.
Experiencia del cliente	Mejor que el almacenaje con el fabricante con envío directo.
Tiempo para llegar al mercado	Más alto que el almacenaje con el fabricante.
Visibilidad del pedido	Más fácil que con el almacenaje con el fabricante.
Retornabilidad	Más fácil que con el almacenaje con el fabricante.

*Tabla A.3*

*Factores de Costo y Servicio para el Diseño de Distribución de Almacenaje con el Distribuidor y entrega por Mensajería*

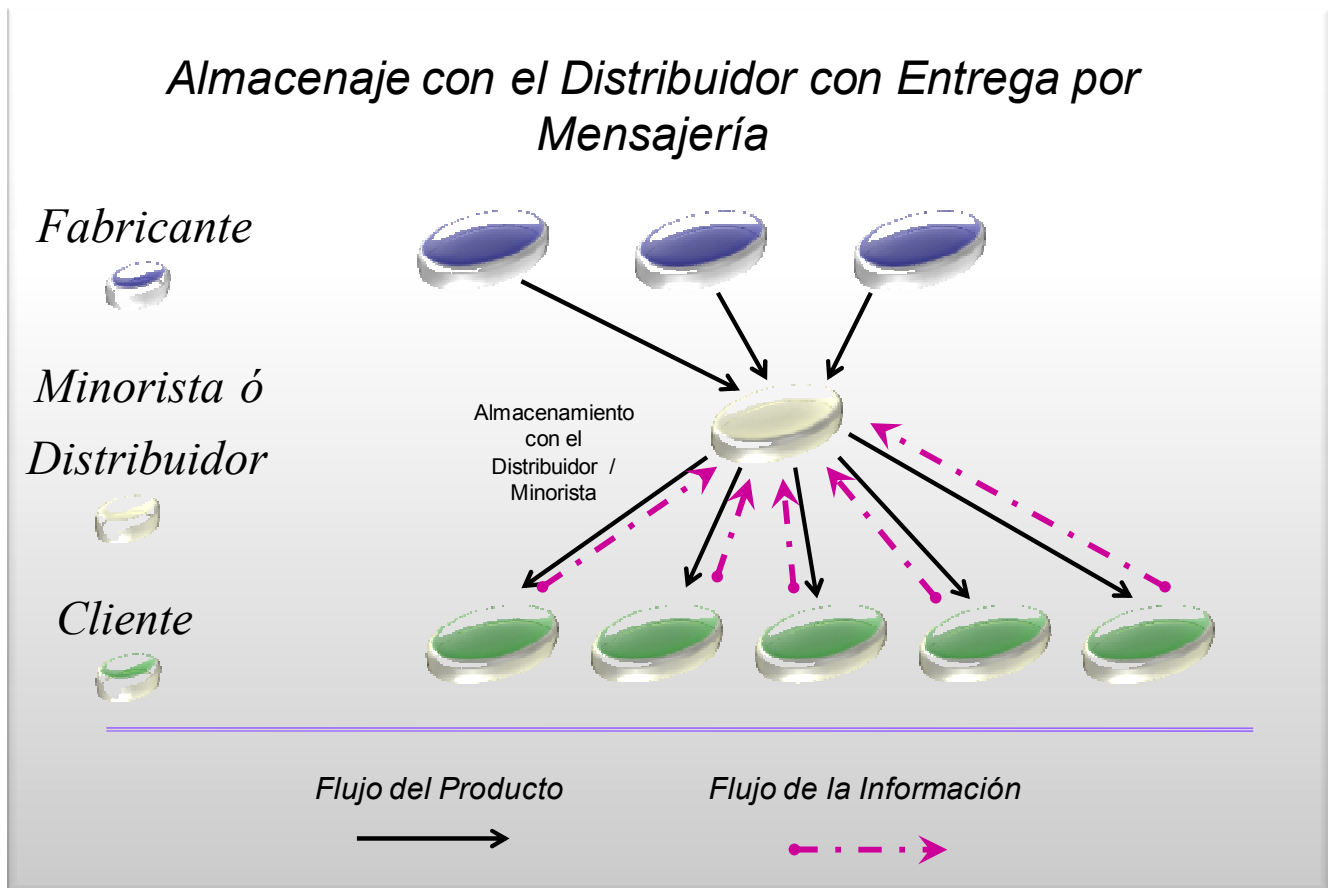


Figura A.3

Red para el Diseño de Distribución de Almacenaje con el Distribuidor y entrega por Mensajería

## 4. ALMACENAJE CON EL DISTRIBUIDOR CON ENTREGA A DOMICILIO

<i>Factor del Costo</i>	<i>Desempeño</i>
Inventario	Más alto que el almacenaje con el distribuidor con entrega por transportista de paquetería.
Transporte	Costo muy alto, dadas las mínimas economías de escala. Más alto que cualquier otra opción de distribución.
Instalaciones y manejo	Costos de instalaciones más altos que el almacenaje con fabricante o distribuidor con entrega con transportistas de paquetería, pero menores que el de una cadena de tiendas minoristas.
Información	Similar al almacenaje con el distribuidor con entrega con transportistas de paquetería.

<i>Factor del Servicio</i>	<i>Desempeño</i>
Tiempo de respuesta	Tiempo de respuesta muy rápido. Entregas al mismo día o al día siguiente.
Variedad del producto	Un poco menor que el almacenaje con el distribuidor con entrega con transportistas de paquetería, pero mayor que el de las tiendas minoristas.
Disponibilidad del producto	Es la opción más costosa para proporcionar disponibilidad del producto, excepto de las tiendas minoristas.
Experiencia del cliente	Catalogada como muy buena, especialmente para artículos voluminosos.
Tiempo para llegar al mercado	Ligeramente más alto que para el almacenaje con el distribuidor con entrega con transportista de paquetería.
Visibilidad del pedido	Menos problemas y más fácil de implementar que para el almacenaje con el fabricante o el almacenaje con el distribuidor con entrega con transportista de paquetería.
Retornabilidad	Más fácil de implementar que otras opciones. Más difícil y más cara que una red de minoristas.

Tabla A.4

*Factores de Costo y Servicio para el Diseño de Distribución de Almacenaje con el Distribuidor y entrega a domicilio*



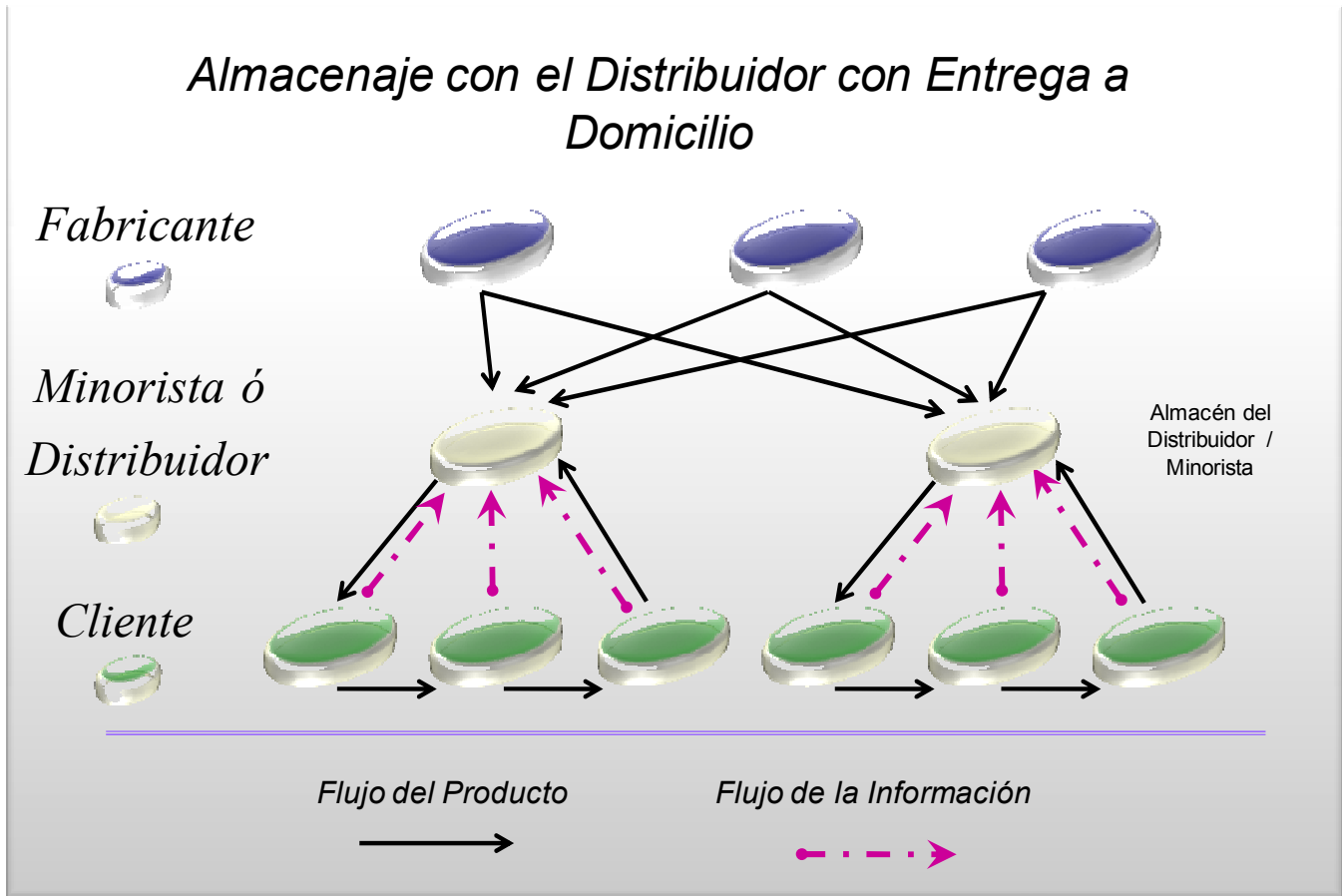


Figura A.4

Red para el Diseño de Distribución de Almacenaje con el Distribuidor y entrega a domicilio

### 5. ALMACENAJE CON EL FABRICANTE / DISTRIBUIDOR CON RECOLECCIÓN POR PARTE DEL CLIENTE

<i>Factor del Costo</i>	<i>Desempeño</i>
Inventario	Puede igualar cualquier otra opción, dependiendo de la ubicación del inventario.
Transporte	Menor que el uso de transportistas de paquetería, especialmente si se usa una red de entregas existentes.
Instalaciones y manejo	Los costos de instalación pueden ser muy altos si hay que construir nuevas instalaciones. Son más bajos si se emplean instalaciones existentes. El incremento en el costo de manejo en el sitio de surtido puede ser significativo.
Información	Inversión significativa en la infraestructura requerida.

<i>Factor del Servicio</i>	<i>Desempeño</i>
Tiempo de respuesta	Similar a la entrega de transportistas de paquetería con almacenamiento con el fabricante o distribuidor. Posible entrega el mismo día para artículos almacenados localmente en el sitio de surtido.
Variedad del producto	Similar a otras opciones de almacenaje con el fabricante o el distribuidor.
Disponibilidad del producto	Similar a otras opciones de almacenaje con el fabricante o el distribuidor.
Experiencia del cliente	Suele presentar menor grado de satisfacción que otras opciones, debido a la carencia de entrega a domicilio. En áreas con alta densidad de población, puede ser pequeña la pérdida de conveniencia.
Tiempo para llegar al mercado	Similar a otras opciones de almacenaje con el fabricante.
Visibilidad del pedido	Se torna difícil de implementar, pero es esencial
Retornabilidad	Un poco más fácil de operar, dado que las instalaciones de surtido pueden manejar devoluciones.

*Tabla A.5*

*Factores de Costo y Servicio para el Diseño de Distribución de Almacenaje con el Fabricante / Distribuidor y recolección por parte del cliente*

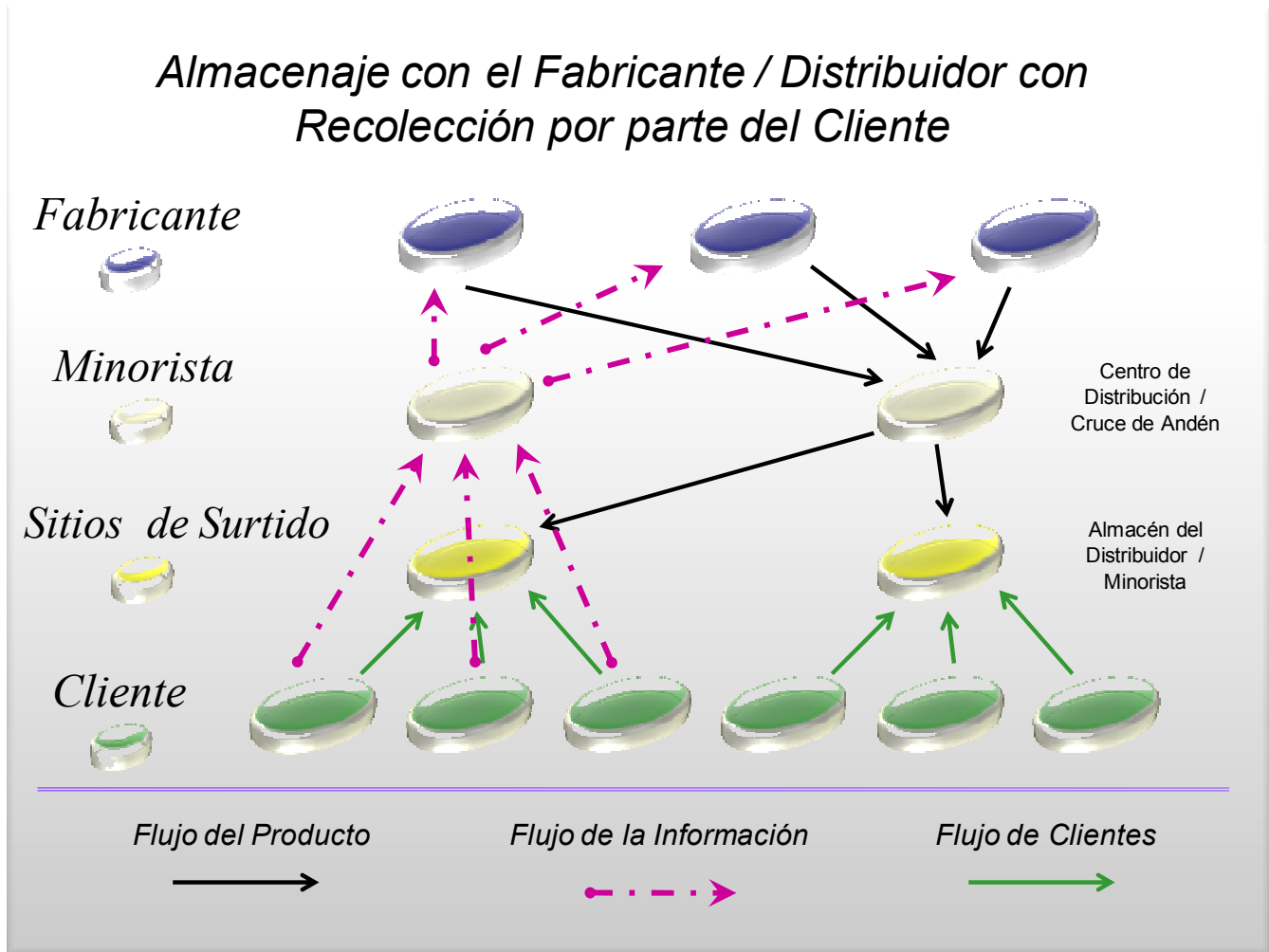


Figura A.5

Red para el Diseño de Distribución de Almacenaje con el Fabricante / Distribuidor y recolección por parte del cliente

## 6. ALMACENAJE CON EL VENDEDOR CON SURTIDO POR PARTE DEL CLIENTE

<i>Factor del Costo</i>	<i>Desempeño</i>
Inventario	Generalmente llega a ser, el más alto de las opciones tratadas.
Transporte	Generalmente llega a ser, el más bajo de las opciones tratadas.
Instalaciones y manejo	Es el más alto de las opciones tratadas. El incremento en los costos de manejo en el sitio de surtido puede ser significativo para pedidos en línea y por teléfono.
Información	Se requiere cierta inversión en infraestructura para los pedidos en línea y por teléfono.

<i>Factor del Servicio</i>	<i>Desempeño</i>
Tiempo de respuesta	Posible recolección el mismo día para artículos almacenados localmente en el sitio de surtido.
Variedad del producto	Generalmente puede presentar niveles muy bajos de variabilidad del producto, sin embargo puede haber cadenas de suministro con excepciones en este rubro.
Disponibilidad del producto	En esta opción la disponibilidad del producto se torna más costosa que en todas las opciones anteriores.
Experiencia del cliente	La satisfacción estará relacionada con el proceso de la compra.
Tiempo para llegar al mercado	Por lo general presentan tiempos elevados para llegar al mercado, pero esta no es una regla, ya que hay cadenas de suministro que operan bajo tal diseño y el tiempo para llegar al mercado es muy corto.
Visibilidad del pedido	Trivial para pedidos en la tienda. Difícil, pero esencial para pedidos en línea y por teléfono.
Retornabilidad	Más fácil que otras opciones, dado que el sitio de surtido puede manejar también las devoluciones.

*Tabla A.6*

*Factores de Costo y Servicio para el Diseño de Distribución de Almacenaje con el Vendedor y con Surtido por parte del cliente*

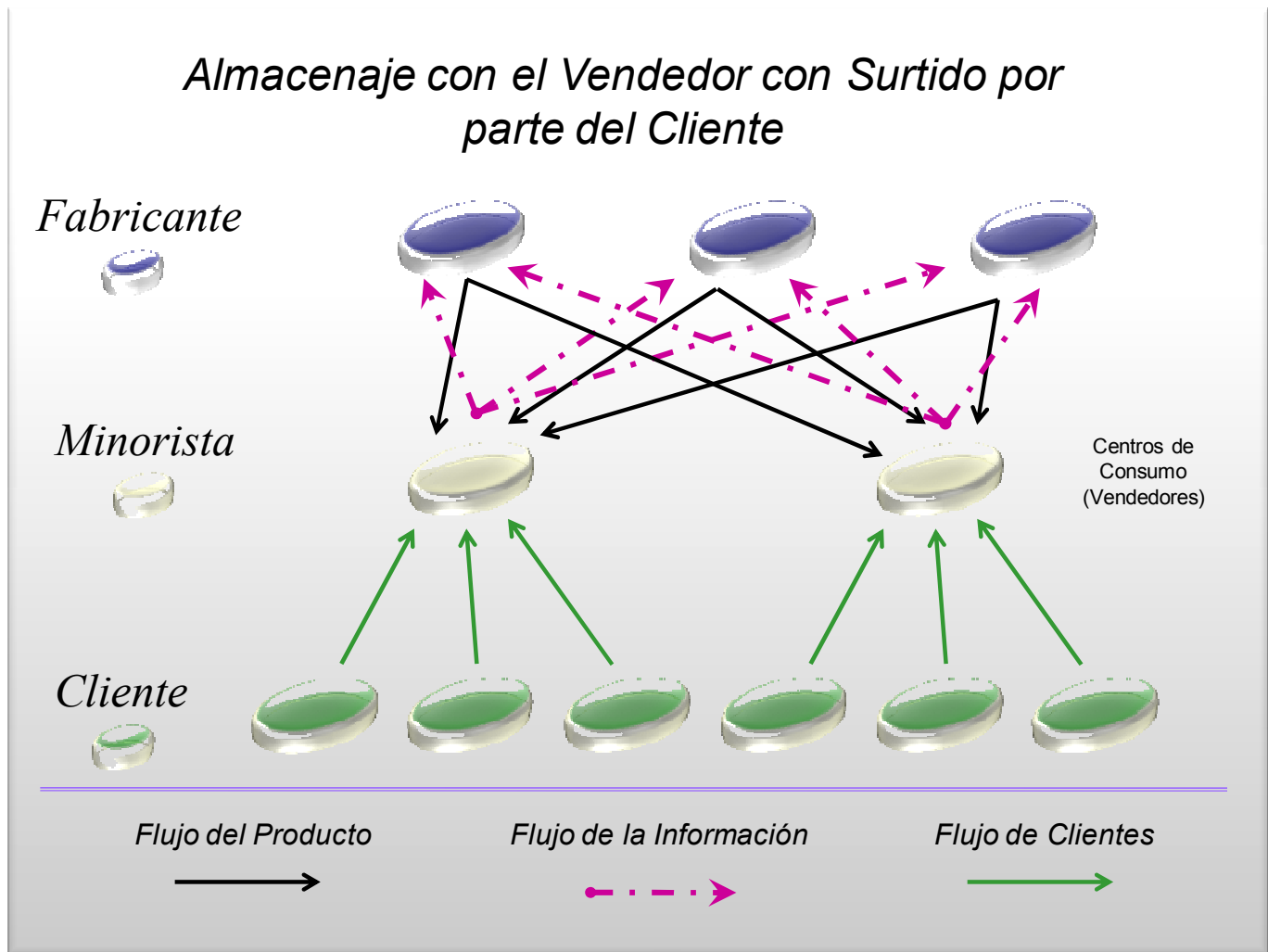


Figura A.6

Red para el Diseño de Distribución de Almacenaje con el Vendedor y con Surtido por parte del cliente

## B. Clasificación y modelos de solución de operaciones para industrias de manufactura continua y discreta

La presente sección muestra la clasificación propuesta por Michael L. Pinedo<sup>1</sup>, para los modelos y técnicas de solución asociados a las diversas operaciones en cadenas de suministro propias de industrias de manufactura continua y discreta. Así, en este anexo primeramente se describen los diversos grupos de industrias y las propiedades asociadas a sus cadenas de suministro, posteriormente es examinado como los diferentes modelos de planeación y secuenciación pueden ser utilizados en la gestión de estas cadenas.

Se puede establecer la distinción entre dos tipos de industrias de manufactura, clasificadas en:

- I. Industrias de Manufactura Continua
- II. Industrias de Manufactura Discreta

Tal clasificación, como se comentaba en la sección 1.3 *La Operabilidad de la Cadena de Suministro bajo una perspectiva de Optimización*, no única y existen empresas que se encuentran agrupadas por los dos criterios simultáneamente. Sin embargo, la planeación y secuenciación de actividades en las industrias de manufactura continua, con frecuencia tienen que operar con insumos que son significativamente diferentes de aquellos manejados por la industria de manufactura discreta. Como ejemplos de industrias de manufactura continua se encuentran la industria minera o la de procesos, y como ejemplos de industrias de manufactura discreta se puede citar a la industria automotriz, la industria de semiconductores, entre muchas otras.

*Industrias de Manufactura Continua:* Las industrias de manufactura continua con frecuencia tienen varios tipos de operaciones. Los tipos de operaciones más comunes pueden ser clasificados como se muestra a continuación:

### (I-a) Operaciones de Procesos Principales.

Las instalaciones de manufactura continua que consideran operaciones de procesos principales son, por ejemplo, los molinos de papel, las plantas químicas, y refinerías. En las industrias dedicadas a la elaboración de papel, las acereras y otras, es común que las máquinas procesen la materia prima y produzcan rollos de papel, acero u aluminio y posteriormente se emplee maquinaria sofisticada para el manejo de la materia procesada. Las máquinas que realizan las operaciones de procesos principales, típicamente presentan costos muy significativos de puesta en marcha y paro, y es común que se empleen durante periodos largos. Asimismo, con frecuencia las máquinas empleadas para las operaciones de procesos principales también incurren en altos costos configuración, por ejemplo al realizar cambios para producir de

---

<sup>1</sup> PINEDO Michel L *Planning and Scheduling in Manufacturing Services* Año. 2005 Edit. Springer Series in Operation Research Capítulo. 8 Pág. 173

una clase de producto a otro. Varias metodologías pueden ser usadas para analizar y resolver los modelos para gestionar tales operaciones, incluyendo procedimientos de secuenciación cíclicos y enfoques de programación entera mixta.

*(I-b) Operaciones de Transformación ó Finales.*

Varios procesos industriales son orientados a operaciones finales que realizan conversiones en la materia que será producto final. Tales transformaciones usualmente involucran el cortado del material, el formado, el pintado o impresión. Estas operaciones comúnmente (aunque no llega a ser una regla) producen elementos por los cuales la firma tiene el grueso de sus clientes. Por ejemplo, una operación final en la industria papelera pudiese ser el cortar papel a un tamaño deseado de los rollos que inicialmente fabricó. El negocio paplero es comúnmente una mezcla de modalidades *Fabricación para Almacenar (Make to stock)* y *Fabricación a la Medida (Make to order)*.

Si el sistema trabaja bajo la modalidad de *Fabricación a la Medida*, entonces la secuenciación es basada sobre las fechas de entrega acordadas con el cliente y la secuencia de las actividades depende de los tiempos de preparación y puesta en marcha. Esto se relaciona frecuentemente con modelos de secuenciación para máquina única o máquinas en paralelo.

Ahora, si el sistema trabaja bajo la modalidad de *Fabricación para Almacenar*, entonces es común el que se manejen modelos particulares para la gestión de inventarios. Si el sistema trabaja mediante una combinación de ambas modalidades (*Fabricación para Almacenar* y *Fabricación a la Medida*), entonces las políticas de programación de actividades estarán basadas sobre el control de inventarios y, a su vez, de reglas de secuenciación detallada.

*Industrias de Manufactura Discreta:* El sector de manufactura discreta es muy diverso, e incluye por ejemplo a la industria automotriz, la industria de aplicaciones, y la industria de componentes electrónicos. Desde la perspectiva de planeación y secuenciación una distinción puede ser establecida entre tres diferentes tipos de operaciones en este sector.

*(II-a) Operaciones de Conversión Primaria.*

Las operaciones de conversión primaria son algo similares a las operaciones finales de las industrias de manufactura continua. Estas operaciones de conversión primaria típicamente incluyen el estampado, cortado y doblado. El resultado de tales operaciones es con frecuencia una pieza crítica que es manufacturada a una forma concreta. Usualmente son realizadas pocas operaciones en tal pieza, y el proceso es relativamente simple. El producto final de una instalación con operaciones de conversión primaria es típicamente, un bien no terminado y está consolidado por un solo materia en estructura (por ejemplo, cajas, contenedores, armazones, etc.). Ejemplos del tipo de operaciones en esta categoría son empresas de estampado que producen armazones para automóviles, ó empresas dedicadas

a la elaboración de tarjetas electrónicas en varios tamaños para las plantas productoras de tarjetas de circuito impreso.

Los procesos de planeación y secuenciación catalogados en (II-a) serán similares a los clasificados en (I-b). Sin embargo, los primeros estarán más integrados con las operaciones subsecuentes.

*(II-b) Operaciones de Principal Producción.*

Son todas aquellas operaciones que requieren de múltiples actividades por diferente maquinaria y herramienta, y la producción (así como sus partes) debe seguir una ruta fija a través de varios centros de trabajo. Inversiones significativas de capital tienen que ser realizadas en diversas maquinas (tornos, fresadores, equipo de fabricación de chips, etc.). Es frecuente el caso que ciertas operaciones deben de ser desempeñadas repetidamente y que algunas órdenes tienen que visitar ciertos centros de trabajo en la fabrica varias veces.

Una orden típicamente representa un lote de piezas idénticos que requieren una secuencia dependiente de los tiempos de preparación y alistamiento de cada operación.

*(II-c) Operaciones de Ensamble.*

El objetivo principal de una instalación de ensamblaje es el disponer varias piezas juntas. Con frecuencia una instalación de ensamblaje no altera la forma de alguna de las piezas en particular. También es común que las operaciones de ensamblaje requieran inversiones en sistemas de manejo de materiales. Una operación de ensamblaje puede estar organizada en células de trabajo, en líneas de ensamble, o acorde a una mezcla de ambas. Típicamente las células de trabajo no requieren ningún método de secuenciación, pero en contraste, estará condicionado al desempeño de curvas de aprendizaje. En instalaciones de ensamblado que están configuradas en línea, la secuenciación se efectúa en técnicas heurísticas basadas en las fechas de entrega acordadas para cada orden.

La secuenciación, que comúnmente es generada por técnicas heurísticas, con frecuencia no solo afecta la tasa de transferencia de la línea, sino también la calidad de las piezas producidas.

La cadena de suministro, en ambos casos de industrias de manufactura (continua y discreta), debe tener etapas adicionales. En una cadena de suministro de manufactura continua existirá una etapa anterior al estado (I-a) en el cual la materia prima es reunida en sus puntos de origen (por ejemplo, actividades de tala forestal o mineras) y anexadas a las operaciones de procesamiento principal.

Existen algunas diferencias básicas entre los parámetros y características de operación de las empresas dedicadas a la manufactura continua y discreta. A continuación se muestran éstos en la Tabla B.1.



<b>Tipo de Operación</b>	<b>Horizonte de Aplicación</b>	<b>Dinámica de Reacción</b>	<b>Diferenciación de Productos</b>
<b>(I-a) Planeación</b>	De largo a mediano	Baja	Muy baja
<b>(I-b) Planeación / Secuenciación</b>	De mediano a corto	De media a alta	De media a baja
<b>(II-a) Planeación / Secuenciación</b>	De mediano a corto	Media	Muy baja
<b>(II-b) Planeación / Secuenciación</b>	De mediano a corto	Media	De media a baja
<b>(II-c) Secuenciación</b>	Corto	Alta	De media a muy baja

Tabla B.1

*Características de las Operaciones en la Industria de Manufactura Continua y Discreta*

La clasificación de operaciones propias de las industrias de manufactura continua y discreta anteriormente tratada, parte para el empleo de modelos y técnicas a los problemas de planeación y secuenciación de actividades propios de cada operación. La siguiente tabla (Tabla B.2) muestra un bosquejo de los diversos tipos de modelos que pueden ser empleados en las diversas categorías de operaciones así como su correspondiente técnica de solución.

<b>Tipo de Operación</b>	<b>Sector / Modelo</b>	<b>Técnica de Solución</b>
<b>(I-a)</b>	Modelos de tamaño de lote (Multi-etapas); Modelos de secuenciación cíclica	Formulaciones de programación entera mixta
<b>(I-b)</b>	Modelos de secuenciación de máquina única; Modelos de secuenciación de máquinas en paralelo	Secuenciación por lotes; Combinación de reglas de control de inventarios y reglas de prioridad
<b>(II-a)</b>	Modelos de secuenciación de máquina única; Modelos de secuenciación de máquinas en paralelo	Secuenciación por lotes y reglas de prioridad
<b>(II-b)</b>	Modelos de secuenciación para Producción en línea (Flow shop) y Producción por proceso (Job shop) con parámetros específicos de ruteo	Formulaciones de programación entera; Técnicas heurísticas; Reglas de prioridad
<b>(II-c)</b>	Modelos para líneas de ensamble; Modelos de células de trabajo	Técnicas heurísticas; Modelos relacionados con la modalidad <i>Fabricación a la Medida</i> y Justo a Tiempo

Tabla B.2

*Modelos y Técnicas de Solución propias de las operaciones de la industria de manufactura continua y discreta*

## C. Arreglos lógicos del modelo asociado a la cadena de suministro bajo estudio

El modelo que se ha formulado para determinar la planeación de la producción y distribución de la cadena de suministro, objeto de análisis de esta disertación, presenta una cantidad considerable de arreglos lógicos en su estructura matemática.

De tal forma, la presente sección expone el desarrollo que el complejo binario propició para hallar el resultado óptimo, tanto en cantidad y tiempo, de las actividades relacionadas con la función de producción y abastecimiento del negocio bajo estudio.

### C.1 De definición de $U_{jcdclt}$ en $t=i$ a $t=T$

El siguiente arreglo define en la formulación el nivel de adeudo con respecto al producto no entregado por la distribución secundaria. Lo anterior obedece en todo el horizonte de planeación, es decir, desde el primer periodo hasta el último establecido en la modelación.

Restricción	Formulación
R6	$Z_{jcdclt} - Dem_{jcdclt} - U_{jcdclt} + U_{jcdclt-1} < (M \cdot BIN_{jcdclt})$
R7	$-(M \cdot BIN_{jcdclt}) + U_{jcdclt} \leq Dem_{jcdclt} - Z_{jcdclt} + U_{jcdclt-1} + (M \cdot BIN_{jcdclt})$
R8	$(M \cdot NIV_{jcdclt}) + (1 - NIV_{jcdclt}) + (BIN_{jcdclt}) \leq 1 + (M \cdot (BIN_{jcdclt} - NIV_{jcdclt}))$
R9	$(M \cdot BIN_{jcdclt}) + U_{jcdclt} + (M \cdot NIV_{jcdclt}) \geq Dem_{jcdclt} - Z_{jcdclt} + U_{jcdclt-1} - (M \cdot NIV_{jcdclt})$
R10	$M(1 - BIN_{jcdclt}) + U_{jcdclt} \geq NIV_{jcdclt}$
R11	$U_{jcdclt} \leq NIV_{jcdclt} + M(1 - BIN_{jcdclt})$

Así, se procede a la sustitución de los valores que pueden tomar las variables binarias con el objetivo de obtener la interpretación del modelo en la definición de la variable  $U_{jcdclt}$ , la cual denota un nivel de adeudo en las entregas por parte de la distribución secundaria.

Considerando que  $BIN_{jcd\ cl\ t} = 0$  y  $NIV_{jcd\ cl\ t} = 0$ , se obtiene:

Restricción	Formulación	Interpretación
R6	$Z_{jcd\ cl\ t} < +Dem_{jcd\ cl\ t} + U_{jcd\ cl\ t} - U_{jcd\ cl\ t-1} + 0$	$U_{jcd\ cl\ t} = \sum$ , es decir U existe
R7	$-(0) + U_{jcd\ cl\ t} \leq Dem_{jcd\ cl\ t} - Z_{jcd\ cl\ t} + U_{jcd\ cl\ t-1} + (0)$	$U_{jcd\ cl\ t} \leq Dem_{jcd\ cl\ t} - Z_{jcd\ cl\ t} + U_{jcd\ cl\ t-1}$
R8	$(M \cdot 0) + (1 - 0) + (0) \leq 1 + (M \cdot (0 - 0))$	$1 \leq 1$ , Verdadero
R9	$(0) + U_{jcd\ cl\ t} + (0) \geq Dem_{jcd\ cl\ t} - Z_{jcd\ cl\ t} + U_{jcd\ cl\ t-1} - (0)$	$U_{jcd\ cl\ t} \geq Dem_{jcd\ cl\ t} - Z_{jcd\ cl\ t} + U_{jcd\ cl\ t-1}$
R10	$M(1 - 0) + U_{jcd\ cl\ t} \geq 0$	$\infty + U_{jcd\ cl\ t} \geq 0$ Infinito es mayor o igual a 0
R11	$U_{jcd\ cl\ t} \leq 0 + M(1 - 0)$	$U_{jcd\ cl\ t} \leq \infty$ Infinito es mayor o igual a U

Note que R6 establece que el nivel de adeudo de entregas será positivo, lo cual es definido por R7 y R9, en donde tales restricciones se convierten en una igualdad.

Considerando que  $BIN_{jcd\ cl\ t} = 0$  y  $NIV_{jcd\ cl\ t} = 1$ , se obtiene:

Restricción	Formulación	Interpretación
R6	$Z_{jcd\ cl\ t} < +Dem_{jcd\ cl\ t} + U_{jcd\ cl\ t} - U_{jcd\ cl\ t-1} + 0$	$U_{jcd\ cl\ t} = \sum$ , es decir U existe
R7	$-(0) + U_{jcd\ cl\ t} \leq Dem_{jcd\ cl\ t} - Z_{jcd\ cl\ t} + U_{jcd\ cl\ t-1} + (0)$	$U_{jcd\ cl\ t} \leq Dem_{jcd\ cl\ t} - Z_{jcd\ cl\ t} + U_{jcd\ cl\ t-1}$
R8	$(M \cdot 1) + (1 - 1) + (0) \leq 1 + (M \cdot (0 - 1))$	$\infty \leq -\infty \Rightarrow FALSO$
R9	$(0) + U_{jcd\ cl\ t} + (\infty) \geq Dem_{jcd\ cl\ t} - Z_{jcd\ cl\ t} + U_{jcd\ cl\ t-1} - (\infty)$	$\infty \geq -\infty \Rightarrow VERDADERO$
R10	$M(1 - 0) + U_{jcd\ cl\ t} \geq 1$	$\infty + U_{jcd\ cl\ t} \geq 1$ Infinito es mayor o igual a 1
R11	$U_{jcd\ cl\ t} \leq 0 + M(1 - 0)$	$U_{jcd\ cl\ t} \leq \infty$ Infinito es mayor o igual a U

El cuadro anterior denota que las variables binarias solo podrán tomar valores que generen escenarios verdaderos con respecto a la definición de variables por las cuales fueron diseñadas. Así, el modelo no podrá generar valores con  $BIN_{jcd\ cl\ t} = 0$  y  $NIV_{jcd\ cl\ t} = 1$  para algún periodo en el horizonte de planeación de la modelación.

Considerando que  $BIN_{jcdclt} = 1$  y  $NIV_{jcdclt} = 0$ , se obtiene:

Restricción	Formulación	Interpretación
R6	$Z_{jcdclt} < +Dem_{jcdclt} + U_{jcdclt} - U_{jcdclt-1} + \infty$	$U_{jcdclt} = 0$ , es decir U es nula
R7	$-(\infty) + U_{jcdclt} \leq Dem_{jcdclt} - Z_{jcdclt} + U_{jcdclt-1} + (\infty)$	$-\infty \leq \infty \Rightarrow VERDADERO$
R8	$(M \cdot 0) + (1 - 0) + (1) \leq 1 + (M \cdot (1 - 0))$	$2 \leq 1 + \infty \Rightarrow VERDADERO$
R9	$(\infty) + U_{jcdclt} + (0) \geq Dem_{jcdclt} - Z_{jcdclt} + U_{jcdclt-1} - (0)$	$(\infty) + U_{jcdclt} \geq Dem_{jcdclt} - Z_{jcdclt} + U_{jcdclt-1}$
R10	$M(1 - 1) + U_{jcdclt} \geq 0$	$U_{jcdclt} \geq 0$
R11	$U_{jcdclt} \leq 0 + M(1 - 1)$	$U_{jcdclt} \leq 0$

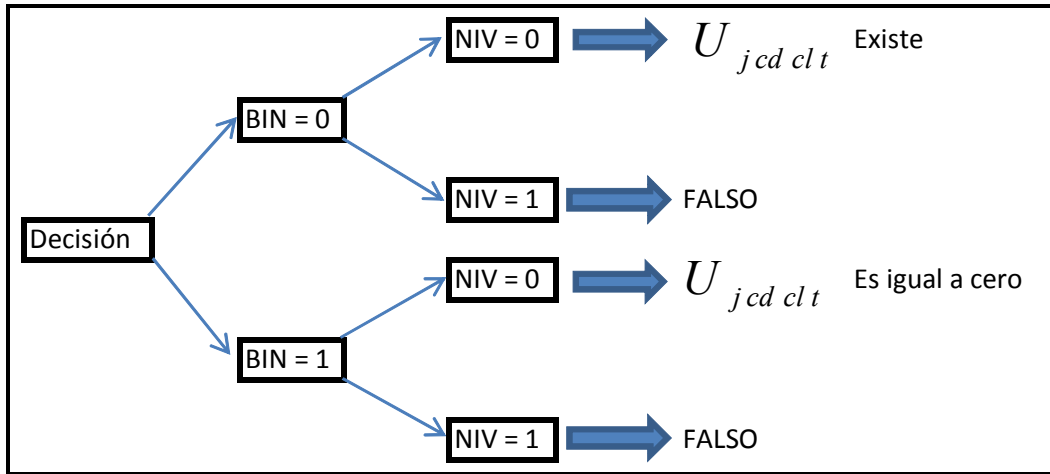
Bajo tal combinación de los resultados binarios, se genera la decisión de que el nivel de adeudo en las entregas es nulo, igual a cero. Esto es logrado por R10 y R11.

Considerando que  $BIN_{jcdclt} = 1$  y  $NIV_{jcdclt} = 1$ , se obtiene:

Restricción	Formulación	Interpretación
R6	$Z_{jcdclt} < +Dem_{jcdclt} + U_{jcdclt} - U_{jcdclt-1} + \infty$	$U_{jcdclt} = 0$ , es decir U es nula
R7	$-(\infty) + U_{jcdclt} \leq Dem_{jcdclt} - Z_{jcdclt} + U_{jcdclt-1} + (\infty)$	$-\infty \leq \infty \Rightarrow VERDADERO$
R8	$(M \cdot 1) + (1 - 1) + (1) \leq 1 + (M \cdot (1 - 1))$	$\infty + 1 \leq 1 + 0 \Rightarrow FALSO$
R9	$(\infty) + U_{jcdclt} + (\infty) \geq Dem_{jcdclt} - Z_{jcdclt} + U_{jcdclt-1} - (\infty)$	$(\infty) \geq -\infty \Rightarrow VERDADERO$
R10	$M(1 - 1) + U_{jcdclt} \geq 1$	$U_{jcdclt} \geq 1$
R11	$U_{jcdclt} \leq 1 + M(1 - 1)$	$U_{jcdclt} \leq 1$

El modelo generaría escenarios falsos si es que las dos variables binarias convergen en valores de 1 simultáneamente. De tal forma, la variable  $U_{jcdclt}$  será definida por valores de 0,0 y 1,0 para las variables binarias  $BIN_{jcdclt}$  y  $NIV_{jcdclt}$  respectivamente.

Así, el arreglo de restricciones  $R6$ ,  $R7$ ,  $R8$ ,  $R9$ ,  $R10$  y  $R11$ , puede ser resumido mediante el siguiente diagrama de decisión:



## C.2 De definición de $q_{jcdt=T+1}$

Un segundo arreglo binario en la formulación propuesta, para definir la planeación de la producción y la distribución, es el que establecen las nueve siguientes restricciones. Tal conjunto permite establecer una función lógica condicionante en el modelo.

Restricción	Formulación
R13	$\sum_{j=1}^J \sum_{k=p}^K \sum_{t=i}^T tp_{jkt} X_{jkt} < \sum_{k=p}^K \sum_{t=i}^T tmd_{kt} + M(BBIN_{jcdt=T+1} - NNIV_{jcdt=T+1})$
R14	$M(BBIN_{jcdt=T+1} - NNIV_{jcdt=T+1}) + \sum_{t=i}^T \sum_{cd=A}^{CD} imdp_{jcdt} + \sum_{j=1}^J \sum_{cd=A}^{CD} q_{jcdt=0} > \sum_{j=1}^J \sum_{cd=A}^{CD} \sum_{t=g}^T Dem_{jcdct} - \sum_{j=1}^J \sum_{cd=A}^{CD} \sum_{t=g}^T \sum_{cl=g}^{CL} U_{jcdct=T}$
R15	$\sum_{cl=g}^{CL} U_{jcdct=T} \geq BBIN_{jcdt=T+1}$
R16	$M(NNIV_{jcdt=T+1}) \leq (1 - BBIN_{jcdt=T+1})$
R17	$q_{jcdt=T+1} \leq \text{nid para } q_{jcdt=T+1} + M(BBIN_{jcdt=T+1})$
R18	$M(NNIV_{jcdt=T+1}) + (1 - NNIV_{jcdt=T+1}) + (BBIN_{jcdt=T+1}) \leq 1 + M(BBIN_{jcdt=T+1})$
R19	$M(BBIN_{jcdt=T+1}) + q_{jcdt=T+1} + M(NNIV_{jcdt=T+1}) > 0 - M(NNIV_{jcdt=T+1})$
R20	$M(1 - BBIN_{jcdt=T+1}) + q_{jcdt=T+1} \geq NNIV_{jcdt=T+1}$
R21	$q_{jcdt=T+1} \leq NNIV_{jcdt=T+1} + M(1 - BBIN_{jcdt=T+1})$

De tal forma, que desarrollando los valores posibles de las variables binarias, se obtiene lo siguiente:

Considerando que  $BBIN_{jcd\ t=T+1} = 0$  y  $NNIV_{jcd\ t=T+1} = 0$ , se obtiene:

Restricción	Formulación	Interpretación
R13	$\sum_{j=1}^J \sum_{k=p}^K \sum_{t=i}^T tp_{jkt} X_{jkt} < \sum_{k=p}^K \sum_{t=i}^T tmd_{kt} + 0$	Tiempo empleado en Manufactura < Tiempo Máximo Disponible. Es decir, existe Capacidad de Producción
R14	$0 + \sum_{t=i}^T lmdp_t + \sum_{j=1}^J \sum_{cd=A}^{CD} q_{jcd\ t=0} > \sum_{j=1}^J \sum_{cd=A}^{CD} \sum_{cl=g}^{CL} \sum_{t=i}^T Dem_{jcd\ cl\ t} - \sum_{j=1}^J \sum_{cd=A}^{CD} \sum_{cl=g}^{CL} U_{jcd\ cl\ t=T}$	Capacidad de envío a los Almacenes > (Demanda - Entregas con demora). Es decir, existe Capacidad de Distribución Primaria
R15	$\sum_{cl=g}^{CL} U_{jcd\ cl\ t=T} \geq 0$	Nivel nulo de entregas con demora
R16	$0 \leq 1$	VERDADERO
R17	$q_{jcd\ t=T+1} \leq nid\ para\ q_{jcd\ t=T+1} + 0$	Cota superior del nivel de inventario en t=T+1
R18	$0 + 1 + 0 \leq 1 + 0$	VERDADERO
R19	$0 + q_{jcd\ t=T+1} + 0 > 0 - 0$	Cota inferior del nivel de inventario en t=T+1
R20	$\infty + q_{jcd\ t=T+1} \geq 0$	VERDADERO
R21	$q_{jcd\ t=T+1} \leq 0 + \infty$	VERDADERO

Bajo tal configuración, las inecuaciones R13, R14 y R15 establecen las condiciones para que la variable  $q_{jcd\ t=T+1}$  sea positiva. Lo cual se materializa por medio de R17 y R19, restricciones que limitan a un rango de definición el nivel de inventario.

Considerando que  $BBIN_{jcd\ t=T+1} = 0$  y  $NNIV_{jcd\ t=T+1} = 1$ , se obtiene:

Restricción	Formulación	Interpretación
R13	$\sum_{j=1}^J \sum_{k=p}^K \sum_{t=i}^T tp_{jkt} X_{jkt} < \sum_{k=p}^K \sum_{t=i}^T tmd_{kt} - \infty$	FALSO. Menos infinito no es definido como una cantidad mayor a una sumatoria positiva.
R14	$-\infty + \sum_{t=i}^T lmdp_t + \sum_{j=1}^J \sum_{cd=A}^{CD} q_{jcd\ t=0} > \sum_{j=1}^J \sum_{cd=A\ cl=g}^{CD\ CL} \sum_{t=i}^T Dem_{jcd\ cl\ t} - \sum_{j=1}^J \sum_{cd=A\ cl=g}^{CD\ CL} \sum_{t=T} U_{jcd\ cl\ t=T}$	FALSO. Menos infinito no es definido como una cantidad mayor a una sumatoria positiva.
R15	$\sum_{cl=g}^{CL} U_{jcd\ cl\ t=T} \geq 0$	Establecimiento de un nivel de entregas nulas en cero o positivo
R16	$\infty \leq 1$	FALSO
R17	$q_{jcd\ t=T+1} \leq nid \text{ para } q_{jcd\ t=T+1} + 0$	Cota superior del nivel de inventario en t=T+1
R18	$\infty + 0 + 0 \leq 1 + 0$	FALSO
R19	$0 + q_{jcd\ t=T+1} + \infty > 0 - 0$	VERDADERO
R20	$\infty + q_{jcd\ t=T+1} \geq 1$	VERDADERO
R21	$q_{jcd\ t=T+1} \leq 1 + \infty$	VERDADERO

El escenario anterior arroja cuatro inecuaciones con una sentencia falsa, lo cual establece que dicha combinación de valores para las variables binarias no es posible.

Considerando que  $BBIN_{jcd\ t=T+1} = 1$  y  $NNIV_{jcd\ t=T+1} = 0$ , se obtiene:

Restricción	Formulación	Interpretación
R13	$\sum_{j=1}^J \sum_{k=p}^K \sum_{t=i}^T tp_{jkt} X_{jkt} < \sum_{k=p}^K \sum_{t=i}^T tmd_{kt} + \infty$	No existe capacidad de producción
R14	$\infty + \sum_{t=i}^T lmdp_t + \sum_{j=1}^J \sum_{cd=A}^{CD} q_{jcd\ t=0} > \sum_{j=1}^J \sum_{cd=A\ cl=g}^{CD\ CL} \sum_{t=i}^T Dem_{jcd\ cl\ t} - \sum_{j=1}^J \sum_{cd=A\ cl=g}^{CD\ CL} \sum_{t=T} U_{jcd\ cl\ t=T}$	No existe capacidad de distribución primaria
R15	$\sum_{cl=g}^{CL} U_{jcd\ cl\ t=T} \geq 1$	Nivel de entregas nulas positivo
R16	$0 \leq 0$	VERDADERO
R17	$q_{jcd\ t=T+1} \leq nid \text{ para } q_{jcd\ t=T+1} + \infty$	VERDADERO
R18	$0 + 1 + 1 \leq 1 + \infty$	VERDADERO
R19	$\infty + q_{jcd\ t=T+1} + 0 > 0 - 0$	VERDADERO
R20	$0 + q_{jcd\ t=T+1} \geq 0$	Definición de Nivel de Inventario para t=T+1
R21	$q_{jcd\ t=T+1} \leq 0 + 0$	Definición de Nivel de Inventario para t=T+1



Con dichos valores para las variables binarias se generan las condiciones en *R13*, *R14* y *R15* para que el nivel de inventario en el periodo  $t = T + 1$  sea igual a cero. Las restricciones *R20* y *R21* conjuntamente, justo definen lo anterior, establecen en cero a la variable  $q_{jcdt=T+1}$

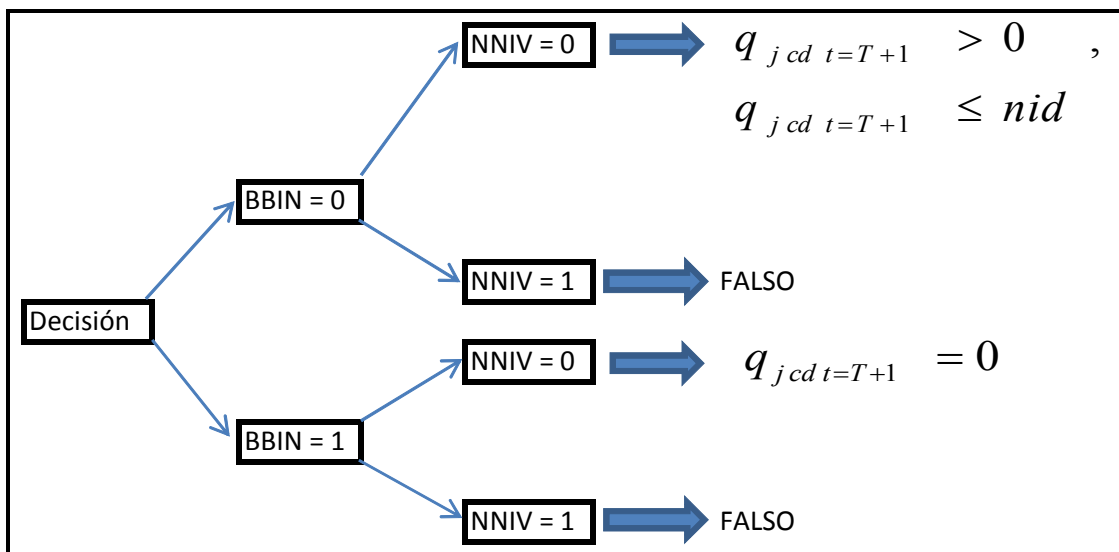
**Considerando que  $BBIN_{jcdt=T+1} = 1$  y  $NNIV_{jcdt=T+1} = 1$ , se obtiene:**

Restricción	Formulación	Interpretación
R13	$\sum_{j=1}^J \sum_{k=p}^K \sum_{t=i}^T tp_{jkt} X_{jkt} < \sum_{k=p}^K \sum_{t=i}^T tmd_{kt} + 0$	Tiempo empleado en Manufactura < Tiempo Máximo Disponible. Es decir, existe Capacidad de Producción
R14	$0 + \sum_{t=i}^T tmdp_i + \sum_{j=1}^J \sum_{cd=A}^{CD} q_{jcdt=0} > \sum_{j=1}^J \sum_{cd=A}^{CD} \sum_{cl=g}^{CL} \sum_{t=i}^T Dem_{jcdclt} - \sum_{j=1}^J \sum_{cd=A}^{CD} \sum_{cl=g}^{CL} U_{jcdclt=T}$	Capacidad de envío a los Almacenes > (Demanda - Entregas con demora). Es decir, existe Capacidad de Distribución Primaria
R15	$\sum_{cl=g}^{CL} U_{jcdclt=T} \geq 1$	Nivel de entregas nulas positivo
R16	$\infty \leq 0$	FALSO
R17	$q_{jcdt=T+1} \leq nid \text{ para } q_{jcdt=T+1} + \infty$	VERDADERO
R18	$\infty + 0 + 1 \leq 1 + \infty$	VERDADERO
R19	$\infty + q_{jcdt=T+1} + \infty > 0 - \infty$	FALSO
R20	$0 + q_{jcdt=T+1} \geq 1$	Cota inferior para el nivel de inventario en t=T+1
R21	$q_{jcdt=T+1} \leq 1 + 0$	Cota inferior para el nivel de inventario en t=T+1

En el arreglo combinatorio de valores para las variables binarias mostrado anteriormente se observa que *R13*, *R14* y *R15* continúan estableciendo las condiciones que definen el nivel de inventario para  $t = T + 1$ . Sin embargo, el arreglo es limitado por *R19*, dado que establece una sentencia no verdadera.

Así, habiendo establecido todas las combinaciones de valores posibles para las variables binarias, se observa que las combinaciones únicas son 0,0 y 1,0 para  $BBIN_{jcdt=T+1}$  y  $NNIV_{jcdt=T+1}$  respectivamente. Escenarios que conllevan a un nivel de inventario positivo o nulo.

Así, el arreglo de restricciones  $R13$  a  $R21$ , puede ser resumido mediante el siguiente diagrama de decisión:



## D. Modelo de Optimización de la Cadena de Suministro en estudio

La aplicación efectuada a la cadena de suministro bajo estudio corresponde a un modelo de optimización bajo el criterio de minimización de los costos en los que incurre la operación del sistema analizado. Tal concepción es con el fin de establecer la planeación de la producción, la gestión de almacenamiento y distribución, para un horizonte de tiempo en la industria seleccionada.

Esta sección muestra el modelo con el cual se genero la planeación comentada. Los datos referidos a costos y parámetros, que en él se exponen, no corresponde a algún sistema real.

Para automatizar el manejo de la información, fue necesario crear para el proyecto de modelación, una base de datos, la cual contenía la información del sistema bajo estudio. Diversos arreglos en la base de datos, fueron establecidos a tal forma de obtener la sintaxis de la formulación. Así, los 6 componentes de la función objetivo, junto con el arreglo establecido de las 24 restricciones generales, se generaban automáticamente conforme a la sintaxis del paquete de modelación. El modelo a continuación expuesto obedece a la sintaxis manejada por *LINGO*.

### D.1 Función Objetivo

MODEL:  
MIN=FUNCION\_OBJETIVO;  
FUNCION\_OBJETIVO=

IF01 Costos de Producción;

$$(25*((1.05*X1pi)+(1.058925*X1pii)+(1.0679258625*X1piii)+(1.07700323233125*X1piv)+(1.08615775980607*X1piv)+(1.09539010076442*X1pvi)+(3.05*X2pi)+(3.075925*X2pii)+(3.1020703625*X2piii)+(3.12843796058125*X2piv)+(3.15502968324619*X2pv)+(3.18184743555378*X2pvi)+(2.8*X3pi)+(2.8238*X3pii)+(2.8478023*X3piii)+(2.87200861955*X3piv)+(2.89642069281617*X3pv)+(2.92104026870511*X3pvi)+(0.9643*X4pi)+(0.97249655*X4pii)+(0.980762770675*X4piii)+(0.989099254225737*X4piv)+(0.997506597886656*X4pvi)+(1.005985403968869*X4pvi)+(1.6512*X5pi)+(1.6652352*X5pii)+(1.6793896992*X5piii)+(1.6936645116432*X5piv)+(1.70806065999217*X5pvi)+(1.7225791756021*X5pvi)+(1.041*X1ri)+(1.0498485*X1rii)+(1.05877221225*X1riii)+(1.06777177605412*X1riv)+(1.07684783615058*X1riv)+(1.08600104275786*X1rvi)+(3.025*X2ri)+(3.0507125*X2rii)+(3.07664355625*X2riii)+(3.10279502647812*X2riv)+(3.12916878420319*X2rvi)+(3.15576671886892*X2rvi)+(2.806*X4ri)+(2.829851*X4rii)+(2.8539047335*X4riii)+(2.87816292373475*X4riv)+(2.90262730858649*X4riv)+(2.92729964070948*X4riv)+(1.6549*X5ri)+(1.66896665*X5rii)+(1.683152866525*X5riii)+(1.69745966589046*X5riv)+(1.71188807305053*X5rv)+(1.72643912167146*X5rvi)+(0.48997*X6ri)+(0.494134745*X6rii)+(0.4983348903325*X6riii)+(0.502570736900326*X6riv)+(0.506842588163979*X6rv)+(0.511150750163373*X6rvi)+(1.045*X1si)+(1.0538825*X1sii)+(1.06284050125*X1siii)+(1.07187464551062*X1siv)+(1.08098557999747*X1sv)+(1.09017395742744*X1svi)+(3.0375*X2si)+(3.06331875*X2sii)+(3.089356959375*X2siii)+(3.11561649352969*X2sv)+(3.14209923372469*X2svi)+(3.16880707721135*X2svii)+(2.801*X4si)+(2.8248085*X4sii)+(2.84881937225*X4siii)+(2.87303433691412*X4siv)+(2.89745512877789*X4sv)+(2.92208349737251*X4svi)+(1.6538*X5si)+(1.6678573*X5sii)+(1.68203408705*X5siii)+(1.69633137678992*X5svi)+(1.71075019349264*X5svi)+(1.72529157013733*X5svii)+(0.31201*X6si)+(0.314662085*X6sii)+(0.3173367127225*X6siii)+(0.320034074780641*X6svi)+(0.322754364416277*X6svi)+(0.325497776513815*X6svii))$$

IF02 Costos de Distribución Primaria;

$$+(25*((0.0320353835978836*Y1pAi)+(0.0323076843584656*Y1pAii)+(0.0325822996755126*Y1pAiii)+(0.0328592492227544*Y1pAiv)+(0.0331385528411478*Y1pAv)+(0.0334202305402976*Y1pAvi)+(0.186011904761905*Y1pBii)+(0.1875930005952381*Y1pBiii)+(0.189187546502976*Y1pBiiii)+(0.190795640648251*Y1pBiv)+(0.192417403593762*Y1pBv)+(0.194052951524309*Y1pBvi)+(0.206679894179894*Y1pCii)+(0.208436673280423*Y1pCiii)+(0.212008385003307*Y1pCiiii)+(0.211995156275835*Y1pCiv)+(0.21379711510418*Y1pCvi)+(0.215614390582565*Y1pCvii)+(0.129174933862434*Y1pDii)+(0.13027292000265*Y1pDiii)+(0.131380240627067*Y1pDiiii)+(0.132496972672397*Y1pDv)+(0.133623196940112*Y1pDvi)+(0.134758994114103*Y1pDvii)+(0.279017857142857*Y1pEi)+(0.281389508928571*Y1pEii)+(0.283781319754464*Y1pEiii)+(0.286193460972377*Y1pEiv)+(0.288626105390642*Y1pEv)+(0.291079427286463*Y1pEvi)+(0.108119419642857*Y2pAi)+(0.109038434709821*Y2pAii)+(0.109965261404855*Y2pAiii)+(0.110899966126796*Y2pAiv)+(0.111842615838874*Y2pAv)+(0.112793278073504*Y2pAvi)+(0.627790178571429*Y2pBii)+(0.633126395089286*Y2pBiii)+(0.638507969447545*Y2pBiiii)+(0.643935287187849*Y2pBv)+(0.649408737128945*Y2pBvi)+(0.654928711394541*Y2pBvii)+(0.697544642857143*Y2pCi)+(0.703473772321429*Y2pCii)+(0.709453299386161*Y2pCiii)+(0.715483652430943*Y2pCiv)+(0.721565263476606*Y2pCvi)+(0.727698568216157*Y2pCvii)+(0.435965401785714*Y2pDii)+(0.439671107700893*Y2pDiii)+(0.4434083121635*Y2pDiiii)+(0.447177282769339*Y2pDv)+(0.450978289672879*Y2pDvi)+(0.454811605135098*Y2pDvii)+(0.941685267857143*Y2pEi)+(0.949689592633929*Y2pEii)+(0.957761954171317*Y2pEiii)+(0.965902930781773*Y2pEiv)+(0.974113105693418*Y2pEv)+(0.982393067091812*Y2pEvi)+(0.0240265376984127*Y3pAi)+(0.0242307632688492*Y3pAii)+(0.0244367247566344*Y3pAiii)+(0.0246444369170658*Y3pAiv)+(0.0248539146308609*Y3pAv)+(0.0250651729052232*Y3pAvi)+(0.139508928571429*Y3pBi)+(0.140694754464286*Y3pBii)+(0.141890659877232*Y3pBiii)+(0.143096730486189*Y3pBiv)+(0.144313052695321*Y3pBv)+(0.145539713643231*Y3pBvi)+(0.155009920634921*Y3pCii)+(0.156327504960317*Y3pCiii)+(0.15765628875248*Y3pCiiii)+(0.158996367206876*Y3pCiv)+(0.160347836328135*Y3pCvi)+(0.161710792936924*Y3pCvii)+(0.0968812003968254*Y3pDi)+(0.0977046906001984*Y3pDii)+(0.0985351804703001*Y3pDiii)+(0.0993727295042976*Y3pDv)+(0.100217397705084*Y3pDvi)+(0.101069245585577*Y3pDvii)+(0.209263392857143*Y3pEi)+(0.211042131696429*Y3pEii)+(0.212835989815848*Y3pEiii)+(0.214645095729283*Y3pEiv)+(0.216469579042982*Y3pEv)+(0.218309570464847*Y3pEvi)+(0.0615079365079365*Y4pAi)+(0.062030753968254*Y4pAii)+(0.0625580153769841*Y4pAiii)+(0.0630897585076885*Y4pAiv)+(0.0636260214550038*Y4pAv)+(0.0641668426373714*Y4pAvi)+(0.357142857142857*Y4pBi)+(0.360178571428571*Y4pBii)+(0.363240089285714*Y4pBiii)+(0.36632763004643*Y4pBiv)+(0.369441414900022*Y4pBv)+(0.372581666926672*Y4pBvi)+(0.396825396825397*Y4pCi)+(0.400198412698413*Y4pCii)+(0.403600099206349*Y4pCiii)+(0.407030700049603*Y4pCiv)+(0.410490461000025*Y4pCv)+(0.413979629918525*Y4pCvi)+(0.248015873015873*Y4pDi)+(0.250124007936508*Y4pDii)+(0.252250062003968*Y4pDiii)+(0.254394187531002*Y4pDv)+(0.256556538125015*Y4pDvi)+(0.258737268699078*Y4pDvii)+(0.535714285714286*Y4pEi)+(0.540267857142857*Y4pEii)+(0.544860133928571*Y4pEiii)+(0.549491445066964*Y4pEiv)+(0.554162122350033*Y4pEv)+(0.558872500390009*Y4pEvi)+(0.0320353835978836*Y5pAi)+(0.0323076843584656*Y5pAii)+(0.0325822996755126*Y5pAiii)+(0.0328592492227544*Y5pAiv)+(0.0331385528411478*Y5pAv)+(0.0334202305402976*Y5pAvi)+(0.186011904761905*Y5pBii)+(0.1875930005952381*Y5pBiii)+(0.189187546502976*Y5pBiiii)+(0.190795640648251*Y5pBiv)+(0.192417403593762*Y5pBv)+(0.194052951524309*Y5pBvi)$$





## D.2 Restricciones

IR1 de Capacidad de Producción;

(0.00022727272727272727\*X1pi)<=(112);  
 (0.00022727272727272727\*X1pii)<=(112);  
 (0.00022727272727272727\*X1piii)<=(96);  
 (0.00022727272727272727\*X1piv)<=(112);  
 (0.00022727272727272727\*X1pv)<=(96);  
 (0.00022727272727272727\*X1pvi)<=(112);  
 (0.000643137254901961\*X2pi)<=(112);  
 (0.000643137254901961\*X2pii)<=(112);  
 (0.000643137254901961\*X2piii)<=(96);  
 (0.000643137254901961\*X2piv)<=(112);  
 (0.000643137254901961\*X2pv)<=(96);  
 (0.000643137254901961\*X2pvi)<=(112);  
 (0.000446511627906977\*X3pi)<=(112);  
 (0.000446511627906977\*X3pii)<=(112);  
 (0.000446511627906977\*X3piii)<=(96);  
 (0.000446511627906977\*X3piv)<=(112);  
 (0.000446511627906977\*X3pv)<=(96);  
 (0.000446511627906977\*X3pvi)<=(112);  
 (0.00044444444444444444\*X4pi)<=(112);  
 (0.00044444444444444444\*X4pii)<=(112);  
 (0.00044444444444444444\*X4piii)<=(96);  
 (0.00044444444444444444\*X4piv)<=(112);  
 (0.00044444444444444444\*X4pv)<=(96);  
 (0.00044444444444444444\*X4pvi)<=(112);  
 (0.000205797101449275\*X5pi)<=(112);  
 (0.000205797101449275\*X5pii)<=(112);  
 (0.000205797101449275\*X5piii)<=(96);  
 (0.000205797101449275\*X5piv)<=(112);  
 (0.000205797101449275\*X5pv)<=(96);  
 (0.000205797101449275\*X5pvi)<=(112);  
 (0.00022727272727272727\*X1ri)<=(112);  
 (0.00022727272727272727\*X1rii)<=(112);  
 (0.00022727272727272727\*X1riii)<=(96);  
 (0.00022727272727272727\*X1riv)<=(112);  
 (0.00022727272727272727\*X1rv)<=(96);  
 (0.00022727272727272727\*X1rvi)<=(112);  
 (0.000643137254901961\*X2ri)<=(112);  
 (0.000643137254901961\*X2rii)<=(112);  
 (0.000643137254901961\*X2riii)<=(96);  
 (0.000643137254901961\*X2riv)<=(112);  
 (0.000643137254901961\*X2rv)<=(96);  
 (0.000643137254901961\*X2rvi)<=(112);  
 (0.00044444444444444444\*X4ri)<=(112);  
 (0.00044444444444444444\*X4rii)<=(112);  
 (0.00044444444444444444\*X4riii)<=(96);  
 (0.00044444444444444444\*X4riv)<=(112);  
 (0.00044444444444444444\*X4rv)<=(96);  
 (0.00044444444444444444\*X4rvi)<=(112);  
 (0.000205797101449275\*X5ri)<=(112);  
 (0.000205797101449275\*X5rii)<=(112);  
 (0.000205797101449275\*X5riii)<=(96);  
 (0.000205797101449275\*X5riv)<=(112);  
 (0.000205797101449275\*X5rv)<=(96);  
 (0.000205797101449275\*X5rvi)<=(112);  
 (0.0004\*X6ri)<=(112);  
 (0.0004\*X6rii)<=(112);  
 (0.0004\*X6riii)<=(96);  
 (0.0004\*X6riv)<=(112);  
 (0.0004\*X6rv)<=(96);  
 (0.0004\*X6rvi)<=(112);  
 (0.00022727272727272727\*X1si)<=(112);  
 (0.00022727272727272727\*X1sii)<=(112);  
 (0.00022727272727272727\*X1siii)<=(96);  
 (0.00022727272727272727\*X1siv)<=(112);  
 (0.00022727272727272727\*X1sv)<=(96);  
 (0.00022727272727272727\*X1svi)<=(112);  
 (0.000643137254901961\*X2si)<=(112);  
 (0.000643137254901961\*X2sii)<=(112);  
 (0.000643137254901961\*X2siii)<=(96);  
 (0.000643137254901961\*X2siv)<=(112);  
 (0.000643137254901961\*X2sv)<=(96);  
 (0.000643137254901961\*X2svi)<=(112);  
 (0.00044444444444444444\*X4si)<=(112);  
 (0.00044444444444444444\*X4sii)<=(112);  
 (0.00044444444444444444\*X4siii)<=(96);  
 (0.00044444444444444444\*X4siv)<=(112);  
 (0.00044444444444444444\*X4sv)<=(96);  
 (0.00044444444444444444\*X4svi)<=(112);  
 (0.000205797101449275\*X5si)<=(112);  
 (0.000205797101449275\*X5sii)<=(112);  
 (0.000205797101449275\*X5siii)<=(96);  
 (0.000205797101449275\*X5siv)<=(112);  
 (0.000205797101449275\*X5sv)<=(96);  
 (0.000205797101449275\*X5svi)<=(112);  
 (0.0004\*X6si)<=(112);  
 (0.0004\*X6sii)<=(112);  
 (0.0004\*X6siii)<=(96);

# Planeación de la producción y distribución de una cadena de suministro mediante un modelo matemático de optimización

(0.0004\*X6siv)<=(112);  
(0.0004\*X6sv)<=(96);  
(0.0004\*X6svi)<=(112);

IR2 de Límite de Distribución Primaria;

(Y1pAi)+(Y1pBi)+(Y1pCi)+(Y1pDi)+(Y1pEi)+(Y2pAi)+(Y2pBi)+(Y2pCi)+(Y2pDi)+(Y2pEi)+(Y3pAi)+(Y3pBi)+(Y3pCi)+(Y3pDi)+(Y3pEi)+(Y4pAi)+(Y4pBi)+(Y4pCi)+(Y4pDi)+(Y4pEi)+(Y5pAi)+(Y5pBi)+(Y5pCi)+(Y5pDi)+(Y5pEi)+(Y1rAi)+(Y1rBi)+(Y1rCi)+(Y1rDi)+(Y1rEi)+(Y2rAi)+(Y2rBi)+(Y2rCi)+(Y2rDi)+(Y2rEi)+(Y4rAi)+(Y4rBi)+(Y4rCi)+(Y4rDi)+(Y4rEi)+(Y5rAi)+(Y5rBi)+(Y5rCi)+(Y5rDi)+(Y5rEi)+(Y6rAi)+(Y6rBi)+(Y6rCi)+(Y6rDi)+(Y6rEi)+(Y1sAi)+(Y1sBi)+(Y1sCi)+(Y1sDi)+(Y1sEi)+(Y2sAi)+(Y2sBi)+(Y2sCi)+(Y2sDi)+(Y2sEi)+(Y4sAi)+(Y4sBi)+(Y4sCi)+(Y4sDi)+(Y4sEi)+(Y5sAi)+(Y5sBi)+(Y5sCi)+(Y5sDi)+(Y5sEi)<=(5801077.333333333);  
(Y1pAii)+(Y1pBii)+(Y1pCii)+(Y1pDii)+(Y1pEii)+(Y2pAii)+(Y2pBii)+(Y2pCii)+(Y2pDii)+(Y2pEii)+(Y3pAii)+(Y3pBii)+(Y3pCii)+(Y3pDii)+(Y3pEii)+(Y4pAii)+(Y4pBii)+(Y4pCii)+(Y4pDii)+(Y4pEii)+(Y5pAii)+(Y5pBii)+(Y5pCii)+(Y5pDii)+(Y5pEii)+(Y1rAii)+(Y1rBii)+(Y1rCii)+(Y1rDii)+(Y1rEii)+(Y2rAii)+(Y2rBii)+(Y2rCii)+(Y2rDii)+(Y2rEii)+(Y4rAii)+(Y4rBii)+(Y4rCii)+(Y4rDii)+(Y4rEii)+(Y5rAii)+(Y5rBii)+(Y5rCii)+(Y5rDii)+(Y5rEii)+(Y6rAii)+(Y6rBii)+(Y6rCii)+(Y6rDii)+(Y6rEii)+(Y1sAii)+(Y1sBii)+(Y1sCii)+(Y1sDii)+(Y1sEii)+(Y2sAii)+(Y2sBii)+(Y2sCii)+(Y2sDii)+(Y2sEii)+(Y4sAii)+(Y4sBii)+(Y4sCii)+(Y4sDii)+(Y4sEii)+(Y5sAii)+(Y5sBii)+(Y5sCii)+(Y5sDii)+(Y5sEii)+(Y6sAii)+(Y6sBii)+(Y6sCii)+(Y6sDii)+(Y6sEii)<=(5801077.333333333);  
(Y1pAiii)+(Y1pBiii)+(Y1pCiii)+(Y1pDiii)+(Y1pEiii)+(Y2pAiii)+(Y2pBiii)+(Y2pCiii)+(Y2pDiii)+(Y2pEiii)+(Y3pAiii)+(Y3pBiii)+(Y3pCiii)+(Y3pDiii)+(Y3pEiii)+(Y4pAiii)+(Y4pBiii)+(Y4pCiii)+(Y4pDiii)+(Y4pEiii)+(Y5pAiii)+(Y5pBiii)+(Y5pCiii)+(Y5pDiii)+(Y5pEiii)+(Y1rAiii)+(Y1rBiii)+(Y1rCiii)+(Y1rDiii)+(Y1rEiii)+(Y2rAiii)+(Y2rBiii)+(Y2rCiii)+(Y2rDiii)+(Y2rEiii)+(Y4rAiii)+(Y4rBiii)+(Y4rCiii)+(Y4rDiii)+(Y4rEiii)+(Y5rAiii)+(Y5rBiii)+(Y5rCiii)+(Y5rDiii)+(Y5rEiii)+(Y6rAiii)+(Y6rBiii)+(Y6rCiii)+(Y6rDiii)+(Y6rEiii)+(Y1sAiii)+(Y1sBiii)+(Y1sCiii)+(Y1sDiii)+(Y1sEiii)+(Y2sAiii)+(Y2sBiii)+(Y2sCiii)+(Y2sDiii)+(Y2sEiii)+(Y4sAiii)+(Y4sBiii)+(Y4sCiii)+(Y4sDiii)+(Y4sEiii)<=(5047690.666666667);  
(Y1pAiv)+(Y1pBiv)+(Y1pCiv)+(Y1pDiv)+(Y1pEiv)+(Y2pAiv)+(Y2pBiv)+(Y2pCiv)+(Y2pDiv)+(Y2pEiv)+(Y3pAiv)+(Y3pBiv)+(Y3pCiv)+(Y3pDiv)+(Y3pEiv)+(Y4pAiv)+(Y4pBiv)+(Y4pCiv)+(Y4pDiv)+(Y4pEiv)+(Y5pAiv)+(Y5pBiv)+(Y5pCiv)+(Y5pDiv)+(Y5pEiv)+(Y1rAiv)+(Y1rBiv)+(Y1rCiv)+(Y1rDiv)+(Y1rEiv)+(Y2rAiv)+(Y2rBiv)+(Y2rCiv)+(Y2rDiv)+(Y2rEiv)+(Y4rAiv)+(Y4rBiv)+(Y4rCiv)+(Y4rDiv)+(Y4rEiv)+(Y5rAiv)+(Y5rBiv)+(Y5rCiv)+(Y5rDiv)+(Y5rEiv)+(Y6rAiv)+(Y6rBiv)+(Y6rCiv)+(Y6rDiv)+(Y6rEiv)+(Y1sAiv)+(Y1sBiv)+(Y1sCiv)+(Y1sDiv)+(Y1sEiv)+(Y2sAiv)+(Y2sBiv)+(Y2sCiv)+(Y2sDiv)+(Y2sEiv)+(Y4sAiv)+(Y4sBiv)+(Y4sCiv)+(Y4sDiv)+(Y4sEiv)+(Y5sAiv)+(Y5sBiv)+(Y5sCiv)+(Y5sDiv)+(Y5sEiv)+(Y6sAiv)+(Y6sBiv)+(Y6sCiv)+(Y6sDiv)+(Y6sEiv)<=(5801077.333333333);  
(Y1pAv)+(Y1pBv)+(Y1pCv)+(Y1pDv)+(Y1pEv)+(Y2pAv)+(Y2pBv)+(Y2pCv)+(Y2pDv)+(Y2pEv)+(Y3pAv)+(Y3pBv)+(Y3pCv)+(Y3pDv)+(Y3pEv)+(Y4pAv)+(Y4pBv)+(Y4pCv)+(Y4pDv)+(Y4pEv)+(Y5pAv)+(Y5pBv)+(Y5pCv)+(Y5pDv)+(Y5pEv)+(Y1rAv)+(Y1rBv)+(Y1rCv)+(Y1rDv)+(Y1rEv)+(Y2rAv)+(Y2rBv)+(Y2rCv)+(Y2rDv)+(Y2rEv)+(Y4rAv)+(Y4rBv)+(Y4rCv)+(Y4rDv)+(Y4rEv)+(Y5rAv)+(Y5rBv)+(Y5rCv)+(Y5rDv)+(Y5rEv)+(Y6rAv)+(Y6rBv)+(Y6rCv)+(Y6rDv)+(Y6rEv)+(Y1sAv)+(Y1sBv)+(Y1sCv)+(Y1sDv)+(Y1sEv)+(Y2sAv)+(Y2sBv)+(Y2sCv)+(Y2sDv)+(Y2sEv)+(Y4sAv)+(Y4sBv)+(Y4sCv)+(Y4sDv)+(Y4sEv)+(Y5sAv)+(Y5sBv)+(Y5sCv)+(Y5sDv)+(Y5sEv)+(Y6sAv)+(Y6sBv)+(Y6sCv)+(Y6sDv)+(Y6sEv)<=(5047690.666666667);  
(Y1pAvi)+(Y1pBvi)+(Y1pCvi)+(Y1pDvi)+(Y1pEvi)+(Y2pAvi)+(Y2pBvi)+(Y2pCvi)+(Y2pDvi)+(Y2pEvi)+(Y3pAvi)+(Y3pBvi)+(Y3pCvi)+(Y3pDvi)+(Y3pEvi)+(Y4pAvi)+(Y4pBvi)+(Y4pCvi)+(Y4pDvi)+(Y4pEvi)+(Y5pAvi)+(Y5pBvi)+(Y5pCvi)+(Y5pDvi)+(Y5pEvi)+(Y1rAvi)+(Y1rBvi)+(Y1rCvi)+(Y1rDvi)+(Y1rEvi)+(Y2rAvi)+(Y2rBvi)+(Y2rCvi)+(Y2rDvi)+(Y2rEvi)+(Y4rAvi)+(Y4rBvi)+(Y4rCvi)+(Y4rDvi)+(Y4rEvi)+(Y5rAvi)+(Y5rBvi)+(Y5rCvi)+(Y5rDvi)+(Y5rEvi)+(Y6rAvi)+(Y6rBvi)+(Y6rCvi)+(Y6rDvi)+(Y6rEvi)+(Y1sAvi)+(Y1sBvi)+(Y1sCvi)+(Y1sDvi)+(Y1sEvi)+(Y2sAvi)+(Y2sBvi)+(Y2sCvi)+(Y2sDvi)+(Y2sEvi)+(Y4sAvi)+(Y4sBvi)+(Y4sCvi)+(Y4sDvi)+(Y4sEvi)+(Y5sAvi)+(Y5sBvi)+(Y5sCvi)+(Y5sDvi)+(Y5sEvi)+(Y6sAvi)+(Y6sBvi)+(Y6sCvi)+(Y6sDvi)+(Y6sEvi)<=(5801077.333333333);

IR3 de Igualdad entre Distribución Primaria y Distribución Secundaria;

(Z1Ani)+(Z1Aci)+(Z1Aci)+(q1Ai)-((U1Ani)+(U1Aci)+(U1Asi))=(Y1pAi)+(Y1rAi)+(Y1sAi)+(25920);  
(Z2Ani)+(Z2Aci)+(Z2Aci)+(q2Ai)-((U2Ani)+(U2Aci)+(U2Asi))=(Y2pAi)+(Y2rAi)+(Y2sAi)+(12800);  
(Z3Ani)+(Z3Aci)+(Z3Aci)+(q3Ai)-((U3Ani)+(U3Aci)+(U3Asi))=(Y3pAi)+(Y3rAi)+(Y3sAi)+(34560);  
(Z4Ani)+(Z4Aci)+(Z4Aci)+(q4Ai)-((U4Ani)+(U4Aci)+(U4Asi))=(Y4pAi)+(Y4rAi)+(Y4sAi)+(13500);  
(Z5Ani)+(Z5Aci)+(Z5Aci)+(q5Ai)-((U5Ani)+(U5Aci)+(U5Asi))=(Y5pAi)+(Y5rAi)+(Y5sAi)+(25920);  
(Z6Ani)+(Z6Aci)+(Z6Aci)+(q6Ai)-((U6Ani)+(U6Aci)+(U6Asi))=(Y6rAi)+(Y6sAi)+(22500);  
(Z1Bnci)+(Z1Bsi)+(q1Bi)-((U1Bnci)+(U1Bsi))=(Y1pBi)+(Y1rBi)+(Y1sBi)+(25920);  
(Z2Bnci)+(Z2Bsi)+(q2Bi)-((U2Bnci)+(U2Bsi))=(Y2pBi)+(Y2rBi)+(Y2sBi)+(12800);  
(Z3Bnci)+(Z3Bsi)+(q3Bi)-((U3Bnci)+(U3Bsi))=(Y3pBi)+(Y3rBi)+(Y3sBi)+(34560);  
(Z4Bnci)+(Z4Bsi)+(q4Bi)-((U4Bnci)+(U4Bsi))=(Y4pBi)+(Y4rBi)+(Y4sBi)+(13500);  
(Z5Bnci)+(Z5Bsi)+(q5Bi)-((U5Bnci)+(U5Bsi))=(Y5pBi)+(Y5rBi)+(Y5sBi)+(25920);  
(Z6Bnci)+(Z6Bsi)+(q6Bi)-((U6Bnci)+(U6Bsi))=(Y6rBi)+(Y6sBi)+(22500);  
(Z1Cui)+(0)+(q1Ci)-((U1Cui))=(Y1pCi)+(Y1rCi)+(Y1sCi)+(25920);  
(Z2Cui)+(0)+(q2Ci)-((U2Cui))=(Y2pCi)+(Y2rCi)+(Y2sCi)+(12800);  
(Z3Cui)+(0)+(q3Ci)-((U3Cui))=(Y3pCi)+(Y3rCi)+(Y3sCi)+(34560);  
(Z4Cui)+(0)+(q4Ci)-((U4Cui))=(Y4pCi)+(Y4rCi)+(Y4sCi)+(13500);  
(Z5Cui)+(0)+(q5Ci)-((U5Cui))=(Y5pCi)+(Y5rCi)+(Y5sCi)+(25920);  
(Z6Cui)+(0)+(q6Ci)-((U6Cui))=(Y6rCi)+(Y6sCi)+(22500);  
(Z1Dpi)+(Z1Doi)+(q1Di)-((U1Dpi)+(U1Doi))=(Y1pDi)+(Y1rDi)+(Y1sDi)+(25920);  
(Z2Dpi)+(Z2Doi)+(q2Di)-((U2Dpi)+(U2Doi))=(Y2pDi)+(Y2rDi)+(Y2sDi)+(12800);  
(Z3Dpi)+(Z3Doi)+(q3Di)-((U3Dpi)+(U3Doi))=(Y3pDi)+(Y3rDi)+(Y3sDi)+(34560);  
(Z4Dpi)+(Z4Doi)+(q4Di)-((U4Dpi)+(U4Doi))=(Y4pDi)+(Y4rDi)+(Y4sDi)+(13500);  
(Z5Dpi)+(Z5Doi)+(q5Di)-((U5Dpi)+(U5Doi))=(Y5pDi)+(Y5rDi)+(Y5sDi)+(25920);  
(Z6Dpi)+(Z6Doi)+(q6Di)-((U6Dpi)+(U6Doi))=(Y6rDi)+(Y6sDi)+(22500);  
(Z1Enoi)+(Z1Esei)+(q1Ei)-((U1Enoi)+(U1Esei))=(Y1pEi)+(Y1rEi)+(Y1sEi)+(25920);  
(Z2Enoi)+(Z2Esei)+(q2Ei)-((U2Enoi)+(U2Esei))=(Y2pEi)+(Y2rEi)+(Y2sEi)+(12800);  
(Z3Enoi)+(Z3Esei)+(q3Ei)-((U3Enoi)+(U3Esei))=(Y3pEi)+(Y3rEi)+(Y3sEi)+(34560);  
(Z4Enoi)+(Z4Esei)+(q4Ei)-((U4Enoi)+(U4Esei))=(Y4pEi)+(Y4rEi)+(Y4sEi)+(13500);  
(Z5Enoi)+(Z5Esei)+(q5Ei)-((U5Enoi)+(U5Esei))=(Y5pEi)+(Y5rEi)+(Y5sEi)+(25920);  
(Z6Enoi)+(Z6Esei)+(q6Ei)-((U6Enoi)+(U6Esei))=(Y6rEi)+(Y6sEi)+(22500);  
(Z1Anii)+(Z1Acii)+(Z1Acii)+(q1Aii)-((U1Anii)+(U1Acii)+(U1Asii))=(Y1pAii)+(Y1rAii)+(Y1sAii)+(q1Aii);  
(Z2Anii)+(Z2Acii)+(Z2Acii)+(q2Aii)-((U2Anii)+(U2Acii)+(U2Asii))=(Y2pAii)+(Y2rAii)+(Y2sAii)+(q2Aii);  
(Z3Anii)+(Z3Acii)+(Z3Acii)+(q3Aii)-((U3Anii)+(U3Acii)+(U3Asii))=(Y3pAii)+(Y3rAii)+(q3Aii);  
(Z4Anii)+(Z4Acii)+(Z4Acii)+(q4Aii)-((U4Anii)+(U4Acii)+(U4Asii))=(Y4pAii)+(Y4rAii)+(Y4sAii)+(q4Aii);  
(Z5Anii)+(Z5Acii)+(Z5Acii)+(q5Aii)-((U5Anii)+(U5Acii)+(U5Asii))=(Y5pAii)+(Y5rAii)+(Y5sAii)+(q5Aii);  
(Z6Anii)+(Z6Acii)+(Z6Acii)+(q6Aii)-((U6Anii)+(U6Acii)+(U6Asii))=(Y6rAii)+(Y6sAii)+(q6Aii);  
(Z1Bncii)+(Z1Bsi)+(q1Bii)-((U1Bncii)+(U1Bsi))=(Y1pBii)+(Y1rBii)+(Y1sBii)+(q1Bii);  
(Z2Bncii)+(Z2Bsi)+(q2Bii)-((U2Bncii)+(U2Bsi))=(Y2pBii)+(Y2rBii)+(Y2sBii)+(q2Bii);  
(Z3Bncii)+(Z3Bsi)+(q3Bii)-((U3Bncii)+(U3Bsi))=(Y3pBii)+(Y3rBii)+(q3Bii);  
(Z4Bncii)+(Z4Bsi)+(q4Bii)-((U4Bncii)+(U4Bsi))=(Y4pBii)+(Y4rBii)+(Y4sBii)+(q4Bii);  
(Z5Bncii)+(Z5Bsi)+(q5Bii)-((U5Bncii)+(U5Bsi))=(Y5pBii)+(Y5rBii)+(Y5sBii)+(q5Bii);  
(Z6Bncii)+(Z6Bsi)+(q6Bii)-((U6Bncii)+(U6Bsi))=(Y6rBii)+(Y6sBii)+(q6Bii);  
(Z1Cuii)+(0)+(q1Cii)-((U1Cuii))=(Y1pCii)+(Y1rCii)+(Y1sCii)+(q1Cii);  
(Z2Cuii)+(0)+(q2Cii)-((U2Cuii))=(Y2pCii)+(Y2rCii)+(Y2sCii)+(q2Cii);  
(Z3Cuii)+(0)+(q3Cii)-((U3Cuii))=(Y3pCii)+(Y3rCii)+(q3Cii);  
(Z4Cuii)+(0)+(q4Cii)-((U4Cuii))=(Y4pCii)+(Y4rCii)+(Y4sCii)+(q4Cii);  
(Z5Cuii)+(0)+(q5Cii)-((U5Cuii))=(Y5pCii)+(Y5rCii)+(Y5sCii)+(q5Cii);  
(Z6Cuii)+(0)+(q6Cii)-((U6Cuii))=(Y6rCii)+(Y6sCii)+(q6Cii);  
(Z1Dpii)+(Z1Doii)+(q1Dii)-((U1Dpii)+(U1Doii))=(Y1pDii)+(Y1rDii)+(Y1sDii)+(q1Dii);  
(Z2Dpii)+(Z2Doii)+(q2Dii)-((U2Dpii)+(U2Doii))=(Y2pDii)+(Y2rDii)+(Y2sDii)+(q2Dii);  
(Z3Dpii)+(Z3Doii)+(q3Dii)-((U3Dpii)+(U3Doii))=(Y3pDii)+(Y3rDii)+(q3Dii);  
(Z4Dpii)+(Z4Doii)+(q4Dii)-((U4Dpii)+(U4Doii))=(Y4pDii)+(Y4rDii)+(Y4sDii)+(q4Dii);  
(Z5Dpii)+(Z5Doii)+(q5Dii)-((U5Dpii)+(U5Doii))=(Y5pDii)+(Y5rDii)+(Y5sDii)+(q5Dii);  
(Z6Dpii)+(Z6Doii)+(q6Dii)-((U6Dpii)+(U6Doii))=(Y6rDii)+(Y6sDii)+(q6Dii);  
(Z1Enoi)+(Z1Esei)+(q1Eii)-((U1Enoi)+(U1Esei))=(Y1pEii)+(Y1rEii)+(Y1sEii)+(q1Eii);  
(Z2Enoi)+(Z2Esei)+(q2Eii)-((U2Enoi)+(U2Esei))=(Y2pEii)+(Y2rEii)+(Y2sEii)+(q2Eii);  
(Z3Enoi)+(Z3Esei)+(q3Eii)-((U3Enoi)+(U3Esei))=(Y3pEii)+(Y3rEii)+(q3Eii);  
(Z4Enoi)+(Z4Esei)+(q4Eii)-((U4Enoi)+(U4Esei))=(Y4pEii)+(Y4rEii)+(Y4sEii)+(q4Eii);

(Z5Enoi)+(Z5Esei)+(q5Eii)-((U5Enoi)+(U5Esei))=(Y5pEi)+(Y5rEi)+(Y5sEi)+(q5Ei);  
 (Z6Enoi)+(Z6Esei)+(q6Eii)-((U6Enoi)+(U6Esei))=(Y6rEi)+(Y6sEi)+(q6Ei);  
 (Z1Anii)+(Z1Acii)+(Z1Aicii)+(q1Aiii)-((U1Anii)+(U1Acii)+(U1Asii))=(Y1pAi)+(Y1rAi)+(Y1sAi)+(q1Aii);  
 (Z2Anii)+(Z2Acii)+(Z2Aicii)+(q2Aiii)-((U2Anii)+(U2Acii)+(U2Asii))=(Y2pAi)+(Y2rAi)+(Y2sAi)+(q2Aii);  
 (Z3Anii)+(Z3Acii)+(Z3Aicii)+(q3Aiii)-((U3Anii)+(U3Acii)+(U3Asii))=(Y3pAi)+(q3Aii);  
 (Z4Anii)+(Z4Acii)+(Z4Aicii)+(q4Aiii)-((U4Anii)+(U4Acii)+(U4Asii))=(Y4pAi)+(Y4rAi)+(Y4sAi)+(q4Aii);  
 (Z5Anii)+(Z5Acii)+(Z5Aicii)+(q5Aiii)-((U5Anii)+(U5Acii)+(U5Asii))=(Y5pAi)+(Y5rAi)+(Y5sAi)+(q5Aii);  
 (Z6Anii)+(Z6Acii)+(Z6Aicii)+(q6Aiii)-((U6Anii)+(U6Acii)+(U6Asii))=(Y6rAi)+(Y6sAi)+(q6Aii);  
 (Z1Bncii)+(Z1Bscii)+(q1Biii)-((U1Bncii)+(U1Bscii))=(Y1pBi)+(Y1rBi)+(Y1sBi)+(q1Bii);  
 (Z2Bncii)+(Z2Bscii)+(q2Biii)-((U2Bncii)+(U2Bscii))=(Y2pBi)+(Y2rBi)+(Y2sBi)+(q2Bii);  
 (Z3Bncii)+(Z3Bscii)+(q3Biii)-((U3Bncii)+(U3Bscii))=(Y3pBi)+(q3Bii);  
 (Z4Bncii)+(Z4Bscii)+(q4Biii)-((U4Bncii)+(U4Bscii))=(Y4pBi)+(Y4rBi)+(Y4sBi)+(q4Bii);  
 (Z5Bncii)+(Z5Bscii)+(q5Biii)-((U5Bncii)+(U5Bscii))=(Y5pBi)+(Y5rBi)+(Y5sBi)+(q5Bii);  
 (Z6Bncii)+(Z6Bscii)+(q6Biii)-((U6Bncii)+(U6Bscii))=(Y6rBi)+(Y6sBi)+(q6Bii);  
 (Z1Cuii)+(0)+(q1Ciii)-((U1Cuii))=(Y1pCi)+(Y1rCi)+(Y1sCi)+(q1Cii);  
 (Z2Cuii)+(0)+(q2Ciii)-((U2Cuii))=(Y2pCi)+(Y2rCi)+(Y2sCi)+(q2Cii);  
 (Z3Cuii)+(0)+(q3Ciii)-((U3Cuii))=(Y3pCi)+(q3Cii);  
 (Z4Cuii)+(0)+(q4Ciii)-((U4Cuii))=(Y4pCi)+(Y4rCi)+(Y4sCi)+(q4Cii);  
 (Z5Cuii)+(0)+(q5Ciii)-((U5Cuii))=(Y5pCi)+(Y5rCi)+(Y5sCi)+(q5Cii);  
 (Z6Cuii)+(0)+(q6Ciii)-((U6Cuii))=(Y6rCi)+(Y6sCi)+(q6Cii);  
 (Z1Dpii)+(Z1Dooi)+(q1Diii)-((U1Dpii)+(U1Dooi))=(Y1pDi)+(Y1rDi)+(Y1sDi)+(q1Dii);  
 (Z2Dpii)+(Z2Dooi)+(q2Diii)-((U2Dpii)+(U2Dooi))=(Y2pDi)+(Y2rDi)+(Y2sDi)+(q2Dii);  
 (Z3Dpii)+(Z3Dooi)+(q3Diii)-((U3Dpii)+(U3Dooi))=(Y3pDi)+(q3Dii);  
 (Z4Dpii)+(Z4Dooi)+(q4Diii)-((U4Dpii)+(U4Dooi))=(Y4pDi)+(Y4rDi)+(Y4sDi)+(q4Dii);  
 (Z5Dpii)+(Z5Dooi)+(q5Diii)-((U5Dpii)+(U5Dooi))=(Y5pDi)+(Y5rDi)+(Y5sDi)+(q5Dii);  
 (Z6Dpii)+(Z6Dooi)+(q6Diii)-((U6Dpii)+(U6Dooi))=(Y6rDi)+(Y6sDi)+(q6Dii);  
 (Z1Eooi)+(Z1Esei)+(q1Eiii)-((U1Eooi)+(U1Esei))=(Y1pEi)+(Y1rEi)+(Y1sEi)+(q1Eii);  
 (Z2Eooi)+(Z2Esei)+(q2Eiii)-((U2Eooi)+(U2Esei))=(Y2pEi)+(Y2rEi)+(Y2sEi)+(q2Eii);  
 (Z3Eooi)+(Z3Esei)+(q3Eiii)-((U3Eooi)+(U3Esei))=(Y3pEi)+(q3Eii);  
 (Z4Eooi)+(Z4Esei)+(q4Eiii)-((U4Eooi)+(U4Esei))=(Y4pEi)+(Y4rEi)+(Y4sEi)+(q4Eii);  
 (Z5Eooi)+(Z5Esei)+(q5Eiii)-((U5Eooi)+(U5Esei))=(Y5pEi)+(Y5rEi)+(Y5sEi)+(q5Eii);  
 (Z6Eooi)+(Z6Esei)+(q6Eiii)-((U6Eooi)+(U6Esei))=(Y6rEi)+(Y6sEi)+(q6Eii);  
 (Z1Aniv)+(Z1Aciv)+(Z1Aciv)+(q1Aiv)-((U1Aniv)+(U1Aciv)+(U1Asiv))=(Y1pAi)+(Y1rAi)+(Y1sAi)+(q1Aiii);  
 (Z2Aniv)+(Z2Aciv)+(Z2Aciv)+(q2Aiv)-((U2Aniv)+(U2Aciv)+(U2Asiv))=(Y2pAi)+(Y2rAi)+(Y2sAi)+(q2Aiii);  
 (Z3Aniv)+(Z3Aciv)+(Z3Aciv)+(q3Aiv)-((U3Aniv)+(U3Aciv)+(U3Asiv))=(Y3pAi)+(q3Aiii);  
 (Z4Aniv)+(Z4Aciv)+(Z4Aciv)+(q4Aiv)-((U4Aniv)+(U4Aciv)+(U4Asiv))=(Y4pAi)+(Y4rAi)+(Y4sAi)+(q4Aiii);  
 (Z5Aniv)+(Z5Aciv)+(Z5Aciv)+(q5Aiv)-((U5Aniv)+(U5Aciv)+(U5Asiv))=(Y5pAi)+(Y5rAi)+(Y5sAi)+(q5Aiii);  
 (Z6Aniv)+(Z6Aciv)+(Z6Aciv)+(q6Aiv)-((U6Aniv)+(U6Aciv)+(U6Asiv))=(Y6rAi)+(Y6sAi)+(q6Aiii);  
 (Z1Bnciv)+(Z1Bsciv)+(q1Biv)-((U1Bnciv)+(U1Bsciv))=(Y1pBi)+(Y1rBi)+(Y1sBi)+(q1Biii);  
 (Z2Bnciv)+(Z2Bsciv)+(q2Biv)-((U2Bnciv)+(U2Bsciv))=(Y2pBi)+(Y2rBi)+(Y2sBi)+(q2Biii);  
 (Z3Bnciv)+(Z3Bsciv)+(q3Biv)-((U3Bnciv)+(U3Bsciv))=(Y3pBi)+(q3Biii);  
 (Z4Bnciv)+(Z4Bsciv)+(q4Biv)-((U4Bnciv)+(U4Bsciv))=(Y4pBi)+(Y4rBi)+(Y4sBi)+(q4Biii);  
 (Z5Bnciv)+(Z5Bsciv)+(q5Biv)-((U5Bnciv)+(U5Bsciv))=(Y5pBi)+(Y5rBi)+(Y5sBi)+(q5Biii);  
 (Z6Bnciv)+(Z6Bsciv)+(q6Biv)-((U6Bnciv)+(U6Bsciv))=(Y6rBi)+(Y6sBi)+(q6Biii);  
 (Z1Cuiv)+(0)+(q1Civ)-((U1Cuiv))=(Y1pCi)+(Y1rCi)+(Y1sCi)+(q1Ciii);  
 (Z2Cuiv)+(0)+(q2Civ)-((U2Cuiv))=(Y2pCi)+(Y2rCi)+(Y2sCi)+(q2Ciii);  
 (Z3Cuiv)+(0)+(q3Civ)-((U3Cuiv))=(Y3pCi)+(q3Ciii);  
 (Z4Cuiv)+(0)+(q4Civ)-((U4Cuiv))=(Y4pCi)+(Y4rCi)+(Y4sCi)+(q4Ciii);  
 (Z5Cuiv)+(0)+(q5Civ)-((U5Cuiv))=(Y5pCi)+(Y5rCi)+(Y5sCi)+(q5Ciii);  
 (Z6Cuiv)+(0)+(q6Civ)-((U6Cuiv))=(Y6rCi)+(Y6sCi)+(q6Ciii);  
 (Z1Dpiv)+(Z1Dooiv)+(q1Div)-((U1Dpiv)+(U1Dooiv))=(Y1pDi)+(Y1rDi)+(Y1sDi)+(q1Diii);  
 (Z2Dpiv)+(Z2Dooiv)+(q2Div)-((U2Dpiv)+(U2Dooiv))=(Y2pDi)+(Y2rDi)+(Y2sDi)+(q2Diii);  
 (Z3Dpiv)+(Z3Dooiv)+(q3Div)-((U3Dpiv)+(U3Dooiv))=(Y3pDi)+(q3Diii);  
 (Z4Dpiv)+(Z4Dooiv)+(q4Div)-((U4Dpiv)+(U4Dooiv))=(Y4pDi)+(Y4rDi)+(Y4sDi)+(q4Diii);  
 (Z5Dpiv)+(Z5Dooiv)+(q5Div)-((U5Dpiv)+(U5Dooiv))=(Y5pDi)+(Y5rDi)+(Y5sDi)+(q5Diii);  
 (Z6Dpiv)+(Z6Dooiv)+(q6Div)-((U6Dpiv)+(U6Dooiv))=(Y6rDi)+(Y6sDi)+(q6Diii);  
 (Z1Eooiv)+(Z1Eseiv)+(q1Eiv)-((U1Eooiv)+(U1Eseiv))=(Y1pEi)+(Y1rEi)+(Y1sEi)+(q1Eiii);  
 (Z2Eooiv)+(Z2Eseiv)+(q2Eiv)-((U2Eooiv)+(U2Eseiv))=(Y2pEi)+(Y2rEi)+(Y2sEi)+(q2Eiii);  
 (Z3Eooiv)+(Z3Eseiv)+(q3Eiv)-((U3Eooiv)+(U3Eseiv))=(Y3pEi)+(q3Eiii);  
 (Z4Eooiv)+(Z4Eseiv)+(q4Eiv)-((U4Eooiv)+(U4Eseiv))=(Y4pEi)+(Y4rEi)+(Y4sEi)+(q4Eiii);  
 (Z5Eooiv)+(Z5Eseiv)+(q5Eiv)-((U5Eooiv)+(U5Eseiv))=(Y5pEi)+(Y5rEi)+(Y5sEi)+(q5Eiii);  
 (Z6Eooiv)+(Z6Eseiv)+(q6Eiv)-((U6Eooiv)+(U6Eseiv))=(Y6rEi)+(Y6sEi)+(q6Eiii);  
 (Z1Anv)+(Z1Acv)+(Z1Acv)+(q1Av)-((U1Anv)+(U1Acv)+(U1Asv))=(Y1pAi)+(Y1rAi)+(Y1sAi)+(q1Aiv);  
 (Z2Anv)+(Z2Acv)+(Z2Acv)+(q2Av)-((U2Anv)+(U2Acv)+(U2Asv))=(Y2pAi)+(Y2rAi)+(Y2sAi)+(q2Aiv);  
 (Z3Anv)+(Z3Acv)+(Z3Acv)+(q3Av)-((U3Anv)+(U3Acv)+(U3Asv))=(Y3pAi)+(q3Aiv);  
 (Z4Anv)+(Z4Acv)+(Z4Acv)+(q4Av)-((U4Anv)+(U4Acv)+(U4Asv))=(Y4pAi)+(Y4rAi)+(Y4sAi)+(q4Aiv);  
 (Z5Anv)+(Z5Acv)+(Z5Acv)+(q5Av)-((U5Anv)+(U5Acv)+(U5Asv))=(Y5pAi)+(Y5rAi)+(Y5sAi)+(q5Aiv);  
 (Z6Anv)+(Z6Acv)+(Z6Acv)+(q6Av)-((U6Anv)+(U6Acv)+(U6Asv))=(Y6rAi)+(Y6sAi)+(q6Aiv);  
 (Z1Bncv)+(Z1Bscv)+(q1Bv)-((U1Bncv)+(U1Bscv))=(Y1pBi)+(Y1rBi)+(Y1sBi)+(q1Biv);  
 (Z2Bncv)+(Z2Bscv)+(q2Bv)-((U2Bncv)+(U2Bscv))=(Y2pBi)+(Y2rBi)+(Y2sBi)+(q2Biv);  
 (Z3Bncv)+(Z3Bscv)+(q3Bv)-((U3Bncv)+(U3Bscv))=(Y3pBi)+(q3Biv);  
 (Z4Bncv)+(Z4Bscv)+(q4Bv)-((U4Bncv)+(U4Bscv))=(Y4pBi)+(Y4rBi)+(Y4sBi)+(q4Biv);  
 (Z5Bncv)+(Z5Bscv)+(q5Bv)-((U5Bncv)+(U5Bscv))=(Y5pBi)+(Y5rBi)+(Y5sBi)+(q5Biv);  
 (Z6Bncv)+(Z6Bscv)+(q6Bv)-((U6Bncv)+(U6Bscv))=(Y6rBi)+(Y6sBi)+(q6Biv);  
 (Z1Cuv)+(0)+(q1Cv)-((U1Cuv))=(Y1pCi)+(Y1rCi)+(Y1sCi)+(q1Civ);  
 (Z2Cuv)+(0)+(q2Cv)-((U2Cuv))=(Y2pCi)+(Y2rCi)+(Y2sCi)+(q2Civ);  
 (Z3Cuv)+(0)+(q3Cv)-((U3Cuv))=(Y3pCi)+(q3Civ);  
 (Z4Cuv)+(0)+(q4Cv)-((U4Cuv))=(Y4pCi)+(Y4rCi)+(Y4sCi)+(q4Civ);  
 (Z5Cuv)+(0)+(q5Cv)-((U5Cuv))=(Y5pCi)+(Y5rCi)+(Y5sCi)+(q5Civ);  
 (Z6Cuv)+(0)+(q6Cv)-((U6Cuv))=(Y6rCi)+(Y6sCi)+(q6Civ);  
 (Z1Dpv)+(Z1Dov)+(q1Dv)-((U1Dpv)+(U1Dov))=(Y1pDi)+(Y1rDi)+(Y1sDi)+(q1Div);  
 (Z2Dpv)+(Z2Dov)+(q2Dv)-((U2Dpv)+(U2Dov))=(Y2pDi)+(Y2rDi)+(Y2sDi)+(q2Div);  
 (Z3Dpv)+(Z3Dov)+(q3Dv)-((U3Dpv)+(U3Dov))=(Y3pDi)+(q3Div);  
 (Z4Dpv)+(Z4Dov)+(q4Dv)-((U4Dpv)+(U4Dov))=(Y4pDi)+(Y4rDi)+(Y4sDi)+(q4Div);  
 (Z5Dpv)+(Z5Dov)+(q5Dv)-((U5Dpv)+(U5Dov))=(Y5pDi)+(Y5rDi)+(Y5sDi)+(q5Div);  
 (Z6Dpv)+(Z6Dov)+(q6Dv)-((U6Dpv)+(U6Dov))=(Y6rDi)+(Y6sDi)+(q6Div);  
 (Z1Enov)+(Z1Esev)+(q1Ev)-((U1Enov)+(U1Esev))=(Y1pEi)+(Y1rEi)+(Y1sEi)+(q1Eiv);  
 (Z2Enov)+(Z2Esev)+(q2Ev)-((U2Enov)+(U2Esev))=(Y2pEi)+(Y2rEi)+(Y2sEi)+(q2Eiv);  
 (Z3Enov)+(Z3Esev)+(q3Ev)-((U3Enov)+(U3Esev))=(Y3pEi)+(q3Eiv);  
 (Z4Enov)+(Z4Esev)+(q4Ev)-((U4Enov)+(U4Esev))=(Y4pEi)+(Y4rEi)+(Y4sEi)+(q4Eiv);  
 (Z5Enov)+(Z5Esev)+(q5Ev)-((U5Enov)+(U5Esev))=(Y5pEi)+(Y5rEi)+(Y5sEi)+(q5Eiv);  
 (Z6Enov)+(Z6Esev)+(q6Ev)-((U6Enov)+(U6Esev))=(Y6rEi)+(Y6sEi)+(q6Eiv);  
 (Z1Anvi)+(Z1Acvi)+(Z1Acvi)+(q1Aivi)-((U1Anvi)+(U1Acvi)+(U1Asvi))=(Y1pAi)+(Y1rAi)+(Y1sAi)+(q1Aiv);  
 (Z2Anvi)+(Z2Acvi)+(Z2Acvi)+(q2Aivi)-((U2Anvi)+(U2Acvi)+(U2Asvi))=(Y2pAi)+(Y2rAi)+(Y2sAi)+(q2Aiv);







*Planeación de la producción y distribución de una cadena de suministro mediante un modelo matemático de optimización*

(Z1Asv)=(168016.509187174)-(U1Asv)+(U1Asiv);  
(Z1Asvi)=(99282.482701512)-(U1Asvi)+(U1Asv);  
(Z1Bnci)=(132885.784538947)-(U1Bnci);  
(Z1Bncii)=(141744.836841543)-(U1Bncii)+(U1Bnci);  
(Z1Bnciii)=(230335.359867508)-(U1Bnciii)+(U1Bncii);  
(Z1Bnciv)=(248053.464472701)-(U1Bnciv)+(U1Bnciii);  
(Z1Bncv)=(194899.150657122)-(U1Bncv)+(U1Bnciv);  
(Z1Bncvi)=(115167.679933754)-(U1Bncvi)+(U1Bncv);  
(Z1Bnsi)=(91645.3686475495)-(U1Bnsi);  
(Z1Bnsii)=(97755.0598907195)-(U1Bnsii)+(U1Bnsi);  
(Z1Bnsiii)=(158851.972322419)-(U1Bnsiii)+(U1Bnsii);  
(Z1Bnsiv)=(171071.354808759)-(U1Bnsiv)+(U1Bnsiii);  
(Z1Bnsv)=(134413.207349739)-(U1Bnsv)+(U1Bnsiv);  
(Z1Bnsvi)=(79425.9861612096)-(U1Bnsvi)+(U1Bnsv);  
(Z1Cui)=(100809.905512304)-(U1Cui);  
(Z1Cuii)=(107530.565879791)-(U1Cuii)+(U1Cui);  
(Z1Cuiii)=(174737.169554661)-(U1Cuiii)+(U1Cuii);  
(Z1Cuiiv)=(188178.490289635)-(U1Cuiiv)+(U1Cuiii);  
(Z1Cuiv)=(147854.528084713)-(U1Cuiv)+(U1Cuiiv);  
(Z1Cuivi)=(87368.5847773306)-(U1Cuivi)+(U1Cuiv);  
(Z1Dpi)=(54987.2211885297)-(U1Dpi);  
(Z1Dpii)=(58653.0359344317)-(U1Dpii)+(U1Dpi);  
(Z1Dpiii)=(95311.1833934515)-(U1Dpiii)+(U1Dpii);  
(Z1Dpiv)=(102642.812885255)-(U1Dpiv)+(U1Dpiii);  
(Z1Dpv)=(80647.9244098436)-(U1Dpv)+(U1Dpiv);  
(Z1Dpvi)=(47655.5916967258)-(U1Dpvi)+(U1Dpv);  
(Z1Doi)=(100809.905512304)-(U1Doi);  
(Z1Doii)=(107530.565879791)-(U1Doii)+(U1Doi);  
(Z1Doiii)=(174737.169554661)-(U1Doiii)+(U1Doii);  
(Z1Doiv)=(188178.490289635)-(U1Doiv)+(U1Doiii);  
(Z1Dov)=(147854.528084713)-(U1Dov)+(U1Doiv);  
(Z1Dovi)=(87368.5847773306)-(U1Dovi)+(U1Dov);  
(Z1Enoi)=(45822.6843237748)-(U1Enoi);  
(Z1Enoii)=(48877.5299453598)-(U1Enoii)+(U1Enoi);  
(Z1Enoiii)=(79425.9861612096)-(U1Enoiii)+(U1Enoii);  
(Z1Enoiv)=(85535.6774043796)-(U1Enoiv)+(U1Enoiii);  
(Z1Enov)=(67206.6036748697)-(U1Enov)+(U1Enoiv);  
(Z1Enovi)=(39712.9930806048)-(U1Enovi)+(U1Enov);  
(Z1Esei)=(45822.6843237748)-(U1Esei);  
(Z1Eseii)=(48877.5299453598)-(U1Eseii)+(U1Esei);  
(Z1Eseiii)=(79425.9861612096)-(U1Eseiii)+(U1Eseii);  
(Z1Eseiv)=(85535.6774043796)-(U1Eseiv)+(U1Eseiii);  
(Z1Eseiv)=(67206.6036748697)-(U1Eseiv)+(U1Eseiv);  
(Z1Esevi)=(39712.9930806048)-(U1Esevi)+(U1Eseiv);  
(Z2Ani)=(57178.7408735798)-(U2Ani);  
(Z2Anii)=(60990.6569318185)-(U2Anii)+(U2Ani);  
(Z2Aniii)=(99109.817514205)-(U2Aniii)+(U2Anii);  
(Z2Aniv)=(106733.649630682)-(U2Aniv)+(U2Aniii);  
(Z2Anv)=(83862.1532812504)-(U2Anv)+(U2Aniv);  
(Z2Anvi)=(49554.9087571025)-(U2Anvi)+(U2Anv);  
(Z2Aci)=(65347.1324269484)-(U2Aci);  
(Z2Acii)=(69703.6079220783)-(U2Acii)+(U2Aci);  
(Z2Aciii)=(113268.362873377)-(U2Aciii)+(U2Acii);  
(Z2Aciv)=(121981.313863637)-(U2Aciv)+(U2Aciii);  
(Z2Acv)=(95842.4608928576)-(U2Acv)+(U2Aciv);  
(Z2Acvi)=(56634.1814366886)-(U2Acvi)+(U2Acv);  
(Z2Asi)=(102104.894417107)-(U2Asi);  
(Z2Asii)=(108911.887378247)-(U2Asii)+(U2Asi);  
(Z2Asiii)=(176981.816989652)-(U2Asiii)+(U2Asii);  
(Z2Asiv)=(190595.802911933)-(U2Asiv)+(U2Asiii);  
(Z2Asv)=(149753.84514509)-(U2Asv)+(U2Asiv);  
(Z2Asvi)=(88490.9084948259)-(U2Asvi)+(U2Asv);  
(Z2Bnci)=(118441.677523844)-(U2Bnci);  
(Z2Bncii)=(126337.789358767)-(U2Bncii)+(U2Bnci);  
(Z2Bnciii)=(205298.907707996)-(U2Bnciii)+(U2Bncii);  
(Z2Bnciv)=(221091.131377842)-(U2Bnciv)+(U2Bnciii);  
(Z2Bncv)=(173714.460368304)-(U2Bncv)+(U2Bnciv);  
(Z2Bncvi)=(102649.453853998)-(U2Bncvi)+(U2Bncv);  
(Z2Bnsi)=(81683.9155336854)-(U2Bnsi);  
(Z2Bnsii)=(87129.5099025978)-(U2Bnsii)+(U2Bnsi);  
(Z2Bnsiii)=(141585.453591721)-(U2Bnsiii)+(U2Bnsii);  
(Z2Bnsiv)=(152476.642329546)-(U2Bnsiv)+(U2Bnsiii);  
(Z2Bnsv)=(119803.076116072)-(U2Bnsv)+(U2Bnsiv);  
(Z2Bnsvi)=(70792.7267958607)-(U2Bnsvi)+(U2Bnsv);  
(Z2Cui)=(89852.307087054)-(U2Cui);  
(Z2Cuii)=(95842.4608928576)-(U2Cuii)+(U2Cui);  
(Z2Cuiii)=(155743.998950894)-(U2Cuiii)+(U2Cuii);  
(Z2Cuiiv)=(167724.306562501)-(U2Cuiiv)+(U2Cuiii);  
(Z2Cuiv)=(131783.383727679)-(U2Cuiv)+(U2Cuiiv);  
(Z2Cuivi)=(77871.9994754468)-(U2Cuivi)+(U2Cuiv);  
(Z2Dpi)=(49010.3493202113)-(U2Dpi);  
(Z2Dpii)=(52277.7059415587)-(U2Dpii)+(U2Dpi);  
(Z2Dpiii)=(84951.2721550329)-(U2Dpiii)+(U2Dpii);  
(Z2Dpiv)=(91485.9853977277)-(U2Dpiv)+(U2Dpiii);  
(Z2Dpv)=(71881.8456696432)-(U2Dpv)+(U2Dpiv);  
(Z2Dpvi)=(42475.6360775164)-(U2Dpvi)+(U2Dpv);  
(Z2Doi)=(89852.307087054)-(U2Doi);  
(Z2Doii)=(95842.4608928576)-(U2Doii)+(U2Doi);  
(Z2Doiii)=(155743.998950894)-(U2Doiii)+(U2Doii);  
(Z2Doiv)=(167724.306562501)-(U2Doiv)+(U2Doiii);  
(Z2Dov)=(131783.383727679)-(U2Dov)+(U2Doiv);  
(Z2Dovi)=(77871.9994754468)-(U2Dovi)+(U2Dov);  
(Z2Enoi)=(40841.9577668427)-(U2Enoi);

(Z2Enoi)=(43564.7549512989)-(U2Enoi)+(U2Enoi);  
 (Z2Enoii)=(70792.7267958607)-(U2Enoii)+(U2Enoii);  
 (Z2Enoiv)=(76238.3211647731)-(U2Enoiv)+(U2Enoiv);  
 (Z2Enov)=(59901.538058036)-(U2Enov)+(U2Enov);  
 (Z2Enovi)=(35396.3633979304)-(U2Enovi)+(U2Enov);  
 (Z2Esei)=(40841.9577668427)-(U2Esei);  
 (Z2Eseii)=(43564.7549512989)-(U2Eseii)+(U2Esei);  
 (Z2Eseiii)=(70792.7267958607)-(U2Eseiii)+(U2Eseii);  
 (Z2Eseiv)=(76238.3211647731)-(U2Eseiv)+(U2Eseiii);  
 (Z2Esevi)=(59901.538058036)-(U2Esevi)+(U2Eseiv);  
 (Z2Esevi)=(35396.3633979304)-(U2Esevi)+(U2Esevi);  
 (Z3Ani)=(6526.74408020375)-(U3Ani);  
 (Z3Anii)=(6961.86035221733)-(U3Anii)+(U3Ani);  
 (Z3Aniii)=(11313.0230723532)-(U3Aniii)+(U3Anii);  
 (Z3Aniv)=(12183.2556163803)-(U3Aniv)+(U3Aniii);  
 (Z3Anv)=(9572.55798429883)-(U3Anv)+(U3Aniv);  
 (Z3Anvi)=(5656.51153617658)-(U3Anvi)+(U3Anv);  
 (Z3Aci)=(7459.13609166142)-(U3Aci);  
 (Z3Acii)=(7956.41183110552)-(U3Acii)+(U3Aci);  
 (Z3Aciii)=(12929.1692255465)-(U3Aciii)+(U3Acii);  
 (Z3Aciv)=(13923.7207044347)-(U3Aciv)+(U3Aciii);  
 (Z3Acv)=(10940.0662677701)-(U3Acv)+(U3Aciv);  
 (Z3Acvi)=(6464.58461277323)-(U3Acvi)+(U3Acv);  
 (Z3Asi)=(11654.900143221)-(U3Asi);  
 (Z3Asii)=(12431.8934861024)-(U3Asii)+(U3Asi);  
 (Z3Asiii)=(20201.8269149164)-(U3Asiii)+(U3Asii);  
 (Z3Asiv)=(21755.8136006792)-(U3Asiv)+(U3Asiii);  
 (Z3Asv)=(17093.8535433908)-(U3Asv)+(U3Asiv);  
 (Z3Asvi)=(10100.9134574582)-(U3Asvi)+(U3Asv);  
 (Z3Bnci)=(13519.6841661363)-(U3Bnci);  
 (Z3Bncii)=(14420.9964438788)-(U3Bncii)+(U3Bnci);  
 (Z3Bnciii)=(23434.119221303)-(U3Bnciii)+(U3Bncii);  
 (Z3Bnciv)=(25236.7437767878)-(U3Bnciv)+(U3Bnciii);  
 (Z3Bncv)=(19828.8701103333)-(U3Bncv)+(U3Bnciv);  
 (Z3Bncvi)=(11717.0596106515)-(U3Bncvi)+(U3Bncv);  
 (Z3Bsci)=(9323.92011457678)-(U3Bsci);  
 (Z3Bsii)=(9945.5147888819)-(U3Bsii)+(U3Bsci);  
 (Z3Bsiii)=(16161.4615319331)-(U3Bsiii)+(U3Bsii);  
 (Z3Bsiv)=(17404.6508805433)-(U3Bsiv)+(U3Bsiii);  
 (Z3Bsv)=(13675.0828347126)-(U3Bsv)+(U3Bsiv);  
 (Z3Bsvi)=(8080.73076596654)-(U3Bsvi)+(U3Bsv);  
 (Z3Cui)=(10256.3121260345)-(U3Cui);  
 (Z3Cuii)=(10940.0662677701)-(U3Cuii)+(U3Cui);  
 (Z3Cuiii)=(17777.6076851264)-(U3Cuiii)+(U3Cuii);  
 (Z3Cuiv)=(19145.1159685977)-(U3Cuiv)+(U3Cuiii);  
 (Z3Cuv)=(15042.5911181839)-(U3Cuv)+(U3Cuiv);  
 (Z3Cuvi)=(8888.8038425632)-(U3Cuvi)+(U3Cuv);  
 (Z3Dpi)=(5594.35206874607)-(U3Dpi);  
 (Z3Dpii)=(5967.30887332914)-(U3Dpii)+(U3Dpi);  
 (Z3Dpiii)=(9696.87691915985)-(U3Dpiii)+(U3Dpii);  
 (Z3Dpiv)=(10442.790528326)-(U3Dpiv)+(U3Dpiii);  
 (Z3Dpvi)=(8205.04970082757)-(U3Dpvi)+(U3Dpiv);  
 (Z3Dpvi)=(4848.43845957993)-(U3Dpvi)+(U3Dpvi);  
 (Z3Doi)=(10256.3121260345)-(U3Doi);  
 (Z3Doii)=(10940.0662677701)-(U3Doii)+(U3Doi);  
 (Z3Doiii)=(17777.6076851264)-(U3Doiii)+(U3Doii);  
 (Z3Doiv)=(19145.1159685977)-(U3Doiv)+(U3Doiii);  
 (Z3Dov)=(15042.5911181839)-(U3Dov)+(U3Doiv);  
 (Z3Dovi)=(8888.8038425632)-(U3Dovi)+(U3Dov);  
 (Z3Enoi)=(4661.96005728839)-(U3Enoi);  
 (Z3Enoii)=(4972.75739444095)-(U3Enoii)+(U3Enoi);  
 (Z3Enoiii)=(8080.73076596654)-(U3Enoiii)+(U3Enoii);  
 (Z3Enoiv)=(8702.32544027166)-(U3Enoiv)+(U3Enoiii);  
 (Z3Enovi)=(6837.5414173563)-(U3Enovi)+(U3Enoiv);  
 (Z3Enovi)=(4040.36538298327)-(U3Enovi)+(U3Enov);  
 (Z3Esei)=(4661.96005728839)-(U3Esei);  
 (Z3Eseii)=(4972.75739444095)-(U3Eseii)+(U3Esei);  
 (Z3Eseiii)=(8080.73076596654)-(U3Eseiii)+(U3Eseii);  
 (Z3Eseiv)=(8702.32544027166)-(U3Eseiv)+(U3Eseiii);  
 (Z3Esevi)=(6837.5414173563)-(U3Esevi)+(U3Eseiv);  
 (Z3Esevi)=(4040.36538298327)-(U3Esevi)+(U3Esevi);  
 (Z4Ani)=(51321.4064426277)-(U4Ani);  
 (Z4Anii)=(54742.8335388029)-(U4Anii)+(U4Ani);  
 (Z4Aniii)=(88957.1045005547)-(U4Aniii)+(U4Anii);  
 (Z4Aniv)=(95799.9586929051)-(U4Aniv)+(U4Aniii);  
 (Z4Anv)=(75271.396115854)-(U4Anv)+(U4Aniv);  
 (Z4Anvi)=(44478.5522502774)-(U4Anvi)+(U4Anv);  
 (Z4Aci)=(58653.0359344317)-(U4Aci);  
 (Z4Acii)=(62563.2383300605)-(U4Acii)+(U4Aci);  
 (Z4Aciii)=(101665.262286348)-(U4Aciii)+(U4Acii);  
 (Z4Aciv)=(109485.667077606)-(U4Aciv)+(U4Aciii);  
 (Z4Acv)=(86024.4527038332)-(U4Acv)+(U4Aciv);  
 (Z4Acvi)=(50832.6311431741)-(U4Acvi)+(U4Acv);  
 (Z4Asi)=(91645.3686475495)-(U4Asi);  
 (Z4Asii)=(97755.0598907195)-(U4Asii)+(U4Asi);  
 (Z4Asiii)=(158851.972322419)-(U4Asiii)+(U4Asii);  
 (Z4Asiv)=(171071.354808759)-(U4Asiv)+(U4Asiii);  
 (Z4Asv)=(134413.207349739)-(U4Asv)+(U4Asiv);  
 (Z4Asvi)=(79425.9861612096)-(U4Asvi)+(U4Asv);  
 (Z4Bnci)=(106308.627631157)-(U4Bnci);  
 (Z4Bncii)=(113395.869473235)-(U4Bncii)+(U4Bnci);  
 (Z4Bnciii)=(184268.287894006)-(U4Bnciii)+(U4Bncii);  
 (Z4Bnciv)=(198442.771578161)-(U4Bnciv)+(U4Bnciii);  
 (Z4Bncv)=(155919.320525698)-(U4Bncv)+(U4Bnciv);

*Planeación de la producción y distribución de una cadena de suministro mediante un modelo matemático de optimización*

(Z4Bncvi)=(92134.1439470031)-(U4Bncvi)+(U4Bncv);  
(Z4Bsi)=(73316.2949180396)-(U4Bsi);  
(Z4Bsii)=(78204.0479125756)-(U4Bsii)+(U4Bsi);  
(Z4Bsiiii)=(127081.577857935)-(U4Bsiiii)+(U4Bsii);  
(Z4Bsiiv)=(136857.083847007)-(U4Bsiiv)+(U4Bsiiii);  
(Z4Bsiiv)=(107530.565879791)-(U4Bsiiv)+(U4Bsiiv);  
(Z4Bsiiv)=(63540.7889289677)-(U4Bsiiv)+(U4Bsiiv);  
(Z4Cui)=(80647.9244098436)-(U4Cui);  
(Z4Cuii)=(86024.4527038332)-(U4Cuii)+(U4Cui);  
(Z4Cuiii)=(139789.735643729)-(U4Cuiii)+(U4Cuii);  
(Z4Cuiv)=(150542.792231708)-(U4Cuiv)+(U4Cuiii);  
(Z4Cuv)=(118283.622467771)-(U4Cuv)+(U4Cuiv);  
(Z4Cuvi)=(69894.8678218644)-(U4Cui)+(U4Cuv);  
(Z4Dpi)=(43989.7769508238)-(U4Dpi);  
(Z4Dpii)=(46922.4287475454)-(U4Dpii)+(U4Dpi);  
(Z4Dpiii)=(76248.9467147612)-(U4Dpiii)+(U4Dpii);  
(Z4Dpiv)=(82114.2503082044)-(U4Dpiv)+(U4Dpiii);  
(Z4Dpv)=(64518.3395278749)-(U4Dpv)+(U4Dpiv);  
(Z4Dpvi)=(38124.4733573806)-(U4Dpvi)+(U4Dpv);  
(Z4Doi)=(80647.9244098436)-(U4Doi);  
(Z4Doii)=(86024.4527038332)-(U4Doii)+(U4Doi);  
(Z4Doiii)=(139789.735643729)-(U4Doiii)+(U4Doii);  
(Z4Doiv)=(150542.792231708)-(U4Doiv)+(U4Doiii);  
(Z4Dov)=(118283.622467771)-(U4Dov)+(U4Doiv);  
(Z4Dovi)=(69894.8678218644)-(U4Dovi)+(U4Dov);  
(Z4Enoi)=(36658.1474590198)-(U4Enoi);  
(Z4Enoii)=(39102.0239562878)-(U4Enoii)+(U4Enoi);  
(Z4Enoiii)=(63540.7889289677)-(U4Enoiii)+(U4Enoii);  
(Z4Enoiv)=(68428.5419235036)-(U4Enoiv)+(U4Enoiii);  
(Z4Enov)=(53765.2829398957)-(U4Enov)+(U4Enoiv);  
(Z4Enovi)=(31770.3944644838)-(U4Enovi)+(U4Enov);  
(Z4Esei)=(36658.1474590198)-(U4Esei);  
(Z4Eseii)=(39102.0239562878)-(U4Eseii)+(U4Esei);  
(Z4Eseiii)=(63540.7889289677)-(U4Eseiii)+(U4Eseii);  
(Z4Eseiv)=(68428.5419235036)-(U4Eseiv)+(U4Eseiii);  
(Z4Esevi)=(53765.2829398957)-(U4Esevi)+(U4Eseiv);  
(Z4Esevi)=(31770.3944644838)-(U4Esevi)+(U4Esevi);  
(Z5Ani)=(47807.0057840565)-(U5Ani);  
(Z5Anii)=(50994.1395029936)-(U5Anii)+(U5Ani);  
(Z5Aniii)=(82865.4766923646)-(U5Aniii)+(U5Anii);  
(Z5Aniv)=(89239.7441302388)-(U5Aniv)+(U5Aniii);  
(Z5Anv)=(70116.9418166162)-(U5Anv)+(U5Aniv);  
(Z5Anvi)=(41432.7383461823)-(U5Anvi)+(U5Anv);  
(Z5Aci)=(54636.5780389217)-(U5Aci);  
(Z5Acii)=(58279.0165748498)-(U5Acii)+(U5Aci);  
(Z5Aciii)=(94703.401934131)-(U5Aciii)+(U5Acii);  
(Z5Aciv)=(101988.279005987)-(U5Aciv)+(U5Aciii);  
(Z5Acv)=(80133.6477904185)-(U5Acv)+(U5Aciv);  
(Z5Acvi)=(47351.7009670655)-(U5Acvi)+(U5Acv);  
(Z5Asi)=(85369.6531858152)-(U5Asi);  
(Z5Asii)=(91060.9633982028)-(U5Asii)+(U5Asi);  
(Z5Asiii)=(147974.06552208)-(U5Asiii)+(U5Asii);  
(Z5Asiv)=(159356.685946855)-(U5Asiv)+(U5Asiii);  
(Z5Asv)=(125208.824672529)-(U5Asv)+(U5Asiv);  
(Z5Asvi)=(73987.0327610398)-(U5Asvi)+(U5Asv);  
(Z5Bnci)=(99028.7976955456)-(U5Bnci);  
(Z5Bncii)=(105630.717541915)-(U5Bncii)+(U5Bnci);  
(Z5Bnciii)=(171649.916005612)-(U5Bnciii)+(U5Bncii);  
(Z5Bnciv)=(184853.755698352)-(U5Bnciv)+(U5Bnciii);  
(Z5Bncv)=(145242.236620134)-(U5Bncv)+(U5Bnciv);  
(Z5Bncvi)=(85824.9580028062)-(U5Bncvi)+(U5Bncv);  
(Z5Bsi)=(68295.7225486521)-(U5Bsi);  
(Z5Bsii)=(72848.7707185623)-(U5Bsii)+(U5Bsi);  
(Z5Bsiiii)=(118379.252417664)-(U5Bsiiii)+(U5Bsii);  
(Z5Bsiiv)=(127485.348757484)-(U5Bsiiv)+(U5Bsiiii);  
(Z5Bsiiv)=(100167.059738023)-(U5Bsiiv)+(U5Bsiiv);  
(Z5Bsiiv)=(59189.6262088318)-(U5Bsiiv)+(U5Bsiiv);  
(Z5Cui)=(75125.2948035173)-(U5Cui);  
(Z5Cuii)=(80133.6477904185)-(U5Cuii)+(U5Cui);  
(Z5Cuiii)=(130217.17765943)-(U5Cuiii)+(U5Cuii);  
(Z5Cuiv)=(140233.883633232)-(U5Cuiv)+(U5Cuiii);  
(Z5Cuv)=(110183.765711825)-(U5Cuv)+(U5Cuiv);  
(Z5Cuvi)=(65108.588829715)-(U5Cui)+(U5Cuv);  
(Z5Dpi)=(40977.4335291913)-(U5Dpi);  
(Z5Dpii)=(43709.2624311374)-(U5Dpii)+(U5Dpi);  
(Z5Dpiii)=(71027.5514505982)-(U5Dpiii)+(U5Dpii);  
(Z5Dpiv)=(76491.2092544904)-(U5Dpiv)+(U5Dpiii);  
(Z5Dpv)=(60100.2358428139)-(U5Dpv)+(U5Dpiv);  
(Z5Dpvi)=(35513.7757252991)-(U5Dpvi)+(U5Dpv);  
(Z5Doi)=(75125.2948035173)-(U5Doi);  
(Z5Doii)=(80133.6477904185)-(U5Doii)+(U5Doi);  
(Z5Doiii)=(130217.17765943)-(U5Doiii)+(U5Doii);  
(Z5Doiv)=(140233.883633232)-(U5Doiv)+(U5Doiii);  
(Z5Dov)=(110183.765711825)-(U5Dov)+(U5Doiv);  
(Z5Dovi)=(65108.588829715)-(U5Dovi)+(U5Dov);  
(Z5Enoi)=(34147.8612743261)-(U5Enoi);  
(Z5Enoii)=(36424.3853592811)-(U5Enoii)+(U5Enoi);  
(Z5Enoiii)=(59189.6262088318)-(U5Enoiii)+(U5Enoii);  
(Z5Enoiv)=(63742.674378742)-(U5Enoiv)+(U5Enoiii);  
(Z5Enov)=(50083.5298690116)-(U5Enov)+(U5Enoiv);  
(Z5Enovi)=(29594.8131044159)-(U5Enovi)+(U5Enov);  
(Z5Esei)=(34147.8612743261)-(U5Esei);  
(Z5Eseii)=(36424.3853592811)-(U5Eseii)+(U5Esei);

(Z5Eseiii)=(59189.6262088318)-(U5Eseiii)+(U5Eseiii);  
 (Z5Eseiv)=(63742.674378742)-(U5Eseiv)+(U5Eseiv);  
 (Z5Esevi)=(50083.5298690116)-(U5Esevi)+(U5Esevi);  
 (Z5Esevi)=(29594.8131044159)-(U5Esevi)+(U5Esevi);  
 (Z6Ani)=(51935.0319544418)-(U6Ani);  
 (Z6Anii)=(55397.3674180712)-(U6Anii)+(U6Ani);  
 (Z6Aniii)=(90020.7220543657)-(U6Aniii)+(U6Anii);  
 (Z6Aniv)=(96945.3929816246)-(U6Aniv)+(U6Aniii);  
 (Z6Anv)=(76171.3801998479)-(U6Anv)+(U6Aniv);  
 (Z6Anvi)=(45010.3610271829)-(U6Anvi)+(U6Anv);  
 (Z6Aci)=(59354.3222336477)-(U6Aci);  
 (Z6Acii)=(63311.2770492243)-(U6Acii)+(U6Aci);  
 (Z6Aciii)=(102880.825204989)-(U6Aciii)+(U6Acii);  
 (Z6Aciv)=(110794.734836142)-(U6Aciv)+(U6Aciii);  
 (Z6Acv)=(87053.0059426834)-(U6Acv)+(U6Aciv);  
 (Z6Acvi)=(51440.4126024947)-(U6Acvi)+(U6Acv);  
 (Z6Asi)=(92741.1284900746)-(U6Asi);  
 (Z6Asii)=(98923.8703894129)-(U6Asii)+(U6Asi);  
 (Z6Asiii)=(160751.289382796)-(U6Asiii)+(U6Asii);  
 (Z6Asiv)=(173116.773181473)-(U6Asiv)+(U6Asiii);  
 (Z6Asv)=(136020.321785443)-(U6Asv)+(U6Asiv);  
 (Z6Asvi)=(80375.644691398)-(U6Asvi)+(U6Asv);  
 (Z6Bnci)=(107579.709048487)-(U6Bnci);  
 (Z6Bncii)=(114751.689651719)-(U6Bncii)+(U6Bnci);  
 (Z6Bnciii)=(186471.495684043)-(U6Bnciii)+(U6Bncii);  
 (Z6Bnciv)=(200815.456890508)-(U6Bnciv)+(U6Bnciii);  
 (Z6Bncv)=(157783.573271114)-(U6Bncv)+(U6Bnciv);  
 (Z6Bncvi)=(93235.7478420217)-(U6Bncvi)+(U6Bncv);  
 (Z6Bsi)=(74192.9027920597)-(U6Bsi);  
 (Z6Bsii)=(79139.0963115303)-(U6Bsii)+(U6Bsi);  
 (Z6Bsiii)=(128601.031506237)-(U6Bsiii)+(U6Bsii);  
 (Z6Bsiv)=(138493.418545178)-(U6Bsiv)+(U6Bsiii);  
 (Z6Bsv)=(108816.257428354)-(U6Bsv)+(U6Bsiv);  
 (Z6Bsvi)=(64300.5157531184)-(U6Bsvi)+(U6Bsv);  
 (Z6Cui)=(81612.1930712656)-(U6Cui);  
 (Z6Cuii)=(87053.0059426833)-(U6Cuii)+(U6Cui);  
 (Z6Cuiii)=(141461.13465686)-(U6Cuiii)+(U6Cuii);  
 (Z6Cuiiv)=(152342.760399696)-(U6Cuiiv)+(U6Cuiii);  
 (Z6Cuv)=(119697.883171119)-(U6Cuv)+(U6Cuiiv);  
 (Z6Cuvi)=(70730.5673284302)-(U6Cuvi)+(U6Cuv);  
 (Z6Dpi)=(44515.7416752358)-(U6Dpi);  
 (Z6Dpii)=(47483.4577869182)-(U6Dpii)+(U6Dpi);  
 (Z6Dpiii)=(77160.6189037421)-(U6Dpiii)+(U6Dpii);  
 (Z6Dpiv)=(83096.0511271068)-(U6Dpiv)+(U6Dpiii);  
 (Z6Dpvi)=(65289.7544570125)-(U6Dpvi)+(U6Dpiv);  
 (Z6Dpvi)=(38580.309451871)-(U6Dpvi)+(U6Dpvi);  
 (Z6Doi)=(81612.1930712656)-(U6Doi);  
 (Z6Doii)=(87053.0059426833)-(U6Doii)+(U6Doi);  
 (Z6Doiii)=(141461.13465686)-(U6Doiii)+(U6Doii);  
 (Z6Doiv)=(152342.760399696)-(U6Doiv)+(U6Doiii);  
 (Z6Dov)=(119697.883171119)-(U6Dov)+(U6Doiv);  
 (Z6Dovi)=(70730.5673284302)-(U6Dovi)+(U6Dov);  
 (Z6Enoi)=(37096.4513960298)-(U6Enoi);  
 (Z6Enoii)=(39569.5481557652)-(U6Enoii)+(U6Enoi);  
 (Z6Enoiii)=(64300.5157531184)-(U6Enoiii)+(U6Enoii);  
 (Z6Enoiv)=(69246.709272589)-(U6Enoiv)+(U6Enoiii);  
 (Z6Enovi)=(54408.1287141771)-(U6Enovi)+(U6Enoiv);  
 (Z6Enovi)=(32150.2578765592)-(U6Enovi)+(U6Enov);  
 (Z6Esei)=(37096.4513960298)-(U6Esei);  
 (Z6Eseii)=(39569.5481557652)-(U6Eseii)+(U6Esei);  
 (Z6Eseiii)=(64300.5157531184)-(U6Eseiii)+(U6Eseii);  
 (Z6Eseiv)=(69246.709272589)-(U6Eseiv)+(U6Eseiii);  
 (Z6Esevi)=(54408.1287141771)-(U6Esevi)+(U6Eseiv);  
 (Z6Esevi)=(32150.2578765592)-(U6Esevi)+(U6Esevi);

IR6 de Definición de U Apartado 1;

(Z1Ani)-(64151.7580532847)-(U1Ani)<(99999999\*BIN1Ani);  
 (Z1Anii)-(68428.5419235037)-(U1Anii)+(U1Ani)<(99999999\*BIN1Anii);  
 (Z1Aniii)-(111196.380625693)-(U1Aniii)+(U1Anii)<(99999999\*BIN1Aniii);  
 (Z1Aniv)-(119749.948366131)-(U1Aniv)+(U1Aniii)<(99999999\*BIN1Aniv);  
 (Z1Anv)-(94089.2451448175)-(U1Anv)+(U1Aniv)<(99999999\*BIN1Anv);  
 (Z1Anvi)-(55598.1903128467)-(U1Anvi)+(U1Anv)<(99999999\*BIN1Anvi);  
 (Z1Aci)-(73316.2949180396)-(U1Aci)<(99999999\*BIN1Aci);  
 (Z1Acii)-(78204.0479125756)-(U1Acii)+(U1Aci)<(99999999\*BIN1Acii);  
 (Z1Aciii)-(127081.577857935)-(U1Aciii)+(U1Acii)<(99999999\*BIN1Aciii);  
 (Z1Aciv)-(136857.083847007)-(U1Aciv)+(U1Aciii)<(99999999\*BIN1Aciv);  
 (Z1Acv)-(107530.565879791)-(U1Acv)+(U1Aciv)<(99999999\*BIN1Acv);  
 (Z1Acvi)-(63540.7889289677)-(U1Acvi)+(U1Acv)<(99999999\*BIN1Acvi);  
 (Z1Asi)-(114556.710809437)-(U1Asi)<(99999999\*BIN1Asi);  
 (Z1Asii)-(122193.824863399)-(U1Asii)+(U1Asi)<(99999999\*BIN1Asii);  
 (Z1Asiii)-(198564.965403024)-(U1Asiii)+(U1Asii)<(99999999\*BIN1Asiii);  
 (Z1Asiv)-(213839.193510949)-(U1Asiv)+(U1Asiii)<(99999999\*BIN1Asiv);  
 (Z1Asv)-(168016.509187174)-(U1Asv)+(U1Asiv)<(99999999\*BIN1Asv);  
 (Z1Asvi)-(99282.482701512)-(U1Asvi)+(U1Asv)<(99999999\*BIN1Asvi);  
 (Z1Bnci)-(132885.784538947)-(U1Bnci)<(99999999\*BIN1Bnci);  
 (Z1Bncii)-(141744.836841543)-(U1Bncii)+(U1Bnci)<(99999999\*BIN1Bncii);  
 (Z1Bnciii)-(230335.359867508)-(U1Bnciii)+(U1Bncii)<(99999999\*BIN1Bnciii);  
 (Z1Bnciv)-(248053.464472701)-(U1Bnciv)+(U1Bnciii)<(99999999\*BIN1Bnciv);  
 (Z1Bncv)-(194899.150657122)-(U1Bncv)+(U1Bnciv)<(99999999\*BIN1Bncv);  
 (Z1Bncvi)-(115167.679933754)-(U1Bncvi)+(U1Bncv)<(99999999\*BIN1Bncvi);  
 (Z1Bsi)-(91645.3686475495)-(U1Bsi)<(99999999\*BIN1Bsi);  
 (Z1Bsii)-(97755.0598907195)-(U1Bsii)+(U1Bsi)<(99999999\*BIN1Bsii);

*Planeación de la producción y distribución de una cadena de suministro mediante un modelo matemático de optimización*

(Z1Bsiiii)-(158851.972322419)-(U1Bsiiii)+(U1Bsi)-(999999999\*BIN1Bsiiii);  
(Z1Bsvi)-(171071.354808759)-(U1Bsvi)+(U1Bsvi)-(999999999\*BIN1Bsvi);  
(Z1Bsv)-(134413.207349739)-(U1Bsv)+(U1Bsv)-(999999999\*BIN1Bsv);  
(Z1Bsvi)-(79425.9861612096)-(U1Bsvi)+(U1Bsv)-(999999999\*BIN1Bsvi);  
(Z1Cui)-(100809.905512304)-(U1Cui)-(999999999\*BIN1Cui);  
(Z1Cuii)-(107530.565879791)-(U1Cuii)+(U1Cui)-(999999999\*BIN1Cuii);  
(Z1Cuiii)-(174737.169554661)-(U1Cuiii)+(U1Cuii)-(999999999\*BIN1Cuiii);  
(Z1Cuiv)-(188178.490289635)-(U1Cuiv)+(U1Cuiii)-(999999999\*BIN1Cuiv);  
(Z1Cuv)-(147854.528084713)-(U1Cuv)+(U1Cuiv)-(999999999\*BIN1Cuv);  
(Z1Cuvi)-(87368.5847773306)-(U1Cuvi)+(U1Cuv)-(999999999\*BIN1Cuvi);  
(Z1Dpi)-(54987.2211885297)-(U1Dpi)-(999999999\*BIN1Dpi);  
(Z1Dpii)-(58653.0359344317)-(U1Dpii)+(U1Dpi)-(999999999\*BIN1Dpii);  
(Z1Dpiii)-(95311.1833934515)-(U1Dpiii)+(U1Dpii)-(999999999\*BIN1Dpiii);  
(Z1Dpiv)-(102642.812885255)-(U1Dpiv)+(U1Dpiii)-(999999999\*BIN1Dpiv);  
(Z1Dpv)-(80647.9244098436)-(U1Dpv)+(U1Dpiv)-(999999999\*BIN1Dpv);  
(Z1Dpvi)-(47655.5916967258)-(U1Dpvi)+(U1Dpv)-(999999999\*BIN1Dpvi);  
(Z1Doi)-(100809.905512304)-(U1Doi)-(999999999\*BIN1Doi);  
(Z1Doii)-(107530.565879791)-(U1Doii)+(U1Doi)-(999999999\*BIN1Doii);  
(Z1Doiii)-(174737.169554661)-(U1Doiii)+(U1Doii)-(999999999\*BIN1Doiii);  
(Z1Doiv)-(188178.490289635)-(U1Doiv)+(U1Doiii)-(999999999\*BIN1Doiv);  
(Z1Dov)-(147854.528084713)-(U1Dov)+(U1Doiv)-(999999999\*BIN1Dov);  
(Z1Dovi)-(87368.5847773306)-(U1Dovi)+(U1Dov)-(999999999\*BIN1Dovi);  
(Z1Enoi)-(45822.6843237748)-(U1Enoi)-(999999999\*BIN1Enoi);  
(Z1Enoii)-(48877.5299453598)-(U1Enoii)+(U1Enoi)-(999999999\*BIN1Enoii);  
(Z1Enoiii)-(79425.9861612096)-(U1Enoiii)+(U1Enoii)-(999999999\*BIN1Enoiii);  
(Z1Enoiv)-(85535.6774043796)-(U1Enoiv)+(U1Enoiii)-(999999999\*BIN1Enoiv);  
(Z1Enovi)-(67206.6036748697)-(U1Enovi)+(U1Enoiv)-(999999999\*BIN1Enovi);  
(Z1Enovii)-(39712.9930806048)-(U1Enovii)+(U1Enovi)-(999999999\*BIN1Enovii);  
(Z1Esei)-(45822.6843237748)-(U1Esei)-(999999999\*BIN1Esei);  
(Z1Eseii)-(48877.5299453598)-(U1Eseii)+(U1Esei)-(999999999\*BIN1Eseii);  
(Z1Eseiii)-(79425.9861612096)-(U1Eseiii)+(U1Eseii)-(999999999\*BIN1Eseiii);  
(Z1Eseiv)-(85535.6774043796)-(U1Eseiv)+(U1Eseiii)-(999999999\*BIN1Eseiv);  
(Z1Esevi)-(67206.6036748697)-(U1Esevi)+(U1Eseiv)-(999999999\*BIN1Esevi);  
(Z1Esevii)-(39712.9930806048)-(U1Esevii)+(U1Esevi)-(999999999\*BIN1Esevii);  
(Z2Ani)-(57178.7408735798)-(U2Ani)-(999999999\*BIN2Ani);  
(Z2Anii)-(60990.6569318185)-(U2Anii)+(U2Ani)-(999999999\*BIN2Anii);  
(Z2Aniii)-(99109.817514205)-(U2Aniii)+(U2Anii)-(999999999\*BIN2Aniii);  
(Z2Aniv)-(106733.649630682)-(U2Aniv)+(U2Aniii)-(999999999\*BIN2Aniv);  
(Z2Anv)-(83862.1532812504)-(U2Anv)+(U2Aniv)-(999999999\*BIN2Anv);  
(Z2Anvi)-(49554.9087571025)-(U2Anvi)+(U2Anv)-(999999999\*BIN2Anvi);  
(Z2Aci)-(65347.1324269484)-(U2Aci)-(999999999\*BIN2Aci);  
(Z2Acii)-(69703.6079220783)-(U2Acii)+(U2Aci)-(999999999\*BIN2Acii);  
(Z2Aciii)-(113268.362873377)-(U2Aciii)+(U2Acii)-(999999999\*BIN2Aciii);  
(Z2Aciv)-(121981.313863637)-(U2Aciv)+(U2Aciii)-(999999999\*BIN2Aciv);  
(Z2Acv)-(95842.4608928576)-(U2Acv)+(U2Aciv)-(999999999\*BIN2Acv);  
(Z2Acvi)-(56634.1814366886)-(U2Acvi)+(U2Acv)-(999999999\*BIN2Acvi);  
(Z2Asi)-(102104.894417107)-(U2Asi)-(999999999\*BIN2Asi);  
(Z2Asii)-(108911.887378247)-(U2Asii)+(U2Asi)-(999999999\*BIN2Asii);  
(Z2Asiii)-(176981.816989652)-(U2Asiii)+(U2Asii)-(999999999\*BIN2Asiii);  
(Z2Asiv)-(190595.802911933)-(U2Asiv)+(U2Asiii)-(999999999\*BIN2Asiv);  
(Z2Asv)-(149753.84514509)-(U2Asv)+(U2Asiv)-(999999999\*BIN2Asv);  
(Z2Asvi)-(88490.9084948259)-(U2Asvi)+(U2Asv)-(999999999\*BIN2Asvi);  
(Z2Bnci)-(118441.677523844)-(U2Bnci)-(999999999\*BIN2Bnci);  
(Z2Bncii)-(126337.789358767)-(U2Bncii)+(U2Bnci)-(999999999\*BIN2Bncii);  
(Z2Bnciii)-(205298.907707996)-(U2Bnciii)+(U2Bncii)-(999999999\*BIN2Bnciii);  
(Z2Bnciv)-(221091.131377842)-(U2Bnciv)+(U2Bnciii)-(999999999\*BIN2Bnciv);  
(Z2Bncv)-(173714.460368304)-(U2Bncv)+(U2Bnciv)-(999999999\*BIN2Bncv);  
(Z2Bncvi)-(102649.453853998)-(U2Bncvi)+(U2Bncv)-(999999999\*BIN2Bncvi);  
(Z2Bsi)-(81683.9155336854)-(U2Bsi)-(999999999\*BIN2Bsi);  
(Z2Bsii)-(87129.5099025978)-(U2Bsii)+(U2Bsi)-(999999999\*BIN2Bsii);  
(Z2Bsiiii)-(141585.453591721)-(U2Bsiiii)+(U2Bsii)-(999999999\*BIN2Bsiiii);  
(Z2Bsiiv)-(152476.642329546)-(U2Bsiiv)+(U2Bsiiii)-(999999999\*BIN2Bsiiv);  
(Z2Bsv)-(119803.076116072)-(U2Bsv)+(U2Bsiiv)-(999999999\*BIN2Bsv);  
(Z2Bsvii)-(70792.7267958607)-(U2Bsvii)+(U2Bsv)-(999999999\*BIN2Bsvii);  
(Z2Cui)-(89852.307087054)-(U2Cui)-(999999999\*BIN2Cui);  
(Z2Cuii)-(95842.4608928576)-(U2Cuii)+(U2Cui)-(999999999\*BIN2Cuii);  
(Z2Cuiii)-(155743.998950894)-(U2Cuiii)+(U2Cuii)-(999999999\*BIN2Cuiii);  
(Z2Cuiv)-(167724.306562501)-(U2Cuiv)+(U2Cuiii)-(999999999\*BIN2Cuiv);  
(Z2Cuv)-(131783.383727679)-(U2Cuv)+(U2Cuiv)-(999999999\*BIN2Cuv);  
(Z2Cuvi)-(77871.9994754468)-(U2Cuvi)+(U2Cuv)-(999999999\*BIN2Cuvi);  
(Z2Dpi)-(49010.3493202113)-(U2Dpi)-(999999999\*BIN2Dpi);  
(Z2Dpii)-(52277.7059415587)-(U2Dpii)+(U2Dpi)-(999999999\*BIN2Dpii);  
(Z2Dpiii)-(84951.2721550329)-(U2Dpiii)+(U2Dpii)-(999999999\*BIN2Dpiii);  
(Z2Dpiv)-(91485.9853977277)-(U2Dpiv)+(U2Dpiii)-(999999999\*BIN2Dpiv);  
(Z2Dpv)-(71881.8456696432)-(U2Dpv)+(U2Dpiv)-(999999999\*BIN2Dpv);  
(Z2Dpvi)-(42475.6360775164)-(U2Dpvi)+(U2Dpv)-(999999999\*BIN2Dpvi);  
(Z2Doi)-(89852.307087054)-(U2Doi)-(999999999\*BIN2Doi);  
(Z2Doii)-(95842.4608928576)-(U2Doii)+(U2Doi)-(999999999\*BIN2Doii);  
(Z2Doiii)-(155743.998950894)-(U2Doiii)+(U2Doii)-(999999999\*BIN2Doiii);  
(Z2Doiv)-(167724.306562501)-(U2Doiv)+(U2Doiii)-(999999999\*BIN2Doiv);  
(Z2Dov)-(131783.383727679)-(U2Dov)+(U2Doiv)-(999999999\*BIN2Dov);  
(Z2Dovi)-(77871.9994754468)-(U2Dovi)+(U2Dov)-(999999999\*BIN2Dovi);  
(Z2Enoi)-(40841.9577668427)-(U2Enoi)-(999999999\*BIN2Enoi);  
(Z2Enoii)-(43564.7549512989)-(U2Enoii)+(U2Enoi)-(999999999\*BIN2Enoii);  
(Z2Enoiii)-(70792.7267958607)-(U2Enoiii)+(U2Enoii)-(999999999\*BIN2Enoiii);  
(Z2Enoiv)-(76238.3211647731)-(U2Enoiv)+(U2Enoiii)-(999999999\*BIN2Enoiv);  
(Z2Enovi)-(59901.538058036)-(U2Enovi)+(U2Enoiv)-(999999999\*BIN2Enovi);  
(Z2Enovii)-(35396.3633979304)-(U2Enovii)+(U2Enovi)-(999999999\*BIN2Enovii);  
(Z2Esei)-(40841.9577668427)-(U2Esei)-(999999999\*BIN2Esei);  
(Z2Eseii)-(43564.7549512989)-(U2Eseii)+(U2Esei)-(999999999\*BIN2Eseii);  
(Z2Eseiii)-(70792.7267958607)-(U2Eseiii)+(U2Eseii)-(999999999\*BIN2Eseiii);  
(Z2Eseiv)-(76238.3211647731)-(U2Eseiv)+(U2Eseiii)-(999999999\*BIN2Eseiv);  
(Z2Esevi)-(59901.538058036)-(U2Esevi)+(U2Eseiv)-(999999999\*BIN2Esevi);

(Z2Esevi)-(35396.3633979304)-(U2Esevi)+(U2Esev)<(999999999\*BIN2Esevi);  
(Z3Ani)-(6526.74408020375)-(U3Ani)<(999999999\*BIN3Ani);  
(Z3Anii)-(6961.86035221733)-(U3Anii)+(U3Ani)<(999999999\*BIN3Anii);  
(Z3Aniii)-(11313.0230723532)-(U3Aniii)+(U3Anii)<(999999999\*BIN3Aniii);  
(Z3Aniv)-(12183.2556163803)-(U3Aniv)+(U3Aniii)<(999999999\*BIN3Aniv);  
(Z3Anv)-(9572.55798429883)-(U3Anv)+(U3Aniv)<(999999999\*BIN3Anv);  
(Z3Anvi)-(5656.51153617658)-(U3Anvi)+(U3Anv)<(999999999\*BIN3Anvi);  
(Z3Aci)-(7459.13609166142)-(U3Aci)<(999999999\*BIN3Aci);  
(Z3Acii)-(7956.41183110552)-(U3Acii)+(U3Aci)<(999999999\*BIN3Acii);  
(Z3Aciii)-(12929.1692255465)-(U3Aciii)+(U3Acii)<(999999999\*BIN3Aciii);  
(Z3Aciv)-(13923.7207044347)-(U3Aciv)+(U3Aciii)<(999999999\*BIN3Aciv);  
(Z3Acv)-(10940.0662677701)-(U3Acv)+(U3Aciv)<(999999999\*BIN3Acv);  
(Z3Acvi)-(6464.58461277323)-(U3Acvi)+(U3Acv)<(999999999\*BIN3Acvi);  
(Z3Asi)-(11654.900143221)-(U3Asi)<(999999999\*BIN3Asi);  
(Z3Asii)-(12431.8934861024)-(U3Asii)+(U3Asi)<(999999999\*BIN3Asii);  
(Z3Asiii)-(20201.8269149164)-(U3Asiii)+(U3Asii)<(999999999\*BIN3Asiii);  
(Z3Asiv)-(21755.8136006792)-(U3Asiv)+(U3Asiii)<(999999999\*BIN3Asiv);  
(Z3Asv)-(17093.8535433908)-(U3Asv)+(U3Asiv)<(999999999\*BIN3Asv);  
(Z3Asvi)-(10100.9134574582)-(U3Asvi)+(U3Asv)<(999999999\*BIN3Asvi);  
(Z3Bnci)-(13519.6841661363)-(U3Bnci)<(999999999\*BIN3Bnci);  
(Z3Bncii)-(14420.9964438788)-(U3Bncii)+(U3Bnci)<(999999999\*BIN3Bncii);  
(Z3Bnciii)-(23434.119221303)-(U3Bnciii)+(U3Bncii)<(999999999\*BIN3Bnciii);  
(Z3Bnciv)-(25236.7437767878)-(U3Bnciv)+(U3Bncii)<(999999999\*BIN3Bnciv);  
(Z3Bncv)-(19828.8701103333)-(U3Bncv)+(U3Bnciv)<(999999999\*BIN3Bncv);  
(Z3Bncvi)-(11717.0596106515)-(U3Bncvi)+(U3Bncv)<(999999999\*BIN3Bncvi);  
(Z3Bnsi)-(9323.92011457678)-(U3Bnsi)<(999999999\*BIN3Bnsi);  
(Z3Bnsii)-(9945.5147888819)-(U3Bnsii)+(U3Bnsi)<(999999999\*BIN3Bnsii);  
(Z3Bnsiii)-(16161.4615319331)-(U3Bnsiii)+(U3Bnsii)<(999999999\*BIN3Bnsiii);  
(Z3Bnsiv)-(17404.6508805433)-(U3Bnsiv)+(U3Bnsiii)<(999999999\*BIN3Bnsiv);  
(Z3Bnsv)-(13675.0828347126)-(U3Bnsv)+(U3Bnsiv)<(999999999\*BIN3Bnsv);  
(Z3Bnsvi)-(8080.73076596654)-(U3Bnsvi)+(U3Bnsv)<(999999999\*BIN3Bnsvi);  
(Z3Cui)-(10256.3121260345)-(U3Cui)<(999999999\*BIN3Cui);  
(Z3Cuii)-(10940.0662677701)-(U3Cuii)+(U3Cui)<(999999999\*BIN3Cuii);  
(Z3Cuiii)-(17777.6076851264)-(U3Cuiii)+(U3Cuii)<(999999999\*BIN3Cuiii);  
(Z3Cuiv)-(19145.1159685977)-(U3Cuiv)+(U3Cuiii)<(999999999\*BIN3Cuiv);  
(Z3Cuv)-(15042.5911181839)-(U3Cuv)+(U3Cuiv)<(999999999\*BIN3Cuv);  
(Z3Cuvi)-(8888.8038425632)-(U3Cuvi)+(U3Cuv)<(999999999\*BIN3Cuvi);  
(Z3Dpi)-(5594.35206874607)-(U3Dpi)<(999999999\*BIN3Dpi);  
(Z3Dpii)-(5967.30887332914)-(U3Dpii)+(U3Dpi)<(999999999\*BIN3Dpii);  
(Z3Dpiii)-(9696.87691915985)-(U3Dpiii)+(U3Dpii)<(999999999\*BIN3Dpiii);  
(Z3Dpiv)-(10442.790528326)-(U3Dpiv)+(U3Dpiii)<(999999999\*BIN3Dpiv);  
(Z3Dpv)-(8205.04970082757)-(U3Dpv)+(U3Dpiv)<(999999999\*BIN3Dpv);  
(Z3Dpvi)-(4848.43845957993)-(U3Dpvi)+(U3Dpv)<(999999999\*BIN3Dpvi);  
(Z3Doi)-(10256.3121260345)-(U3Doi)<(999999999\*BIN3Doi);  
(Z3Doii)-(10940.0662677701)-(U3Doii)+(U3Doi)<(999999999\*BIN3Doii);  
(Z3Doiii)-(17777.6076851264)-(U3Doiii)+(U3Doii)<(999999999\*BIN3Doiii);  
(Z3Doiv)-(19145.1159685977)-(U3Doiv)+(U3Doiii)<(999999999\*BIN3Doiv);  
(Z3Dov)-(15042.5911181839)-(U3Dov)+(U3Doiv)<(999999999\*BIN3Dov);  
(Z3Dovi)-(8888.8038425632)-(U3Dovi)+(U3Dov)<(999999999\*BIN3Dovi);  
(Z3Enoi)-(4661.96005728839)-(U3Enoi)<(999999999\*BIN3Enoi);  
(Z3Enoii)-(4972.75739444095)-(U3Enoii)+(U3Enoi)<(999999999\*BIN3Enoii);  
(Z3Enoiii)-(8080.73076596654)-(U3Enoiii)+(U3Enoii)<(999999999\*BIN3Enoiii);  
(Z3Enoiv)-(8702.32544027166)-(U3Enoiv)+(U3Enoiii)<(999999999\*BIN3Enoiv);  
(Z3Enov)-(6837.5414173563)-(U3Enov)+(U3Enoiv)<(999999999\*BIN3Enov);  
(Z3Enovi)-(4040.36538298327)-(U3Enovi)+(U3Enov)<(999999999\*BIN3Enovi);  
(Z3Esei)-(4661.96005728839)-(U3Esei)<(999999999\*BIN3Esei);  
(Z3Eseii)-(4972.75739444095)-(U3Eseii)+(U3Esei)<(999999999\*BIN3Eseii);  
(Z3Eseiii)-(8080.73076596654)-(U3Eseiii)+(U3Eseii)<(999999999\*BIN3Eseiii);  
(Z3Eseiv)-(8702.32544027166)-(U3Eseiv)+(U3Eseiii)<(999999999\*BIN3Eseiv);  
(Z3Esevi)-(6837.5414173563)-(U3Esevi)+(U3Eseiv)<(999999999\*BIN3Esevi);  
(Z3Esevi)-(4040.36538298327)-(U3Esevi)+(U3Esevi)<(999999999\*BIN3Esevi);  
(Z4Ani)-(51321.4064426277)-(U4Ani)<(999999999\*BIN4Ani);  
(Z4Anii)-(54742.8335388029)-(U4Anii)+(U4Ani)<(999999999\*BIN4Anii);  
(Z4Aniii)-(88957.1045005547)-(U4Aniii)+(U4Anii)<(999999999\*BIN4Aniii);  
(Z4Aniv)-(95799.9586929051)-(U4Aniv)+(U4Aniii)<(999999999\*BIN4Aniv);  
(Z4Anv)-(75271.396115854)-(U4Anv)+(U4Aniv)<(999999999\*BIN4Anv);  
(Z4Anvi)-(44478.5522502774)-(U4Anvi)+(U4Anv)<(999999999\*BIN4Anvi);  
(Z4Aci)-(58653.0359344317)-(U4Aci)<(999999999\*BIN4Aci);  
(Z4Acii)-(62563.2383300605)-(U4Acii)+(U4Aci)<(999999999\*BIN4Acii);  
(Z4Aciii)-(101665.262286348)-(U4Aciii)+(U4Acii)<(999999999\*BIN4Aciii);  
(Z4Aciv)-(109485.667077606)-(U4Aciv)+(U4Aciii)<(999999999\*BIN4Aciv);  
(Z4Acv)-(86024.4527038332)-(U4Acv)+(U4Aciv)<(999999999\*BIN4Acv);  
(Z4Acvi)-(50832.6311431741)-(U4Acvi)+(U4Acv)<(999999999\*BIN4Acvi);  
(Z4Asi)-(91645.3686475495)-(U4Asi)<(999999999\*BIN4Asi);  
(Z4Asii)-(97755.0598907195)-(U4Asii)+(U4Asi)<(999999999\*BIN4Asii);  
(Z4Asiii)-(158851.972322419)-(U4Asiii)+(U4Asii)<(999999999\*BIN4Asiii);  
(Z4Asiv)-(171071.354808759)-(U4Asiv)+(U4Asiii)<(999999999\*BIN4Asiv);  
(Z4Asv)-(134413.207349739)-(U4Asv)+(U4Asiv)<(999999999\*BIN4Asv);  
(Z4Asvi)-(79425.9861612096)-(U4Asvi)+(U4Asv)<(999999999\*BIN4Asvi);  
(Z4Bnci)-(106308.627631157)-(U4Bnci)<(999999999\*BIN4Bnci);  
(Z4Bncii)-(113395.869473235)-(U4Bncii)+(U4Bnci)<(999999999\*BIN4Bncii);  
(Z4Bnciii)-(184268.287894006)-(U4Bnciii)+(U4Bncii)<(999999999\*BIN4Bnciii);  
(Z4Bnciv)-(198442.771578161)-(U4Bnciv)+(U4Bnciii)<(999999999\*BIN4Bnciv);  
(Z4Bncv)-(155919.320525698)-(U4Bncv)+(U4Bnciv)<(999999999\*BIN4Bncv);  
(Z4Bncvi)-(92134.1439470031)-(U4Bncvi)+(U4Bncv)<(999999999\*BIN4Bncvi);  
(Z4Bsi)-(73316.2949180396)-(U4Bsi)<(999999999\*BIN4Bsi);  
(Z4Bsii)-(78204.0479125756)-(U4Bsii)+(U4Bsi)<(999999999\*BIN4Bsii);  
(Z4Bsiii)-(127081.577857935)-(U4Bsiii)+(U4Bsii)<(999999999\*BIN4Bsiii);  
(Z4Bsiv)-(136857.083847007)-(U4Bsiv)+(U4Bsiii)<(999999999\*BIN4Bsiv);  
(Z4Bsv)-(107530.565879791)-(U4Bsv)+(U4Bsiv)<(999999999\*BIN4Bsv);  
(Z4Bsvi)-(63540.7889289677)-(U4Bsvi)+(U4Bsv)<(999999999\*BIN4Bsvi);  
(Z4Cui)-(80647.9244098436)-(U4Cui)<(999999999\*BIN4Cui);  
(Z4Cuii)-(86024.4527038332)-(U4Cuii)+(U4Cui)<(999999999\*BIN4Cuii);  
(Z4Cuiii)-(139789.735643729)-(U4Cuiii)+(U4Cuii)<(999999999\*BIN4Cuiii);



*Planeación de la producción y distribución de una cadena de suministro mediante un modelo matemático de optimización*

(Z4Cuiv)-(150542.792231708)-(U4Cuiv)+(U4Cuivi)<(999999999\*BIN4Cuiv);  
(Z4Cuv)-(118283.622467771)-(U4Cuv)+(U4Cuiv)<(999999999\*BIN4Cuv);  
(Z4Cuvi)-(69894.8678218644)-(U4Cuvi)+(U4Cuv)<(999999999\*BIN4Cuvi);  
(Z4Dpi)-(43989.7769508238)-(U4Dpi)<(999999999\*BIN4Dpi);  
(Z4Dpii)-(46922.4287475454)-(U4Dpii)+(U4Dpi)<(999999999\*BIN4Dpii);  
(Z4Dpiii)-(76248.9467147612)-(U4Dpiii)+(U4Dpii)<(999999999\*BIN4Dpiii);  
(Z4Dpiv)-(82114.2503082044)-(U4Dpiv)+(U4Dpiii)<(999999999\*BIN4Dpiv);  
(Z4Dpvi)-(64518.3395278749)-(U4Dpvi)+(U4Dpiv)<(999999999\*BIN4Dpvi);  
(Z4Dpvi)-(38124.4733573806)-(U4Dpvi)+(U4Dpvi)<(999999999\*BIN4Dpvi);  
(Z4Doi)-(80647.9244098436)-(U4Doi)<(999999999\*BIN4Doi);  
(Z4Doii)-(86024.4527038332)-(U4Doii)+(U4Doi)<(999999999\*BIN4Doii);  
(Z4Doiii)-(139789.735643729)-(U4Doiii)+(U4Doii)<(999999999\*BIN4Doiii);  
(Z4Doiv)-(150542.792231708)-(U4Doiv)+(U4Doiii)<(999999999\*BIN4Doiv);  
(Z4Dov)-(118283.622467771)-(U4Dov)+(U4Doiv)<(999999999\*BIN4Dov);  
(Z4Dovi)-(69894.8678218644)-(U4Dovi)+(U4Dov)<(999999999\*BIN4Dovi);  
(Z4Enoi)-(36658.1474590198)-(U4Enoi)<(999999999\*BIN4Enoi);  
(Z4Enoii)-(39102.0239562878)-(U4Enoii)+(U4Enoi)<(999999999\*BIN4Enoii);  
(Z4Enoiii)-(63540.7889289677)-(U4Enoiii)+(U4Enoii)<(999999999\*BIN4Enoiii);  
(Z4Enoiv)-(68428.5419235036)-(U4Enoiv)+(U4Enoiii)<(999999999\*BIN4Enoiv);  
(Z4Enovi)-(53765.2829398957)-(U4Enovi)+(U4Enoiv)<(999999999\*BIN4Enovi);  
(Z4Enovi)-(31770.3944644838)-(U4Enovi)+(U4Enov)<(999999999\*BIN4Enovi);  
(Z4Esei)-(36658.1474590198)-(U4Esei)<(999999999\*BIN4Esei);  
(Z4Eseii)-(39102.0239562878)-(U4Eseii)+(U4Esei)<(999999999\*BIN4Eseii);  
(Z4Eseiii)-(63540.7889289677)-(U4Eseiii)+(U4Eseii)<(999999999\*BIN4Eseiii);  
(Z4Eseiv)-(68428.5419235036)-(U4Eseiv)+(U4Eseiii)<(999999999\*BIN4Eseiv);  
(Z4Esevi)-(53765.2829398957)-(U4Esevi)+(U4Eseiv)<(999999999\*BIN4Esevi);  
(Z4Esevi)-(31770.3944644838)-(U4Esevi)+(U4Esevi)<(999999999\*BIN4Esevi);  
(Z5Ani)-(47807.0057840565)-(U5Ani)<(999999999\*BIN5Ani);  
(Z5Anii)-(50994.1395029936)-(U5Anii)+(U5Ani)<(999999999\*BIN5Anii);  
(Z5Aniii)-(82865.4766923646)-(U5Aniii)+(U5Anii)<(999999999\*BIN5Aniii);  
(Z5Aniv)-(89239.7441302388)-(U5Aniv)+(U5Aniii)<(999999999\*BIN5Aniv);  
(Z5Anv)-(70116.9418166162)-(U5Anv)+(U5Aniv)<(999999999\*BIN5Anv);  
(Z5Anvi)-(41432.7383461823)-(U5Anvi)+(U5Anv)<(999999999\*BIN5Anvi);  
(Z5Aci)-(54636.5780389217)-(U5Aci)<(999999999\*BIN5Aci);  
(Z5Acii)-(58279.0165748498)-(U5Acii)+(U5Aci)<(999999999\*BIN5Acii);  
(Z5Aciii)-(94703.401934131)-(U5Aciii)+(U5Acii)<(999999999\*BIN5Aciii);  
(Z5Aciv)-(101988.279005987)-(U5Aciv)+(U5Acii)<(999999999\*BIN5Aciv);  
(Z5Acv)-(80133.6477904185)-(U5Acv)+(U5Aciv)<(999999999\*BIN5Acv);  
(Z5Acvi)-(47351.7009670655)-(U5Acvi)+(U5Acv)<(999999999\*BIN5Acvi);  
(Z5Asi)-(85369.6531858152)-(U5Asi)<(999999999\*BIN5Asi);  
(Z5Asii)-(91060.9633982028)-(U5Asii)+(U5Asi)<(999999999\*BIN5Asii);  
(Z5Asiii)-(147974.06552208)-(U5Asiii)+(U5Asii)<(999999999\*BIN5Asiii);  
(Z5Asiv)-(159356.685946855)-(U5Asiv)+(U5Asiii)<(999999999\*BIN5Asiv);  
(Z5Asv)-(125208.824672529)-(U5Asv)+(U5Asiv)<(999999999\*BIN5Asv);  
(Z5Asvi)-(73987.0327610398)-(U5Asvi)+(U5Asv)<(999999999\*BIN5Asvi);  
(Z5Bnci)-(99028.7976955456)-(U5Bnci)<(999999999\*BIN5Bnci);  
(Z5Bncii)-(105630.717541915)-(U5Bncii)+(U5Bnci)<(999999999\*BIN5Bncii);  
(Z5Bnciii)-(171649.916005612)-(U5Bnciii)+(U5Bncii)<(999999999\*BIN5Bnciii);  
(Z5Bnciv)-(184853.755698352)-(U5Bnciv)+(U5Bncii)<(999999999\*BIN5Bnciv);  
(Z5Bncv)-(145242.236620134)-(U5Bncv)+(U5Bnciv)<(999999999\*BIN5Bncv);  
(Z5Bncvi)-(85824.9580028062)-(U5Bncvi)+(U5Bncv)<(999999999\*BIN5Bncvi);  
(Z5Bksi)-(68295.7225486521)-(U5Bksi)<(999999999\*BIN5Bksi);  
(Z5Bsii)-(72848.7707185623)-(U5Bsii)+(U5Bsi)<(999999999\*BIN5Bsii);  
(Z5Bsiii)-(118379.252417664)-(U5Bsiii)+(U5Bsii)<(999999999\*BIN5Bsiii);  
(Z5Bsiv)-(127485.348757484)-(U5Bsiv)+(U5Bsiii)<(999999999\*BIN5Bsiv);  
(Z5Bsv)-(100167.059738023)-(U5Bsv)+(U5Bsiv)<(999999999\*BIN5Bsv);  
(Z5Bsvi)-(59189.6262088318)-(U5Bsvi)+(U5Bsv)<(999999999\*BIN5Bsvi);  
(Z5Cui)-(75125.2948035173)-(U5Cui)<(999999999\*BIN5Cui);  
(Z5Cuui)-(80133.6477904185)-(U5Cuui)+(U5Cui)<(999999999\*BIN5Cuui);  
(Z5Cuuii)-(130217.17765943)-(U5Cuuii)+(U5Cuui)<(999999999\*BIN5Cuuii);  
(Z5Cuiv)-(140233.883633232)-(U5Cuiv)+(U5Cuui)<(999999999\*BIN5Cuiv);  
(Z5Cuv)-(110183.765711825)-(U5Cuv)+(U5Cuiv)<(999999999\*BIN5Cuv);  
(Z5Cuvi)-(65108.588829715)-(U5Cuvi)+(U5Cuv)<(999999999\*BIN5Cuvi);  
(Z5Dpi)-(40977.4335291913)-(U5Dpi)<(999999999\*BIN5Dpi);  
(Z5Dpii)-(43709.2624311374)-(U5Dpii)+(U5Dpi)<(999999999\*BIN5Dpii);  
(Z5Dpiii)-(71027.5514505982)-(U5Dpiii)+(U5Dpii)<(999999999\*BIN5Dpiii);  
(Z5Dpiv)-(76491.2092544904)-(U5Dpiv)+(U5Dpiii)<(999999999\*BIN5Dpiv);  
(Z5Dpvi)-(60100.2358428139)-(U5Dpvi)+(U5Dpiv)<(999999999\*BIN5Dpvi);  
(Z5Dpvi)-(35513.7757252991)-(U5Dpvi)+(U5Dpvi)<(999999999\*BIN5Dpvi);  
(Z5Doi)-(75125.2948035173)-(U5Doi)<(999999999\*BIN5Doi);  
(Z5Doii)-(80133.6477904185)-(U5Doii)+(U5Doi)<(999999999\*BIN5Doii);  
(Z5Doiii)-(130217.17765943)-(U5Doiii)+(U5Doii)<(999999999\*BIN5Doiii);  
(Z5Doiv)-(140233.883633232)-(U5Doiv)+(U5Doiii)<(999999999\*BIN5Doiv);  
(Z5Dov)-(110183.765711825)-(U5Dov)+(U5Doiv)<(999999999\*BIN5Dov);  
(Z5Dovi)-(65108.588829715)-(U5Dovi)+(U5Dov)<(999999999\*BIN5Dovi);  
(Z5Enoi)-(34147.8612743261)-(U5Enoi)<(999999999\*BIN5Enoi);  
(Z5Enoii)-(36424.3853592811)-(U5Enoii)+(U5Enoi)<(999999999\*BIN5Enoii);  
(Z5Enoiii)-(59189.6262088318)-(U5Enoiii)+(U5Enoii)<(999999999\*BIN5Enoiii);  
(Z5Enoiv)-(63742.674378742)-(U5Enoiv)+(U5Enoiii)<(999999999\*BIN5Enoiv);  
(Z5Enovi)-(50083.5298690116)-(U5Enovi)+(U5Enoiv)<(999999999\*BIN5Enovi);  
(Z5Enovi)-(29594.8131044159)-(U5Enovi)+(U5Enov)<(999999999\*BIN5Enovi);  
(Z5Esei)-(34147.8612743261)-(U5Esei)<(999999999\*BIN5Esei);  
(Z5Eseii)-(36424.3853592811)-(U5Eseii)+(U5Esei)<(999999999\*BIN5Eseii);  
(Z5Eseiii)-(59189.6262088318)-(U5Eseiii)+(U5Eseii)<(999999999\*BIN5Eseiii);  
(Z5Eseiv)-(63742.674378742)-(U5Eseiv)+(U5Eseiii)<(999999999\*BIN5Eseiv);  
(Z5Esevi)-(50083.5298690116)-(U5Esevi)+(U5Eseiv)<(999999999\*BIN5Esevi);  
(Z5Esevi)-(29594.8131044159)-(U5Esevi)+(U5Esevi)<(999999999\*BIN5Esevi);  
(Z6Ani)-(51935.0319544418)-(U6Ani)<(999999999\*BIN6Ani);  
(Z6Anii)-(55397.3674180712)-(U6Anii)+(U6Ani)<(999999999\*BIN6Anii);  
(Z6Aniii)-(90020.7220543657)-(U6Aniii)+(U6Anii)<(999999999\*BIN6Aniii);  
(Z6Aniv)-(96945.3929816246)-(U6Aniv)+(U6Anii)<(999999999\*BIN6Aniv);  
(Z6Anv)-(76171.3801998479)-(U6Anv)+(U6Aniv)<(999999999\*BIN6Anv);  
(Z6Anvi)-(45010.3610271829)-(U6Anvi)+(U6Anv)<(999999999\*BIN6Anvi);

(Z6Aci)-(59354.3222336477)-(U6Aci)<(99999999\*BIN6Aci);  
 (Z6Aci)-(63311.2770492243)-(U6Aci)+(U6Aci)<(99999999\*BIN6Aci);  
 (Z6Aci)-(102880.825204989)-(U6Aci)+(U6Aci)<(99999999\*BIN6Aci);  
 (Z6Aci)-(110794.734836142)-(U6Aci)+(U6Aci)<(99999999\*BIN6Aci);  
 (Z6Aci)-(87053.0059426834)-(U6Aci)+(U6Aci)<(99999999\*BIN6Aci);  
 (Z6Aci)-(51440.4126024947)-(U6Aci)+(U6Aci)<(99999999\*BIN6Aci);  
 (Z6Aci)-(92741.1284900746)-(U6Aci)<(99999999\*BIN6Aci);  
 (Z6Aci)-(98923.8703894129)-(U6Aci)+(U6Aci)<(99999999\*BIN6Aci);  
 (Z6Aci)-(160751.289382796)-(U6Aci)+(U6Aci)<(99999999\*BIN6Aci);  
 (Z6Aci)-(173116.773181473)-(U6Aci)+(U6Aci)<(99999999\*BIN6Aci);  
 (Z6Aci)-(136020.321785443)-(U6Aci)+(U6Aci)<(99999999\*BIN6Aci);  
 (Z6Aci)-(80375.644691398)-(U6Aci)+(U6Aci)<(99999999\*BIN6Aci);  
 (Z6Bnci)-(107579.709048487)-(U6Bnci)<(99999999\*BIN6Bnci);  
 (Z6Bnci)-(114751.689651719)-(U6Bnci)+(U6Bnci)<(99999999\*BIN6Bnci);  
 (Z6Bnci)-(186471.495684043)-(U6Bnci)+(U6Bnci)<(99999999\*BIN6Bnci);  
 (Z6Bnci)-(200815.456890508)-(U6Bnci)+(U6Bnci)<(99999999\*BIN6Bnci);  
 (Z6Bnci)-(157783.573271114)-(U6Bnci)+(U6Bnci)<(99999999\*BIN6Bnci);  
 (Z6Bnci)-(93235.7478420217)-(U6Bnci)+(U6Bnci)<(99999999\*BIN6Bnci);  
 (Z6Bsci)-(74192.9027920597)-(U6Bsci)<(99999999\*BIN6Bsci);  
 (Z6Bsci)-(79139.0963115303)-(U6Bsci)+(U6Bsci)<(99999999\*BIN6Bsci);  
 (Z6Bsci)-(128601.031506237)-(U6Bsci)+(U6Bsci)<(99999999\*BIN6Bsci);  
 (Z6Bsci)-(138493.418545178)-(U6Bsci)+(U6Bsci)<(99999999\*BIN6Bsci);  
 (Z6Bsci)-(108816.257428354)-(U6Bsci)+(U6Bsci)<(99999999\*BIN6Bsci);  
 (Z6Bsci)-(64300.5157531184)-(U6Bsci)+(U6Bsci)<(99999999\*BIN6Bsci);  
 (Z6Cui)-(81612.1930712656)-(U6Cui)<(99999999\*BIN6Cui);  
 (Z6Cui)-(87053.0059426833)-(U6Cui)+(U6Cui)<(99999999\*BIN6Cui);  
 (Z6Cui)-(141461.13465686)-(U6Cui)+(U6Cui)<(99999999\*BIN6Cui);  
 (Z6Cui)-(152342.760399696)-(U6Cui)+(U6Cui)<(99999999\*BIN6Cui);  
 (Z6Cui)-(119697.883171119)-(U6Cui)+(U6Cui)<(99999999\*BIN6Cui);  
 (Z6Cui)-(70730.5673284302)-(U6Cui)+(U6Cui)<(99999999\*BIN6Cui);  
 (Z6Dpi)-(44515.7416752358)-(U6Dpi)<(99999999\*BIN6Dpi);  
 (Z6Dpi)-(47483.4577869182)-(U6Dpi)+(U6Dpi)<(99999999\*BIN6Dpi);  
 (Z6Dpi)-(77160.6189037421)-(U6Dpi)+(U6Dpi)<(99999999\*BIN6Dpi);  
 (Z6Dpi)-(83096.0511271068)-(U6Dpi)+(U6Dpi)<(99999999\*BIN6Dpi);  
 (Z6Dpi)-(65289.7544570125)-(U6Dpi)+(U6Dpi)<(99999999\*BIN6Dpi);  
 (Z6Dpi)-(38580.309451871)-(U6Dpi)+(U6Dpi)<(99999999\*BIN6Dpi);  
 (Z6Doi)-(81612.1930712656)-(U6Doi)<(99999999\*BIN6Doi);  
 (Z6Doi)-(87053.0059426833)-(U6Doi)+(U6Doi)<(99999999\*BIN6Doi);  
 (Z6Doi)-(141461.13465686)-(U6Doi)+(U6Doi)<(99999999\*BIN6Doi);  
 (Z6Doi)-(152342.760399696)-(U6Doi)+(U6Doi)<(99999999\*BIN6Doi);  
 (Z6Doi)-(119697.883171119)-(U6Doi)+(U6Doi)<(99999999\*BIN6Doi);  
 (Z6Doi)-(70730.5673284302)-(U6Doi)+(U6Doi)<(99999999\*BIN6Doi);  
 (Z6Enoi)-(37096.4513960298)-(U6Enoi)<(99999999\*BIN6Enoi);  
 (Z6Enoi)-(39569.5481557652)-(U6Enoi)+(U6Enoi)<(99999999\*BIN6Enoi);  
 (Z6Enoi)-(64300.5157531184)-(U6Enoi)+(U6Enoi)<(99999999\*BIN6Enoi);  
 (Z6Enoi)-(69246.709272589)-(U6Enoi)+(U6Enoi)<(99999999\*BIN6Enoi);  
 (Z6Enoi)-(54408.1287141771)-(U6Enoi)+(U6Enoi)<(99999999\*BIN6Enoi);  
 (Z6Enoi)-(32150.2578765592)-(U6Enoi)+(U6Enoi)<(99999999\*BIN6Enoi);  
 (Z6Esei)-(37096.4513960298)-(U6Esei)<(99999999\*BIN6Esei);  
 (Z6Esei)-(39569.5481557652)-(U6Esei)+(U6Esei)<(99999999\*BIN6Esei);  
 (Z6Esei)-(64300.5157531184)-(U6Esei)+(U6Esei)<(99999999\*BIN6Esei);  
 (Z6Esei)-(69246.709272589)-(U6Esei)+(U6Esei)<(99999999\*BIN6Esei);  
 (Z6Esei)-(54408.1287141771)-(U6Esei)+(U6Esei)<(99999999\*BIN6Esei);  
 (Z6Esei)-(32150.2578765592)-(U6Esei)+(U6Esei)<(99999999\*BIN6Esei);

IR7 de Definición de U Apartado 2;

-(99999999\*BIN1Ani)+(U1Ani)<=(64151.7580532847)-(Z1Ani)+(99999999\*BIN1Ani);  
 -(99999999\*BIN1Anii)+(U1Anii)<=(68428.5419235037)-(Z1Anii)+(U1Anii)+(99999999\*BIN1Anii);  
 -(99999999\*BIN1Aniii)+(U1Aniii)<=(111196.380625693)-(Z1Aniii)+(U1Aniii)+(99999999\*BIN1Aniii);  
 -(99999999\*BIN1Aniv)+(U1Aniv)<=(119749.948366131)-(Z1Aniv)+(U1Aniv)+(99999999\*BIN1Aniv);  
 -(99999999\*BIN1Anv)+(U1Anv)<=(94089.2451448175)-(Z1Anv)+(U1Anv)+(99999999\*BIN1Anv);  
 -(99999999\*BIN1Anvi)+(U1Anvi)<=(55598.1903128467)-(Z1Anvi)+(U1Anvi)+(99999999\*BIN1Anvi);  
 -(99999999\*BIN1Aci)+(U1Aci)<=(73316.2949180396)-(Z1Aci)+(99999999\*BIN1Aci);  
 -(99999999\*BIN1Acii)+(U1Acii)<=(78204.0479125756)-(Z1Acii)+(U1Acii)+(99999999\*BIN1Acii);  
 -(99999999\*BIN1Aciii)+(U1Aciii)<=(127081.577857935)-(Z1Aciii)+(U1Aciii)+(99999999\*BIN1Aciii);  
 -(99999999\*BIN1Aciv)+(U1Aciv)<=(136857.083847007)-(Z1Aciv)+(U1Aciv)+(99999999\*BIN1Aciv);  
 -(99999999\*BIN1Acv)+(U1Acv)<=(107530.565879791)-(Z1Acv)+(U1Acv)+(99999999\*BIN1Acv);  
 -(99999999\*BIN1Acvi)+(U1Acvi)<=(63540.7889289677)-(Z1Acvi)+(U1Acvi)+(99999999\*BIN1Acvi);  
 -(99999999\*BIN1Asi)+(U1Asi)<=(114556.710809437)-(Z1Asi)+(99999999\*BIN1Asi);  
 -(99999999\*BIN1Asii)+(U1Asii)<=(122193.824863399)-(Z1Asii)+(U1Asii)+(99999999\*BIN1Asii);  
 -(99999999\*BIN1Asiii)+(U1Asiii)<=(198564.965403024)-(Z1Asiii)+(U1Asiii)+(99999999\*BIN1Asiii);  
 -(99999999\*BIN1Asiv)+(U1Asiv)<=(213839.193510949)-(Z1Asiv)+(U1Asiv)+(99999999\*BIN1Asiv);  
 -(99999999\*BIN1Asv)+(U1Asv)<=(168016.509187174)-(Z1Asv)+(U1Asv)+(99999999\*BIN1Asv);  
 -(99999999\*BIN1Asvi)+(U1Asvi)<=(99282.482701512)-(Z1Asvi)+(U1Asvi)+(99999999\*BIN1Asvi);  
 -(99999999\*BIN1Bnci)+(U1Bnci)<=(132885.784538947)-(Z1Bnci)+(99999999\*BIN1Bnci);  
 -(99999999\*BIN1Bncii)+(U1Bncii)<=(141744.836841543)-(Z1Bncii)+(U1Bncii)+(99999999\*BIN1Bncii);  
 -(99999999\*BIN1Bnciii)+(U1Bnciii)<=(230335.359867508)-(Z1Bnciii)+(U1Bnciii)+(99999999\*BIN1Bnciii);  
 -(99999999\*BIN1Bnciv)+(U1Bnciv)<=(248053.464472701)-(Z1Bnciv)+(U1Bnciv)+(99999999\*BIN1Bnciv);  
 -(99999999\*BIN1Bncv)+(U1Bncv)<=(194899.150657122)-(Z1Bncv)+(U1Bncv)+(99999999\*BIN1Bncv);  
 -(99999999\*BIN1Bncvi)+(U1Bncvi)<=(115167.679933754)-(Z1Bncvi)+(U1Bncvi)+(99999999\*BIN1Bncvi);  
 -(99999999\*BIN1Bsci)+(U1Bsci)<=(91645.3686475495)-(Z1Bsci)+(99999999\*BIN1Bsci);  
 -(99999999\*BIN1Bsii)+(U1Bsii)<=(97755.0598907195)-(Z1Bsii)+(U1Bsii)+(99999999\*BIN1Bsii);  
 -(99999999\*BIN1Bsiii)+(U1Bsiii)<=(158851.972322419)-(Z1Bsiii)+(U1Bsiii)+(99999999\*BIN1Bsiii);  
 -(99999999\*BIN1Bsvi)+(U1Bsvi)<=(171071.354808759)-(Z1Bsvi)+(U1Bsvi)+(99999999\*BIN1Bsvi);  
 -(99999999\*BIN1Bsvii)+(U1Bsvii)<=(134413.207349739)-(Z1Bsvii)+(U1Bsvii)+(99999999\*BIN1Bsvii);  
 -(99999999\*BIN1Bsviii)+(U1Bsviii)<=(79425.9861612096)-(Z1Bsviii)+(U1Bsviii)+(99999999\*BIN1Bsviii);  
 -(99999999\*BIN1Cui)+(U1Cui)<=(100809.905512304)-(Z1Cui)+(99999999\*BIN1Cui);  
 -(99999999\*BIN1Cuii)+(U1Cuii)<=(107530.565879791)-(Z1Cuii)+(U1Cuii)+(99999999\*BIN1Cuii);  
 -(99999999\*BIN1Cuiii)+(U1Cuiii)<=(174737.169554661)-(Z1Cuiii)+(U1Cuiii)+(99999999\*BIN1Cuiii);  
 -(99999999\*BIN1Cuiiv)+(U1Cuiiv)<=(188178.490289635)-(Z1Cuiiv)+(U1Cuiiv)+(99999999\*BIN1Cuiiv);  
 -(99999999\*BIN1Cuiv)+(U1Cuiv)<=(147854.528084713)-(Z1Cuiv)+(U1Cuiv)+(99999999\*BIN1Cuiv);  
 -(99999999\*BIN1Cuivi)+(U1Cuivi)<=(87368.5847773306)-(Z1Cuivi)+(U1Cuivi)+(99999999\*BIN1Cuivi);





# Planeación de la producción y distribución de una cadena de suministro mediante un modelo matemático de optimización

-(99999999\*BIN4Doii)+(U4Doii)<=(86024.4527038332)-(Z4Doii)+(U4Doi)+(99999999\*BIN4Doii);  
-(99999999\*BIN4Doiii)+(U4Doiii)<=(139789.735643729)-(Z4Doiii)+(U4Doii)+(99999999\*BIN4Doiii);  
-(99999999\*BIN4Doiv)+(U4Doiv)<=(150542.792231708)-(Z4Doiv)+(U4Doiii)+(99999999\*BIN4Doiv);  
-(99999999\*BIN4Dov)+(U4Dov)<=(118283.622467777)-(Z4Dov)+(U4Doiv)+(99999999\*BIN4Dov);  
-(99999999\*BIN4Dovi)+(U4Dovi)<=(69894.8678218644)-(Z4Dovi)+(U4Dov)+(99999999\*BIN4Dovi);  
-(99999999\*BIN4Enoi)+(U4Enoi)<=(36658.1474590198)-(Z4Enoi)+(99999999\*BIN4Enoi);  
-(99999999\*BIN4Enoii)+(U4Enoii)<=(39102.0239562878)-(Z4Enoii)+(U4Enoi)+(99999999\*BIN4Enoii);  
-(99999999\*BIN4Enoiii)+(U4Enoiii)<=(63540.7889289677)-(Z4Enoiii)+(U4Enoii)+(99999999\*BIN4Enoiii);  
-(99999999\*BIN4Enoiv)+(U4Enoiv)<=(68428.5419235036)-(Z4Enoiv)+(U4Enoiii)+(99999999\*BIN4Enoiv);  
-(99999999\*BIN4Enovi)+(U4Enovi)<=(53765.2829398957)-(Z4Enovi)+(U4Enoiv)+(99999999\*BIN4Enovi);  
-(99999999\*BIN4Enovii)+(U4Enovii)<=(31770.3944644838)-(Z4Enovii)+(U4Enovi)+(99999999\*BIN4Enovii);  
-(99999999\*BIN4Esei)+(U4Esei)<=(36658.1474590198)-(Z4Esei)+(99999999\*BIN4Esei);  
-(99999999\*BIN4Eseii)+(U4Eseii)<=(39102.0239562878)-(Z4Eseii)+(U4Esei)+(99999999\*BIN4Eseii);  
-(99999999\*BIN4Eseiii)+(U4Eseiii)<=(63540.7889289677)-(Z4Eseiii)+(U4Eseii)+(99999999\*BIN4Eseiii);  
-(99999999\*BIN4Eseiv)+(U4Eseiv)<=(68428.5419235036)-(Z4Eseiv)+(U4Eseiii)+(99999999\*BIN4Eseiv);  
-(99999999\*BIN4Esevi)+(U4Esevi)<=(53765.2829398957)-(Z4Esevi)+(U4Eseiv)+(99999999\*BIN4Esevi);  
-(99999999\*BIN4Esevii)+(U4Esevii)<=(31770.3944644838)-(Z4Esevii)+(U4Esevi)+(99999999\*BIN4Esevii);  
-(99999999\*BIN5Ani)+(U5Ani)<=(47807.0057840565)-(Z5Ani)+(99999999\*BIN5Ani);  
-(99999999\*BIN5Anii)+(U5Anii)<=(50994.1395029936)-(Z5Anii)+(U5Ani)+(99999999\*BIN5Anii);  
-(99999999\*BIN5Aniii)+(U5Aniii)<=(82865.4766923646)-(Z5Aniii)+(U5Anii)+(99999999\*BIN5Aniii);  
-(99999999\*BIN5Aniv)+(U5Aniv)<=(89239.7441302388)-(Z5Aniv)+(U5Aniii)+(99999999\*BIN5Aniv);  
-(99999999\*BIN5Anv)+(U5Anv)<=(70116.9418166162)-(Z5Anv)+(U5Aniv)+(99999999\*BIN5Anv);  
-(99999999\*BIN5Anvi)+(U5Anvi)<=(41432.7383461823)-(Z5Anvi)+(U5Anv)+(99999999\*BIN5Anvi);  
-(99999999\*BIN5Aci)+(U5Aci)<=(54636.5780389217)-(Z5Aci)+(99999999\*BIN5Aci);  
-(99999999\*BIN5Acii)+(U5Acii)<=(58279.0165748498)-(Z5Acii)+(U5Aci)+(99999999\*BIN5Acii);  
-(99999999\*BIN5Aciii)+(U5Aciii)<=(94703.401934131)-(Z5Aciii)+(U5Acii)+(99999999\*BIN5Aciii);  
-(99999999\*BIN5Aciv)+(U5Aciv)<=(101988.279005987)-(Z5Aciv)+(U5Aciii)+(99999999\*BIN5Aciv);  
-(99999999\*BIN5Acv)+(U5Acv)<=(80133.6477904185)-(Z5Acv)+(U5Aciv)+(99999999\*BIN5Acv);  
-(99999999\*BIN5Acvi)+(U5Acvi)<=(47351.7009670655)-(Z5Acvi)+(U5Acv)+(99999999\*BIN5Acvi);  
-(99999999\*BIN5Aasi)+(U5Aasi)<=(85369.6531858152)-(Z5Aasi)+(99999999\*BIN5Aasi);  
-(99999999\*BIN5Aasii)+(U5Aasii)<=(91060.9633982028)-(Z5Aasii)+(U5Aasi)+(99999999\*BIN5Aasii);  
-(99999999\*BIN5Aasiii)+(U5Aasiii)<=(147974.06552208)-(Z5Aasiii)+(U5Aasii)+(99999999\*BIN5Aasiii);  
-(99999999\*BIN5Aasiv)+(U5Aasiv)<=(159356.685946855)-(Z5Aasiv)+(U5Aasiii)+(99999999\*BIN5Aasiv);  
-(99999999\*BIN5Aasv)+(U5Aasv)<=(125208.824672529)-(Z5Aasv)+(U5Aasiv)+(99999999\*BIN5Aasv);  
-(99999999\*BIN5Aasvi)+(U5Aasvi)<=(73987.0327610398)-(Z5Aasvi)+(U5Aasv)+(99999999\*BIN5Aasvi);  
-(99999999\*BIN5Bnci)+(U5Bnci)<=(99028.7976955456)-(Z5Bnci)+(99999999\*BIN5Bnci);  
-(99999999\*BIN5Bncii)+(U5Bncii)<=(105630.717541915)-(Z5Bncii)+(U5Bnci)+(99999999\*BIN5Bncii);  
-(99999999\*BIN5Bnciii)+(U5Bnciii)<=(171649.916005612)-(Z5Bnciii)+(U5Bncii)+(99999999\*BIN5Bnciii);  
-(99999999\*BIN5Bnciv)+(U5Bnciv)<=(184853.755698352)-(Z5Bnciv)+(U5Bnciii)+(99999999\*BIN5Bnciv);  
-(99999999\*BIN5Bncv)+(U5Bncv)<=(145242.236620134)-(Z5Bncv)+(U5Bnciv)+(99999999\*BIN5Bncv);  
-(99999999\*BIN5Bncvi)+(U5Bncvi)<=(85824.9580028062)-(Z5Bncvi)+(U5Bncv)+(99999999\*BIN5Bncvi);  
-(99999999\*BIN5Bsi)+(U5Bsi)<=(68295.7225486521)-(Z5Bsi)+(99999999\*BIN5Bsi);  
-(99999999\*BIN5Bsii)+(U5Bsii)<=(72848.7707185623)-(Z5Bsii)+(U5Bsi)+(99999999\*BIN5Bsii);  
-(99999999\*BIN5Bsiiii)+(U5Bsiiii)<=(118379.252417664)-(Z5Bsiiii)+(U5Bsii)+(99999999\*BIN5Bsiiii);  
-(99999999\*BIN5Bsvi)+(U5Bsvi)<=(127485.348757484)-(Z5Bsvi)+(U5Bsiiii)+(99999999\*BIN5Bsvi);  
-(99999999\*BIN5Bsvii)+(U5Bsvii)<=(100167.059738023)-(Z5Bsvii)+(U5Bsvi)+(99999999\*BIN5Bsvii);  
-(99999999\*BIN5Bsviii)+(U5Bsviii)<=(59189.6262088318)-(Z5Bsviii)+(U5Bsvii)+(99999999\*BIN5Bsviii);  
-(99999999\*BIN5Cui)+(U5Cui)<=(75125.2948035173)-(Z5Cui)+(99999999\*BIN5Cui);  
-(99999999\*BIN5Cuii)+(U5Cuii)<=(80133.6477904185)-(Z5Cuii)+(U5Cui)+(99999999\*BIN5Cuii);  
-(99999999\*BIN5Cuiii)+(U5Cuiii)<=(130217.17765943)-(Z5Cuiii)+(U5Cuii)+(99999999\*BIN5Cuiii);  
-(99999999\*BIN5Cuiv)+(U5Cuiv)<=(140233.883633232)-(Z5Cuiv)+(U5Cuiii)+(99999999\*BIN5Cuiv);  
-(99999999\*BIN5Cuv)+(U5Cuv)<=(110183.765711825)-(Z5Cuv)+(U5Cuiv)+(99999999\*BIN5Cuv);  
-(99999999\*BIN5Cuvi)+(U5Cuvi)<=(65108.588829715)-(Z5Cuvi)+(U5Cuv)+(99999999\*BIN5Cuvi);  
-(99999999\*BIN5Dpi)+(U5Dpi)<=(40977.4335291913)-(Z5Dpi)+(99999999\*BIN5Dpi);  
-(99999999\*BIN5Dpii)+(U5Dpii)<=(43709.2624311374)-(Z5Dpii)+(U5Dpi)+(99999999\*BIN5Dpii);  
-(99999999\*BIN5Dpiii)+(U5Dpiii)<=(71027.5514505982)-(Z5Dpiii)+(U5Dpii)+(99999999\*BIN5Dpiii);  
-(99999999\*BIN5Dpiv)+(U5Dpiv)<=(76491.2092544904)-(Z5Dpiv)+(U5Dpiii)+(99999999\*BIN5Dpiv);  
-(99999999\*BIN5Dpvi)+(U5Dpvi)<=(60100.2358428139)-(Z5Dpvi)+(U5Dpiv)+(99999999\*BIN5Dpvi);  
-(99999999\*BIN5Dpvi)+(U5Dpvi)<=(35513.7757252991)-(Z5Dpvi)+(U5Dpvi)+(99999999\*BIN5Dpvi);  
-(99999999\*BIN5Doi)+(U5Doi)<=(75125.2948035173)-(Z5Doi)+(99999999\*BIN5Doi);  
-(99999999\*BIN5Doii)+(U5Doii)<=(80133.6477904185)-(Z5Doii)+(U5Doi)+(99999999\*BIN5Doii);  
-(99999999\*BIN5Doiii)+(U5Doiii)<=(130217.17765943)-(Z5Doiii)+(U5Doii)+(99999999\*BIN5Doiii);  
-(99999999\*BIN5Doiv)+(U5Doiv)<=(140233.883633232)-(Z5Doiv)+(U5Doiii)+(99999999\*BIN5Doiv);  
-(99999999\*BIN5Dov)+(U5Dov)<=(110183.765711825)-(Z5Dov)+(U5Doiv)+(99999999\*BIN5Dov);  
-(99999999\*BIN5Dovi)+(U5Dovi)<=(65108.588829715)-(Z5Dovi)+(U5Dov)+(99999999\*BIN5Dovi);  
-(99999999\*BIN5Enoi)+(U5Enoi)<=(34147.8612743261)-(Z5Enoi)+(99999999\*BIN5Enoi);  
-(99999999\*BIN5Enoii)+(U5Enoii)<=(36424.3853592811)-(Z5Enoii)+(U5Enoi)+(99999999\*BIN5Enoii);  
-(99999999\*BIN5Enoiii)+(U5Enoiii)<=(59189.6262088318)-(Z5Enoiii)+(U5Enoii)+(99999999\*BIN5Enoiii);  
-(99999999\*BIN5Enoiv)+(U5Enoiv)<=(63742.674378742)-(Z5Enoiv)+(U5Enoiii)+(99999999\*BIN5Enoiv);  
-(99999999\*BIN5Enovi)+(U5Enovi)<=(50083.5298690116)-(Z5Enovi)+(U5Enoiv)+(99999999\*BIN5Enovi);  
-(99999999\*BIN5Enovii)+(U5Enovii)<=(29594.8131044159)-(Z5Enovii)+(U5Enovi)+(99999999\*BIN5Enovii);  
-(99999999\*BIN5Esei)+(U5Esei)<=(34147.8612743261)-(Z5Esei)+(99999999\*BIN5Esei);  
-(99999999\*BIN5Eseii)+(U5Eseii)<=(36424.3853592811)-(Z5Eseii)+(U5Esei)+(99999999\*BIN5Eseii);  
-(99999999\*BIN5Eseiii)+(U5Eseiii)<=(59189.6262088318)-(Z5Eseiii)+(U5Eseii)+(99999999\*BIN5Eseiii);  
-(99999999\*BIN5Eseiv)+(U5Eseiv)<=(63742.674378742)-(Z5Eseiv)+(U5Eseiii)+(99999999\*BIN5Eseiv);  
-(99999999\*BIN5Esevi)+(U5Esevi)<=(50083.5298690116)-(Z5Esevi)+(U5Eseiv)+(99999999\*BIN5Esevi);  
-(99999999\*BIN5Esevii)+(U5Esevii)<=(29594.8131044159)-(Z5Esevii)+(U5Esevi)+(99999999\*BIN5Esevii);  
-(99999999\*BIN6Ani)+(U6Ani)<=(51935.0319544418)-(Z6Ani)+(99999999\*BIN6Ani);  
-(99999999\*BIN6Anii)+(U6Anii)<=(55397.3674180712)-(Z6Anii)+(U6Ani)+(99999999\*BIN6Anii);  
-(99999999\*BIN6Aniii)+(U6Aniii)<=(90020.7220543657)-(Z6Aniii)+(U6Anii)+(99999999\*BIN6Aniii);  
-(99999999\*BIN6Aniv)+(U6Aniv)<=(96945.3929816246)-(Z6Aniv)+(U6Aniii)+(99999999\*BIN6Aniv);  
-(99999999\*BIN6Anv)+(U6Anv)<=(76171.3801998479)-(Z6Anv)+(U6Aniv)+(99999999\*BIN6Anv);  
-(99999999\*BIN6Anvi)+(U6Anvi)<=(45010.3610271829)-(Z6Anvi)+(U6Anv)+(99999999\*BIN6Anvi);  
-(99999999\*BIN6Aci)+(U6Aci)<=(59354.3222336477)-(Z6Aci)+(99999999\*BIN6Aci);  
-(99999999\*BIN6Acii)+(U6Acii)<=(63311.2770492243)-(Z6Acii)+(U6Aci)+(99999999\*BIN6Acii);  
-(99999999\*BIN6Aciii)+(U6Aciii)<=(102880.825204989)-(Z6Aciii)+(U6Acii)+(99999999\*BIN6Aciii);  
-(99999999\*BIN6Aciv)+(U6Aciv)<=(110794.734836142)-(Z6Aciv)+(U6Aciii)+(99999999\*BIN6Aciv);  
-(99999999\*BIN6Acvi)+(U6Acvi)<=(87053.0059426834)-(Z6Acvi)+(U6Aciv)+(99999999\*BIN6Acvi);  
-(99999999\*BIN6Acvii)+(U6Acvii)<=(51440.4126024947)-(Z6Acvii)+(U6Acvi)+(99999999\*BIN6Acvii);  
-(99999999\*BIN6Aasi)+(U6Aasi)<=(92741.1284900746)-(Z6Aasi)+(99999999\*BIN6Aasi);  
-(99999999\*BIN6Aasii)+(U6Aasii)<=(98923.8703894129)-(Z6Aasii)+(U6Aasi)+(99999999\*BIN6Aasii);  
-(99999999\*BIN6Aasiii)+(U6Aasiii)<=(160751.289382796)-(Z6Aasiii)+(U6Aasii)+(99999999\*BIN6Aasiii);  
-(99999999\*BIN6Aasiv)+(U6Aasiv)<=(173116.773181473)-(Z6Aasiv)+(U6Aasiii)+(99999999\*BIN6Aasiv);

-(99999999\*BIN6Asv)+(U6Asv)<=(136020.321785443)-(Z6Asv)+(U6Asiv)+(99999999\*BIN6Asv);  
 -(99999999\*BIN6Asvi)+(U6Asvi)<=(80375.644691398)-(Z6Asvi)+(U6Asv)+(99999999\*BIN6Asvi);  
 -(99999999\*BIN6Bnci)+(U6Bnci)<=(107579.709048487)-(Z6Bnci)+(99999999\*BIN6Bnci);  
 -(99999999\*BIN6Bncii)+(U6Bncii)<=(114751.689651719)-(Z6Bncii)+(U6Bnci)+(99999999\*BIN6Bncii);  
 -(99999999\*BIN6Bnciii)+(U6Bnciii)<=(186471.495684043)-(Z6Bnciii)+(U6Bncii)+(99999999\*BIN6Bnciii);  
 -(99999999\*BIN6Bnciv)+(U6Bnciv)<=(200815.4566890508)-(Z6Bnciv)+(U6Bnciii)+(99999999\*BIN6Bnciv);  
 -(99999999\*BIN6Bncv)+(U6Bncv)<=(157783.573271114)-(Z6Bncv)+(U6Bnciv)+(99999999\*BIN6Bncv);  
 -(99999999\*BIN6Bncvi)+(U6Bncvi)<=(93235.7478420217)-(Z6Bncvi)+(U6Bncv)+(99999999\*BIN6Bncvi);  
 -(99999999\*BIN6Bsi)+(U6Bsi)<=(74192.9027920597)-(Z6Bsi)+(99999999\*BIN6Bsi);  
 -(99999999\*BIN6Bsii)+(U6Bsii)<=(79139.0963115303)-(Z6Bsii)+(U6Bsi)+(99999999\*BIN6Bsii);  
 -(99999999\*BIN6Bsiiii)+(U6Bsiiii)<=(128601.031506237)-(Z6Bsiiii)+(U6Bsii)+(99999999\*BIN6Bsiiii);  
 -(99999999\*BIN6Bsvi)+(U6Bsvi)<=(138493.418545178)-(Z6Bsvi)+(U6Bsiiii)+(99999999\*BIN6Bsvi);  
 -(99999999\*BIN6Bsvv)+(U6Bsvv)<=(108816.257428354)-(Z6Bsvv)+(U6Bsvi)+(99999999\*BIN6Bsvv);  
 -(99999999\*BIN6Bsvii)+(U6Bsvii)<=(64300.5157531184)-(Z6Bsvii)+(U6Bsvv)+(99999999\*BIN6Bsvii);  
 -(99999999\*BIN6Bsviii)+(U6Bsviii)<=(81612.1930712656)-(Z6Bsviii)+(U6Bsvii)+(99999999\*BIN6Bsviii);  
 -(99999999\*BIN6Bsviiii)+(U6Bsviiii)<=(87053.0059426833)-(Z6Bsviiii)+(U6Bsviii)+(99999999\*BIN6Bsviiii);  
 -(99999999\*BIN6Bsvvii)+(U6Bsvvii)<=(141461.134656866)-(Z6Bsvvii)+(U6Bsviii)+(99999999\*BIN6Bsvvii);  
 -(99999999\*BIN6Bsvviii)+(U6Bsvviii)<=(152342.760399696)-(Z6Bsvviii)+(U6Bsvvii)+(99999999\*BIN6Bsvviii);  
 -(99999999\*BIN6Bsvviiii)+(U6Bsvviiii)<=(119697.883171119)-(Z6Bsvviiii)+(U6Bsvviii)+(99999999\*BIN6Bsvviiii);  
 -(99999999\*BIN6Bsvviiiii)+(U6Bsvviiiii)<=(70730.5673284302)-(Z6Bsvviiiii)+(U6Bsvviiii)+(99999999\*BIN6Bsvviiiii);  
 -(99999999\*BIN6Bsvviiiiii)+(U6Bsvviiiiii)<=(44515.7416752358)-(Z6Bsvviiiiii)+(U6Bsvviiiii)+(99999999\*BIN6Bsvviiiiii);  
 -(99999999\*BIN6Bsvviiiiiii)+(U6Bsvviiiiiii)<=(47483.4577869182)-(Z6Bsvviiiiiii)+(U6Bsvviiiiii)+(99999999\*BIN6Bsvviiiiiii);  
 -(99999999\*BIN6Bsvviiiiiiii)+(U6Bsvviiiiiiii)<=(77160.6189037421)-(Z6Bsvviiiiiiii)+(U6Bsvviiiiiii)+(99999999\*BIN6Bsvviiiiiiii);  
 -(99999999\*BIN6Bsvviiiiiiiiv)+(U6Bsvviiiiiiiiv)<=(83096.0511271068)-(Z6Bsvviiiiiiiiv)+(U6Bsvviiiiiiii)+(99999999\*BIN6Bsvviiiiiiiiv);  
 -(99999999\*BIN6Bsvviiiiiiiivv)+(U6Bsvviiiiiiiivv)<=(65289.7544570125)-(Z6Bsvviiiiiiiivv)+(U6Bsvviiiiiiiiv)+(99999999\*BIN6Bsvviiiiiiiivv);  
 -(99999999\*BIN6Bsvviiiiiiiivvii)+(U6Bsvviiiiiiiivvii)<=(38580.309451871)-(Z6Bsvviiiiiiiivvii)+(U6Bsvviiiiiiiivvii)+(99999999\*BIN6Bsvviiiiiiiivvii);  
 -(99999999\*BIN6Bsvviiiiiiiivviii)+(U6Bsvviiiiiiiivviii)<=(81612.1930712656)-(Z6Bsvviiiiiiiivviii)+(U6Bsvviiiiiiiivvii)+(99999999\*BIN6Bsvviiiiiiiivviii);  
 -(99999999\*BIN6Bsvviiiiiiiivviiii)+(U6Bsvviiiiiiiivviiii)<=(87053.0059426833)-(Z6Bsvviiiiiiiivviiii)+(U6Bsvviiiiiiiivviii)+(99999999\*BIN6Bsvviiiiiiiivviiii);  
 -(99999999\*BIN6Bsvviiiiiiiivviiiiiv)+(U6Bsvviiiiiiiivviiiiiv)<=(141461.134656866)-(Z6Bsvviiiiiiiivviiiiiv)+(U6Bsvviiiiiiiivviiii)+(99999999\*BIN6Bsvviiiiiiiivviiiiiv);  
 -(99999999\*BIN6Bsvviiiiiiiivviiiiivv)+(U6Bsvviiiiiiiivviiiiivv)<=(152342.760399696)-(Z6Bsvviiiiiiiivviiiiivv)+(U6Bsvviiiiiiiivviiiiiv)+(99999999\*BIN6Bsvviiiiiiiivviiiiivv);  
 -(99999999\*BIN6Bsvviiiiiiiivviiiiivvii)+(U6Bsvviiiiiiiivviiiiivvii)<=(119697.883171119)-(Z6Bsvviiiiiiiivviiiiivvii)+(U6Bsvviiiiiiiivviiiiivvii)+(99999999\*BIN6Bsvviiiiiiiivviiiiivvii);  
 -(99999999\*BIN6Bsvviiiiiiiivviiiiivviii)+(U6Bsvviiiiiiiivviiiiivviii)<=(70730.5673284302)-(Z6Bsvviiiiiiiivviiiiivviii)+(U6Bsvviiiiiiiivviiiiivvii)+(99999999\*BIN6Bsvviiiiiiiivviiiiivviii);  
 -(99999999\*BIN6Bsvviiiiiiiivviiiiivviiii)+(U6Bsvviiiiiiiivviiiiivviiii)<=(37096.4513960298)-(Z6Bsvviiiiiiiivviiiiivviiii)+(U6Bsvviiiiiiiivviiiiivviii)+(99999999\*BIN6Bsvviiiiiiiivviiiiivviiii);  
 -(99999999\*BIN6Bsvviiiiiiiivviiiiivviiiiiv)+(U6Bsvviiiiiiiivviiiiivviiiiiv)<=(39569.5481557652)-(Z6Bsvviiiiiiiivviiiiivviiiiiv)+(U6Bsvviiiiiiiivviiiiivviiii)+(99999999\*BIN6Bsvviiiiiiiivviiiiivviiiiiv);  
 -(99999999\*BIN6Bsvviiiiiiiivviiiiivviiiiivv)+(U6Bsvviiiiiiiivviiiiivviiiiivv)<=(64300.5157531184)-(Z6Bsvviiiiiiiivviiiiivviiiiivv)+(U6Bsvviiiiiiiivviiiiivviiiiivv)+(99999999\*BIN6Bsvviiiiiiiivviiiiivviiiiivv);  
 -(99999999\*BIN6Bsvviiiiiiiivviiiiivviiiiivvii)+(U6Bsvviiiiiiiivviiiiivviiiiivvii)<=(69246.709272589)-(Z6Bsvviiiiiiiivviiiiivviiiiivvii)+(U6Bsvviiiiiiiivviiiiivviiiiivvii)+(99999999\*BIN6Bsvviiiiiiiivviiiiivviiiiivvii);  
 -(99999999\*BIN6Bsvviiiiiiiivviiiiivviiiiivviii)+(U6Bsvviiiiiiiivviiiiivviiiiivviii)<=(54408.1287141771)-(Z6Bsvviiiiiiiivviiiiivviiiiivviii)+(U6Bsvviiiiiiiivviiiiivviiiiivvii)+(99999999\*BIN6Bsvviiiiiiiivviiiiivviiiiivviii);  
 -(99999999\*BIN6Bsvviiiiiiiivviiiiivviiiiivviiiiiv)+(U6Bsvviiiiiiiivviiiiivviiiiivviiiiiv)<=(32150.2578765592)-(Z6Bsvviiiiiiiivviiiiivviiiiivviiiiiv)+(U6Bsvviiiiiiiivviiiiivviiiiivviiiiiv)+(99999999\*BIN6Bsvviiiiiiiivviiiiivviiiiivviiiiiv);  
 -(99999999\*BIN6Bsvviiiiiiiivviiiiivviiiiivviiiiivv)+(U6Bsvviiiiiiiivviiiiivviiiiivviiiiivv)<=(37096.4513960298)-(Z6Bsvviiiiiiiivviiiiivviiiiivviiiiivv)+(U6Bsvviiiiiiiivviiiiivviiiiivviiiiivv)+(99999999\*BIN6Bsvviiiiiiiivviiiiivviiiiivviiiiivv);  
 -(99999999\*BIN6Bsvviiiiiiiivviiiiivviiiiivviiiiivvii)+(U6Bsvviiiiiiiivviiiiivviiiiivviiiiivvii)<=(39569.5481557652)-(Z6Bsvviiiiiiiivviiiiivviiiiivviiiiivvii)+(U6Bsvviiiiiiiivviiiiivviiiiivviiiiivvii)+(99999999\*BIN6Bsvviiiiiiiivviiiiivviiiiivviiiiivvii);  
 -(99999999\*BIN6Bsvviiiiiiiivviiiiivviiiiivviiiiivviii)+(U6Bsvviiiiiiiivviiiiivviiiiivviiiiivviii)<=(64300.5157531184)-(Z6Bsvviiiiiiiivviiiiivviiiiivviiiiivviii)+(U6Bsvviiiiiiiivviiiiivviiiiivviiiiivviii)+(99999999\*BIN6Bsvviiiiiiiivviiiiivviiiiivviiiiivviii);  
 -(99999999\*BIN6Bsvviiiiiiiivviiiiivviiiiivviiiiivviiiiivviiiiiv)+(U6Bsvviiiiiiiivviiiiivviiiiivviiiiivviiiiivviiiiivv)<=(69246.709272589)-(Z6Bsvviiiiiiiivviiiiivviiiiivviiiiivviiiiivviiiiivv)+(U6Bsvviiiiiiiivviiiiivviiiiivviiiiivviiiiivviiiiivv)+(99999999\*BIN6Bsvviiiiiiiivviiiiivviiiiivviiiiivviiiiivviiiiivv);  
 -(99999999\*BIN6Bsvviiiiiiiivviiiiivviiiiivviiiiivviiiiivviiiiivvii)+(U6Bsvviiiiiiiivviiiiivviiiiivviiiiivviiiiivvii)<=(54408.1287141771)-(Z6Bsvviiiiiiiivviiiiivviiiiivviiiiivviiiiivviiiiivvii)+(U6Bsvviiiiiiiivviiiiivviiiiivviiiiivviiiiivvii)+(99999999\*BIN6Bsvviiiiiiiivviiiiivviiiiivviiiiivviiiiivviiiiivvii);  
 -(99999999\*BIN6Bsvviiiiiiiivviiiiivviiiiivviiiiivviiiiivviiiiivviiiiivviiiiivv)+(U6Bsvviiiiiiiivviiiiivviiiiivviiiiivviiiiivviiiiivviiiiivviiiiivviiiiivv)<=(32150.2578765592)-(Z6Bsvviiiiiiiivviiiiivviiiiivviiiiivviiiiivviiiiivviiiiivviiiiivv)+(U6Bsvviiiiiiiivviiiiivviiiiivviiiiivviiiiivviiiiivviiiiivviiiiivviiiiivv)+(99999999\*BIN6Bsvviiiiiiiivviiiiivviiiiivviiiiivviiiiivviiiiivviiiiivviiiiivviiiiivv);

IR8 de Definición de U Apartado 3;

(99999999\*NIV1Ani)+(1-NIV1Ani)+(BIN1Ani)<=(1+(99999999\*(BIN1Ani-NIV1Ani)));  
 (99999999\*NIV1Anii)+(1-NIV1Anii)+(BIN1Anii)<=(1+(99999999\*(BIN1Anii-NIV1Anii)));  
 (99999999\*NIV1Aniii)+(1-NIV1Aniii)+(BIN1Aniii)<=(1+(99999999\*(BIN1Aniii-NIV1Aniii)));  
 (99999999\*NIV1Aniv)+(1-NIV1Aniv)+(BIN1Aniv)<=(1+(99999999\*(BIN1Aniv-NIV1Aniv)));  
 (99999999\*NIV1Anv)+(1-NIV1Anv)+(BIN1Anv)<=(1+(99999999\*(BIN1Anv-NIV1Anv)));  
 (99999999\*NIV1Anvi)+(1-NIV1Anvi)+(BIN1Anvi)<=(1+(99999999\*(BIN1Anvi-NIV1Anvi)));  
 (99999999\*NIV2Ani)+(1-NIV2Ani)+(BIN2Ani)<=(1+(99999999\*(BIN2Ani-NIV2Ani)));  
 (99999999\*NIV2Anii)+(1-NIV2Anii)+(BIN2Anii)<=(1+(99999999\*(BIN2Anii-NIV2Anii)));  
 (99999999\*NIV2Aniii)+(1-NIV2Aniii)+(BIN2Aniii)<=(1+(99999999\*(BIN2Aniii-NIV2Aniii)));  
 (99999999\*NIV2Aniv)+(1-NIV2Aniv)+(BIN2Aniv)<=(1+(99999999\*(BIN2Aniv-NIV2Aniv)));  
 (99999999\*NIV2Anv)+(1-NIV2Anv)+(BIN2Anv)<=(1+(99999999\*(BIN2Anv-NIV2Anv)));  
 (99999999\*NIV2Anvi)+(1-NIV2Anvi)+(BIN2Anvi)<=(1+(99999999\*(BIN2Anvi-NIV2Anvi)));  
 (99999999\*NIV3Ani)+(1-NIV3Ani)+(BIN3Ani)<=(1+(99999999\*(BIN3Ani-NIV3Ani)));  
 (99999999\*NIV3Anii)+(1-NIV3Anii)+(BIN3Anii)<=(1+(99999999\*(BIN3Anii-NIV3Anii)));  
 (99999999\*NIV3Aniii)+(1-NIV3Aniii)+(BIN3Aniii)<=(1+(99999999\*(BIN3Aniii-NIV3Aniii)));  
 (99999999\*NIV3Aniv)+(1-NIV3Aniv)+(BIN3Aniv)<=(1+(99999999\*(BIN3Aniv-NIV3Aniv)));  
 (99999999\*NIV3Anv)+(1-NIV3Anv)+(BIN3Anv)<=(1+(99999999\*(BIN3Anv-NIV3Anv)));  
 (99999999\*NIV3Anvi)+(1-NIV3Anvi)+(BIN3Anvi)<=(1+(99999999\*(BIN3Anvi-NIV3Anvi)));  
 (99999999\*NIV4Ani)+(1-NIV4Ani)+(BIN4Ani)<=(1+(99999999\*(BIN4Ani-NIV4Ani)));  
 (99999999\*NIV4Anii)+(1-NIV4Anii)+(BIN4Anii)<=(1+(99999999\*(BIN4Anii-NIV4Anii)));  
 (99999999\*NIV4Aniii)+(1-NIV4Aniii)+(BIN4Aniii)<=(1+(99999999\*(BIN4Aniii-NIV4Aniii)));  
 (99999999\*NIV4Aniv)+(1-NIV4Aniv)+(BIN4Aniv)<=(1+(99999999\*(BIN4Aniv-NIV4Aniv)));  
 (99999999\*NIV4Anv)+(1-NIV4Anv)+(BIN4Anv)<=(1+(99999999\*(BIN4Anv-NIV4Anv)));  
 (99999999\*NIV4Anvi)+(1-NIV4Anvi)+(BIN4Anvi)<=(1+(99999999\*(BIN4Anvi-NIV4Anvi)));  
 (99999999\*NIV5Ani)+(1-NIV5Ani)+(BIN5Ani)<=(1+(99999999\*(BIN5Ani-NIV5Ani)));  
 (99999999\*NIV5Anii)+(1-NIV5Anii)+(BIN5Anii)<=(1+(99999999\*(BIN5Anii-NIV5Anii)));  
 (99999999\*NIV5Aniii)+(1-NIV5Aniii)+(BIN5Aniii)<=(1+(99999999\*(BIN5Aniii-NIV5Aniii)));  
 (99999999\*NIV5Aniv)+(1-NIV5Aniv)+(BIN5Aniv)<=(1+(99999999\*(BIN5Aniv-NIV5Aniv)));  
 (99999999\*NIV5Anv)+(1-NIV5Anv)+(BIN5Anv)<=(1+(99999999\*(BIN5Anv-NIV5Anv)));  
 (99999999\*NIV5Anvi)+(1-NIV5Anvi)+(BIN5Anvi)<=(1+(99999999\*(BIN5Anvi-NIV5Anvi)));  
 (99999999\*NIV6Ani)+(1-NIV6Ani)+(BIN6Ani)<=(1+(99999999\*(BIN6Ani-NIV6Ani)));  
 (99999999\*NIV6Anii)+(1-NIV6Anii)+(BIN6Anii)<=(1+(99999999\*(BIN6Anii-NIV6Anii)));  
 (99999999\*NIV6Aniii)+(1-NIV6Aniii)+(BIN6Aniii)<=(1+(99999999\*(BIN6Aniii-NIV6Aniii)));  
 (99999999\*NIV6Aniv)+(1-NIV6Aniv)+(BIN6Aniv)<=(1+(99999999\*(BIN6Aniv-NIV6Aniv)));  
 (99999999\*NIV6Anv)+(1-NIV6Anv)+(BIN6Anv)<=(1+(99999999\*(BIN6Anv-NIV6Anv)));  
 (99999999\*NIV6Anvi)+(1-NIV6Anvi)+(BIN6Anvi)<=(1+(99999999\*(BIN6Anvi-NIV6Anvi)));  
 (99999999\*NIV1Bnci)+(1-NIV1Bnci)+(BIN1Bnci)<=(1+(99999999\*(BIN1Bnci-NIV1Bnci)));  
 (99999999\*NIV1Bncii)+(1-NIV1Bncii)+(BIN1Bncii)<=(1+(99999999\*(BIN1Bncii-NIV1Bncii)));  
 (99999999\*NIV1Bnciii)+(1-NIV1Bnciii)+(BIN1Bnciii)<=(1+(99999999\*(BIN1Bnciii-NIV1Bnciii)));  
 (99999999\*NIV1Bnciv)+(1-NIV1Bnciv)+(BIN1Bnciv)<=(1+(99999999\*(BIN1Bnciv-NIV1Bnciv)));  
 (99999999\*NIV1Bncv)+(1-NIV1Bncv)+(BIN1Bncv)<=(1+(99999999\*(BIN1Bncv-NIV1Bncv)));  
 (99999999\*NIV1Bncvi)+(1-NIV1Bncvi)+(BIN1Bncvi)<=(1+(99999999\*(BIN1Bncvi-NIV1Bncvi)));  
 (99999999\*NIV2Bnci)+(1-NIV2Bnci)+(BIN2Bnci)<=(1+(99999999\*(BIN2Bnci-NIV2Bnci)));  
 (99999999\*NIV2Bncii)+(1-NIV2Bncii)+(BIN2Bncii)<=(1+(99999999\*(BIN2Bncii-NIV2Bncii)));  
 (99999999\*NIV2Bnciii)+(1-NIV2Bnciii)+(BIN2Bnciii)<=(1+(99999999\*(BIN2Bnciii-NIV2Bnciii)));  
 (99999999\*NIV2Bnciv)+(1-NIV2Bnciv)+(BIN2Bnciv)<=(1+(99999999\*(BIN2Bnciv-NIV2Bnciv)));

*Planeación de la producción y distribución de una cadena de suministro mediante un modelo matemático de optimización*

(99999999\*NIV2Bncv)+(1-NIV2Bncv)+(BIN2Bncv)<=(1+(99999999\*(BIN2Bncv-NIV2Bncv)));  
(99999999\*NIV2Bncvi)+(1-NIV2Bncvi)+(BIN2Bncvi)<=(1+(99999999\*(BIN2Bncvi-NIV2Bncvi)));  
(99999999\*NIV3Bnci)+(1-NIV3Bnci)+(BIN3Bnci)<=(1+(99999999\*(BIN3Bnci-NIV3Bnci)));  
(99999999\*NIV3Bncii)+(1-NIV3Bncii)+(BIN3Bncii)<=(1+(99999999\*(BIN3Bncii-NIV3Bncii)));  
(99999999\*NIV3Bnciii)+(1-NIV3Bnciii)+(BIN3Bnciii)<=(1+(99999999\*(BIN3Bnciii-NIV3Bnciii)));  
(99999999\*NIV3Bnciv)+(1-NIV3Bnciv)+(BIN3Bnciv)<=(1+(99999999\*(BIN3Bnciv-NIV3Bnciv)));  
(99999999\*NIV3Bncvi)+(1-NIV3Bncvi)+(BIN3Bncvi)<=(1+(99999999\*(BIN3Bncvi-NIV3Bncvi)));  
(99999999\*NIV4Bnci)+(1-NIV4Bnci)+(BIN4Bnci)<=(1+(99999999\*(BIN4Bnci-NIV4Bnci)));  
(99999999\*NIV4Bncii)+(1-NIV4Bncii)+(BIN4Bncii)<=(1+(99999999\*(BIN4Bncii-NIV4Bncii)));  
(99999999\*NIV4Bnciii)+(1-NIV4Bnciii)+(BIN4Bnciii)<=(1+(99999999\*(BIN4Bnciii-NIV4Bnciii)));  
(99999999\*NIV4Bnciv)+(1-NIV4Bnciv)+(BIN4Bnciv)<=(1+(99999999\*(BIN4Bnciv-NIV4Bnciv)));  
(99999999\*NIV4Bncvi)+(1-NIV4Bncvi)+(BIN4Bncvi)<=(1+(99999999\*(BIN4Bncvi-NIV4Bncvi)));  
(99999999\*NIV5Bnci)+(1-NIV5Bnci)+(BIN5Bnci)<=(1+(99999999\*(BIN5Bnci-NIV5Bnci)));  
(99999999\*NIV5Bncii)+(1-NIV5Bncii)+(BIN5Bncii)<=(1+(99999999\*(BIN5Bncii-NIV5Bncii)));  
(99999999\*NIV5Bnciii)+(1-NIV5Bnciii)+(BIN5Bnciii)<=(1+(99999999\*(BIN5Bnciii-NIV5Bnciii)));  
(99999999\*NIV5Bnciv)+(1-NIV5Bnciv)+(BIN5Bnciv)<=(1+(99999999\*(BIN5Bnciv-NIV5Bnciv)));  
(99999999\*NIV5Bncvi)+(1-NIV5Bncvi)+(BIN5Bncvi)<=(1+(99999999\*(BIN5Bncvi-NIV5Bncvi)));  
(99999999\*NIV6Bnci)+(1-NIV6Bnci)+(BIN6Bnci)<=(1+(99999999\*(BIN6Bnci-NIV6Bnci)));  
(99999999\*NIV6Bncii)+(1-NIV6Bncii)+(BIN6Bncii)<=(1+(99999999\*(BIN6Bncii-NIV6Bncii)));  
(99999999\*NIV6Bnciii)+(1-NIV6Bnciii)+(BIN6Bnciii)<=(1+(99999999\*(BIN6Bnciii-NIV6Bnciii)));  
(99999999\*NIV6Bnciv)+(1-NIV6Bnciv)+(BIN6Bnciv)<=(1+(99999999\*(BIN6Bnciv-NIV6Bnciv)));  
(99999999\*NIV6Bncvi)+(1-NIV6Bncvi)+(BIN6Bncvi)<=(1+(99999999\*(BIN6Bncvi-NIV6Bncvi)));  
(99999999\*NIV1Cui)+(1-NIV1Cui)+(BIN1Cui)<=(1+(99999999\*(BIN1Cui-NIV1Cui)));  
(99999999\*NIV1Cuii)+(1-NIV1Cuii)+(BIN1Cuii)<=(1+(99999999\*(BIN1Cuii-NIV1Cuii)));  
(99999999\*NIV1Cuiii)+(1-NIV1Cuiii)+(BIN1Cuiii)<=(1+(99999999\*(BIN1Cuiii-NIV1Cuiii)));  
(99999999\*NIV1Cuiiv)+(1-NIV1Cuiiv)+(BIN1Cuiiv)<=(1+(99999999\*(BIN1Cuiiv-NIV1Cuiiv)));  
(99999999\*NIV1Cuiv)+(1-NIV1Cuiv)+(BIN1Cuiv)<=(1+(99999999\*(BIN1Cuiv-NIV1Cuiv)));  
(99999999\*NIV2Cui)+(1-NIV2Cui)+(BIN2Cui)<=(1+(99999999\*(BIN2Cui-NIV2Cui)));  
(99999999\*NIV2Cuii)+(1-NIV2Cuii)+(BIN2Cuii)<=(1+(99999999\*(BIN2Cuii-NIV2Cuii)));  
(99999999\*NIV2Cuiii)+(1-NIV2Cuiii)+(BIN2Cuiii)<=(1+(99999999\*(BIN2Cuiii-NIV2Cuiii)));  
(99999999\*NIV2Cuiiv)+(1-NIV2Cuiiv)+(BIN2Cuiiv)<=(1+(99999999\*(BIN2Cuiiv-NIV2Cuiiv)));  
(99999999\*NIV2Cuiv)+(1-NIV2Cuiv)+(BIN2Cuiv)<=(1+(99999999\*(BIN2Cuiv-NIV2Cuiv)));  
(99999999\*NIV3Cui)+(1-NIV3Cui)+(BIN3Cui)<=(1+(99999999\*(BIN3Cui-NIV3Cui)));  
(99999999\*NIV3Cuii)+(1-NIV3Cuii)+(BIN3Cuii)<=(1+(99999999\*(BIN3Cuii-NIV3Cuii)));  
(99999999\*NIV3Cuiii)+(1-NIV3Cuiii)+(BIN3Cuiii)<=(1+(99999999\*(BIN3Cuiii-NIV3Cuiii)));  
(99999999\*NIV3Cuiiv)+(1-NIV3Cuiiv)+(BIN3Cuiiv)<=(1+(99999999\*(BIN3Cuiiv-NIV3Cuiiv)));  
(99999999\*NIV3Cuiv)+(1-NIV3Cuiv)+(BIN3Cuiv)<=(1+(99999999\*(BIN3Cuiv-NIV3Cuiv)));  
(99999999\*NIV4Cui)+(1-NIV4Cui)+(BIN4Cui)<=(1+(99999999\*(BIN4Cui-NIV4Cui)));  
(99999999\*NIV4Cuii)+(1-NIV4Cuii)+(BIN4Cuii)<=(1+(99999999\*(BIN4Cuii-NIV4Cuii)));  
(99999999\*NIV4Cuiii)+(1-NIV4Cuiii)+(BIN4Cuiii)<=(1+(99999999\*(BIN4Cuiii-NIV4Cuiii)));  
(99999999\*NIV4Cuiiv)+(1-NIV4Cuiiv)+(BIN4Cuiiv)<=(1+(99999999\*(BIN4Cuiiv-NIV4Cuiiv)));  
(99999999\*NIV4Cuiv)+(1-NIV4Cuiv)+(BIN4Cuiv)<=(1+(99999999\*(BIN4Cuiv-NIV4Cuiv)));  
(99999999\*NIV5Cui)+(1-NIV5Cui)+(BIN5Cui)<=(1+(99999999\*(BIN5Cui-NIV5Cui)));  
(99999999\*NIV5Cuii)+(1-NIV5Cuii)+(BIN5Cuii)<=(1+(99999999\*(BIN5Cuii-NIV5Cuii)));  
(99999999\*NIV5Cuiii)+(1-NIV5Cuiii)+(BIN5Cuiii)<=(1+(99999999\*(BIN5Cuiii-NIV5Cuiii)));  
(99999999\*NIV5Cuiiv)+(1-NIV5Cuiiv)+(BIN5Cuiiv)<=(1+(99999999\*(BIN5Cuiiv-NIV5Cuiiv)));  
(99999999\*NIV5Cuiv)+(1-NIV5Cuiv)+(BIN5Cuiv)<=(1+(99999999\*(BIN5Cuiv-NIV5Cuiv)));  
(99999999\*NIV6Cui)+(1-NIV6Cui)+(BIN6Cui)<=(1+(99999999\*(BIN6Cui-NIV6Cui)));  
(99999999\*NIV6Cuii)+(1-NIV6Cuii)+(BIN6Cuii)<=(1+(99999999\*(BIN6Cuii-NIV6Cuii)));  
(99999999\*NIV6Cuiii)+(1-NIV6Cuiii)+(BIN6Cuiii)<=(1+(99999999\*(BIN6Cuiii-NIV6Cuiii)));  
(99999999\*NIV6Cuiiv)+(1-NIV6Cuiiv)+(BIN6Cuiiv)<=(1+(99999999\*(BIN6Cuiiv-NIV6Cuiiv)));  
(99999999\*NIV6Cuiv)+(1-NIV6Cuiv)+(BIN6Cuiv)<=(1+(99999999\*(BIN6Cuiv-NIV6Cuiv)));  
(99999999\*NIV1Dpi)+(1-NIV1Dpi)+(BIN1Dpi)<=(1+(99999999\*(BIN1Dpi-NIV1Dpi)));  
(99999999\*NIV1Dpii)+(1-NIV1Dpii)+(BIN1Dpii)<=(1+(99999999\*(BIN1Dpii-NIV1Dpii)));  
(99999999\*NIV1Dpiii)+(1-NIV1Dpiii)+(BIN1Dpiii)<=(1+(99999999\*(BIN1Dpiii-NIV1Dpiii)));  
(99999999\*NIV1Dpiv)+(1-NIV1Dpiv)+(BIN1Dpiv)<=(1+(99999999\*(BIN1Dpiv-NIV1Dpiv)));  
(99999999\*NIV1Dpvi)+(1-NIV1Dpvi)+(BIN1Dpvi)<=(1+(99999999\*(BIN1Dpvi-NIV1Dpvi)));  
(99999999\*NIV2Dpi)+(1-NIV2Dpi)+(BIN2Dpi)<=(1+(99999999\*(BIN2Dpi-NIV2Dpi)));  
(99999999\*NIV2Dpii)+(1-NIV2Dpii)+(BIN2Dpii)<=(1+(99999999\*(BIN2Dpii-NIV2Dpii)));  
(99999999\*NIV2Dpiii)+(1-NIV2Dpiii)+(BIN2Dpiii)<=(1+(99999999\*(BIN2Dpiii-NIV2Dpiii)));  
(99999999\*NIV2Dpiv)+(1-NIV2Dpiv)+(BIN2Dpiv)<=(1+(99999999\*(BIN2Dpiv-NIV2Dpiv)));  
(99999999\*NIV2Dpvi)+(1-NIV2Dpvi)+(BIN2Dpvi)<=(1+(99999999\*(BIN2Dpvi-NIV2Dpvi)));  
(99999999\*NIV3Dpi)+(1-NIV3Dpi)+(BIN3Dpi)<=(1+(99999999\*(BIN3Dpi-NIV3Dpi)));  
(99999999\*NIV3Dpii)+(1-NIV3Dpii)+(BIN3Dpii)<=(1+(99999999\*(BIN3Dpii-NIV3Dpii)));  
(99999999\*NIV3Dpiv)+(1-NIV3Dpiv)+(BIN3Dpiv)<=(1+(99999999\*(BIN3Dpiv-NIV3Dpiv)));  
(99999999\*NIV3Dpvi)+(1-NIV3Dpvi)+(BIN3Dpvi)<=(1+(99999999\*(BIN3Dpvi-NIV3Dpvi)));  
(99999999\*NIV4Dpi)+(1-NIV4Dpi)+(BIN4Dpi)<=(1+(99999999\*(BIN4Dpi-NIV4Dpi)));  
(99999999\*NIV4Dpii)+(1-NIV4Dpii)+(BIN4Dpii)<=(1+(99999999\*(BIN4Dpii-NIV4Dpii)));  
(99999999\*NIV4Dpiv)+(1-NIV4Dpiv)+(BIN4Dpiv)<=(1+(99999999\*(BIN4Dpiv-NIV4Dpiv)));  
(99999999\*NIV4Dpvi)+(1-NIV4Dpvi)+(BIN4Dpvi)<=(1+(99999999\*(BIN4Dpvi-NIV4Dpvi)));  
(99999999\*NIV5Dpi)+(1-NIV5Dpi)+(BIN5Dpi)<=(1+(99999999\*(BIN5Dpi-NIV5Dpi)));  
(99999999\*NIV5Dpii)+(1-NIV5Dpii)+(BIN5Dpii)<=(1+(99999999\*(BIN5Dpii-NIV5Dpii)));  
(99999999\*NIV5Dpiv)+(1-NIV5Dpiv)+(BIN5Dpiv)<=(1+(99999999\*(BIN5Dpiv-NIV5Dpiv)));  
(99999999\*NIV5Dpvi)+(1-NIV5Dpvi)+(BIN5Dpvi)<=(1+(99999999\*(BIN5Dpvi-NIV5Dpvi)));  
(99999999\*NIV6Dpi)+(1-NIV6Dpi)+(BIN6Dpi)<=(1+(99999999\*(BIN6Dpi-NIV6Dpi)));







(99999999\*NIV1Asiii)+(1-NIV1Asiii)+(BIN1Asiii)<=(1+(99999999\*(BIN1Asiii-NIV1Asiii)));  
 (99999999\*NIV1Asiv)+(1-NIV1Asiv)+(BIN1Asiv)<=(1+(99999999\*(BIN1Asiv-NIV1Asiv)));  
 (99999999\*NIV1Asv)+(1-NIV1Asv)+(BIN1Asv)<=(1+(99999999\*(BIN1Asv-NIV1Asv)));  
 (99999999\*NIV1Asvi)+(1-NIV1Asvi)+(BIN1Asvi)<=(1+(99999999\*(BIN1Asvi-NIV1Asvi)));  
 (99999999\*NIV2Asi)+(1-NIV2Asi)+(BIN2Asi)<=(1+(99999999\*(BIN2Asi-NIV2Asi)));  
 (99999999\*NIV2Asii)+(1-NIV2Asii)+(BIN2Asii)<=(1+(99999999\*(BIN2Asii-NIV2Asii)));  
 (99999999\*NIV2Asiii)+(1-NIV2Asiii)+(BIN2Asiii)<=(1+(99999999\*(BIN2Asiii-NIV2Asiii)));  
 (99999999\*NIV2Asiv)+(1-NIV2Asiv)+(BIN2Asiv)<=(1+(99999999\*(BIN2Asiv-NIV2Asiv)));  
 (99999999\*NIV2Asvi)+(1-NIV2Asvi)+(BIN2Asvi)<=(1+(99999999\*(BIN2Asvi-NIV2Asvi)));  
 (99999999\*NIV3Asi)+(1-NIV3Asi)+(BIN3Asi)<=(1+(99999999\*(BIN3Asi-NIV3Asi)));  
 (99999999\*NIV3Asii)+(1-NIV3Asii)+(BIN3Asii)<=(1+(99999999\*(BIN3Asii-NIV3Asii)));  
 (99999999\*NIV3Asiii)+(1-NIV3Asiii)+(BIN3Asiii)<=(1+(99999999\*(BIN3Asiii-NIV3Asiii)));  
 (99999999\*NIV3Asiv)+(1-NIV3Asiv)+(BIN3Asiv)<=(1+(99999999\*(BIN3Asiv-NIV3Asiv)));  
 (99999999\*NIV3Asvi)+(1-NIV3Asvi)+(BIN3Asvi)<=(1+(99999999\*(BIN3Asvi-NIV3Asvi)));  
 (99999999\*NIV4Asi)+(1-NIV4Asi)+(BIN4Asi)<=(1+(99999999\*(BIN4Asi-NIV4Asi)));  
 (99999999\*NIV4Asii)+(1-NIV4Asii)+(BIN4Asii)<=(1+(99999999\*(BIN4Asii-NIV4Asii)));  
 (99999999\*NIV4Asiv)+(1-NIV4Asiv)+(BIN4Asiv)<=(1+(99999999\*(BIN4Asiv-NIV4Asiv)));  
 (99999999\*NIV4Asvi)+(1-NIV4Asvi)+(BIN4Asvi)<=(1+(99999999\*(BIN4Asvi-NIV4Asvi)));  
 (99999999\*NIV5Asi)+(1-NIV5Asi)+(BIN5Asi)<=(1+(99999999\*(BIN5Asi-NIV5Asi)));  
 (99999999\*NIV5Asii)+(1-NIV5Asii)+(BIN5Asii)<=(1+(99999999\*(BIN5Asii-NIV5Asii)));  
 (99999999\*NIV5Asiv)+(1-NIV5Asiv)+(BIN5Asiv)<=(1+(99999999\*(BIN5Asiv-NIV5Asiv)));  
 (99999999\*NIV5Asvi)+(1-NIV5Asvi)+(BIN5Asvi)<=(1+(99999999\*(BIN5Asvi-NIV5Asvi)));  
 (99999999\*NIV6Asi)+(1-NIV6Asi)+(BIN6Asi)<=(1+(99999999\*(BIN6Asi-NIV6Asi)));  
 (99999999\*NIV6Asii)+(1-NIV6Asii)+(BIN6Asii)<=(1+(99999999\*(BIN6Asii-NIV6Asii)));  
 (99999999\*NIV6Asiv)+(1-NIV6Asiv)+(BIN6Asiv)<=(1+(99999999\*(BIN6Asiv-NIV6Asiv)));  
 (99999999\*NIV6Asvi)+(1-NIV6Asvi)+(BIN6Asvi)<=(1+(99999999\*(BIN6Asvi-NIV6Asvi)));

IR9 de Definición de U Apartado 4;

(99999999\*BIN1Ani)+(U1Ani)+(99999999\*NIV1Ani)>=(64151.7580532847)-(Z1Ani)-(99999999\*NIV1Ani);  
 (99999999\*BIN1Anii)+(U1Anii)+(99999999\*NIV1Anii)>=(68428.5419235037)-(Z1Anii)+(U1Anii)-(99999999\*NIV1Anii);  
 (99999999\*BIN1Aniii)+(U1Aniii)+(99999999\*NIV1Aniii)>=(111196.380625693)-(Z1Aniii)+(U1Aniii)-(99999999\*NIV1Aniii);  
 (99999999\*BIN1Aniv)+(U1Aniv)+(99999999\*NIV1Aniv)>=(119749.948366131)-(Z1Aniv)+(U1Aniv)-(99999999\*NIV1Aniv);  
 (99999999\*BIN1Anv)+(U1Anv)+(99999999\*NIV1Anv)>=(94089.2451448175)-(Z1Anv)+(U1Anv)-(99999999\*NIV1Anv);  
 (99999999\*BIN1Anvi)+(U1Anvi)+(99999999\*NIV1Anvi)>=(55598.1903128467)-(Z1Anvi)+(U1Anvi)-(99999999\*NIV1Anvi);  
 (99999999\*BIN1Aci)+(U1Aci)+(99999999\*NIV1Aci)>=(73316.2949180396)-(Z1Aci)-(99999999\*NIV1Aci);  
 (99999999\*BIN1Acii)+(U1Acii)+(99999999\*NIV1Acii)>=(78204.0479125756)-(Z1Acii)+(U1Acii)-(99999999\*NIV1Acii);  
 (99999999\*BIN1Aciii)+(U1Aciii)+(99999999\*NIV1Aciii)>=(127081.577857935)-(Z1Aciii)+(U1Aciii)-(99999999\*NIV1Aciii);  
 (99999999\*BIN1Aciv)+(U1Aciv)+(99999999\*NIV1Aciv)>=(136857.083847007)-(Z1Aciv)+(U1Aciv)-(99999999\*NIV1Aciv);  
 (99999999\*BIN1Acvi)+(U1Acvi)+(99999999\*NIV1Acvi)>=(107530.565879791)-(Z1Acvi)+(U1Acvi)-(99999999\*NIV1Acvi);  
 (99999999\*BIN1Acvii)+(U1Acvii)+(99999999\*NIV1Acvii)>=(63540.7889289677)-(Z1Acvii)+(U1Acvii)-(99999999\*NIV1Acvii);  
 (99999999\*BIN1Aasi)+(U1Aasi)+(99999999\*NIV1Aasi)>=(114556.710809437)-(Z1Aasi)-(99999999\*NIV1Aasi);  
 (99999999\*BIN1Asii)+(U1Asii)+(99999999\*NIV1Asii)>=(122193.824863399)-(Z1Asii)+(U1Asii)-(99999999\*NIV1Asii);  
 (99999999\*BIN1Asiii)+(U1Asiii)+(99999999\*NIV1Asiii)>=(198564.965403024)-(Z1Asiii)+(U1Asiii)-(99999999\*NIV1Asiii);  
 (99999999\*BIN1Asiv)+(U1Asiv)+(99999999\*NIV1Asiv)>=(213839.193510949)-(Z1Asiv)+(U1Asiv)-(99999999\*NIV1Asiv);  
 (99999999\*BIN1Asvi)+(U1Asvi)+(99999999\*NIV1Asvi)>=(168016.509187174)-(Z1Asvi)+(U1Asvi)-(99999999\*NIV1Asvi);  
 (99999999\*BIN1Asvii)+(U1Asvii)+(99999999\*NIV1Asvii)>=(99282.482701512)-(Z1Asvii)+(U1Asvii)-(99999999\*NIV1Asvii);  
 (99999999\*BIN1Bnci)+(U1Bnci)+(99999999\*NIV1Bnci)>=(132885.784538947)-(Z1Bnci)-(99999999\*NIV1Bnci);  
 (99999999\*BIN1Bncii)+(U1Bncii)+(99999999\*NIV1Bncii)>=(141744.836841543)-(Z1Bncii)+(U1Bncii)-(99999999\*NIV1Bncii);  
 (99999999\*BIN1Bnciii)+(U1Bnciii)+(99999999\*NIV1Bnciii)>=(230335.359867508)-(Z1Bnciii)+(U1Bnciii)-(99999999\*NIV1Bnciii);  
 (99999999\*BIN1Bnciv)+(U1Bnciv)+(99999999\*NIV1Bnciv)>=(248053.464472701)-(Z1Bnciv)+(U1Bnciv)-(99999999\*NIV1Bnciv);  
 (99999999\*BIN1Bncvi)+(U1Bncvi)+(99999999\*NIV1Bncvi)>=(194899.150657122)-(Z1Bncvi)+(U1Bncvi)-(99999999\*NIV1Bncvi);  
 (99999999\*BIN1Bncvii)+(U1Bncvii)+(99999999\*NIV1Bncvii)>=(115167.679933754)-(Z1Bncvii)+(U1Bncvii)-(99999999\*NIV1Bncvii);  
 (99999999\*BIN1Bsvi)+(U1Bsvi)+(99999999\*NIV1Bsvi)>=(91645.3686475495)-(Z1Bsvi)-(99999999\*NIV1Bsvi);  
 (99999999\*BIN1Bsvii)+(U1Bsvii)+(99999999\*NIV1Bsvii)>=(97755.0598907195)-(Z1Bsvii)+(U1Bsvii)-(99999999\*NIV1Bsvii);  
 (99999999\*BIN1Bsviii)+(U1Bsviii)+(99999999\*NIV1Bsviii)>=(158851.972322419)-(Z1Bsviii)+(U1Bsviii)-(99999999\*NIV1Bsviii);  
 (99999999\*BIN1Bsviv)+(U1Bsviv)+(99999999\*NIV1Bsviv)>=(171071.354808759)-(Z1Bsviv)+(U1Bsviv)-(99999999\*NIV1Bsviv);  
 (99999999\*BIN1Bsvvi)+(U1Bsvvi)+(99999999\*NIV1Bsvvi)>=(134413.207349739)-(Z1Bsvvi)+(U1Bsvvi)-(99999999\*NIV1Bsvvi);  
 (99999999\*BIN1Bsvvii)+(U1Bsvvii)+(99999999\*NIV1Bsvvii)>=(79425.9861612096)-(Z1Bsvvii)+(U1Bsvvii)-(99999999\*NIV1Bsvvii);  
 (99999999\*BIN1Cuii)+(U1Cuii)+(99999999\*NIV1Cuii)>=(100809.905512304)-(Z1Cuii)-(99999999\*NIV1Cuii);  
 (99999999\*BIN1Cuiii)+(U1Cuiii)+(99999999\*NIV1Cuiii)>=(107530.565879791)-(Z1Cuiii)+(U1Cuiii)-(99999999\*NIV1Cuiii);  
 (99999999\*BIN1Cuiiv)+(U1Cuiiv)+(99999999\*NIV1Cuiiv)>=(174737.169554661)-(Z1Cuiiv)+(U1Cuiiv)-(99999999\*NIV1Cuiiv);  
 (99999999\*BIN1Cuivi)+(U1Cuivi)+(99999999\*NIV1Cuivi)>=(188178.490289635)-(Z1Cuivi)+(U1Cuivi)-(99999999\*NIV1Cuivi);  
 (99999999\*BIN1Cuivii)+(U1Cuivii)+(99999999\*NIV1Cuivii)>=(147854.528084713)-(Z1Cuivii)+(U1Cuivii)-(99999999\*NIV1Cuivii);  
 (99999999\*BIN1Cuiviii)+(U1Cuiviii)+(99999999\*NIV1Cuiviii)>=(87368.5847773306)-(Z1Cuiviii)+(U1Cuiviii)-(99999999\*NIV1Cuiviii);  
 (99999999\*BIN1Dpii)+(U1Dpii)+(99999999\*NIV1Dpii)>=(54987.2211885297)-(Z1Dpii)-(99999999\*NIV1Dpii);  
 (99999999\*BIN1Dpiv)+(U1Dpiv)+(99999999\*NIV1Dpiv)>=(58653.0359344317)-(Z1Dpiv)+(U1Dpiv)-(99999999\*NIV1Dpiv);  
 (99999999\*BIN1Dpvii)+(U1Dpvii)+(99999999\*NIV1Dpvii)>=(95311.1833934515)-(Z1Dpvii)+(U1Dpvii)-(99999999\*NIV1Dpvii);  
 (99999999\*BIN1Dpviii)+(U1Dpviii)+(99999999\*NIV1Dpviii)>=(102642.812885255)-(Z1Dpviii)+(U1Dpviii)-(99999999\*NIV1Dpviii);  
 (99999999\*BIN1Dpvi)+(U1Dpvi)+(99999999\*NIV1Dpvi)>=(80647.9244098436)-(Z1Dpvi)+(U1Dpvi)-(99999999\*NIV1Dpvi);  
 (99999999\*BIN1Dpvi)+(U1Dpvi)+(99999999\*NIV1Dpvi)>=(47655.5916967258)-(Z1Dpvi)+(U1Dpvi)-(99999999\*NIV1Dpvi);  
 (99999999\*BIN1Dpvi)+(U1Dpvi)+(99999999\*NIV1Dpvi)>=(100809.905512304)-(Z1Dpvi)-(99999999\*NIV1Dpvi);  
 (99999999\*BIN1Doii)+(U1Doii)+(99999999\*NIV1Doii)>=(107530.565879791)-(Z1Doii)+(U1Doii)-(99999999\*NIV1Doii);  
 (99999999\*BIN1Doiii)+(U1Doiii)+(99999999\*NIV1Doiii)>=(174737.169554661)-(Z1Doiii)+(U1Doiii)-(99999999\*NIV1Doiii);  
 (99999999\*BIN1Doiv)+(U1Doiv)+(99999999\*NIV1Doiv)>=(188178.490289635)-(Z1Doiv)+(U1Doiv)-(99999999\*NIV1Doiv);  
 (99999999\*BIN1Dovi)+(U1Dovi)+(99999999\*NIV1Dovi)>=(147854.528084713)-(Z1Dovi)+(U1Dovi)-(99999999\*NIV1Dovi);  
 (99999999\*BIN1Dovii)+(U1Dovii)+(99999999\*NIV1Dovii)>=(87368.5847773306)-(Z1Dovii)+(U1Dovii)-(99999999\*NIV1Dovii);  
 (99999999\*BIN1Esei)+(U1Esei)+(99999999\*NIV1Esei)>=(45822.6843237748)-(Z1Esei)-(99999999\*NIV1Esei);  
 (99999999\*BIN1Eseii)+(U1Eseii)+(99999999\*NIV1Eseii)>=(48877.5299453598)-(Z1Eseii)+(U1Eseii)-(99999999\*NIV1Eseii);

*Planeación de la producción y distribución de una cadena de suministro mediante un modelo matemático de optimización*

(99999999\*BIN1Eseiii)+(U1Eseiii)+(99999999\*NIV1Eseiii)>=(79425.9861612096)-(Z1Eseiii)+(U1Eseii)-(99999999\*NIV1Eseii);  
(99999999\*BIN1Eseiv)+(U1Eseiv)+(99999999\*NIV1Eseiv)>=(85535.6774043796)-(Z1Eseiv)+(U1Eseii)-(99999999\*NIV1Eseii);  
(99999999\*BIN1Esevi)+(U1Esevi)+(99999999\*NIV1Esevi)>=(67206.6036748697)-(Z1Esevi)+(U1Eseiv)-(99999999\*NIV1Eseiv);  
(99999999\*BIN1Esevi)+(U1Esevi)+(99999999\*NIV1Esevi)>=(39712.9930806048)-(Z1Esevi)+(U1Eseiv)-(99999999\*NIV1Eseiv);  
(99999999\*BIN2Ani)+(U2Ani)+(99999999\*NIV2Ani)>=(57178.7408735798)-(Z2Ani)-(99999999\*NIV2Ani);  
(99999999\*BIN2Anii)+(U2Anii)+(99999999\*NIV2Anii)>=(60990.6569318185)-(Z2Anii)+(U2Ani)-(99999999\*NIV2Ani);  
(99999999\*BIN2Aniii)+(U2Aniii)+(99999999\*NIV2Aniii)>=(99109.817514205)-(Z2Aniii)+(U2Anii)-(99999999\*NIV2Anii);  
(99999999\*BIN2Aniv)+(U2Aniv)+(99999999\*NIV2Aniv)>=(106733.649630682)-(Z2Aniv)+(U2Aniii)-(99999999\*NIV2Aniii);  
(99999999\*BIN2Anv)+(U2Anv)+(99999999\*NIV2Anv)>=(83862.1532812504)-(Z2Anv)+(U2Aniv)-(99999999\*NIV2Anv);  
(99999999\*BIN2Anvi)+(U2Anvi)+(99999999\*NIV2Anvi)>=(49554.908751025)-(Z2Anvi)+(U2Anv)-(99999999\*NIV2Anv);  
(99999999\*BIN2Aci)+(U2Aci)+(99999999\*NIV2Aci)>=(65347.1324269484)-(Z2Aci)-(99999999\*NIV2Aci);  
(99999999\*BIN2Acii)+(U2Acii)+(99999999\*NIV2Acii)>=(69703.6079220783)-(Z2Acii)+(U2Aci)-(99999999\*NIV2Acii);  
(99999999\*BIN2Aciii)+(U2Aciii)+(99999999\*NIV2Aciii)>=(113268.362873377)-(Z2Aciii)+(U2Acii)-(99999999\*NIV2Acii);  
(99999999\*BIN2Aciv)+(U2Aciv)+(99999999\*NIV2Aciv)>=(121981.313863637)-(Z2Aciv)+(U2Aciii)-(99999999\*NIV2Aciii);  
(99999999\*BIN2Acv)+(U2Acv)+(99999999\*NIV2Acv)>=(95842.4608928576)-(Z2Acv)+(U2Aciv)-(99999999\*NIV2Acv);  
(99999999\*BIN2Acvi)+(U2Acvi)+(99999999\*NIV2Acvi)>=(56634.1814366886)-(Z2Acvi)+(U2Acv)-(99999999\*NIV2Acvi);  
(99999999\*BIN2Aasi)+(U2Aasi)+(99999999\*NIV2Aasi)>=(102104.894417107)-(Z2Aasi)-(99999999\*NIV2Aasi);  
(99999999\*BIN2Asii)+(U2Asii)+(99999999\*NIV2Asii)>=(108911.887378247)-(Z2Asii)+(U2Aasi)-(99999999\*NIV2Aasi);  
(99999999\*BIN2Asiii)+(U2Asiii)+(99999999\*NIV2Asiii)>=(176981.816989652)-(Z2Asiii)+(U2Asii)-(99999999\*NIV2Asii);  
(99999999\*BIN2Asiv)+(U2Asiv)+(99999999\*NIV2Asiv)>=(190595.802911933)-(Z2Asiv)+(U2Asiii)-(99999999\*NIV2Asiii);  
(99999999\*BIN2Asv)+(U2Asv)+(99999999\*NIV2Asv)>=(149753.84514509)-(Z2Asv)+(U2Asiv)-(99999999\*NIV2Asv);  
(99999999\*BIN2Asvi)+(U2Asvi)+(99999999\*NIV2Asvi)>=(88490.9084948259)-(Z2Asvi)+(U2Asv)-(99999999\*NIV2Asv);  
(99999999\*BIN2Bnci)+(U2Bnci)+(99999999\*NIV2Bnci)>=(118441.677523844)-(Z2Bnci)-(99999999\*NIV2Bnci);  
(99999999\*BIN2Bncii)+(U2Bncii)+(99999999\*NIV2Bncii)>=(126337.789358767)-(Z2Bncii)+(U2Bnci)-(99999999\*NIV2Bncii);  
(99999999\*BIN2Bnciii)+(U2Bnciii)+(99999999\*NIV2Bnciii)>=(205298.907707996)-(Z2Bnciii)+(U2Bncii)-(99999999\*NIV2Bncii);  
(99999999\*BIN2Bnciv)+(U2Bnciv)+(99999999\*NIV2Bnciv)>=(221091.131377842)-(Z2Bnciv)+(U2Bnciii)-(99999999\*NIV2Bnciii);  
(99999999\*BIN2Bncv)+(U2Bncv)+(99999999\*NIV2Bncv)>=(173714.460368304)-(Z2Bncv)+(U2Bnciv)-(99999999\*NIV2Bnciv);  
(99999999\*BIN2Bncvi)+(U2Bncvi)+(99999999\*NIV2Bncvi)>=(102649.453853998)-(Z2Bncvi)+(U2Bncv)-(99999999\*NIV2Bncv);  
(99999999\*BIN2Bbsi)+(U2Bbsi)+(99999999\*NIV2Bbsi)>=(81683.9155336854)-(Z2Bbsi)-(99999999\*NIV2Bbsi);  
(99999999\*BIN2Bbsii)+(U2Bbsii)+(99999999\*NIV2Bbsii)>=(87129.5099025978)-(Z2Bbsii)+(U2Bbsi)-(99999999\*NIV2Bbsi);  
(99999999\*BIN2Bbsiii)+(U2Bbsiii)+(99999999\*NIV2Bbsiii)>=(141585.453591721)-(Z2Bbsiii)+(U2Bbsii)-(99999999\*NIV2Bbsii);  
(99999999\*BIN2Bbsiv)+(U2Bbsiv)+(99999999\*NIV2Bbsiv)>=(152476.642329546)-(Z2Bbsiv)+(U2Bbsiii)-(99999999\*NIV2Bbsiii);  
(99999999\*BIN2Bbsv)+(U2Bbsv)+(99999999\*NIV2Bbsv)>=(119803.076116072)-(Z2Bbsv)+(U2Bbsiv)-(99999999\*NIV2Bbsiv);  
(99999999\*BIN2Bbsvi)+(U2Bbsvi)+(99999999\*NIV2Bbsvi)>=(70792.7267958607)-(Z2Bbsvi)+(U2Bbsv)-(99999999\*NIV2Bbsv);  
(99999999\*BIN2Cui)+(U2Cui)+(99999999\*NIV2Cui)>=(89852.307087054)-(Z2Cui)-(99999999\*NIV2Cui);  
(99999999\*BIN2Cuii)+(U2Cuii)+(99999999\*NIV2Cuii)>=(95842.4608928576)-(Z2Cuii)+(U2Cui)-(99999999\*NIV2Cui);  
(99999999\*BIN2Cuiii)+(U2Cuiii)+(99999999\*NIV2Cuiii)>=(155743.998950894)-(Z2Cuiii)+(U2Cuii)-(99999999\*NIV2Cuii);  
(99999999\*BIN2Cuiiv)+(U2Cuiiv)+(99999999\*NIV2Cuiiv)>=(167724.306562501)-(Z2Cuiiv)+(U2Cuiii)-(99999999\*NIV2Cuiii);  
(99999999\*BIN2Cuiv)+(U2Cuiv)+(99999999\*NIV2Cuiv)>=(131783.383727679)-(Z2Cuiv)+(U2Cuiiv)-(99999999\*NIV2Cuiiv);  
(99999999\*BIN2Cuivi)+(U2Cuivi)+(99999999\*NIV2Cuivi)>=(77871.9994754468)-(Z2Cuivi)+(U2Cuiv)-(99999999\*NIV2Cuiv);  
(99999999\*BIN2Dpii)+(U2Dpii)+(99999999\*NIV2Dpii)>=(49010.3493202113)-(Z2Dpii)-(99999999\*NIV2Dpii);  
(99999999\*BIN2Dpii)+(U2Dpii)+(99999999\*NIV2Dpii)>=(52277.7059415587)-(Z2Dpii)+(U2Dpi)-(99999999\*NIV2Dpi);  
(99999999\*BIN2Dpiii)+(U2Dpiii)+(99999999\*NIV2Dpiii)>=(84951.2721550329)-(Z2Dpiii)+(U2Dpii)-(99999999\*NIV2Dpii);  
(99999999\*BIN2Dpiv)+(U2Dpiv)+(99999999\*NIV2Dpiv)>=(91485.9853977277)-(Z2Dpiv)+(U2Dpiii)-(99999999\*NIV2Dpii);  
(99999999\*BIN2Dpvi)+(U2Dpvi)+(99999999\*NIV2Dpvi)>=(71881.8456696432)-(Z2Dpvi)+(U2Dpiv)-(99999999\*NIV2Dpiv);  
(99999999\*BIN2Dpvi)+(U2Dpvi)+(99999999\*NIV2Dpvi)>=(42475.6360775164)-(Z2Dpvi)+(U2Dpvi)-(99999999\*NIV2Dpvi);  
(99999999\*BIN2Ddoi)+(U2Ddoi)+(99999999\*NIV2Ddoi)>=(89852.307087054)-(Z2Ddoi)-(99999999\*NIV2Ddoi);  
(99999999\*BIN2Doii)+(U2Doii)+(99999999\*NIV2Doii)>=(95842.4608928576)-(Z2Doii)+(U2Ddoi)-(99999999\*NIV2Ddoi);  
(99999999\*BIN2Doiii)+(U2Doiii)+(99999999\*NIV2Doiii)>=(155743.998950894)-(Z2Doiii)+(U2Doii)-(99999999\*NIV2Doii);  
(99999999\*BIN2Doiv)+(U2Doiv)+(99999999\*NIV2Doiv)>=(167724.306562501)-(Z2Doiv)+(U2Doiii)-(99999999\*NIV2Doiii);  
(99999999\*BIN2Dov)+(U2Dov)+(99999999\*NIV2Dov)>=(131783.383727679)-(Z2Dov)+(U2Doiv)-(99999999\*NIV2Doiv);  
(99999999\*BIN2Dovi)+(U2Dovi)+(99999999\*NIV2Dovi)>=(77871.9994754468)-(Z2Dovi)+(U2Dov)-(99999999\*NIV2Dovi);  
(99999999\*BIN2Enoi)+(U2Enoi)+(99999999\*NIV2Enoi)>=(40841.9577668427)-(Z2Enoi)-(99999999\*NIV2Enoi);  
(99999999\*BIN2Enoii)+(U2Enoii)+(99999999\*NIV2Enoii)>=(43564.7549512989)-(Z2Enoii)+(U2Enoi)-(99999999\*NIV2Enoi);  
(99999999\*BIN2Enoiii)+(U2Enoiii)+(99999999\*NIV2Enoiii)>=(70792.7267958607)-(Z2Enoiii)+(U2Enoii)-(99999999\*NIV2Enoii);  
(99999999\*BIN2Enoiv)+(U2Enoiv)+(99999999\*NIV2Enoiv)>=(76238.3211647731)-(Z2Enoiv)+(U2Enoiii)-(99999999\*NIV2Enoiii);  
(99999999\*BIN2Enovi)+(U2Enovi)+(99999999\*NIV2Enovi)>=(59901.538058036)-(Z2Enovi)+(U2Enoiv)-(99999999\*NIV2Enoiv);  
(99999999\*BIN2Enovii)+(U2Enovii)+(99999999\*NIV2Enovii)>=(35396.3633979304)-(Z2Enovii)+(U2Enovi)-(99999999\*NIV2Enovi);  
(99999999\*BIN2Esei)+(U2Esei)+(99999999\*NIV2Esei)>=(40841.9577668427)-(Z2Esei)-(99999999\*NIV2Esei);  
(99999999\*BIN2Eseii)+(U2Eseii)+(99999999\*NIV2Eseii)>=(43564.7549512989)-(Z2Eseii)+(U2Esei)-(99999999\*NIV2Esei);  
(99999999\*BIN2Eseiii)+(U2Eseiii)+(99999999\*NIV2Eseiii)>=(70792.7267958607)-(Z2Eseiii)+(U2Eseii)-(99999999\*NIV2Eseii);  
(99999999\*BIN2Eseiv)+(U2Eseiv)+(99999999\*NIV2Eseiv)>=(76238.3211647731)-(Z2Eseiv)+(U2Eseiii)-(99999999\*NIV2Eseiii);  
(99999999\*BIN2Esevi)+(U2Esevi)+(99999999\*NIV2Esevi)>=(59901.538058036)-(Z2Esevi)+(U2Eseiv)-(99999999\*NIV2Eseiv);  
(99999999\*BIN2Esevi)+(U2Esevi)+(99999999\*NIV2Esevi)>=(35396.3633979304)-(Z2Esevi)+(U2Esevi)-(99999999\*NIV2Esevi);  
(99999999\*BIN3Ani)+(U3Ani)+(99999999\*NIV3Ani)>=(6526.74408020375)-(Z3Ani)-(99999999\*NIV3Ani);  
(99999999\*BIN3Anii)+(U3Anii)+(99999999\*NIV3Anii)>=(6961.86035221733)-(Z3Anii)+(U3Ani)-(99999999\*NIV3Ani);  
(99999999\*BIN3Aniii)+(U3Aniii)+(99999999\*NIV3Aniii)>=(11313.0230723532)-(Z3Aniii)+(U3Anii)-(99999999\*NIV3Anii);  
(99999999\*BIN3Aniv)+(U3Aniv)+(99999999\*NIV3Aniv)>=(12183.2556163803)-(Z3Aniv)+(U3Aniii)-(99999999\*NIV3Aniii);  
(99999999\*BIN3Anv)+(U3Anv)+(99999999\*NIV3Anv)>=(9572.55798429883)-(Z3Anv)+(U3Aniv)-(99999999\*NIV3Aniv);  
(99999999\*BIN3Anvi)+(U3Anvi)+(99999999\*NIV3Anvi)>=(5656.51153617658)-(Z3Anvi)+(U3Anv)-(99999999\*NIV3Anvi);  
(99999999\*BIN3Aci)+(U3Aci)+(99999999\*NIV3Aci)>=(7459.13609166142)-(Z3Aci)-(99999999\*NIV3Aci);  
(99999999\*BIN3Acii)+(U3Acii)+(99999999\*NIV3Acii)>=(7956.41183110552)-(Z3Acii)+(U3Aci)-(99999999\*NIV3Aci);  
(99999999\*BIN3Aciii)+(U3Aciii)+(99999999\*NIV3Aciii)>=(12929.1692255465)-(Z3Aciii)+(U3Acii)-(99999999\*NIV3Acii);  
(99999999\*BIN3Aciv)+(U3Aciv)+(99999999\*NIV3Aciv)>=(13923.7207044347)-(Z3Aciv)+(U3Aciii)-(99999999\*NIV3Aciii);  
(99999999\*BIN3Acv)+(U3Acv)+(99999999\*NIV3Acv)>=(10940.066267701)-(Z3Acv)+(U3Aciv)-(99999999\*NIV3Acv);  
(99999999\*BIN3Acvi)+(U3Acvi)+(99999999\*NIV3Acvi)>=(6464.58461277323)-(Z3Acvi)+(U3Acv)-(99999999\*NIV3Acv);  
(99999999\*BIN3Aasi)+(U3Aasi)+(99999999\*NIV3Aasi)>=(11654.900143221)-(Z3Aasi)-(99999999\*NIV3Aasi);  
(99999999\*BIN3Asii)+(U3Asii)+(99999999\*NIV3Asii)>=(12431.8934861024)-(Z3Asii)+(U3Aasi)-(99999999\*NIV3Aasi);  
(99999999\*BIN3Asiii)+(U3Asiii)+(99999999\*NIV3Asiii)>=(20201.8269149164)-(Z3Asiii)+(U3Asii)-(99999999\*NIV3Asii);  
(99999999\*BIN3Asiv)+(U3Asiv)+(99999999\*NIV3Asiv)>=(21755.8136006792)-(Z3Asiv)+(U3Asiii)-(99999999\*NIV3Asiii);  
(99999999\*BIN3Asv)+(U3Asv)+(99999999\*NIV3Asv)>=(17093.8535433908)-(Z3Asv)+(U3Asiv)-(99999999\*NIV3Asv);  
(99999999\*BIN3Asvi)+(U3Asvi)+(99999999\*NIV3Asvi)>=(10100.9134574582)-(Z3Asvi)+(U3Asv)-(99999999\*NIV3Asvi);  
(99999999\*BIN3Bnci)+(U3Bnci)+(99999999\*NIV3Bnci)>=(13519.6841661363)-(Z3Bnci)-(99999999\*NIV3Bnci);  
(99999999\*BIN3Bncii)+(U3Bncii)+(99999999\*NIV3Bncii)>=(14420.9664438788)-(Z3Bncii)+(U3Bnci)-(99999999\*NIV3Bnci);  
(99999999\*BIN3Bnciii)+(U3Bnciii)+(99999999\*NIV3Bnciii)>=(23434.119221303)-(Z3Bnciii)+(U3Bncii)-(99999999\*NIV3Bncii);  
(99999999\*BIN3Bnciv)+(U3Bnciv)+(99999999\*NIV3Bnciv)>=(25236.7437767878)-(Z3Bnciv)+(U3Bnciii)-(99999999\*NIV3Bnciii);  
(99999999\*BIN3Bncv)+(U3Bncv)+(99999999\*NIV3Bncv)>=(19828.8701103333)-(Z3Bncv)+(U3Bnciv)-(99999999\*NIV3Bnciv);  
(99999999\*BIN3Bncvi)+(U3Bncvi)+(99999999\*NIV3Bncvi)>=(11717.0596106515)-(Z3Bncvi)+(U3Bncv)-(99999999\*NIV3Bncvi);  
(99999999\*BIN3Bbsi)+(U3Bbsi)+(99999999\*NIV3Bbsi)>=(9323.92011457678)-(Z3Bbsi)-(99999999\*NIV3Bbsi);  
(99999999\*BIN3Bbsii)+(U3Bbsii)+(99999999\*NIV3Bbsii)>=(9945.5147888819)-(Z3Bbsii)+(U3Bbsi)-(99999999\*NIV3Bbsi);  
(99999999\*BIN3Bbsiii)+(U3Bbsiii)+(99999999\*NIV3Bbsiii)>=(16161.4615319331)-(Z3Bbsiii)+(U3Bbsii)-(99999999\*NIV3Bbsii);  
(99999999\*BIN3Bbsiv)+(U3Bbsiv)+(99999999\*NIV3Bbsiv)>=(17404.6508805433)-(Z3Bbsiv)+(U3Bbsiii)-(99999999\*NIV3Bbsiii);  
(99999999\*BIN3Bbsv)+(U3Bbsv)+(99999999\*NIV3Bbsv)>=(13675.0828347126)-(Z3Bbsv)+(U3Bbsiv)-(99999999\*NIV3Bbsv);





(99999999\*BIN6Dpi)+(U6Dpi)+(99999999\*NIV6Dpi)>=(44515.7416752358)-(Z6Dpi)-(99999999\*NIV6Dpi);  
 (99999999\*BIN6Dpii)+(U6Dpii)+(99999999\*NIV6Dpii)>=(47483.4577869182)-(Z6Dpii)+(U6Dpii)-(99999999\*NIV6Dpii);  
 (99999999\*BIN6Dpiii)+(U6Dpiii)+(99999999\*NIV6Dpiii)>=(77160.6189037421)-(Z6Dpiii)+(U6Dpiii)-(99999999\*NIV6Dpiii);  
 (99999999\*BIN6Dpiv)+(U6Dpiv)+(99999999\*NIV6Dpiv)>=(83096.0511271068)-(Z6Dpiv)+(U6Dpiv)-(99999999\*NIV6Dpiv);  
 (99999999\*BIN6Dpv)+(U6Dpv)+(99999999\*NIV6Dpv)>=(65289.7544570125)-(Z6Dpv)+(U6Dpv)-(99999999\*NIV6Dpv);  
 (99999999\*BIN6Dpvi)+(U6Dpvi)+(99999999\*NIV6Dpvi)>=(38580.309451871)-(Z6Dpvi)+(U6Dpvi)-(99999999\*NIV6Dpvi);  
 (99999999\*BIN6Ddoi)+(U6Ddoi)+(99999999\*NIV6Ddoi)>=(81612.1930712656)-(Z6Ddoi)-(99999999\*NIV6Ddoi);  
 (99999999\*BIN6Ddoi)+(U6Ddoi)+(99999999\*NIV6Ddoi)>=(87053.0059426833)-(Z6Ddoi)+(U6Ddoi)-(99999999\*NIV6Ddoi);  
 (99999999\*BIN6Ddoi)+(U6Ddoi)+(99999999\*NIV6Ddoi)>=(141461.13465686)-(Z6Ddoi)+(U6Ddoi)-(99999999\*NIV6Ddoi);  
 (99999999\*BIN6Ddoi)+(U6Ddoi)+(99999999\*NIV6Ddoi)>=(152342.760399696)-(Z6Ddoi)+(U6Ddoi)-(99999999\*NIV6Ddoi);  
 (99999999\*BIN6Ddov)+(U6Ddov)+(99999999\*NIV6Ddov)>=(119697.88317119)-(Z6Ddov)+(U6Ddov)-(99999999\*NIV6Ddov);  
 (99999999\*BIN6Ddov)+(U6Ddov)+(99999999\*NIV6Ddov)>=(70730.5673284302)-(Z6Ddov)+(U6Ddov)-(99999999\*NIV6Ddov);  
 (99999999\*BIN6Ddoi)+(U6Ddoi)+(99999999\*NIV6Ddoi)>=(37096.4513960298)-(Z6Ddoi)-(99999999\*NIV6Ddoi);  
 (99999999\*BIN6Ddoi)+(U6Ddoi)+(99999999\*NIV6Ddoi)>=(39569.5481557652)-(Z6Ddoi)+(U6Ddoi)-(99999999\*NIV6Ddoi);  
 (99999999\*BIN6Ddoi)+(U6Ddoi)+(99999999\*NIV6Ddoi)>=(64300.5157531184)-(Z6Ddoi)+(U6Ddoi)-(99999999\*NIV6Ddoi);  
 (99999999\*BIN6Ddoi)+(U6Ddoi)+(99999999\*NIV6Ddoi)>=(69246.709272589)-(Z6Ddoi)+(U6Ddoi)-(99999999\*NIV6Ddoi);  
 (99999999\*BIN6Ddoi)+(U6Ddoi)+(99999999\*NIV6Ddoi)>=(54408.1287141771)-(Z6Ddoi)+(U6Ddoi)-(99999999\*NIV6Ddoi);  
 (99999999\*BIN6Ddoi)+(U6Ddoi)+(99999999\*NIV6Ddoi)>=(32150.2578765592)-(Z6Ddoi)+(U6Ddoi)-(99999999\*NIV6Ddoi);  
 (99999999\*BIN6Esei)+(U6Esei)+(99999999\*NIV6Esei)>=(37096.4513960298)-(Z6Esei)-(99999999\*NIV6Esei);  
 (99999999\*BIN6Esei)+(U6Esei)+(99999999\*NIV6Esei)>=(39569.5481557652)-(Z6Esei)+(U6Esei)-(99999999\*NIV6Esei);  
 (99999999\*BIN6Esei)+(U6Esei)+(99999999\*NIV6Esei)>=(64300.5157531184)-(Z6Esei)+(U6Esei)-(99999999\*NIV6Esei);  
 (99999999\*BIN6Esei)+(U6Esei)+(99999999\*NIV6Esei)>=(69246.709272589)-(Z6Esei)+(U6Esei)-(99999999\*NIV6Esei);  
 (99999999\*BIN6Esei)+(U6Esei)+(99999999\*NIV6Esei)>=(54408.1287141771)-(Z6Esei)+(U6Esei)-(99999999\*NIV6Esei);  
 (99999999\*BIN6Esei)+(U6Esei)+(99999999\*NIV6Esei)>=(32150.2578765592)-(Z6Esei)+(U6Esei)-(99999999\*NIV6Esei);

IR10 de Definición de U Apartado 5;

(99999999\*(1-BIN1Ani))+(U1Ani)>=(NIV1Ani);  
 (99999999\*(1-BIN1Anii))+(U1Anii)>=(NIV1Anii);  
 (99999999\*(1-BIN1Aniii))+(U1Aniii)>=(NIV1Aniii);  
 (99999999\*(1-BIN1Aniv))+(U1Aniv)>=(NIV1Aniv);  
 (99999999\*(1-BIN1Anv))+(U1Anv)>=(NIV1Anv);  
 (99999999\*(1-BIN1Anvi))+(U1Anvi)>=(NIV1Anvi);  
 (99999999\*(1-BIN1Aci))+(U1Aci)>=(NIV1Aci);  
 (99999999\*(1-BIN1Acii))+(U1Acii)>=(NIV1Acii);  
 (99999999\*(1-BIN1Aciii))+(U1Aciii)>=(NIV1Aciii);  
 (99999999\*(1-BIN1Aciv))+(U1Aciv)>=(NIV1Aciv);  
 (99999999\*(1-BIN1Acv))+(U1Acv)>=(NIV1Acv);  
 (99999999\*(1-BIN1Acvi))+(U1Acvi)>=(NIV1Acvi);  
 (99999999\*(1-BIN1Aasi))+(U1Aasi)>=(NIV1Aasi);  
 (99999999\*(1-BIN1Asii))+(U1Asii)>=(NIV1Asii);  
 (99999999\*(1-BIN1Asiii))+(U1Asiii)>=(NIV1Asiii);  
 (99999999\*(1-BIN1Asiv))+(U1Asiv)>=(NIV1Asiv);  
 (99999999\*(1-BIN1Asv))+(U1Asv)>=(NIV1Asv);  
 (99999999\*(1-BIN1Asvi))+(U1Asvi)>=(NIV1Asvi);  
 (99999999\*(1-BIN1Bnci))+(U1Bnci)>=(NIV1Bnci);  
 (99999999\*(1-BIN1Bncii))+(U1Bncii)>=(NIV1Bncii);  
 (99999999\*(1-BIN1Bnciii))+(U1Bnciii)>=(NIV1Bnciii);  
 (99999999\*(1-BIN1Bnciv))+(U1Bnciv)>=(NIV1Bnciv);  
 (99999999\*(1-BIN1Bncv))+(U1Bncv)>=(NIV1Bncv);  
 (99999999\*(1-BIN1Bncvi))+(U1Bncvi)>=(NIV1Bncvi);  
 (99999999\*(1-BIN1Bsi))+(U1Bsi)>=(NIV1Bsi);  
 (99999999\*(1-BIN1Bsii))+(U1Bsii)>=(NIV1Bsii);  
 (99999999\*(1-BIN1Bsiii))+(U1Bsiii)>=(NIV1Bsiii);  
 (99999999\*(1-BIN1Bsiv))+(U1Bsiv)>=(NIV1Bsiv);  
 (99999999\*(1-BIN1Bsv))+(U1Bsv)>=(NIV1Bsv);  
 (99999999\*(1-BIN1Bsvi))+(U1Bsvi)>=(NIV1Bsvi);  
 (99999999\*(1-BIN1Cui))+(U1Cui)>=(NIV1Cui);  
 (99999999\*(1-BIN1Cuii))+(U1Cuii)>=(NIV1Cuii);  
 (99999999\*(1-BIN1Cuiii))+(U1Cuiii)>=(NIV1Cuiii);  
 (99999999\*(1-BIN1Cuiv))+(U1Cuiv)>=(NIV1Cuiv);  
 (99999999\*(1-BIN1Cuv))+(U1Cuv)>=(NIV1Cuv);  
 (99999999\*(1-BIN1Cuvi))+(U1Cuvi)>=(NIV1Cuvi);  
 (99999999\*(1-BIN1Dpi))+(U1Dpi)>=(NIV1Dpi);  
 (99999999\*(1-BIN1Dpii))+(U1Dpii)>=(NIV1Dpii);  
 (99999999\*(1-BIN1Dpiii))+(U1Dpiii)>=(NIV1Dpiii);  
 (99999999\*(1-BIN1Dpiv))+(U1Dpiv)>=(NIV1Dpiv);  
 (99999999\*(1-BIN1Dpv))+(U1Dpv)>=(NIV1Dpv);  
 (99999999\*(1-BIN1Dpvi))+(U1Dpvi)>=(NIV1Dpvi);  
 (99999999\*(1-BIN1Doi))+(U1Doi)>=(NIV1Doi);  
 (99999999\*(1-BIN1Doii))+(U1Doii)>=(NIV1Doii);  
 (99999999\*(1-BIN1Doiii))+(U1Doiii)>=(NIV1Doiii);  
 (99999999\*(1-BIN1Doiv))+(U1Doiv)>=(NIV1Doiv);  
 (99999999\*(1-BIN1Dov))+(U1Dov)>=(NIV1Dov);  
 (99999999\*(1-BIN1Dovi))+(U1Dovi)>=(NIV1Dovi);  
 (99999999\*(1-BIN1Enoi))+(U1Enoi)>=(NIV1Enoi);  
 (99999999\*(1-BIN1Enoii))+(U1Enoii)>=(NIV1Enoii);  
 (99999999\*(1-BIN1Enoiii))+(U1Enoiii)>=(NIV1Enoiii);  
 (99999999\*(1-BIN1Enoiv))+(U1Enoiv)>=(NIV1Enoiv);  
 (99999999\*(1-BIN1Enov))+(U1Enov)>=(NIV1Enov);  
 (99999999\*(1-BIN1Enovi))+(U1Enovi)>=(NIV1Enovi);  
 (99999999\*(1-BIN1Esei))+(U1Esei)>=(NIV1Esei);  
 (99999999\*(1-BIN1Eseii))+(U1Eseii)>=(NIV1Eseii);  
 (99999999\*(1-BIN1Eseiii))+(U1Eseiii)>=(NIV1Eseiii);  
 (99999999\*(1-BIN1Eseiv))+(U1Eseiv)>=(NIV1Eseiv);  
 (99999999\*(1-BIN1Esevi))+(U1Esevi)>=(NIV1Esevi);  
 (99999999\*(1-BIN2Ani))+(U2Ani)>=(NIV2Ani);  
 (99999999\*(1-BIN2Anii))+(U2Anii)>=(NIV2Anii);  
 (99999999\*(1-BIN2Aniii))+(U2Aniii)>=(NIV2Aniii);  
 (99999999\*(1-BIN2Aniv))+(U2Aniv)>=(NIV2Aniv);  
 (99999999\*(1-BIN2Anv))+(U2Anv)>=(NIV2Anv);  
 (99999999\*(1-BIN2Anvi))+(U2Anvi)>=(NIV2Anvi);



(99999999\*(1-BIN3Dpiv))+(U3Dpiv)>=(NIV3Dpiv);  
 (99999999\*(1-BIN3Dpv))+(U3Dpv)>=(NIV3Dpv);  
 (99999999\*(1-BIN3Dpvi))+(U3Dpvi)>=(NIV3Dpvi);  
 (99999999\*(1-BIN3Doi))+(U3Doi)>=(NIV3Doi);  
 (99999999\*(1-BIN3Doii))+(U3Doii)>=(NIV3Doii);  
 (99999999\*(1-BIN3Doiii))+(U3Doiii)>=(NIV3Doiii);  
 (99999999\*(1-BIN3Doiv))+(U3Doiv)>=(NIV3Doiv);  
 (99999999\*(1-BIN3Dov))+(U3Dov)>=(NIV3Dov);  
 (99999999\*(1-BIN3Dovi))+(U3Dovi)>=(NIV3Dovi);  
 (99999999\*(1-BIN3Enoi))+(U3Enoi)>=(NIV3Enoi);  
 (99999999\*(1-BIN3Enoii))+(U3Enoii)>=(NIV3Enoii);  
 (99999999\*(1-BIN3Enoiii))+(U3Enoiii)>=(NIV3Enoiii);  
 (99999999\*(1-BIN3Enoiv))+(U3Enoiv)>=(NIV3Enoiv);  
 (99999999\*(1-BIN3Enovi))+(U3Enovi)>=(NIV3Enovi);  
 (99999999\*(1-BIN3Esei))+(U3Esei)>=(NIV3Esei);  
 (99999999\*(1-BIN3Eseii))+(U3Eseii)>=(NIV3Eseii);  
 (99999999\*(1-BIN3Eseiii))+(U3Eseiii)>=(NIV3Eseiii);  
 (99999999\*(1-BIN3Eseiv))+(U3Eseiv)>=(NIV3Eseiv);  
 (99999999\*(1-BIN3Esevi))+(U3Esevi)>=(NIV3Esevi);  
 (99999999\*(1-BIN4Ani))+(U4Ani)>=(NIV4Ani);  
 (99999999\*(1-BIN4Anii))+(U4Anii)>=(NIV4Anii);  
 (99999999\*(1-BIN4Aniii))+(U4Aniii)>=(NIV4Aniii);  
 (99999999\*(1-BIN4Aniv))+(U4Aniv)>=(NIV4Aniv);  
 (99999999\*(1-BIN4Anv))+(U4Anv)>=(NIV4Anv);  
 (99999999\*(1-BIN4Anvi))+(U4Anvi)>=(NIV4Anvi);  
 (99999999\*(1-BIN4Aci))+(U4Aci)>=(NIV4Aci);  
 (99999999\*(1-BIN4Acii))+(U4Acii)>=(NIV4Acii);  
 (99999999\*(1-BIN4Aciii))+(U4Aciii)>=(NIV4Aciii);  
 (99999999\*(1-BIN4Aciv))+(U4Aciv)>=(NIV4Aciv);  
 (99999999\*(1-BIN4Acv))+(U4Acv)>=(NIV4Acv);  
 (99999999\*(1-BIN4Acvi))+(U4Acvi)>=(NIV4Acvi);  
 (99999999\*(1-BIN4Asi))+(U4Asi)>=(NIV4Asi);  
 (99999999\*(1-BIN4Asii))+(U4Asii)>=(NIV4Asii);  
 (99999999\*(1-BIN4Asiii))+(U4Asiii)>=(NIV4Asiii);  
 (99999999\*(1-BIN4Asiv))+(U4Asiv)>=(NIV4Asiv);  
 (99999999\*(1-BIN4Asv))+(U4Asv)>=(NIV4Asv);  
 (99999999\*(1-BIN4Asvi))+(U4Asvi)>=(NIV4Asvi);  
 (99999999\*(1-BIN4Bnci))+(U4Bnci)>=(NIV4Bnci);  
 (99999999\*(1-BIN4Bncii))+(U4Bncii)>=(NIV4Bncii);  
 (99999999\*(1-BIN4Bnciii))+(U4Bnciii)>=(NIV4Bnciii);  
 (99999999\*(1-BIN4Bnciv))+(U4Bnciv)>=(NIV4Bnciv);  
 (99999999\*(1-BIN4Bncv))+(U4Bncv)>=(NIV4Bncv);  
 (99999999\*(1-BIN4Bncvi))+(U4Bncvi)>=(NIV4Bncvi);  
 (99999999\*(1-BIN4Bsi))+(U4Bsi)>=(NIV4Bsi);  
 (99999999\*(1-BIN4Bsii))+(U4Bsii)>=(NIV4Bsii);  
 (99999999\*(1-BIN4Bsiii))+(U4Bsiii)>=(NIV4Bsiii);  
 (99999999\*(1-BIN4Bsv))+(U4Bsv)>=(NIV4Bsv);  
 (99999999\*(1-BIN4Bsvi))+(U4Bsvi)>=(NIV4Bsvi);  
 (99999999\*(1-BIN4Bsvii))+(U4Bsvii)>=(NIV4Bsvii);  
 (99999999\*(1-BIN4Cui))+(U4Cui)>=(NIV4Cui);  
 (99999999\*(1-BIN4Cuii))+(U4Cuii)>=(NIV4Cuii);  
 (99999999\*(1-BIN4Cuiii))+(U4Cuiii)>=(NIV4Cuiii);  
 (99999999\*(1-BIN4Cuv))+(U4Cuv)>=(NIV4Cuv);  
 (99999999\*(1-BIN4Cuvi))+(U4Cuvi)>=(NIV4Cuvi);  
 (99999999\*(1-BIN4Cuvii))+(U4Cuvii)>=(NIV4Cuvii);  
 (99999999\*(1-BIN4Dpi))+(U4Dpi)>=(NIV4Dpi);  
 (99999999\*(1-BIN4Dpii))+(U4Dpii)>=(NIV4Dpii);  
 (99999999\*(1-BIN4Dpiii))+(U4Dpiii)>=(NIV4Dpiii);  
 (99999999\*(1-BIN4Dpiv))+(U4Dpiv)>=(NIV4Dpiv);  
 (99999999\*(1-BIN4Dpvi))+(U4Dpvi)>=(NIV4Dpvi);  
 (99999999\*(1-BIN4Doi))+(U4Doi)>=(NIV4Doi);  
 (99999999\*(1-BIN4Doii))+(U4Doii)>=(NIV4Doii);  
 (99999999\*(1-BIN4Doiii))+(U4Doiii)>=(NIV4Doiii);  
 (99999999\*(1-BIN4Doiv))+(U4Doiv)>=(NIV4Doiv);  
 (99999999\*(1-BIN4Dov))+(U4Dov)>=(NIV4Dov);  
 (99999999\*(1-BIN4Dovi))+(U4Dovi)>=(NIV4Dovi);  
 (99999999\*(1-BIN4Enoi))+(U4Enoi)>=(NIV4Enoi);  
 (99999999\*(1-BIN4Enoii))+(U4Enoii)>=(NIV4Enoii);  
 (99999999\*(1-BIN4Enoiii))+(U4Enoiii)>=(NIV4Enoiii);  
 (99999999\*(1-BIN4Enoiv))+(U4Enoiv)>=(NIV4Enoiv);  
 (99999999\*(1-BIN4Enovi))+(U4Enovi)>=(NIV4Enovi);  
 (99999999\*(1-BIN4Esei))+(U4Esei)>=(NIV4Esei);  
 (99999999\*(1-BIN4Eseii))+(U4Eseii)>=(NIV4Eseii);  
 (99999999\*(1-BIN4Eseiii))+(U4Eseiii)>=(NIV4Eseiii);  
 (99999999\*(1-BIN4Eseiv))+(U4Eseiv)>=(NIV4Eseiv);  
 (99999999\*(1-BIN4Esevi))+(U4Esevi)>=(NIV4Esevi);  
 (99999999\*(1-BIN5Ani))+(U5Ani)>=(NIV5Ani);  
 (99999999\*(1-BIN5Anii))+(U5Anii)>=(NIV5Anii);  
 (99999999\*(1-BIN5Aniii))+(U5Aniii)>=(NIV5Aniii);  
 (99999999\*(1-BIN5Aniv))+(U5Aniv)>=(NIV5Aniv);  
 (99999999\*(1-BIN5Anv))+(U5Anv)>=(NIV5Anv);  
 (99999999\*(1-BIN5Anvi))+(U5Anvi)>=(NIV5Anvi);  
 (99999999\*(1-BIN5Aci))+(U5Aci)>=(NIV5Aci);  
 (99999999\*(1-BIN5Acii))+(U5Acii)>=(NIV5Acii);  
 (99999999\*(1-BIN5Aciii))+(U5Aciii)>=(NIV5Aciii);  
 (99999999\*(1-BIN5Aciv))+(U5Aciv)>=(NIV5Aciv);  
 (99999999\*(1-BIN5Acv))+(U5Acv)>=(NIV5Acv);  
 (99999999\*(1-BIN5Acvi))+(U5Acvi)>=(NIV5Acvi);  
 (99999999\*(1-BIN5Asi))+(U5Asi)>=(NIV5Asi);



(99999999\*(1-BIN5Asii)+(U5Asii)>=(NIV5Asii);  
 (99999999\*(1-BIN5Asiii)+(U5Asiii)>=(NIV5Asiii);  
 (99999999\*(1-BIN5Asiv)+(U5Asiv)>=(NIV5Asiv);  
 (99999999\*(1-BIN5Asv)+(U5Asv)>=(NIV5Asv);  
 (99999999\*(1-BIN5Asvi)+(U5Asvi)>=(NIV5Asvi);  
 (99999999\*(1-BIN5Bnci)+(U5Bnci)>=(NIV5Bnci);  
 (99999999\*(1-BIN5Bncii)+(U5Bncii)>=(NIV5Bncii);  
 (99999999\*(1-BIN5Bnciii)+(U5Bnciii)>=(NIV5Bnciii);  
 (99999999\*(1-BIN5Bnciv)+(U5Bnciv)>=(NIV5Bnciv);  
 (99999999\*(1-BIN5Bncv)+(U5Bncv)>=(NIV5Bncv);  
 (99999999\*(1-BIN5Bncvi)+(U5Bncvi)>=(NIV5Bncvi);  
 (99999999\*(1-BIN5Bnsi)+(U5Bnsi)>=(NIV5Bnsi);  
 (99999999\*(1-BIN5Bnsii)+(U5Bnsii)>=(NIV5Bnsii);  
 (99999999\*(1-BIN5Bnsiii)+(U5Bnsiii)>=(NIV5Bnsiii);  
 (99999999\*(1-BIN5Bnsiv)+(U5Bnsiv)>=(NIV5Bnsiv);  
 (99999999\*(1-BIN5Bnsv)+(U5Bnsv)>=(NIV5Bnsv);  
 (99999999\*(1-BIN5Bnsvi)+(U5Bnsvi)>=(NIV5Bnsvi);  
 (99999999\*(1-BIN5Cui)+(U5Cui)>=(NIV5Cui);  
 (99999999\*(1-BIN5Cuii)+(U5Cuii)>=(NIV5Cuii);  
 (99999999\*(1-BIN5Cuiii)+(U5Cuiii)>=(NIV5Cuiii);  
 (99999999\*(1-BIN5Cuiiv)+(U5Cuiiv)>=(NIV5Cuiiv);  
 (99999999\*(1-BIN5Cuiv)+(U5Cuiv)>=(NIV5Cuiv);  
 (99999999\*(1-BIN5Cuv)+(U5Cuv)>=(NIV5Cuv);  
 (99999999\*(1-BIN5Cuvi)+(U5Cuvi)>=(NIV5Cuvi);  
 (99999999\*(1-BIN5Dpi)+(U5Dpi)>=(NIV5Dpi);  
 (99999999\*(1-BIN5Dpii)+(U5Dpii)>=(NIV5Dpii);  
 (99999999\*(1-BIN5Dpiii)+(U5Dpiii)>=(NIV5Dpiii);  
 (99999999\*(1-BIN5Dpiv)+(U5Dpiv)>=(NIV5Dpiv);  
 (99999999\*(1-BIN5Dpvi)+(U5Dpvi)>=(NIV5Dpvi);  
 (99999999\*(1-BIN5Dpvi)+(U5Dpvi)>=(NIV5Dpvi);  
 (99999999\*(1-BIN5Doi)+(U5Doi)>=(NIV5Doi);  
 (99999999\*(1-BIN5Doii)+(U5Doii)>=(NIV5Doii);  
 (99999999\*(1-BIN5Doiii)+(U5Doiii)>=(NIV5Doiii);  
 (99999999\*(1-BIN5Doiv)+(U5Doiv)>=(NIV5Doiv);  
 (99999999\*(1-BIN5Dov)+(U5Dov)>=(NIV5Dov);  
 (99999999\*(1-BIN5Dovi)+(U5Dovi)>=(NIV5Dovi);  
 (99999999\*(1-BIN5Enoi)+(U5Enoi)>=(NIV5Enoi);  
 (99999999\*(1-BIN5Enoii)+(U5Enoii)>=(NIV5Enoii);  
 (99999999\*(1-BIN5Enoiii)+(U5Enoiii)>=(NIV5Enoiii);  
 (99999999\*(1-BIN5Enoiv)+(U5Enoiv)>=(NIV5Enoiv);  
 (99999999\*(1-BIN5Enovi)+(U5Enovi)>=(NIV5Enovi);  
 (99999999\*(1-BIN5Esei)+(U5Esei)>=(NIV5Esei);  
 (99999999\*(1-BIN5Eseii)+(U5Eseii)>=(NIV5Eseii);  
 (99999999\*(1-BIN5Eseiii)+(U5Eseiii)>=(NIV5Eseiii);  
 (99999999\*(1-BIN5Eseiv)+(U5Eseiv)>=(NIV5Eseiv);  
 (99999999\*(1-BIN5Esevi)+(U5Esevi)>=(NIV5Esevi);  
 (99999999\*(1-BIN6Ani)+(U6Ani)>=(NIV6Ani);  
 (99999999\*(1-BIN6Anii)+(U6Anii)>=(NIV6Anii);  
 (99999999\*(1-BIN6Aniii)+(U6Aniii)>=(NIV6Aniii);  
 (99999999\*(1-BIN6Aniv)+(U6Aniv)>=(NIV6Aniv);  
 (99999999\*(1-BIN6Anvi)+(U6Anvi)>=(NIV6Anvi);  
 (99999999\*(1-BIN6Anvii)+(U6Anvii)>=(NIV6Anvii);  
 (99999999\*(1-BIN6Aci)+(U6Aci)>=(NIV6Aci);  
 (99999999\*(1-BIN6Acii)+(U6Acii)>=(NIV6Acii);  
 (99999999\*(1-BIN6Aciii)+(U6Aciii)>=(NIV6Aciii);  
 (99999999\*(1-BIN6Aciv)+(U6Aciv)>=(NIV6Aciv);  
 (99999999\*(1-BIN6Acvi)+(U6Acvi)>=(NIV6Acvi);  
 (99999999\*(1-BIN6Acvii)+(U6Acvii)>=(NIV6Acvii);  
 (99999999\*(1-BIN6Asi)+(U6Asi)>=(NIV6Asi);  
 (99999999\*(1-BIN6Asii)+(U6Asii)>=(NIV6Asii);  
 (99999999\*(1-BIN6Asiii)+(U6Asiii)>=(NIV6Asiii);  
 (99999999\*(1-BIN6Asiv)+(U6Asiv)>=(NIV6Asiv);  
 (99999999\*(1-BIN6Asvi)+(U6Asvi)>=(NIV6Asvi);  
 (99999999\*(1-BIN6Asvii)+(U6Asvii)>=(NIV6Asvii);  
 (99999999\*(1-BIN6Bnci)+(U6Bnci)>=(NIV6Bnci);  
 (99999999\*(1-BIN6Bncii)+(U6Bncii)>=(NIV6Bncii);  
 (99999999\*(1-BIN6Bnciii)+(U6Bnciii)>=(NIV6Bnciii);  
 (99999999\*(1-BIN6Bnciv)+(U6Bnciv)>=(NIV6Bnciv);  
 (99999999\*(1-BIN6Bncvi)+(U6Bncvi)>=(NIV6Bncvi);  
 (99999999\*(1-BIN6Bnsi)+(U6Bnsi)>=(NIV6Bnsi);  
 (99999999\*(1-BIN6Bnsii)+(U6Bnsii)>=(NIV6Bnsii);  
 (99999999\*(1-BIN6Bnsiii)+(U6Bnsiii)>=(NIV6Bnsiii);  
 (99999999\*(1-BIN6Bnsiv)+(U6Bnsiv)>=(NIV6Bnsiv);  
 (99999999\*(1-BIN6Bnsv)+(U6Bnsv)>=(NIV6Bnsv);  
 (99999999\*(1-BIN6Bnsvi)+(U6Bnsvi)>=(NIV6Bnsvi);  
 (99999999\*(1-BIN6Cui)+(U6Cui)>=(NIV6Cui);  
 (99999999\*(1-BIN6Cuii)+(U6Cuii)>=(NIV6Cuii);  
 (99999999\*(1-BIN6Cuiii)+(U6Cuiii)>=(NIV6Cuiii);  
 (99999999\*(1-BIN6Cuiiv)+(U6Cuiiv)>=(NIV6Cuiiv);  
 (99999999\*(1-BIN6Cuv)+(U6Cuv)>=(NIV6Cuv);  
 (99999999\*(1-BIN6Cuvi)+(U6Cuvi)>=(NIV6Cuvi);  
 (99999999\*(1-BIN6Dpi)+(U6Dpi)>=(NIV6Dpi);  
 (99999999\*(1-BIN6Dpii)+(U6Dpii)>=(NIV6Dpii);  
 (99999999\*(1-BIN6Dpiii)+(U6Dpiii)>=(NIV6Dpiii);  
 (99999999\*(1-BIN6Dpiv)+(U6Dpiv)>=(NIV6Dpiv);  
 (99999999\*(1-BIN6Dpvi)+(U6Dpvi)>=(NIV6Dpvi);  
 (99999999\*(1-BIN6Dpvi)+(U6Dpvi)>=(NIV6Dpvi);  
 (99999999\*(1-BIN6Doi)+(U6Doi)>=(NIV6Doi);  
 (99999999\*(1-BIN6Doii)+(U6Doii)>=(NIV6Doii);  
 (99999999\*(1-BIN6Doiii)+(U6Doiii)>=(NIV6Doiii);  
 (99999999\*(1-BIN6Doiv)+(U6Doiv)>=(NIV6Doiv);

(99999999\*(1-BIN6Dov))+(U6Dov)>=(NIV6Dov);  
 (99999999\*(1-BIN6Dovi))+(U6Dovi)>=(NIV6Dovi);  
 (99999999\*(1-BIN6Enoi))+(U6Enoi)>=(NIV6Enoi);  
 (99999999\*(1-BIN6Enoii))+(U6Enoii)>=(NIV6Enoii);  
 (99999999\*(1-BIN6Enoiii))+(U6Enoiii)>=(NIV6Enoiii);  
 (99999999\*(1-BIN6Enoiv))+(U6Enoiv)>=(NIV6Enoiv);  
 (99999999\*(1-BIN6Enov))+(U6Enov)>=(NIV6Enov);  
 (99999999\*(1-BIN6Enovi))+(U6Enovi)>=(NIV6Enovi);  
 (99999999\*(1-BIN6Esei))+(U6Esei)>=(NIV6Esei);  
 (99999999\*(1-BIN6Eseii))+(U6Eseii)>=(NIV6Eseii);  
 (99999999\*(1-BIN6Eseiii))+(U6Eseiii)>=(NIV6Eseiii);  
 (99999999\*(1-BIN6Eseiv))+(U6Eseiv)>=(NIV6Eseiv);  
 (99999999\*(1-BIN6Esev))+(U6Esev)>=(NIV6Esev);  
 (99999999\*(1-BIN6Esevi))+(U6Esevi)>=(NIV6Esevi);

!R11 de Definición de U Apartado 6;

(U1Ani)<=(NIV1Ani)+(99999999\*(1-BIN1Ani));  
 (U1Anii)<=(NIV1Anii)+(99999999\*(1-BIN1Anii));  
 (U1Aniii)<=(NIV1Aniii)+(99999999\*(1-BIN1Aniii));  
 (U1Aniv)<=(NIV1Aniv)+(99999999\*(1-BIN1Aniv));  
 (U1Anv)<=(NIV1Anv)+(99999999\*(1-BIN1Anv));  
 (U1Anvi)<=(NIV1Anvi)+(99999999\*(1-BIN1Anvi));  
 (U1Aci)<=(NIV1Aci)+(99999999\*(1-BIN1Aci));  
 (U1Acii)<=(NIV1Acii)+(99999999\*(1-BIN1Acii));  
 (U1Aciii)<=(NIV1Aciii)+(99999999\*(1-BIN1Aciii));  
 (U1Aciv)<=(NIV1Aciv)+(99999999\*(1-BIN1Aciv));  
 (U1Acv)<=(NIV1Acv)+(99999999\*(1-BIN1Acv));  
 (U1Acvi)<=(NIV1Acvi)+(99999999\*(1-BIN1Acvi));  
 (U1Asi)<=(NIV1Asi)+(99999999\*(1-BIN1Asi));  
 (U1Asii)<=(NIV1Asii)+(99999999\*(1-BIN1Asii));  
 (U1Asiii)<=(NIV1Asiii)+(99999999\*(1-BIN1Asiii));  
 (U1Asiv)<=(NIV1Asiv)+(99999999\*(1-BIN1Asiv));  
 (U1Asv)<=(NIV1Asv)+(99999999\*(1-BIN1Asv));  
 (U1Asvi)<=(NIV1Asvi)+(99999999\*(1-BIN1Asvi));  
 (U1Bnci)<=(NIV1Bnci)+(99999999\*(1-BIN1Bnci));  
 (U1Bncii)<=(NIV1Bncii)+(99999999\*(1-BIN1Bncii));  
 (U1Bnciii)<=(NIV1Bnciii)+(99999999\*(1-BIN1Bnciii));  
 (U1Bnciv)<=(NIV1Bnciv)+(99999999\*(1-BIN1Bnciv));  
 (U1Bncv)<=(NIV1Bncv)+(99999999\*(1-BIN1Bncv));  
 (U1Bncvi)<=(NIV1Bncvi)+(99999999\*(1-BIN1Bncvi));  
 (U1Bsi)<=(NIV1Bsi)+(99999999\*(1-BIN1Bsi));  
 (U1Bsii)<=(NIV1Bsii)+(99999999\*(1-BIN1Bsii));  
 (U1Bsiii)<=(NIV1Bsiii)+(99999999\*(1-BIN1Bsiii));  
 (U1Bsvi)<=(NIV1Bsvi)+(99999999\*(1-BIN1Bsvi));  
 (U1Bsv)<=(NIV1Bsv)+(99999999\*(1-BIN1Bsv));  
 (U1Bsvi)<=(NIV1Bsvi)+(99999999\*(1-BIN1Bsvi));  
 (U1Cui)<=(NIV1Cui)+(99999999\*(1-BIN1Cui));  
 (U1Cuii)<=(NIV1Cuii)+(99999999\*(1-BIN1Cuii));  
 (U1Cuiii)<=(NIV1Cuiii)+(99999999\*(1-BIN1Cuiii));  
 (U1Cuiv)<=(NIV1Cuiv)+(99999999\*(1-BIN1Cuiv));  
 (U1Cuv)<=(NIV1Cuv)+(99999999\*(1-BIN1Cuv));  
 (U1Cuvi)<=(NIV1Cuvi)+(99999999\*(1-BIN1Cuvi));  
 (U1Dpi)<=(NIV1Dpi)+(99999999\*(1-BIN1Dpi));  
 (U1Dpii)<=(NIV1Dpii)+(99999999\*(1-BIN1Dpii));  
 (U1Dpiii)<=(NIV1Dpiii)+(99999999\*(1-BIN1Dpiii));  
 (U1Dpiv)<=(NIV1Dpiv)+(99999999\*(1-BIN1Dpiv));  
 (U1Dpv)<=(NIV1Dpv)+(99999999\*(1-BIN1Dpv));  
 (U1Dpvi)<=(NIV1Dpvi)+(99999999\*(1-BIN1Dpvi));  
 (U1Doi)<=(NIV1Doi)+(99999999\*(1-BIN1Doi));  
 (U1Doii)<=(NIV1Doii)+(99999999\*(1-BIN1Doii));  
 (U1Doiii)<=(NIV1Doiii)+(99999999\*(1-BIN1Doiii));  
 (U1Doiv)<=(NIV1Doiv)+(99999999\*(1-BIN1Doiv));  
 (U1Dov)<=(NIV1Dov)+(99999999\*(1-BIN1Dov));  
 (U1Dovi)<=(NIV1Dovi)+(99999999\*(1-BIN1Dovi));  
 (U1Enoi)<=(NIV1Enoi)+(99999999\*(1-BIN1Enoi));  
 (U1Enoii)<=(NIV1Enoii)+(99999999\*(1-BIN1Enoii));  
 (U1Enoiii)<=(NIV1Enoiii)+(99999999\*(1-BIN1Enoiii));  
 (U1Enoiv)<=(NIV1Enoiv)+(99999999\*(1-BIN1Enoiv));  
 (U1Enov)<=(NIV1Enov)+(99999999\*(1-BIN1Enov));  
 (U1Enovi)<=(NIV1Enovi)+(99999999\*(1-BIN1Enovi));  
 (U1Esei)<=(NIV1Esei)+(99999999\*(1-BIN1Esei));  
 (U1Eseii)<=(NIV1Eseii)+(99999999\*(1-BIN1Eseii));  
 (U1Eseiii)<=(NIV1Eseiii)+(99999999\*(1-BIN1Eseiii));  
 (U1Eseiv)<=(NIV1Eseiv)+(99999999\*(1-BIN1Eseiv));  
 (U1Esev)<=(NIV1Esev)+(99999999\*(1-BIN1Esev));  
 (U1Esevi)<=(NIV1Esevi)+(99999999\*(1-BIN1Esevi));  
 (U2Ani)<=(NIV2Ani)+(99999999\*(1-BIN2Ani));  
 (U2Anii)<=(NIV2Anii)+(99999999\*(1-BIN2Anii));  
 (U2Aniii)<=(NIV2Aniii)+(99999999\*(1-BIN2Aniii));  
 (U2Aniv)<=(NIV2Aniv)+(99999999\*(1-BIN2Aniv));  
 (U2Anv)<=(NIV2Anv)+(99999999\*(1-BIN2Anv));  
 (U2Anvi)<=(NIV2Anvi)+(99999999\*(1-BIN2Anvi));  
 (U2Aci)<=(NIV2Aci)+(99999999\*(1-BIN2Aci));  
 (U2Acii)<=(NIV2Acii)+(99999999\*(1-BIN2Acii));  
 (U2Aciii)<=(NIV2Aciii)+(99999999\*(1-BIN2Aciii));  
 (U2Aciv)<=(NIV2Aciv)+(99999999\*(1-BIN2Aciv));  
 (U2Acv)<=(NIV2Acv)+(99999999\*(1-BIN2Acv));  
 (U2Acvi)<=(NIV2Acvi)+(99999999\*(1-BIN2Acvi));  
 (U2Asi)<=(NIV2Asi)+(99999999\*(1-BIN2Asi));  
 (U2Asii)<=(NIV2Asii)+(99999999\*(1-BIN2Asii));  
 (U2Asiii)<=(NIV2Asiii)+(99999999\*(1-BIN2Asiii));  
 (U2Asiv)<=(NIV2Asiv)+(99999999\*(1-BIN2Asiv));

(U2Asv)<=(NIV2Asv)+(99999999\*(1-BIN2Asv));  
(U2Asvi)<=(NIV2Asvi)+(99999999\*(1-BIN2Asvi));  
(U2Bnci)<=(NIV2Bnci)+(99999999\*(1-BIN2Bnci));  
(U2Bncii)<=(NIV2Bncii)+(99999999\*(1-BIN2Bncii));  
(U2Bnciii)<=(NIV2Bnciii)+(99999999\*(1-BIN2Bnciii));  
(U2Bnciv)<=(NIV2Bnciv)+(99999999\*(1-BIN2Bnciv));  
(U2Bncv)<=(NIV2Bncv)+(99999999\*(1-BIN2Bncv));  
(U2Bncvi)<=(NIV2Bncvi)+(99999999\*(1-BIN2Bncvi));  
(U2Bksi)<=(NIV2Bksi)+(99999999\*(1-BIN2Bksi));  
(U2Bksii)<=(NIV2Bksii)+(99999999\*(1-BIN2Bksii));  
(U2Bksiii)<=(NIV2Bksiii)+(99999999\*(1-BIN2Bksiii));  
(U2Bksiv)<=(NIV2Bksiv)+(99999999\*(1-BIN2Bksiv));  
(U2Bksv)<=(NIV2Bksv)+(99999999\*(1-BIN2Bksv));  
(U2Bksvi)<=(NIV2Bksvi)+(99999999\*(1-BIN2Bksvi));  
(U2Cui)<=(NIV2Cui)+(99999999\*(1-BIN2Cui));  
(U2Cuii)<=(NIV2Cuii)+(99999999\*(1-BIN2Cuii));  
(U2Cuiii)<=(NIV2Cuiii)+(99999999\*(1-BIN2Cuiii));  
(U2Cuiv)<=(NIV2Cuiv)+(99999999\*(1-BIN2Cuiv));  
(U2Cuv)<=(NIV2Cuv)+(99999999\*(1-BIN2Cuv));  
(U2Cuvi)<=(NIV2Cuvi)+(99999999\*(1-BIN2Cuvi));  
(U2Dpi)<=(NIV2Dpi)+(99999999\*(1-BIN2Dpi));  
(U2Dpii)<=(NIV2Dpii)+(99999999\*(1-BIN2Dpii));  
(U2Dpiii)<=(NIV2Dpiii)+(99999999\*(1-BIN2Dpiii));  
(U2Dpiv)<=(NIV2Dpiv)+(99999999\*(1-BIN2Dpiv));  
(U2Dpv)<=(NIV2Dpv)+(99999999\*(1-BIN2Dpv));  
(U2Dpvi)<=(NIV2Dpvi)+(99999999\*(1-BIN2Dpvi));  
(U2Doi)<=(NIV2Doi)+(99999999\*(1-BIN2Doi));  
(U2Doii)<=(NIV2Doii)+(99999999\*(1-BIN2Doii));  
(U2Doiii)<=(NIV2Doiii)+(99999999\*(1-BIN2Doiii));  
(U2Doiv)<=(NIV2Doiv)+(99999999\*(1-BIN2Doiv));  
(U2Dov)<=(NIV2Dov)+(99999999\*(1-BIN2Dov));  
(U2Dovi)<=(NIV2Dovi)+(99999999\*(1-BIN2Dovi));  
(U2Enoi)<=(NIV2Enoi)+(99999999\*(1-BIN2Enoi));  
(U2Enoii)<=(NIV2Enoii)+(99999999\*(1-BIN2Enoii));  
(U2Enoiii)<=(NIV2Enoiii)+(99999999\*(1-BIN2Enoiii));  
(U2Enoiv)<=(NIV2Enoiv)+(99999999\*(1-BIN2Enoiv));  
(U2Enovi)<=(NIV2Enovi)+(99999999\*(1-BIN2Enovi));  
(U2Esei)<=(NIV2Esei)+(99999999\*(1-BIN2Esei));  
(U2Eseii)<=(NIV2Eseii)+(99999999\*(1-BIN2Eseii));  
(U2Eseiii)<=(NIV2Eseiii)+(99999999\*(1-BIN2Eseiii));  
(U2Eseiv)<=(NIV2Eseiv)+(99999999\*(1-BIN2Eseiv));  
(U2Esevi)<=(NIV2Esevi)+(99999999\*(1-BIN2Esevi));  
(U2Esevi)<=(NIV2Esevi)+(99999999\*(1-BIN2Esevi));  
(U3Ani)<=(NIV3Ani)+(99999999\*(1-BIN3Ani));  
(U3Anii)<=(NIV3Anii)+(99999999\*(1-BIN3Anii));  
(U3Aniii)<=(NIV3Aniii)+(99999999\*(1-BIN3Aniii));  
(U3Aniv)<=(NIV3Aniv)+(99999999\*(1-BIN3Aniv));  
(U3Anv)<=(NIV3Anv)+(99999999\*(1-BIN3Anv));  
(U3Anvi)<=(NIV3Anvi)+(99999999\*(1-BIN3Anvi));  
(U3Aci)<=(NIV3Aci)+(99999999\*(1-BIN3Aci));  
(U3Acii)<=(NIV3Acii)+(99999999\*(1-BIN3Acii));  
(U3Aciii)<=(NIV3Aciii)+(99999999\*(1-BIN3Aciii));  
(U3Aciv)<=(NIV3Aciv)+(99999999\*(1-BIN3Aciv));  
(U3Acv)<=(NIV3Acv)+(99999999\*(1-BIN3Acv));  
(U3Acvi)<=(NIV3Acvi)+(99999999\*(1-BIN3Acvi));  
(U3Asi)<=(NIV3Asi)+(99999999\*(1-BIN3Asi));  
(U3Asii)<=(NIV3Asii)+(99999999\*(1-BIN3Asii));  
(U3Asiii)<=(NIV3Asiii)+(99999999\*(1-BIN3Asiii));  
(U3Asiv)<=(NIV3Asiv)+(99999999\*(1-BIN3Asiv));  
(U3Asv)<=(NIV3Asv)+(99999999\*(1-BIN3Asv));  
(U3Asvi)<=(NIV3Asvi)+(99999999\*(1-BIN3Asvi));  
(U3Bnci)<=(NIV3Bnci)+(99999999\*(1-BIN3Bnci));  
(U3Bncii)<=(NIV3Bncii)+(99999999\*(1-BIN3Bncii));  
(U3Bnciii)<=(NIV3Bnciii)+(99999999\*(1-BIN3Bnciii));  
(U3Bnciv)<=(NIV3Bnciv)+(99999999\*(1-BIN3Bnciv));  
(U3Bncv)<=(NIV3Bncv)+(99999999\*(1-BIN3Bncv));  
(U3Bncvi)<=(NIV3Bncvi)+(99999999\*(1-BIN3Bncvi));  
(U3Bksi)<=(NIV3Bksi)+(99999999\*(1-BIN3Bksi));  
(U3Bksii)<=(NIV3Bksii)+(99999999\*(1-BIN3Bksii));  
(U3Bksiii)<=(NIV3Bksiii)+(99999999\*(1-BIN3Bksiii));  
(U3Bksiv)<=(NIV3Bksiv)+(99999999\*(1-BIN3Bksiv));  
(U3Bksv)<=(NIV3Bksv)+(99999999\*(1-BIN3Bksv));  
(U3Bksvi)<=(NIV3Bksvi)+(99999999\*(1-BIN3Bksvi));  
(U3Cui)<=(NIV3Cui)+(99999999\*(1-BIN3Cui));  
(U3Cuii)<=(NIV3Cuii)+(99999999\*(1-BIN3Cuii));  
(U3Cuiii)<=(NIV3Cuiii)+(99999999\*(1-BIN3Cuiii));  
(U3Cuiv)<=(NIV3Cuiv)+(99999999\*(1-BIN3Cuiv));  
(U3Cuv)<=(NIV3Cuv)+(99999999\*(1-BIN3Cuv));  
(U3Cuvi)<=(NIV3Cuvi)+(99999999\*(1-BIN3Cuvi));  
(U3Dpi)<=(NIV3Dpi)+(99999999\*(1-BIN3Dpi));  
(U3Dpii)<=(NIV3Dpii)+(99999999\*(1-BIN3Dpii));  
(U3Dpiii)<=(NIV3Dpiii)+(99999999\*(1-BIN3Dpiii));  
(U3Dpiv)<=(NIV3Dpiv)+(99999999\*(1-BIN3Dpiv));  
(U3Dpv)<=(NIV3Dpv)+(99999999\*(1-BIN3Dpv));  
(U3Dpvi)<=(NIV3Dpvi)+(99999999\*(1-BIN3Dpvi));  
(U3Doi)<=(NIV3Doi)+(99999999\*(1-BIN3Doi));  
(U3Doii)<=(NIV3Doii)+(99999999\*(1-BIN3Doii));  
(U3Doiii)<=(NIV3Doiii)+(99999999\*(1-BIN3Doiii));  
(U3Doiv)<=(NIV3Doiv)+(99999999\*(1-BIN3Doiv));  
(U3Dov)<=(NIV3Dov)+(99999999\*(1-BIN3Dov));  
(U3Dovi)<=(NIV3Dovi)+(99999999\*(1-BIN3Dovi));  
(U3Enoi)<=(NIV3Enoi)+(99999999\*(1-BIN3Enoi));

(U3Enoi) <= (NIV3Enoi) + (99999999\*(1-BIN3Enoi));  
 (U3Enoii) <= (NIV3Enoii) + (99999999\*(1-BIN3Enoii));  
 (U3Enoiii) <= (NIV3Enoiii) + (99999999\*(1-BIN3Enoiii));  
 (U3Enoiv) <= (NIV3Enoiv) + (99999999\*(1-BIN3Enoiv));  
 (U3Enov) <= (NIV3Enov) + (99999999\*(1-BIN3Enov));  
 (U3Enovi) <= (NIV3Enovi) + (99999999\*(1-BIN3Enovi));  
 (U3Esei) <= (NIV3Esei) + (99999999\*(1-BIN3Esei));  
 (U3Eseii) <= (NIV3Eseii) + (99999999\*(1-BIN3Eseii));  
 (U3Eseiii) <= (NIV3Eseiii) + (99999999\*(1-BIN3Eseiii));  
 (U3Eseiv) <= (NIV3Eseiv) + (99999999\*(1-BIN3Eseiv));  
 (U3Esevi) <= (NIV3Esevi) + (99999999\*(1-BIN3Esevi));  
 (U4Ani) <= (NIV4Ani) + (99999999\*(1-BIN4Ani));  
 (U4Anii) <= (NIV4Anii) + (99999999\*(1-BIN4Anii));  
 (U4Aniii) <= (NIV4Aniii) + (99999999\*(1-BIN4Aniii));  
 (U4Aniv) <= (NIV4Aniv) + (99999999\*(1-BIN4Aniv));  
 (U4Anv) <= (NIV4Anv) + (99999999\*(1-BIN4Anv));  
 (U4Anvi) <= (NIV4Anvi) + (99999999\*(1-BIN4Anvi));  
 (U4Aci) <= (NIV4Aci) + (99999999\*(1-BIN4Aci));  
 (U4Acii) <= (NIV4Acii) + (99999999\*(1-BIN4Acii));  
 (U4Aciii) <= (NIV4Aciii) + (99999999\*(1-BIN4Aciii));  
 (U4Aciv) <= (NIV4Aciv) + (99999999\*(1-BIN4Aciv));  
 (U4Acv) <= (NIV4Acv) + (99999999\*(1-BIN4Acv));  
 (U4Acvi) <= (NIV4Acvi) + (99999999\*(1-BIN4Acvi));  
 (U4Asi) <= (NIV4Asi) + (99999999\*(1-BIN4Asi));  
 (U4Asii) <= (NIV4Asii) + (99999999\*(1-BIN4Asii));  
 (U4Asiii) <= (NIV4Asiii) + (99999999\*(1-BIN4Asiii));  
 (U4Asiv) <= (NIV4Asiv) + (99999999\*(1-BIN4Asiv));  
 (U4Asv) <= (NIV4Asv) + (99999999\*(1-BIN4Asv));  
 (U4Asvi) <= (NIV4Asvi) + (99999999\*(1-BIN4Asvi));  
 (U4Bnci) <= (NIV4Bnci) + (99999999\*(1-BIN4Bnci));  
 (U4Bncii) <= (NIV4Bncii) + (99999999\*(1-BIN4Bncii));  
 (U4Bnciii) <= (NIV4Bnciii) + (99999999\*(1-BIN4Bnciii));  
 (U4Bnciv) <= (NIV4Bnciv) + (99999999\*(1-BIN4Bnciv));  
 (U4Bncv) <= (NIV4Bncv) + (99999999\*(1-BIN4Bncv));  
 (U4Bncvi) <= (NIV4Bncvi) + (99999999\*(1-BIN4Bncvi));  
 (U4Bsi) <= (NIV4Bsi) + (99999999\*(1-BIN4Bsi));  
 (U4Bsii) <= (NIV4Bsii) + (99999999\*(1-BIN4Bsii));  
 (U4Bsiii) <= (NIV4Bsiii) + (99999999\*(1-BIN4Bsiii));  
 (U4Bshiv) <= (NIV4Bshiv) + (99999999\*(1-BIN4Bshiv));  
 (U4Bsv) <= (NIV4Bsv) + (99999999\*(1-BIN4Bsv));  
 (U4Bsvi) <= (NIV4Bsvi) + (99999999\*(1-BIN4Bsvi));  
 (U4Cui) <= (NIV4Cui) + (99999999\*(1-BIN4Cui));  
 (U4Cuii) <= (NIV4Cuii) + (99999999\*(1-BIN4Cuii));  
 (U4Cuiii) <= (NIV4Cuiii) + (99999999\*(1-BIN4Cuiii));  
 (U4Cuiv) <= (NIV4Cuiv) + (99999999\*(1-BIN4Cuiv));  
 (U4Cuv) <= (NIV4Cuv) + (99999999\*(1-BIN4Cuv));  
 (U4Cuvi) <= (NIV4Cuvi) + (99999999\*(1-BIN4Cuvi));  
 (U4Dpi) <= (NIV4Dpi) + (99999999\*(1-BIN4Dpi));  
 (U4Dpii) <= (NIV4Dpii) + (99999999\*(1-BIN4Dpii));  
 (U4Dpiii) <= (NIV4Dpiii) + (99999999\*(1-BIN4Dpiii));  
 (U4Dpiv) <= (NIV4Dpiv) + (99999999\*(1-BIN4Dpiv));  
 (U4Dpv) <= (NIV4Dpv) + (99999999\*(1-BIN4Dpv));  
 (U4Dpvi) <= (NIV4Dpvi) + (99999999\*(1-BIN4Dpvi));  
 (U4Doi) <= (NIV4Doi) + (99999999\*(1-BIN4Doi));  
 (U4Doii) <= (NIV4Doii) + (99999999\*(1-BIN4Doii));  
 (U4Doiii) <= (NIV4Doiii) + (99999999\*(1-BIN4Doiii));  
 (U4Doiv) <= (NIV4Doiv) + (99999999\*(1-BIN4Doiv));  
 (U4Dov) <= (NIV4Dov) + (99999999\*(1-BIN4Dov));  
 (U4Dovi) <= (NIV4Dovi) + (99999999\*(1-BIN4Dovi));  
 (U4Enoi) <= (NIV4Enoi) + (99999999\*(1-BIN4Enoi));  
 (U4Enoii) <= (NIV4Enoii) + (99999999\*(1-BIN4Enoii));  
 (U4Enoiii) <= (NIV4Enoiii) + (99999999\*(1-BIN4Enoiii));  
 (U4Enoiv) <= (NIV4Enoiv) + (99999999\*(1-BIN4Enoiv));  
 (U4Enov) <= (NIV4Enov) + (99999999\*(1-BIN4Enov));  
 (U4Enovi) <= (NIV4Enovi) + (99999999\*(1-BIN4Enovi));  
 (U4Esei) <= (NIV4Esei) + (99999999\*(1-BIN4Esei));  
 (U4Eseii) <= (NIV4Eseii) + (99999999\*(1-BIN4Eseii));  
 (U4Eseiii) <= (NIV4Eseiii) + (99999999\*(1-BIN4Eseiii));  
 (U4Eseiv) <= (NIV4Eseiv) + (99999999\*(1-BIN4Eseiv));  
 (U4Esevi) <= (NIV4Esevi) + (99999999\*(1-BIN4Esevi));  
 (U5Ani) <= (NIV5Ani) + (99999999\*(1-BIN5Ani));  
 (U5Anii) <= (NIV5Anii) + (99999999\*(1-BIN5Anii));  
 (U5Aniii) <= (NIV5Aniii) + (99999999\*(1-BIN5Aniii));  
 (U5Aniv) <= (NIV5Aniv) + (99999999\*(1-BIN5Aniv));  
 (U5Anv) <= (NIV5Anv) + (99999999\*(1-BIN5Anv));  
 (U5Anvi) <= (NIV5Anvi) + (99999999\*(1-BIN5Anvi));  
 (U5Aci) <= (NIV5Aci) + (99999999\*(1-BIN5Aci));  
 (U5Acii) <= (NIV5Acii) + (99999999\*(1-BIN5Acii));  
 (U5Aciii) <= (NIV5Aciii) + (99999999\*(1-BIN5Aciii));  
 (U5Aciv) <= (NIV5Aciv) + (99999999\*(1-BIN5Aciv));  
 (U5Acv) <= (NIV5Acv) + (99999999\*(1-BIN5Acv));  
 (U5Acvi) <= (NIV5Acvi) + (99999999\*(1-BIN5Acvi));  
 (U5Asi) <= (NIV5Asi) + (99999999\*(1-BIN5Asi));  
 (U5Asii) <= (NIV5Asii) + (99999999\*(1-BIN5Asii));  
 (U5Asiii) <= (NIV5Asiii) + (99999999\*(1-BIN5Asiii));  
 (U5Asiv) <= (NIV5Asiv) + (99999999\*(1-BIN5Asiv));  
 (U5Asv) <= (NIV5Asv) + (99999999\*(1-BIN5Asv));  
 (U5Asvi) <= (NIV5Asvi) + (99999999\*(1-BIN5Asvi));  
 (U5Bnci) <= (NIV5Bnci) + (99999999\*(1-BIN5Bnci));  
 (U5Bncii) <= (NIV5Bncii) + (99999999\*(1-BIN5Bncii));  
 (U5Bnciii) <= (NIV5Bnciii) + (99999999\*(1-BIN5Bnciii));  
 (U5Bnciv) <= (NIV5Bnciv) + (99999999\*(1-BIN5Bnciv));  
 (U5Bncv) <= (NIV5Bncv) + (99999999\*(1-BIN5Bncv));

(U5Bncvi)<=(NIV5Bncvi)+(99999999\*(1-BIN5Bncvi));  
(U5Bbsi)<=(NIV5Bbsi)+(99999999\*(1-BIN5Bbsi));  
(U5Bbsii)<=(NIV5Bbsii)+(99999999\*(1-BIN5Bbsii));  
(U5Bbsiii)<=(NIV5Bbsiii)+(99999999\*(1-BIN5Bbsiii));  
(U5Bbsiv)<=(NIV5Bbsiv)+(99999999\*(1-BIN5Bbsiv));  
(U5Bbsv)<=(NIV5Bbsv)+(99999999\*(1-BIN5Bbsv));  
(U5Bbsvi)<=(NIV5Bbsvi)+(99999999\*(1-BIN5Bbsvi));  
(U5Cui)<=(NIV5Cui)+(99999999\*(1-BIN5Cui));  
(U5Cuii)<=(NIV5Cuii)+(99999999\*(1-BIN5Cuii));  
(U5Cuiii)<=(NIV5Cuiii)+(99999999\*(1-BIN5Cuiii));  
(U5Cuiv)<=(NIV5Cuiv)+(99999999\*(1-BIN5Cuiv));  
(U5Cuv)<=(NIV5Cuv)+(99999999\*(1-BIN5Cuv));  
(U5Cuvi)<=(NIV5Cuvi)+(99999999\*(1-BIN5Cuvi));  
(U5Dpi)<=(NIV5Dpi)+(99999999\*(1-BIN5Dpi));  
(U5Dpii)<=(NIV5Dpii)+(99999999\*(1-BIN5Dpii));  
(U5Dpiii)<=(NIV5Dpiii)+(99999999\*(1-BIN5Dpiii));  
(U5Dpiv)<=(NIV5Dpiv)+(99999999\*(1-BIN5Dpiv));  
(U5Dpv)<=(NIV5Dpv)+(99999999\*(1-BIN5Dpv));  
(U5Dpvi)<=(NIV5Dpvi)+(99999999\*(1-BIN5Dpvi));  
(U5Doi)<=(NIV5Doi)+(99999999\*(1-BIN5Doi));  
(U5Doii)<=(NIV5Doii)+(99999999\*(1-BIN5Doii));  
(U5Doiii)<=(NIV5Doiii)+(99999999\*(1-BIN5Doiii));  
(U5Doiv)<=(NIV5Doiv)+(99999999\*(1-BIN5Doiv));  
(U5Dov)<=(NIV5Dov)+(99999999\*(1-BIN5Dov));  
(U5Dovi)<=(NIV5Dovi)+(99999999\*(1-BIN5Dovi));  
(U5Enoi)<=(NIV5Enoi)+(99999999\*(1-BIN5Enoi));  
(U5Enoii)<=(NIV5Enoii)+(99999999\*(1-BIN5Enoii));  
(U5Enoiii)<=(NIV5Enoiii)+(99999999\*(1-BIN5Enoiii));  
(U5Enoiv)<=(NIV5Enoiv)+(99999999\*(1-BIN5Enoiv));  
(U5Enov)<=(NIV5Enov)+(99999999\*(1-BIN5Enov));  
(U5Enovi)<=(NIV5Enovi)+(99999999\*(1-BIN5Enovi));  
(U5Esei)<=(NIV5Esei)+(99999999\*(1-BIN5Esei));  
(U5Eseii)<=(NIV5Eseii)+(99999999\*(1-BIN5Eseii));  
(U5Eseiii)<=(NIV5Eseiii)+(99999999\*(1-BIN5Eseiii));  
(U5Eseiv)<=(NIV5Eseiv)+(99999999\*(1-BIN5Eseiv));  
(U5Esevi)<=(NIV5Esevi)+(99999999\*(1-BIN5Esevi));  
(U5Esevi)<=(NIV5Esevi)+(99999999\*(1-BIN5Esevi));  
(U6Ani)<=(NIV6Ani)+(99999999\*(1-BIN6Ani));  
(U6Anii)<=(NIV6Anii)+(99999999\*(1-BIN6Anii));  
(U6Aniii)<=(NIV6Aniii)+(99999999\*(1-BIN6Aniii));  
(U6Aniv)<=(NIV6Aniv)+(99999999\*(1-BIN6Aniv));  
(U6Anv)<=(NIV6Anv)+(99999999\*(1-BIN6Anv));  
(U6Anvi)<=(NIV6Anvi)+(99999999\*(1-BIN6Anvi));  
(U6Aci)<=(NIV6Aci)+(99999999\*(1-BIN6Aci));  
(U6Acii)<=(NIV6Acii)+(99999999\*(1-BIN6Acii));  
(U6Aciii)<=(NIV6Aciii)+(99999999\*(1-BIN6Aciii));  
(U6Aciv)<=(NIV6Aciv)+(99999999\*(1-BIN6Aciv));  
(U6Acv)<=(NIV6Acv)+(99999999\*(1-BIN6Acv));  
(U6Acvi)<=(NIV6Acvi)+(99999999\*(1-BIN6Acvi));  
(U6Asi)<=(NIV6Asi)+(99999999\*(1-BIN6Asi));  
(U6Asii)<=(NIV6Asii)+(99999999\*(1-BIN6Asii));  
(U6Asiii)<=(NIV6Asiii)+(99999999\*(1-BIN6Asiii));  
(U6Asiv)<=(NIV6Asiv)+(99999999\*(1-BIN6Asiv));  
(U6Asv)<=(NIV6Asv)+(99999999\*(1-BIN6Asv));  
(U6Asvi)<=(NIV6Asvi)+(99999999\*(1-BIN6Asvi));  
(U6Bnci)<=(NIV6Bnci)+(99999999\*(1-BIN6Bnci));  
(U6Bncii)<=(NIV6Bncii)+(99999999\*(1-BIN6Bncii));  
(U6Bnciii)<=(NIV6Bnciii)+(99999999\*(1-BIN6Bnciii));  
(U6Bnciv)<=(NIV6Bnciv)+(99999999\*(1-BIN6Bnciv));  
(U6Bncv)<=(NIV6Bncv)+(99999999\*(1-BIN6Bncv));  
(U6Bncvi)<=(NIV6Bncvi)+(99999999\*(1-BIN6Bncvi));  
(U6Bbsi)<=(NIV6Bbsi)+(99999999\*(1-BIN6Bbsi));  
(U6Bbsii)<=(NIV6Bbsii)+(99999999\*(1-BIN6Bbsii));  
(U6Bbsiii)<=(NIV6Bbsiii)+(99999999\*(1-BIN6Bbsiii));  
(U6Bbsiv)<=(NIV6Bbsiv)+(99999999\*(1-BIN6Bbsiv));  
(U6Bbsv)<=(NIV6Bbsv)+(99999999\*(1-BIN6Bbsv));  
(U6Bbsvi)<=(NIV6Bbsvi)+(99999999\*(1-BIN6Bbsvi));  
(U6Cui)<=(NIV6Cui)+(99999999\*(1-BIN6Cui));  
(U6Cuii)<=(NIV6Cuii)+(99999999\*(1-BIN6Cuii));  
(U6Cuiii)<=(NIV6Cuiii)+(99999999\*(1-BIN6Cuiii));  
(U6Cuiv)<=(NIV6Cuiv)+(99999999\*(1-BIN6Cuiv));  
(U6Cuv)<=(NIV6Cuv)+(99999999\*(1-BIN6Cuv));  
(U6Cuvi)<=(NIV6Cuvi)+(99999999\*(1-BIN6Cuvi));  
(U6Dpi)<=(NIV6Dpi)+(99999999\*(1-BIN6Dpi));  
(U6Dpii)<=(NIV6Dpii)+(99999999\*(1-BIN6Dpii));  
(U6Dpiii)<=(NIV6Dpiii)+(99999999\*(1-BIN6Dpiii));  
(U6Dpiv)<=(NIV6Dpiv)+(99999999\*(1-BIN6Dpiv));  
(U6Dpv)<=(NIV6Dpv)+(99999999\*(1-BIN6Dpv));  
(U6Dpvi)<=(NIV6Dpvi)+(99999999\*(1-BIN6Dpvi));  
(U6Doi)<=(NIV6Doi)+(99999999\*(1-BIN6Doi));  
(U6Doii)<=(NIV6Doii)+(99999999\*(1-BIN6Doii));  
(U6Doiii)<=(NIV6Doiii)+(99999999\*(1-BIN6Doiii));  
(U6Doiv)<=(NIV6Doiv)+(99999999\*(1-BIN6Doiv));  
(U6Dov)<=(NIV6Dov)+(99999999\*(1-BIN6Dov));  
(U6Dovi)<=(NIV6Dovi)+(99999999\*(1-BIN6Dovi));  
(U6Enoi)<=(NIV6Enoi)+(99999999\*(1-BIN6Enoi));  
(U6Enoii)<=(NIV6Enoii)+(99999999\*(1-BIN6Enoii));  
(U6Enoiii)<=(NIV6Enoiii)+(99999999\*(1-BIN6Enoiii));  
(U6Enoiv)<=(NIV6Enoiv)+(99999999\*(1-BIN6Enoiv));  
(U6Enov)<=(NIV6Enov)+(99999999\*(1-BIN6Enov));  
(U6Enovi)<=(NIV6Enovi)+(99999999\*(1-BIN6Enovi));  
(U6Esei)<=(NIV6Esei)+(99999999\*(1-BIN6Esei));  
(U6Eseii)<=(NIV6Eseii)+(99999999\*(1-BIN6Eseii));

















(U3Bncvi)+(U3Bsvi)>=(BBIN3Bvii);  
(U4Bncvi)+(U4Bsvi)>=(BBIN4Bvii);  
(U5Bncvi)+(U5Bsvi)>=(BBIN5Bvii);  
(U6Bncvi)+(U6Bsvi)>=(BBIN6Bvii);  
(U1Cuvi)+(0)>=(BBIN1Cvii);  
(U2Cuvi)+(0)>=(BBIN2Cvii);  
(U3Cuvi)+(0)>=(BBIN3Cvii);  
(U4Cuvi)+(0)>=(BBIN4Cvii);  
(U5Cuvi)+(0)>=(BBIN5Cvii);  
(U6Cuvi)+(0)>=(BBIN6Cvii);  
(U1Dpvi)+(U1Dovi)>=(BBIN1Dvii);  
(U2Dpvi)+(U2Dovi)>=(BBIN2Dvii);  
(U3Dpvi)+(U3Dovi)>=(BBIN3Dvii);  
(U4Dpvi)+(U4Dovi)>=(BBIN4Dvii);  
(U5Dpvi)+(U5Dovi)>=(BBIN5Dvii);  
(U6Dpvi)+(U6Dovi)>=(BBIN6Dvii);  
(U1Enovi)+(U1Esevi)>=(BBIN1Evii);  
(U2Enovi)+(U2Esevi)>=(BBIN2Evii);  
(U3Enovi)+(U3Esevi)>=(BBIN3Evii);  
(U4Enovi)+(U4Esevi)>=(BBIN4Evii);  
(U5Enovi)+(U5Esevi)>=(BBIN5Evii);  
(U6Enovi)+(U6Esevi)>=(BBIN6Evii);

IR16 Condicional de  $q \leq T+1$  respecto a  $U \leq T$  Apartado 2;

(99999999\*NNIV1Avii)<=(1-BBIN1Avii);  
(99999999\*NNIV2Avii)<=(1-BBIN2Avii);  
(99999999\*NNIV3Avii)<=(1-BBIN3Avii);  
(99999999\*NNIV4Avii)<=(1-BBIN4Avii);  
(99999999\*NNIV5Avii)<=(1-BBIN5Avii);  
(99999999\*NNIV6Avii)<=(1-BBIN6Avii);  
(99999999\*NNIV1Bvii)<=(1-BBIN1Bvii);  
(99999999\*NNIV2Bvii)<=(1-BBIN2Bvii);  
(99999999\*NNIV3Bvii)<=(1-BBIN3Bvii);  
(99999999\*NNIV4Bvii)<=(1-BBIN4Bvii);  
(99999999\*NNIV5Bvii)<=(1-BBIN5Bvii);  
(99999999\*NNIV6Bvii)<=(1-BBIN6Bvii);  
(99999999\*NNIV1Cvii)<=(1-BBIN1Cvii);  
(99999999\*NNIV2Cvii)<=(1-BBIN2Cvii);  
(99999999\*NNIV3Cvii)<=(1-BBIN3Cvii);  
(99999999\*NNIV4Cvii)<=(1-BBIN4Cvii);  
(99999999\*NNIV5Cvii)<=(1-BBIN5Cvii);  
(99999999\*NNIV6Cvii)<=(1-BBIN6Cvii);  
(99999999\*NNIV1Dvii)<=(1-BBIN1Dvii);  
(99999999\*NNIV2Dvii)<=(1-BBIN2Dvii);  
(99999999\*NNIV3Dvii)<=(1-BBIN3Dvii);  
(99999999\*NNIV4Dvii)<=(1-BBIN4Dvii);  
(99999999\*NNIV5Dvii)<=(1-BBIN5Dvii);  
(99999999\*NNIV6Dvii)<=(1-BBIN6Dvii);  
(99999999\*NNIV1Evii)<=(1-BBIN1Evii);  
(99999999\*NNIV2Evii)<=(1-BBIN2Evii);  
(99999999\*NNIV3Evii)<=(1-BBIN3Evii);  
(99999999\*NNIV4Evii)<=(1-BBIN4Evii);  
(99999999\*NNIV5Evii)<=(1-BBIN5Evii);  
(99999999\*NNIV6Evii)<=(1-BBIN6Evii);

IR17 de Definición de  $q \leq T+1$  Apartado 1;

(q1Avii)<=(26114.4)+(99999999\*(BBIN1Avii));  
(q1Bvii)<=(26114.4)+(99999999\*(BBIN1Bvii));  
(q1Cvii)<=(26114.4)+(99999999\*(BBIN1Cvii));  
(q1Dvii)<=(26114.4)+(99999999\*(BBIN1Dvii));  
(q1Evii)<=(26114.4)+(99999999\*(BBIN1Evii));  
(q2Avii)<=(12896)+(99999999\*(BBIN2Avii));  
(q2Bvii)<=(12896)+(99999999\*(BBIN2Bvii));  
(q2Cvii)<=(12896)+(99999999\*(BBIN2Cvii));  
(q2Dvii)<=(12896)+(99999999\*(BBIN2Dvii));  
(q2Evii)<=(12896)+(99999999\*(BBIN2Evii));  
(q3Avii)<=(34819.2)+(99999999\*(BBIN3Avii));  
(q3Bvii)<=(34819.2)+(99999999\*(BBIN3Bvii));  
(q3Cvii)<=(34819.2)+(99999999\*(BBIN3Cvii));  
(q3Dvii)<=(34819.2)+(99999999\*(BBIN3Dvii));  
(q3Evii)<=(34819.2)+(99999999\*(BBIN3Evii));  
(q4Avii)<=(13601.25)+(99999999\*(BBIN4Avii));  
(q4Bvii)<=(13601.25)+(99999999\*(BBIN4Bvii));  
(q4Cvii)<=(13601.25)+(99999999\*(BBIN4Cvii));  
(q4Dvii)<=(13601.25)+(99999999\*(BBIN4Dvii));  
(q4Evii)<=(13601.25)+(99999999\*(BBIN4Evii));  
(q5Avii)<=(26114.4)+(99999999\*(BBIN5Avii));  
(q5Bvii)<=(26114.4)+(99999999\*(BBIN5Bvii));  
(q5Cvii)<=(26114.4)+(99999999\*(BBIN5Cvii));  
(q5Dvii)<=(26114.4)+(99999999\*(BBIN5Dvii));  
(q5Evii)<=(26114.4)+(99999999\*(BBIN5Evii));  
(q6Avii)<=(22668.75)+(99999999\*(BBIN6Avii));  
(q6Bvii)<=(22668.75)+(99999999\*(BBIN6Bvii));  
(q6Cvii)<=(22668.75)+(99999999\*(BBIN6Cvii));  
(q6Dvii)<=(22668.75)+(99999999\*(BBIN6Dvii));  
(q6Evii)<=(22668.75)+(99999999\*(BBIN6Evii));

IR18 de Definición de  $q \leq T+1$  Apartado 2;

(99999999\*(NNIV1Avii)+(1-NNIV1Avii)+(BBIN1Avii)<=(1)+(99999999\*(BBIN1Avii));  
 (99999999\*(NNIV2Avii)+(1-NNIV2Avii)+(BBIN2Avii)<=(1)+(99999999\*(BBIN2Avii));  
 (99999999\*(NNIV3Avii)+(1-NNIV3Avii)+(BBIN3Avii)<=(1)+(99999999\*(BBIN3Avii));  
 (99999999\*(NNIV4Avii)+(1-NNIV4Avii)+(BBIN4Avii)<=(1)+(99999999\*(BBIN4Avii));  
 (99999999\*(NNIV5Avii)+(1-NNIV5Avii)+(BBIN5Avii)<=(1)+(99999999\*(BBIN5Avii));  
 (99999999\*(NNIV6Avii)+(1-NNIV6Avii)+(BBIN6Avii)<=(1)+(99999999\*(BBIN6Avii));  
 (99999999\*(NNIV1Bvii)+(1-NNIV1Bvii)+(BBIN1Bvii)<=(1)+(99999999\*(BBIN1Bvii));  
 (99999999\*(NNIV2Bvii)+(1-NNIV2Bvii)+(BBIN2Bvii)<=(1)+(99999999\*(BBIN2Bvii));  
 (99999999\*(NNIV3Bvii)+(1-NNIV3Bvii)+(BBIN3Bvii)<=(1)+(99999999\*(BBIN3Bvii));  
 (99999999\*(NNIV4Bvii)+(1-NNIV4Bvii)+(BBIN4Bvii)<=(1)+(99999999\*(BBIN4Bvii));  
 (99999999\*(NNIV5Bvii)+(1-NNIV5Bvii)+(BBIN5Bvii)<=(1)+(99999999\*(BBIN5Bvii));  
 (99999999\*(NNIV6Bvii)+(1-NNIV6Bvii)+(BBIN6Bvii)<=(1)+(99999999\*(BBIN6Bvii));  
 (99999999\*(NNIV1Cvii)+(1-NNIV1Cvii)+(BBIN1Cvii)<=(1)+(99999999\*(BBIN1Cvii));  
 (99999999\*(NNIV2Cvii)+(1-NNIV2Cvii)+(BBIN2Cvii)<=(1)+(99999999\*(BBIN2Cvii));  
 (99999999\*(NNIV3Cvii)+(1-NNIV3Cvii)+(BBIN3Cvii)<=(1)+(99999999\*(BBIN3Cvii));  
 (99999999\*(NNIV4Cvii)+(1-NNIV4Cvii)+(BBIN4Cvii)<=(1)+(99999999\*(BBIN4Cvii));  
 (99999999\*(NNIV5Cvii)+(1-NNIV5Cvii)+(BBIN5Cvii)<=(1)+(99999999\*(BBIN5Cvii));  
 (99999999\*(NNIV6Cvii)+(1-NNIV6Cvii)+(BBIN6Cvii)<=(1)+(99999999\*(BBIN6Cvii));  
 (99999999\*(NNIV1Dvii)+(1-NNIV1Dvii)+(BBIN1Dvii)<=(1)+(99999999\*(BBIN1Dvii));  
 (99999999\*(NNIV2Dvii)+(1-NNIV2Dvii)+(BBIN2Dvii)<=(1)+(99999999\*(BBIN2Dvii));  
 (99999999\*(NNIV3Dvii)+(1-NNIV3Dvii)+(BBIN3Dvii)<=(1)+(99999999\*(BBIN3Dvii));  
 (99999999\*(NNIV4Dvii)+(1-NNIV4Dvii)+(BBIN4Dvii)<=(1)+(99999999\*(BBIN4Dvii));  
 (99999999\*(NNIV5Dvii)+(1-NNIV5Dvii)+(BBIN5Dvii)<=(1)+(99999999\*(BBIN5Dvii));  
 (99999999\*(NNIV6Dvii)+(1-NNIV6Dvii)+(BBIN6Dvii)<=(1)+(99999999\*(BBIN6Dvii));  
 (99999999\*(NNIV1Evii)+(1-NNIV1Evii)+(BBIN1Evii)<=(1)+(99999999\*(BBIN1Evii));  
 (99999999\*(NNIV2Evii)+(1-NNIV2Evii)+(BBIN2Evii)<=(1)+(99999999\*(BBIN2Evii));  
 (99999999\*(NNIV3Evii)+(1-NNIV3Evii)+(BBIN3Evii)<=(1)+(99999999\*(BBIN3Evii));  
 (99999999\*(NNIV4Evii)+(1-NNIV4Evii)+(BBIN4Evii)<=(1)+(99999999\*(BBIN4Evii));  
 (99999999\*(NNIV5Evii)+(1-NNIV5Evii)+(BBIN5Evii)<=(1)+(99999999\*(BBIN5Evii));  
 (99999999\*(NNIV6Evii)+(1-NNIV6Evii)+(BBIN6Evii)<=(1)+(99999999\*(BBIN6Evii));

IR19 de Definición de q t=T+1 Apartado 3;

(99999999\*(BBIN1Avii)+(q1Avii)+(99999999\*(NNIV1Avii))>(0)-(99999999\*(NNIV1Avii));  
 (99999999\*(BBIN1Bvii)+(q1Bvii)+(99999999\*(NNIV1Bvii))>(0)-(99999999\*(NNIV1Bvii));  
 (99999999\*(BBIN1Cvii)+(q1Cvii)+(99999999\*(NNIV1Cvii))>(0)-(99999999\*(NNIV1Cvii));  
 (99999999\*(BBIN1Dvii)+(q1Dvii)+(99999999\*(NNIV1Dvii))>(0)-(99999999\*(NNIV1Dvii));  
 (99999999\*(BBIN1Evii)+(q1Evii)+(99999999\*(NNIV1Evii))>(0)-(99999999\*(NNIV1Evii));  
 (99999999\*(BBIN2Avii)+(q2Avii)+(99999999\*(NNIV2Avii))>(0)-(99999999\*(NNIV2Avii));  
 (99999999\*(BBIN2Bvii)+(q2Bvii)+(99999999\*(NNIV2Bvii))>(0)-(99999999\*(NNIV2Bvii));  
 (99999999\*(BBIN2Cvii)+(q2Cvii)+(99999999\*(NNIV2Cvii))>(0)-(99999999\*(NNIV2Cvii));  
 (99999999\*(BBIN2Dvii)+(q2Dvii)+(99999999\*(NNIV2Dvii))>(0)-(99999999\*(NNIV2Dvii));  
 (99999999\*(BBIN2Evii)+(q2Evii)+(99999999\*(NNIV2Evii))>(0)-(99999999\*(NNIV2Evii));  
 (99999999\*(BBIN3Avii)+(q3Avii)+(99999999\*(NNIV3Avii))>(0)-(99999999\*(NNIV3Avii));  
 (99999999\*(BBIN3Bvii)+(q3Bvii)+(99999999\*(NNIV3Bvii))>(0)-(99999999\*(NNIV3Bvii));  
 (99999999\*(BBIN3Cvii)+(q3Cvii)+(99999999\*(NNIV3Cvii))>(0)-(99999999\*(NNIV3Cvii));  
 (99999999\*(BBIN3Dvii)+(q3Dvii)+(99999999\*(NNIV3Dvii))>(0)-(99999999\*(NNIV3Dvii));  
 (99999999\*(BBIN3Evii)+(q3Evii)+(99999999\*(NNIV3Evii))>(0)-(99999999\*(NNIV3Evii));  
 (99999999\*(BBIN4Avii)+(q4Avii)+(99999999\*(NNIV4Avii))>(0)-(99999999\*(NNIV4Avii));  
 (99999999\*(BBIN4Bvii)+(q4Bvii)+(99999999\*(NNIV4Bvii))>(0)-(99999999\*(NNIV4Bvii));  
 (99999999\*(BBIN4Cvii)+(q4Cvii)+(99999999\*(NNIV4Cvii))>(0)-(99999999\*(NNIV4Cvii));  
 (99999999\*(BBIN4Dvii)+(q4Dvii)+(99999999\*(NNIV4Dvii))>(0)-(99999999\*(NNIV4Dvii));  
 (99999999\*(BBIN4Evii)+(q4Evii)+(99999999\*(NNIV4Evii))>(0)-(99999999\*(NNIV4Evii));  
 (99999999\*(BBIN5Avii)+(q5Avii)+(99999999\*(NNIV5Avii))>(0)-(99999999\*(NNIV5Avii));  
 (99999999\*(BBIN5Bvii)+(q5Bvii)+(99999999\*(NNIV5Bvii))>(0)-(99999999\*(NNIV5Bvii));  
 (99999999\*(BBIN5Cvii)+(q5Cvii)+(99999999\*(NNIV5Cvii))>(0)-(99999999\*(NNIV5Cvii));  
 (99999999\*(BBIN5Dvii)+(q5Dvii)+(99999999\*(NNIV5Dvii))>(0)-(99999999\*(NNIV5Dvii));  
 (99999999\*(BBIN5Evii)+(q5Evii)+(99999999\*(NNIV5Evii))>(0)-(99999999\*(NNIV5Evii));  
 (99999999\*(BBIN6Avii)+(q6Avii)+(99999999\*(NNIV6Avii))>(0)-(99999999\*(NNIV6Avii));  
 (99999999\*(BBIN6Bvii)+(q6Bvii)+(99999999\*(NNIV6Bvii))>(0)-(99999999\*(NNIV6Bvii));  
 (99999999\*(BBIN6Cvii)+(q6Cvii)+(99999999\*(NNIV6Cvii))>(0)-(99999999\*(NNIV6Cvii));  
 (99999999\*(BBIN6Dvii)+(q6Dvii)+(99999999\*(NNIV6Dvii))>(0)-(99999999\*(NNIV6Dvii));  
 (99999999\*(BBIN6Evii)+(q6Evii)+(99999999\*(NNIV6Evii))>(0)-(99999999\*(NNIV6Evii));

IR20 de Definición de q t=T+1 Apartado 4;

(99999999\*(1-BBIN1Avii)+(q1Avii)>=(NNIV1Avii);  
 (99999999\*(1-BBIN1Bvii)+(q1Bvii)>=(NNIV1Bvii);  
 (99999999\*(1-BBIN1Cvii)+(q1Cvii)>=(NNIV1Cvii);  
 (99999999\*(1-BBIN1Dvii)+(q1Dvii)>=(NNIV1Dvii);  
 (99999999\*(1-BBIN1Evii)+(q1Evii)>=(NNIV1Evii);  
 (99999999\*(1-BBIN2Avii)+(q2Avii)>=(NNIV2Avii);  
 (99999999\*(1-BBIN2Bvii)+(q2Bvii)>=(NNIV2Bvii);  
 (99999999\*(1-BBIN2Cvii)+(q2Cvii)>=(NNIV2Cvii);  
 (99999999\*(1-BBIN2Dvii)+(q2Dvii)>=(NNIV2Dvii);  
 (99999999\*(1-BBIN2Evii)+(q2Evii)>=(NNIV2Evii);  
 (99999999\*(1-BBIN3Avii)+(q3Avii)>=(NNIV3Avii);  
 (99999999\*(1-BBIN3Bvii)+(q3Bvii)>=(NNIV3Bvii);  
 (99999999\*(1-BBIN3Cvii)+(q3Cvii)>=(NNIV3Cvii);  
 (99999999\*(1-BBIN3Dvii)+(q3Dvii)>=(NNIV3Dvii);  
 (99999999\*(1-BBIN3Evii)+(q3Evii)>=(NNIV3Evii);  
 (99999999\*(1-BBIN4Avii)+(q4Avii)>=(NNIV4Avii);  
 (99999999\*(1-BBIN4Bvii)+(q4Bvii)>=(NNIV4Bvii);  
 (99999999\*(1-BBIN4Cvii)+(q4Cvii)>=(NNIV4Cvii);  
 (99999999\*(1-BBIN4Dvii)+(q4Dvii)>=(NNIV4Dvii);  
 (99999999\*(1-BBIN4Evii)+(q4Evii)>=(NNIV4Evii);  
 (99999999\*(1-BBIN5Avii)+(q5Avii)>=(NNIV5Avii);  
 (99999999\*(1-BBIN5Bvii)+(q5Bvii)>=(NNIV5Bvii);  
 (99999999\*(1-BBIN5Cvii)+(q5Cvii)>=(NNIV5Cvii);  
 (99999999\*(1-BBIN5Dvii)+(q5Dvii)>=(NNIV5Dvii);  
 (99999999\*(1-BBIN5Evii)+(q5Evii)>=(NNIV5Evii);

# Planeación de la producción y distribución de una cadena de suministro mediante un modelo matemático de optimización

(99999999\*(1-BBIN6Avii)+(q6Avii)>=(NNIV6Avii);  
(99999999\*(1-BBIN6Bvii)+(q6Bvii)>=(NNIV6Bvii);  
(99999999\*(1-BBIN6Cvii)+(q6Cvii)>=(NNIV6Cvii);  
(99999999\*(1-BBIN6Dvii)+(q6Dvii)>=(NNIV6Dvii);  
(99999999\*(1-BBIN6Evii)+(q6Evii)>=(NNIV6Evii);

IR21 de Definición de q t=T+1 Apartado 5;

(q1Avii)<=(NNIV1Avii)+(99999999\*(1-BBIN1Avii));  
(q1Bvii)<=(NNIV1Bvii)+(99999999\*(1-BBIN1Bvii));  
(q1Cvii)<=(NNIV1Cvii)+(99999999\*(1-BBIN1Cvii));  
(q1Dvii)<=(NNIV1Dvii)+(99999999\*(1-BBIN1Dvii));  
(q1Evii)<=(NNIV1Evii)+(99999999\*(1-BBIN1Evii));  
(q2Avii)<=(NNIV2Avii)+(99999999\*(1-BBIN2Avii));  
(q2Bvii)<=(NNIV2Bvii)+(99999999\*(1-BBIN2Bvii));  
(q2Cvii)<=(NNIV2Cvii)+(99999999\*(1-BBIN2Cvii));  
(q2Dvii)<=(NNIV2Dvii)+(99999999\*(1-BBIN2Dvii));  
(q2Evii)<=(NNIV2Evii)+(99999999\*(1-BBIN2Evii));  
(q3Avii)<=(NNIV3Avii)+(99999999\*(1-BBIN3Avii));  
(q3Bvii)<=(NNIV3Bvii)+(99999999\*(1-BBIN3Bvii));  
(q3Cvii)<=(NNIV3Cvii)+(99999999\*(1-BBIN3Cvii));  
(q3Dvii)<=(NNIV3Dvii)+(99999999\*(1-BBIN3Dvii));  
(q3Evii)<=(NNIV3Evii)+(99999999\*(1-BBIN3Evii));  
(q4Avii)<=(NNIV4Avii)+(99999999\*(1-BBIN4Avii));  
(q4Bvii)<=(NNIV4Bvii)+(99999999\*(1-BBIN4Bvii));  
(q4Cvii)<=(NNIV4Cvii)+(99999999\*(1-BBIN4Cvii));  
(q4Dvii)<=(NNIV4Dvii)+(99999999\*(1-BBIN4Dvii));  
(q4Evii)<=(NNIV4Evii)+(99999999\*(1-BBIN4Evii));  
(q5Avii)<=(NNIV5Avii)+(99999999\*(1-BBIN5Avii));  
(q5Bvii)<=(NNIV5Bvii)+(99999999\*(1-BBIN5Bvii));  
(q5Cvii)<=(NNIV5Cvii)+(99999999\*(1-BBIN5Cvii));  
(q5Dvii)<=(NNIV5Dvii)+(99999999\*(1-BBIN5Dvii));  
(q5Evii)<=(NNIV5Evii)+(99999999\*(1-BBIN5Evii));  
(q6Avii)<=(NNIV6Avii)+(99999999\*(1-BBIN6Avii));  
(q6Bvii)<=(NNIV6Bvii)+(99999999\*(1-BBIN6Bvii));  
(q6Cvii)<=(NNIV6Cvii)+(99999999\*(1-BBIN6Cvii));  
(q6Dvii)<=(NNIV6Dvii)+(99999999\*(1-BBIN6Dvii));  
(q6Evii)<=(NNIV6Evii)+(99999999\*(1-BBIN6Evii));

IR22 de Definición de Z Conjunta;

(Z1Ani)<=(64151.7580532847)-(U1Ani);  
(Z1Ani)+(Z1Anii)<=(132580.299976788)-(U1Anii)+(U1Ani);  
(Z1Ani)+(Z1Anii)+(Z1Aniii)<=(243776.680602482)-(U1Aniii)+(U1Anii);  
(Z1Ani)+(Z1Anii)+(Z1Aniii)+(Z1Aniv)<=(363526.628968613)-(U1Aniv)+(U1Aniii);  
(Z1Ani)+(Z1Anii)+(Z1Aniii)+(Z1Aniv)+(Z1Anv)<=(457615.874113431)-(U1Anv)+(U1Aniv);  
(Z1Ani)+(Z1Anii)+(Z1Aniii)+(Z1Aniv)+(Z1Anv)+(Z1Anvi)<=(513214.064426277)-(U1Anvi)+(U1Anv);  
(Z1Aci)<=(73316.2949180396)-(U1Aci);  
(Z1Aci)+(Z1Acii)<=(151520.342830615)-(U1Acii)+(U1Aci);  
(Z1Aci)+(Z1Acii)+(Z1Aciii)<=(278601.920688551)-(U1Aciii)+(U1Acii);  
(Z1Aci)+(Z1Acii)+(Z1Aciii)+(Z1Aciv)<=(415459.004535558)-(U1Aciv)+(U1Aciii);  
(Z1Aci)+(Z1Acii)+(Z1Aciii)+(Z1Aciv)+(Z1Acv)<=(522989.570415349)-(U1Acv)+(U1Aciv);  
(Z1Aci)+(Z1Acii)+(Z1Aciii)+(Z1Aciv)+(Z1Acv)+(Z1Acvi)<=(586530.359344317)-(U1Acvi)+(U1Acv);  
(Z1Asi)<=(114556.710809437)-(U1Asi);  
(Z1Asi)+(Z1Asii)<=(236750.535672836)-(U1Asii)+(U1Asi);  
(Z1Asi)+(Z1Asii)+(Z1Asiii)<=(435315.50107586)-(U1Asiii)+(U1Asii);  
(Z1Asi)+(Z1Asii)+(Z1Asiii)+(Z1Asiv)<=(649154.694586809)-(U1Asiv)+(U1Asiii);  
(Z1Asi)+(Z1Asii)+(Z1Asiii)+(Z1Asiv)+(Z1Asv)<=(817171.203773983)-(U1Asv)+(U1Asiv);  
(Z1Asi)+(Z1Asii)+(Z1Asiii)+(Z1Asiv)+(Z1Asv)+(Z1Asvi)<=(916453.686475495)-(U1Asvi)+(U1Asv);  
(Z1Bnci)<=(132885.784538947)-(U1Bnci);  
(Z1Bnci)+(Z1Bncii)<=(274630.62138049)-(U1Bncii)+(U1Bnci);  
(Z1Bnci)+(Z1Bncii)+(Z1Bnciii)<=(504965.981247998)-(U1Bnciii)+(U1Bncii);  
(Z1Bnci)+(Z1Bncii)+(Z1Bnciii)+(Z1Bnciv)<=(753019.445720699)-(U1Bnciv)+(U1Bnciii);  
(Z1Bnci)+(Z1Bncii)+(Z1Bnciii)+(Z1Bnciv)+(Z1Bncv)<=(947918.596377821)-(U1Bncv)+(U1Bnciv);  
(Z1Bnci)+(Z1Bncii)+(Z1Bnciii)+(Z1Bnciv)+(Z1Bncv)+(Z1Bncvi)<=(1063086.27631157)-(U1Bncvi)+(U1Bncv);  
(Z1Bsi)<=(91645.3686475495)-(U1Bsi);  
(Z1Bsi)+(Z1Bsii)<=(189400.428538269)-(U1Bsii)+(U1Bsi);  
(Z1Bsi)+(Z1Bsii)+(Z1Bsiii)<=(348252.400860688)-(U1Bsiii)+(U1Bsii);  
(Z1Bsi)+(Z1Bsii)+(Z1Bsiii)+(Z1Bsv)<=(519323.755669447)-(U1Bsv)+(U1Bsiii);  
(Z1Bsi)+(Z1Bsii)+(Z1Bsiii)+(Z1Bsv)+(Z1Bsv)<=(653736.963019187)-(U1Bsv)+(U1Bsv);  
(Z1Bsi)+(Z1Bsii)+(Z1Bsiii)+(Z1Bsv)+(Z1Bsv)+(Z1Bsvi)<=(733162.949180397)-(U1Bsvi)+(U1Bsv);  
(Z1Cui)<=(100809.905512304)-(U1Cui);  
(Z1Cui)+(Z1Cuii)<=(208340.471392096)-(U1Cuii)+(U1Cui);  
(Z1Cui)+(Z1Cuii)+(Z1Cuiii)<=(383077.640946757)-(U1Cuiii)+(U1Cuii);  
(Z1Cui)+(Z1Cuii)+(Z1Cuiii)+(Z1Cuiv)<=(571256.131236392)-(U1Cuiv)+(U1Cuiii);  
(Z1Cui)+(Z1Cuii)+(Z1Cuiii)+(Z1Cuiv)+(Z1Cuv)<=(719110.659321105)-(U1Cuv)+(U1Cuiv);  
(Z1Cui)+(Z1Cuii)+(Z1Cuiii)+(Z1Cuiv)+(Z1Cuv)+(Z1Cui)<=(806479.244098436)-(U1Cui)+(U1Cuv);  
(Z1Dpi)<=(54987.2211885297)-(U1Dpi);  
(Z1Dpi)+(Z1Dpii)<=(113640.257122961)-(U1Dpii)+(U1Dpi);  
(Z1Dpi)+(Z1Dpii)+(Z1Dpiii)<=(208951.440516413)-(U1Dpiii)+(U1Dpii);  
(Z1Dpi)+(Z1Dpii)+(Z1Dpiii)+(Z1Dpiv)<=(311594.253401668)-(U1Dpiv)+(U1Dpiii);  
(Z1Dpi)+(Z1Dpii)+(Z1Dpiii)+(Z1Dpiv)+(Z1Dpv)<=(392242.177811512)-(U1Dpv)+(U1Dpiv);  
(Z1Dpi)+(Z1Dpii)+(Z1Dpiii)+(Z1Dpiv)+(Z1Dpv)+(Z1Dpvi)<=(439897.769508238)-(U1Dpvi)+(U1Dpv);  
(Z1Doi)<=(100809.905512304)-(U1Doi);  
(Z1Doi)+(Z1Doii)<=(208340.471392096)-(U1Doii)+(U1Doi);  
(Z1Doi)+(Z1Doii)+(Z1Doiii)<=(383077.640946757)-(U1Doiii)+(U1Doii);  
(Z1Doi)+(Z1Doii)+(Z1Doiii)+(Z1Doiv)<=(571256.131236392)-(U1Doiv)+(U1Doiii);  
(Z1Doi)+(Z1Doii)+(Z1Doiii)+(Z1Doiv)+(Z1Dov)<=(719110.659321105)-(U1Dov)+(U1Doiv);  
(Z1Doi)+(Z1Doii)+(Z1Doiii)+(Z1Doiv)+(Z1Dov)+(Z1Dovi)<=(806479.244098436)-(U1Dovi)+(U1Dov);  
(Z1Enoi)<=(45822.6843237748)-(U1Enoi);  
(Z1Enoi)+(Z1Enoii)<=(94700.2142691345)-(U1Enoii)+(U1Enoi);

(Z1Enoi)+(Z1Enoii)+(Z1Enoiii)<=(174126.200430344)-(U1Enoii)+(U1Enoii);  
 (Z1Enoi)+(Z1Enoii)+(Z1Enoiii)+(Z1Enoiv)<=(259661.877834724)-(U1Enoiv)+(U1Enoiii);  
 (Z1Enoi)+(Z1Enoii)+(Z1Enoiii)+(Z1Enoiv)+(Z1Enov)<=(326868.481509593)-(U1Enov)+(U1Enoiv);  
 (Z1Enoi)+(Z1Enoii)+(Z1Enoiii)+(Z1Enoiv)+(Z1Enov)+(Z1Enovi)<=(366581.474590198)-(U1Enovi)+(U1Enov);  
 (Z1Esei)<=(45822.6843237748)-(U1Esei);  
 (Z1Esei)+(Z1Eseii)<=(94700.2142691345)-(U1Eseii)+(U1Esei);  
 (Z1Esei)+(Z1Eseii)+(Z1Eseiii)<=(174126.200430344)-(U1Eseiii)+(U1Eseii);  
 (Z1Esei)+(Z1Eseii)+(Z1Eseiii)+(Z1Eseiv)<=(259661.877834724)-(U1Eseiv)+(U1Eseiii);  
 (Z1Esei)+(Z1Eseii)+(Z1Eseiii)+(Z1Eseiv)+(Z1Esevi)<=(326868.481509593)-(U1Esevi)+(U1Eseiv);  
 (Z1Esei)+(Z1Eseii)+(Z1Eseiii)+(Z1Eseiv)+(Z1Esevi)+(Z1Esevi)<=(366581.474590198)-(U1Esevi)+(U1Esevi);  
 (Z2Ani)<=(57178.7408735798)-(U2Ani);  
 (Z2Ani)+(Z2Anii)<=(118169.397805398)-(U2Anii)+(U2Ani);  
 (Z2Ani)+(Z2Anii)+(Z2Aniii)<=(217279.215319603)-(U2Aniii)+(U2Anii);  
 (Z2Ani)+(Z2Anii)+(Z2Aniii)+(Z2Aniv)<=(324012.864950286)-(U2Aniv)+(U2Aniii);  
 (Z2Ani)+(Z2Anii)+(Z2Aniii)+(Z2Aniv)+(Z2Anv)<=(407875.018231536)-(U2Anv)+(U2Aniv);  
 (Z2Ani)+(Z2Anii)+(Z2Aniii)+(Z2Aniv)+(Z2Anv)+(Z2Anvi)<=(457429.926988639)-(U2Anvi)+(U2Anv);  
 (Z2Aci)<=(65347.1324269484)-(U2Aci);  
 (Z2Aci)+(Z2Acii)<=(135050.740349027)-(U2Acii)+(U2Aci);  
 (Z2Aci)+(Z2Acii)+(Z2Aciii)<=(248319.103222404)-(U2Aciii)+(U2Acii);  
 (Z2Aci)+(Z2Acii)+(Z2Aciii)+(Z2Aciv)<=(370300.417086041)-(U2Aciv)+(U2Aciii);  
 (Z2Aci)+(Z2Acii)+(Z2Aciii)+(Z2Aciv)+(Z2Acv)<=(466142.877978898)-(U2Acv)+(U2Aciv);  
 (Z2Aci)+(Z2Acii)+(Z2Aciii)+(Z2Aciv)+(Z2Acv)+(Z2Acvi)<=(522777.059415587)-(U2Acvi)+(U2Acv);  
 (Z2Asi)<=(102104.894417107)-(U2Asi);  
 (Z2Asi)+(Z2Asii)<=(211016.781795354)-(U2Asii)+(U2Asi);  
 (Z2Asi)+(Z2Asii)+(Z2Asiii)<=(387998.598785006)-(U2Asiii)+(U2Asii);  
 (Z2Asi)+(Z2Asii)+(Z2Asiii)+(Z2Asiv)<=(578594.401696939)-(U2Asiv)+(U2Asiii);  
 (Z2Asi)+(Z2Asii)+(Z2Asiii)+(Z2Asiv)+(Z2Asv)<=(728348.246842029)-(U2Asv)+(U2Asiv);  
 (Z2Asi)+(Z2Asii)+(Z2Asiii)+(Z2Asiv)+(Z2Asv)+(Z2Asvi)<=(816839.155336855)-(U2Asvi)+(U2Asv);  
 (Z2Bnci)<=(11844.1677523844)-(U2Bnci);  
 (Z2Bnci)+(Z2Bncii)<=(244779.466882611)-(U2Bncii)+(U2Bnci);  
 (Z2Bnci)+(Z2Bncii)+(Z2Bnciii)<=(450078.374590607)-(U2Bnciii)+(U2Bncii);  
 (Z2Bnci)+(Z2Bncii)+(Z2Bnciii)+(Z2Bnciv)<=(671169.505968449)-(U2Bnciv)+(U2Bnciii);  
 (Z2Bnci)+(Z2Bncii)+(Z2Bnciii)+(Z2Bnciv)+(Z2Bncv)<=(844883.966336753)-(U2Bncv)+(U2Bnciv);  
 (Z2Bnci)+(Z2Bncii)+(Z2Bnciii)+(Z2Bnciv)+(Z2Bncv)+(Z2Bncvi)<=(947533.420190751)-(U2Bncvi)+(U2Bncv);  
 (Z2Bsi)<=(81683.9155336854)-(U2Bsi);  
 (Z2Bsi)+(Z2Bsii)<=(168813.425436283)-(U2Bsii)+(U2Bsi);  
 (Z2Bsi)+(Z2Bsii)+(Z2Bsiii)<=(310398.879028005)-(U2Bsiii)+(U2Bsii);  
 (Z2Bsi)+(Z2Bsii)+(Z2Bsiii)+(Z2Bsiiv)<=(462875.521357551)-(U2Bsiiv)+(U2Bsiii);  
 (Z2Bsi)+(Z2Bsii)+(Z2Bsiii)+(Z2Bsiiv)+(Z2Bsv)<=(582678.597473623)-(U2Bsv)+(U2Bsiiv);  
 (Z2Bsi)+(Z2Bsii)+(Z2Bsiii)+(Z2Bsiiv)+(Z2Bsv)+(Z2Bsvi)<=(653471.324269484)-(U2Bsvi)+(U2Bsv);  
 (Z2Cui)<=(89852.307087054)-(U2Cui);  
 (Z2Cui)+(Z2Cuii)<=(185694.767979912)-(U2Cuii)+(U2Cui);  
 (Z2Cui)+(Z2Cuii)+(Z2Cuiii)<=(341438.766930805)-(U2Cuiii)+(U2Cuii);  
 (Z2Cui)+(Z2Cuii)+(Z2Cuiii)+(Z2Cuiiv)<=(509163.073493306)-(U2Cuiiv)+(U2Cuiii);  
 (Z2Cui)+(Z2Cuii)+(Z2Cuiii)+(Z2Cuiiv)+(Z2Cuv)<=(640946.457220985)-(U2Cuv)+(U2Cuiiv);  
 (Z2Cui)+(Z2Cuii)+(Z2Cuiii)+(Z2Cuiiv)+(Z2Cuv)+(Z2Cuvi)<=(718818.456696432)-(U2Cuvi)+(U2Cuv);  
 (Z2Dpi)<=(49010.3493202113)-(U2Dpi);  
 (Z2Dpi)+(Z2Dpii)<=(101288.05526177)-(U2Dpii)+(U2Dpi);  
 (Z2Dpi)+(Z2Dpii)+(Z2Dpiii)<=(186239.327416803)-(U2Dpiii)+(U2Dpii);  
 (Z2Dpi)+(Z2Dpii)+(Z2Dpiii)+(Z2Dpiv)<=(277725.312814531)-(U2Dpiv)+(U2Dpiii);  
 (Z2Dpi)+(Z2Dpii)+(Z2Dpiii)+(Z2Dpiv)+(Z2Dpv)<=(349607.158484174)-(U2Dpv)+(U2Dpiv);  
 (Z2Dpi)+(Z2Dpii)+(Z2Dpiii)+(Z2Dpiv)+(Z2Dpv)+(Z2Dpvi)<=(392082.79456169)-(U2Dpvi)+(U2Dpv);  
 (Z2Doi)<=(89852.307087054)-(U2Doi);  
 (Z2Doi)+(Z2Doii)<=(185694.767979912)-(U2Doii)+(U2Doi);  
 (Z2Doi)+(Z2Doii)+(Z2Doiii)<=(341438.766930805)-(U2Doiii)+(U2Doii);  
 (Z2Doi)+(Z2Doii)+(Z2Doiii)+(Z2Doiv)<=(509163.073493306)-(U2Doiv)+(U2Doiii);  
 (Z2Doi)+(Z2Doii)+(Z2Doiii)+(Z2Doiv)+(Z2Dov)<=(640946.457220985)-(U2Dov)+(U2Doiv);  
 (Z2Doi)+(Z2Doii)+(Z2Doiii)+(Z2Doiv)+(Z2Dov)+(Z2Dovi)<=(718818.456696432)-(U2Dovi)+(U2Dov);  
 (Z2Enoi)<=(40841.9577668427)-(U2Enoi);  
 (Z2Enoi)+(Z2Enoii)<=(84406.7127181416)-(U2Enoii)+(U2Enoi);  
 (Z2Enoi)+(Z2Enoii)+(Z2Enoiii)<=(155199.439514002)-(U2Enoiii)+(U2Enoii);  
 (Z2Enoi)+(Z2Enoii)+(Z2Enoiii)+(Z2Enoiv)<=(231437.760678775)-(U2Enoiv)+(U2Enoiii);  
 (Z2Enoi)+(Z2Enoii)+(Z2Enoiii)+(Z2Enoiv)+(Z2Enov)<=(291339.298736811)-(U2Enov)+(U2Enoiv);  
 (Z2Enoi)+(Z2Enoii)+(Z2Enoiii)+(Z2Enoiv)+(Z2Enov)+(Z2Enovi)<=(326735.662134742)-(U2Enovi)+(U2Enov);  
 (Z2Esei)<=(40841.9577668427)-(U2Esei);  
 (Z2Esei)+(Z2Eseii)<=(84406.7127181416)-(U2Eseii)+(U2Esei);  
 (Z2Esei)+(Z2Eseii)+(Z2Eseiii)<=(155199.439514002)-(U2Eseiii)+(U2Eseii);  
 (Z2Esei)+(Z2Eseii)+(Z2Eseiii)+(Z2Eseiv)<=(231437.760678775)-(U2Eseiv)+(U2Eseiii);  
 (Z2Esei)+(Z2Eseii)+(Z2Eseiii)+(Z2Eseiv)+(Z2Esevi)<=(291339.298736811)-(U2Esevi)+(U2Eseiv);  
 (Z2Esei)+(Z2Eseii)+(Z2Eseiii)+(Z2Eseiv)+(Z2Esevi)+(Z2Esevi)<=(326735.662134742)-(U2Esevi)+(U2Esevi);  
 (Z3Ani)<=(6526.74408020375)-(U3Ani);  
 (Z3Ani)+(Z3Anii)<=(13488.6044324211)-(U3Anii)+(U3Ani);  
 (Z3Ani)+(Z3Anii)+(Z3Aniii)<=(24801.6275047742)-(U3Aniii)+(U3Anii);  
 (Z3Ani)+(Z3Anii)+(Z3Aniii)+(Z3Aniv)<=(36984.8831211546)-(U3Aniv)+(U3Aniii);  
 (Z3Ani)+(Z3Anii)+(Z3Aniii)+(Z3Aniv)+(Z3Anv)<=(46557.4411054534)-(U3Anv)+(U3Aniv);  
 (Z3Ani)+(Z3Anii)+(Z3Aniii)+(Z3Aniv)+(Z3Anv)+(Z3Anvi)<=(52213.95264163)-(U3Anvi)+(U3Anv);  
 (Z3Aci)<=(7459.13609166142)-(U3Aci);  
 (Z3Aci)+(Z3Acii)<=(15415.5479227669)-(U3Acii)+(U3Aci);  
 (Z3Aci)+(Z3Acii)+(Z3Aciii)<=(28344.7171483134)-(U3Aciii)+(U3Acii);  
 (Z3Aci)+(Z3Acii)+(Z3Aciii)+(Z3Aciv)<=(42268.4378527481)-(U3Aciv)+(U3Aciii);  
 (Z3Aci)+(Z3Acii)+(Z3Aciii)+(Z3Aciv)+(Z3Acv)<=(53208.5041205182)-(U3Acv)+(U3Aciv);  
 (Z3Aci)+(Z3Acii)+(Z3Aciii)+(Z3Aciv)+(Z3Acv)+(Z3Acvi)<=(59673.0887332914)-(U3Acvi)+(U3Acv);  
 (Z3Asi)<=(11654.900143221)-(U3Asi);  
 (Z3Asi)+(Z3Asii)<=(24086.7936293234)-(U3Asii)+(U3Asi);  
 (Z3Asi)+(Z3Asii)+(Z3Asiii)<=(44288.6205442397)-(U3Asiii)+(U3Asii);  
 (Z3Asi)+(Z3Asii)+(Z3Asiii)+(Z3Asiv)<=(60044.4341449189)-(U3Asiv)+(U3Asiii);  
 (Z3Asi)+(Z3Asii)+(Z3Asiii)+(Z3Asiv)+(Z3Asv)<=(83138.2876883096)-(U3Asv)+(U3Asiv);  
 (Z3Asi)+(Z3Asii)+(Z3Asiii)+(Z3Asiv)+(Z3Asv)+(Z3Asvi)<=(93239.2011457678)-(U3Asvi)+(U3Asv);  
 (Z3Bnci)<=(13519.6841661363)-(U3Bnci);  
 (Z3Bnci)+(Z3Bncii)<=(27940.6806100151)-(U3Bncii)+(U3Bnci);  
 (Z3Bnci)+(Z3Bncii)+(Z3Bnciii)<=(51374.7998313181)-(U3Bnciii)+(U3Bncii);  
 (Z3Bnci)+(Z3Bncii)+(Z3Bnciii)+(Z3Bnciv)<=(76611.5436081059)-(U3Bnciv)+(U3Bnciii);  
 (Z3Bnci)+(Z3Bncii)+(Z3Bnciii)+(Z3Bnciv)+(Z3Bncv)<=(96440.4137184392)-(U3Bncv)+(U3Bnciv);  
 (Z3Bnci)+(Z3Bncii)+(Z3Bnciii)+(Z3Bnciv)+(Z3Bncv)+(Z3Bncvi)<=(108157.473329091)-(U3Bncvi)+(U3Bncv);



*Planeación de la producción y distribución de una cadena de suministro mediante un modelo matemático de optimización*

(Z3Bsi)<=(9323.92011457678)-(U3Bsi);  
(Z3Bsi)+(Z3Bsii)<=(19269.4349034587)-(U3Bsii)+(U3Bsi);  
(Z3Bsi)+(Z3Bsiii)<=(35430.8964353918)-(U3Bsiii)+(U3Bsi);  
(Z3Bsi)+(Z3Bsiii)+(Z3Bsvi)<=(52835.5473159351)-(U3Bsvi)+(U3Bsiii);  
(Z3Bsi)+(Z3Bsiii)+(Z3Bsvi)+(Z3Bsv)<=(66510.6301506477)-(U3Bsv)+(U3Bsvi);  
(Z3Bsi)+(Z3Bsiii)+(Z3Bsvi)+(Z3Bsv)+(Z3Bsvi)<=(74591.3609166142)-(U3Bsvi)+(U3Bsv);  
(Z3Cui)<=(10256.3121260345)-(U3Cui);  
(Z3Cui)+(Z3Cuii)<=(21196.3783938045)-(U3Cuii)+(U3Cui);  
(Z3Cui)+(Z3Cuii)+(Z3Cuiii)<=(38973.9860789309)-(U3Cuiii)+(U3Cuii);  
(Z3Cui)+(Z3Cuii)+(Z3Cuiii)+(Z3Cuiv)<=(58119.1020475286)-(U3Cuiv)+(U3Cuiii);  
(Z3Cui)+(Z3Cuii)+(Z3Cuiii)+(Z3Cuiv)+(Z3Cuv)<=(73161.6931657125)-(U3Cuv)+(U3Cuii);  
(Z3Cui)+(Z3Cuii)+(Z3Cuiii)+(Z3Cuiv)+(Z3Cuv)+(Z3Cui)<=(82050.4970082757)-(U3Cui)+(U3Cuv);  
(Z3Dpi)<=(5594.35206874607)-(U3Dpi);  
(Z3Dpi)+(Z3Dpii)<=(11561.6609420752)-(U3Dpii)+(U3Dpi);  
(Z3Dpi)+(Z3Dpii)+(Z3Dpiii)<=(21258.5378612351)-(U3Dpiii)+(U3Dpii);  
(Z3Dpi)+(Z3Dpii)+(Z3Dpiii)+(Z3Dpiv)<=(31701.3283895611)-(U3Dpiv)+(U3Dpiii);  
(Z3Dpi)+(Z3Dpii)+(Z3Dpiii)+(Z3Dpiv)+(Z3Dpv)<=(39906.3780903886)-(U3Dpv)+(U3Dpiv);  
(Z3Dpi)+(Z3Dpii)+(Z3Dpiii)+(Z3Dpiv)+(Z3Dpv)+(Z3Dpvi)<=(44754.8165499685)-(U3Dpvi)+(U3Dpv);  
(Z3Doi)<=(10256.3121260345)-(U3Doi);  
(Z3Doi)+(Z3Doii)<=(21196.3783938045)-(U3Doii)+(U3Doi);  
(Z3Doi)+(Z3Doii)+(Z3Doiii)<=(38973.9860789309)-(U3Doiii)+(U3Doii);  
(Z3Doi)+(Z3Doii)+(Z3Doiii)+(Z3Doiv)<=(58119.1020475286)-(U3Doiv)+(U3Doiii);  
(Z3Doi)+(Z3Doii)+(Z3Doiii)+(Z3Doiv)+(Z3Dov)<=(73161.6931657125)-(U3Dov)+(U3Doiv);  
(Z3Doi)+(Z3Doii)+(Z3Doiii)+(Z3Doiv)+(Z3Dov)+(Z3Dovi)<=(82050.4970082757)-(U3Dov)+(U3Dov);  
(Z3Enoi)<=(4661.96005728839)-(U3Enoi);  
(Z3Enoi)+(Z3Enoii)<=(9634.71745172934)-(U3Enoii)+(U3Enoi);  
(Z3Enoi)+(Z3Enoii)+(Z3Enoiii)<=(17715.4482176959)-(U3Enoiii)+(U3Enoii);  
(Z3Enoi)+(Z3Enoii)+(Z3Enoiii)+(Z3Enoiv)<=(26417.7736579675)-(U3Enoiv)+(U3Enoiii);  
(Z3Enoi)+(Z3Enoii)+(Z3Enoiii)+(Z3Enoiv)+(Z3Enov)<=(33255.3150753238)-(U3Enov)+(U3Enoiv);  
(Z3Enoi)+(Z3Enoii)+(Z3Enoiii)+(Z3Enoiv)+(Z3Enov)+(Z3Enovi)<=(37295.6804583071)-(U3Enovi)+(U3Enov);  
(Z3Esei)<=(4661.96005728839)-(U3Esei);  
(Z3Esei)+(Z3Eseii)<=(9634.71745172934)-(U3Eseii)+(U3Esei);  
(Z3Esei)+(Z3Eseii)+(Z3Eseiii)<=(17715.4482176959)-(U3Eseiii)+(U3Eseii);  
(Z3Esei)+(Z3Eseii)+(Z3Eseiii)+(Z3Eseiv)<=(26417.7736579675)-(U3Eseiv)+(U3Eseiii);  
(Z3Esei)+(Z3Eseii)+(Z3Eseiii)+(Z3Eseiv)+(Z3Esevi)<=(33255.3150753238)-(U3Esevi)+(U3Eseiv);  
(Z3Esei)+(Z3Eseii)+(Z3Eseiii)+(Z3Eseiv)+(Z3Esevi)+(Z3Esevi)<=(37295.6804583071)-(U3Esevi)+(U3Esevi);  
(Z4Ani)<=(51321.4064426277)-(U4Ani);  
(Z4Ani)+(Z4Anii)<=(106064.239981431)-(U4Anii)+(U4Ani);  
(Z4Ani)+(Z4Anii)+(Z4Aniii)<=(195021.344481985)-(U4Aniii)+(U4Anii);  
(Z4Ani)+(Z4Anii)+(Z4Aniii)+(Z4Aniv)<=(290821.303174891)-(U4Aniv)+(U4Aniii);  
(Z4Ani)+(Z4Anii)+(Z4Aniii)+(Z4Aniv)+(Z4Anv)<=(366092.699290745)-(U4Anv)+(U4Aniv);  
(Z4Ani)+(Z4Anii)+(Z4Aniii)+(Z4Aniv)+(Z4Anv)+(Z4Anvi)<=(410571.251541022)-(U4Anvi)+(U4Anv);  
(Z4Aci)<=(58653.0359344317)-(U4Aci);  
(Z4Aci)+(Z4Acii)<=(121216.274264492)-(U4Acii)+(U4Aci);  
(Z4Aci)+(Z4Acii)+(Z4Aciii)<=(222881.536550841)-(U4Aciii)+(U4Acii);  
(Z4Aci)+(Z4Acii)+(Z4Aciii)+(Z4Aciv)<=(332367.203628446)-(U4Aciv)+(U4Aciii);  
(Z4Aci)+(Z4Acii)+(Z4Aciii)+(Z4Aciv)+(Z4Acv)<=(418391.656332279)-(U4Acv)+(U4Aciv);  
(Z4Aci)+(Z4Acii)+(Z4Aciii)+(Z4Aciv)+(Z4Acv)+(Z4Acvi)<=(469224.287475454)-(U4Acvi)+(U4Acv);  
(Z4Asi)<=(91645.3686475495)-(U4Asi);  
(Z4Asi)+(Z4Asii)<=(189400.428538269)-(U4Asii)+(U4Asi);  
(Z4Asi)+(Z4Asii)+(Z4Asiii)<=(348252.400860688)-(U4Asiii)+(U4Asii);  
(Z4Asi)+(Z4Asii)+(Z4Asiii)+(Z4Asiv)<=(519323.755669447)-(U4Asiv)+(U4Asiii);  
(Z4Asi)+(Z4Asii)+(Z4Asiii)+(Z4Asiv)+(Z4Asv)<=(653736.963019187)-(U4Asv)+(U4Asiv);  
(Z4Asi)+(Z4Asii)+(Z4Asiii)+(Z4Asiv)+(Z4Asv)+(Z4Asvi)<=(733162.949180397)-(U4Asvi)+(U4Asv);  
(Z4Bnci)<=(106308.627631157)-(U4Bnci);  
(Z4Bnci)+(Z4Bncii)<=(219704.497104392)-(U4Bncii)+(U4Bnci);  
(Z4Bnci)+(Z4Bncii)+(Z4Bnciii)<=(403972.784998398)-(U4Bnciii)+(U4Bncii);  
(Z4Bnci)+(Z4Bncii)+(Z4Bnciii)+(Z4Bnciv)<=(602415.556576559)-(U4Bnciv)+(U4Bnciii);  
(Z4Bnci)+(Z4Bncii)+(Z4Bnciii)+(Z4Bnciv)+(Z4Bncv)<=(758334.877102257)-(U4Bncv)+(U4Bnciv);  
(Z4Bnci)+(Z4Bncii)+(Z4Bnciii)+(Z4Bnciv)+(Z4Bncv)+(Z4Bncvi)<=(850469.02104926)-(U4Bncvi)+(U4Bncv);  
(Z4Bsi)<=(73316.2949180396)-(U4Bsi);  
(Z4Bsi)+(Z4Bsii)<=(151520.342830615)-(U4Bsii)+(U4Bsi);  
(Z4Bsi)+(Z4Bsii)+(Z4Bsiii)<=(278601.920688551)-(U4Bsiii)+(U4Bsii);  
(Z4Bsi)+(Z4Bsii)+(Z4Bsiii)+(Z4Bsv)<=(415459.004535558)-(U4Bsv)+(U4Bsiii);  
(Z4Bsi)+(Z4Bsii)+(Z4Bsiii)+(Z4Bsv)+(Z4Bsvi)<=(522989.570415349)-(U4Bsvi)+(U4Bsv);  
(Z4Bsi)+(Z4Bsii)+(Z4Bsiii)+(Z4Bsv)+(Z4Bsv)+(Z4Bsvi)<=(586530.359344317)-(U4Bsvi)+(U4Bsv);  
(Z4Cui)<=(80647.9244098436)-(U4Cui);  
(Z4Cui)+(Z4Cuii)<=(166672.377113677)-(U4Cuii)+(U4Cui);  
(Z4Cui)+(Z4Cuii)+(Z4Cuiii)<=(306462.112757406)-(U4Cuiii)+(U4Cuii);  
(Z4Cui)+(Z4Cuii)+(Z4Cuiii)+(Z4Cuiv)<=(457004.904989114)-(U4Cuiv)+(U4Cuiii);  
(Z4Cui)+(Z4Cuii)+(Z4Cuiii)+(Z4Cuiv)+(Z4Cuv)<=(575288.527456884)-(U4Cuv)+(U4Cuii);  
(Z4Cui)+(Z4Cuii)+(Z4Cuiii)+(Z4Cuiv)+(Z4Cuv)+(Z4Cui)<=(645183.395278749)-(U4Cui)+(U4Cuv);  
(Z4Dpi)<=(43989.7769508238)-(U4Dpi);  
(Z4Dpi)+(Z4Dpii)<=(90912.2056983691)-(U4Dpii)+(U4Dpi);  
(Z4Dpi)+(Z4Dpii)+(Z4Dpiii)<=(167161.15241313)-(U4Dpiii)+(U4Dpii);  
(Z4Dpi)+(Z4Dpii)+(Z4Dpiii)+(Z4Dpiv)<=(249275.402721335)-(U4Dpiv)+(U4Dpiii);  
(Z4Dpi)+(Z4Dpii)+(Z4Dpiii)+(Z4Dpiv)+(Z4Dpv)<=(313793.74224921)-(U4Dpv)+(U4Dpiv);  
(Z4Dpi)+(Z4Dpii)+(Z4Dpiii)+(Z4Dpiv)+(Z4Dpv)+(Z4Dpvi)<=(351918.21560659)-(U4Dpvi)+(U4Dpv);  
(Z4Doi)<=(80647.9244098436)-(U4Doi);  
(Z4Doi)+(Z4Doii)<=(166672.377113677)-(U4Doii)+(U4Doi);  
(Z4Doi)+(Z4Doii)+(Z4Doiii)<=(306462.112757406)-(U4Doiii)+(U4Doii);  
(Z4Doi)+(Z4Doii)+(Z4Doiii)+(Z4Doiv)<=(457004.904989114)-(U4Doiv)+(U4Doiii);  
(Z4Doi)+(Z4Doii)+(Z4Doiii)+(Z4Doiv)+(Z4Dov)<=(575288.527456884)-(U4Dov)+(U4Doiv);  
(Z4Doi)+(Z4Doii)+(Z4Doiii)+(Z4Doiv)+(Z4Dov)+(Z4Dovi)<=(645183.395278749)-(U4Dovi)+(U4Dov);  
(Z4Enoi)<=(36658.1474590198)-(U4Enoi);  
(Z4Enoi)+(Z4Enoii)<=(75760.1714153076)-(U4Enoii)+(U4Enoi);  
(Z4Enoi)+(Z4Enoii)+(Z4Enoiii)<=(139300.960344275)-(U4Enoiii)+(U4Enoii);  
(Z4Enoi)+(Z4Enoii)+(Z4Enoiii)+(Z4Enoiv)<=(207729.502267779)-(U4Enoiv)+(U4Enoiii);  
(Z4Enoi)+(Z4Enoii)+(Z4Enoiii)+(Z4Enoiv)+(Z4Enov)<=(261494.785207675)-(U4Enov)+(U4Enoiv);  
(Z4Enoi)+(Z4Enoii)+(Z4Enoiii)+(Z4Enoiv)+(Z4Enov)+(Z4Enovi)<=(293265.179672158)-(U4Enovi)+(U4Enov);  
(Z4Esei)<=(36658.1474590198)-(U4Esei);  
(Z4Esei)+(Z4Eseii)<=(75760.1714153076)-(U4Eseii)+(U4Esei);  
(Z4Esei)+(Z4Eseii)+(Z4Eseiii)<=(139300.960344275)-(U4Eseiii)+(U4Eseii);

(Z4Esei)+(Z4Eseii)+(Z4Eseiii)+(Z4Eseiv)<=(207729.502267779)-(U4Eseiv)+(U4Eseiii);  
 (Z4Esei)+(Z4Eseii)+(Z4Eseiii)+(Z4Eseiv)+(Z4Esev)<=(261494.785207675)-(U4Eseiv)+(U4Eseii);  
 (Z4Esei)+(Z4Eseii)+(Z4Eseiii)+(Z4Eseiv)+(Z4Esev)+(Z4Esevi)<=(293265.179672158)-(U4Eseiv)+(U4Esev);  
 (Z5Ani)<=(47807.0057840565)-(U5Ani);  
 (Z5Ani)+(Z5Anii)<=(98801.1452870501)-(U5Anii)+(U5Ani);  
 (Z5Ani)+(Z5Anii)+(Z5Aniii)<=(181666.621979415)-(U5Aniii)+(U5Anii);  
 (Z5Ani)+(Z5Anii)+(Z5Aniii)+(Z5Aniv)<=(270906.366109653)-(U5Aniv)+(U5Aniii);  
 (Z5Ani)+(Z5Anii)+(Z5Aniii)+(Z5Aniv)+(Z5Anv)<=(341023.30792627)-(U5Anv)+(U5Aniv);  
 (Z5Ani)+(Z5Anii)+(Z5Aniii)+(Z5Aniv)+(Z5Anv)+(Z5Anvi)<=(382456.046272452)-(U5Anvi)+(U5Anv);  
 (Z5Aci)<=(54636.5780389217)-(U5Aci);  
 (Z5Aci)+(Z5Acii)<=(112915.594613772)-(U5Acii)+(U5Aci);  
 (Z5Aci)+(Z5Acii)+(Z5Aciii)<=(207618.996547902)-(U5Aciii)+(U5Acii);  
 (Z5Aci)+(Z5Acii)+(Z5Aciii)+(Z5Aciv)<=(309607.27555389)-(U5Aciv)+(U5Aciii);  
 (Z5Aci)+(Z5Acii)+(Z5Aciii)+(Z5Aciv)+(Z5Acv)<=(389740.923344308)-(U5Acv)+(U5Aciv);  
 (Z5Aci)+(Z5Acii)+(Z5Aciii)+(Z5Aciv)+(Z5Acv)+(Z5Acvi)<=(437092.624311374)-(U5Acvi)+(U5Acv);  
 (Z5Asi)<=(85369.6531858152)-(U5Asi);  
 (Z5Asi)+(Z5Asii)<=(176430.616584018)-(U5Asii)+(U5Asi);  
 (Z5Asi)+(Z5Asii)+(Z5Asiii)<=(324404.682106098)-(U5Asiii)+(U5Asii);  
 (Z5Asi)+(Z5Asii)+(Z5Asiii)+(Z5Asiv)<=(483761.368052953)-(U5Asiv)+(U5Asiii);  
 (Z5Asi)+(Z5Asii)+(Z5Asiii)+(Z5Asiv)+(Z5Asv)<=(608970.192725482)-(U5Asv)+(U5Asiv);  
 (Z5Asi)+(Z5Asii)+(Z5Asiii)+(Z5Asiv)+(Z5Asv)+(Z5Asvi)<=(682957.225486521)-(U5Asvi)+(U5Asv);  
 (Z5Bnci)<=(99028.7976955456)-(U5Bnci);  
 (Z5Bnci)+(Z5Bncii)<=(204659.515237461)-(U5Bncii)+(U5Bnci);  
 (Z5Bnci)+(Z5Bncii)+(Z5Bnciii)<=(376309.431243073)-(U5Bnciii)+(U5Bncii);  
 (Z5Bnci)+(Z5Bncii)+(Z5Bnciii)+(Z5Bnciv)<=(561163.186941425)-(U5Bnciv)+(U5Bnciii);  
 (Z5Bnci)+(Z5Bncii)+(Z5Bnciii)+(Z5Bnciv)+(Z5Bncv)<=(706405.423561559)-(U5Bncv)+(U5Bnciv);  
 (Z5Bnci)+(Z5Bncii)+(Z5Bnciii)+(Z5Bnciv)+(Z5Bncv)+(Z5Bncvi)<=(792230.381564365)-(U5Bncvi)+(U5Bncv);  
 (Z5Bsi)<=(68295.7225486521)-(U5Bsi);  
 (Z5Bsi)+(Z5Bsii)<=(141144.493267214)-(U5Bsii)+(U5Bsi);  
 (Z5Bsi)+(Z5Bsii)+(Z5Bsiii)<=(259523.745684878)-(U5Bsiii)+(U5Bsii);  
 (Z5Bsi)+(Z5Bsii)+(Z5Bsiii)+(Z5Bsv)<=(387009.094442362)-(U5Bsv)+(U5Bsiii);  
 (Z5Bsi)+(Z5Bsii)+(Z5Bsiii)+(Z5Bsv)+(Z5Bsv)<=(487176.154180385)-(U5Bsv)+(U5Bsv);  
 (Z5Bsi)+(Z5Bsii)+(Z5Bsiii)+(Z5Bsv)+(Z5Bsv)+(Z5Bsvi)<=(546365.780389217)-(U5Bsvi)+(U5Bsv);  
 (Z5Cui)<=(75125.2948035173)-(U5Cui);  
 (Z5Cui)+(Z5Cuii)<=(155258.942593936)-(U5Cuii)+(U5Cui);  
 (Z5Cui)+(Z5Cuii)+(Z5Cuiii)<=(285476.120253366)-(U5Cuiii)+(U5Cuii);  
 (Z5Cui)+(Z5Cuii)+(Z5Cuiii)+(Z5Cuiv)<=(425710.003886598)-(U5Cuiv)+(U5Cuiii);  
 (Z5Cui)+(Z5Cuii)+(Z5Cuiii)+(Z5Cuiv)+(Z5Cuv)<=(535893.769598424)-(U5Cuv)+(U5Cuiv);  
 (Z5Cui)+(Z5Cuii)+(Z5Cuiii)+(Z5Cuiv)+(Z5Cuv)+(Z5Cuvi)<=(601002.358428139)-(U5Cuvi)+(U5Cuv);  
 (Z5Dpi)<=(40977.4335291913)-(U5Dpi);  
 (Z5Dpi)+(Z5Dpii)<=(84686.6959603287)-(U5Dpii)+(U5Dpi);  
 (Z5Dpi)+(Z5Dpii)+(Z5Dpiii)<=(155714.247410927)-(U5Dpiii)+(U5Dpii);  
 (Z5Dpi)+(Z5Dpii)+(Z5Dpiii)+(Z5Dpiv)<=(232205.456665417)-(U5Dpiv)+(U5Dpiii);  
 (Z5Dpi)+(Z5Dpii)+(Z5Dpiii)+(Z5Dpiv)+(Z5Dpv)<=(292305.692508231)-(U5Dpv)+(U5Dpiv);  
 (Z5Dpi)+(Z5Dpii)+(Z5Dpiii)+(Z5Dpiv)+(Z5Dpv)+(Z5Dpvi)<=(327819.46823353)-(U5Dpvi)+(U5Dpv);  
 (Z5Doi)<=(75125.2948035173)-(U5Doi);  
 (Z5Doi)+(Z5Doii)<=(155258.942593936)-(U5Doii)+(U5Doi);  
 (Z5Doi)+(Z5Doii)+(Z5Doiii)<=(285476.120253366)-(U5Doiii)+(U5Doii);  
 (Z5Doi)+(Z5Doii)+(Z5Doiii)+(Z5Doiv)<=(425710.003886598)-(U5Doiv)+(U5Doiii);  
 (Z5Doi)+(Z5Doii)+(Z5Doiii)+(Z5Doiv)+(Z5Dov)<=(535893.769598424)-(U5Dov)+(U5Doiv);  
 (Z5Doi)+(Z5Doii)+(Z5Doiii)+(Z5Doiv)+(Z5Dov)+(Z5Dovi)<=(601002.358428139)-(U5Dovi)+(U5Dov);  
 (Z5Enoi)<=(34147.8612743261)-(U5Enoi);  
 (Z5Enoi)+(Z5Enoii)<=(70572.2466336072)-(U5Enoii)+(U5Enoi);  
 (Z5Enoi)+(Z5Enoii)+(Z5Enoiii)<=(129761.872842439)-(U5Enoiii)+(U5Enoii);  
 (Z5Enoi)+(Z5Enoii)+(Z5Enoiii)+(Z5Enoiv)<=(193504.547221181)-(U5Enoiv)+(U5Enoiii);  
 (Z5Enoi)+(Z5Enoii)+(Z5Enoiii)+(Z5Enoiv)+(Z5Enov)<=(243588.077090193)-(U5Enov)+(U5Enoiv);  
 (Z5Enoi)+(Z5Enoii)+(Z5Enoiii)+(Z5Enoiv)+(Z5Enov)+(Z5Enovi)<=(273182.890194608)-(U5Enovi)+(U5Enov);  
 (Z5Esei)<=(34147.8612743261)-(U5Esei);  
 (Z5Esei)+(Z5Eseii)<=(70572.2466336072)-(U5Eseii)+(U5Esei);  
 (Z5Esei)+(Z5Eseii)+(Z5Eseiii)<=(129761.872842439)-(U5Eseiii)+(U5Eseii);  
 (Z5Esei)+(Z5Eseii)+(Z5Eseiii)+(Z5Eseiv)<=(193504.547221181)-(U5Eseiv)+(U5Eseiii);  
 (Z5Esei)+(Z5Eseii)+(Z5Eseiii)+(Z5Eseiv)+(Z5Esev)<=(243588.077090193)-(U5Esev)+(U5Eseiv);  
 (Z5Esei)+(Z5Eseii)+(Z5Eseiii)+(Z5Eseiv)+(Z5Esev)+(Z5Esevi)<=(273182.890194608)-(U5Esevi)+(U5Esev);  
 (Z6Ani)<=(51935.0319544418)-(U6Ani);  
 (Z6Ani)+(Z6Anii)<=(107332.399372513)-(U6Anii)+(U6Ani);  
 (Z6Ani)+(Z6Anii)+(Z6Aniii)<=(197353.121426879)-(U6Aniii)+(U6Anii);  
 (Z6Ani)+(Z6Anii)+(Z6Aniii)+(Z6Aniv)<=(294298.514408503)-(U6Aniv)+(U6Aniii);  
 (Z6Ani)+(Z6Anii)+(Z6Aniii)+(Z6Aniv)+(Z6Anv)<=(370469.894608351)-(U6Anv)+(U6Aniv);  
 (Z6Ani)+(Z6Anii)+(Z6Aniii)+(Z6Aniv)+(Z6Anv)+(Z6Anvi)<=(415480.255635534)-(U6Anvi)+(U6Anv);  
 (Z6Aci)<=(59354.3222336477)-(U6Aci);  
 (Z6Aci)+(Z6Acii)<=(122665.599282872)-(U6Acii)+(U6Aci);  
 (Z6Aci)+(Z6Acii)+(Z6Aciii)<=(225546.424487861)-(U6Aciii)+(U6Acii);  
 (Z6Aci)+(Z6Acii)+(Z6Aciii)+(Z6Aciv)<=(336341.159324004)-(U6Aciv)+(U6Aciii);  
 (Z6Aci)+(Z6Acii)+(Z6Aciii)+(Z6Aciv)+(Z6Acv)<=(423394.165266687)-(U6Acv)+(U6Aciv);  
 (Z6Aci)+(Z6Acii)+(Z6Aciii)+(Z6Aciv)+(Z6Acv)+(Z6Acvi)<=(474834.577869182)-(U6Acvi)+(U6Acv);  
 (Z6Asi)<=(92741.1284900746)-(U6Asi);  
 (Z6Asi)+(Z6Asii)<=(191664.998879488)-(U6Asii)+(U6Asi);  
 (Z6Asi)+(Z6Asii)+(Z6Asiii)<=(352416.288262283)-(U6Asiii)+(U6Asii);  
 (Z6Asi)+(Z6Asii)+(Z6Asiii)+(Z6Asiv)<=(525533.061443756)-(U6Asiv)+(U6Asiii);  
 (Z6Asi)+(Z6Asii)+(Z6Asiii)+(Z6Asiv)+(Z6Asv)<=(661553.383229199)-(U6Asv)+(U6Asiv);  
 (Z6Asi)+(Z6Asii)+(Z6Asiii)+(Z6Asiv)+(Z6Asv)+(Z6Asvi)<=(741929.027920597)-(U6Asvi)+(U6Asv);  
 (Z6Bnci)<=(107579.709048487)-(U6Bnci);  
 (Z6Bnci)+(Z6Bncii)<=(222331.398700205)-(U6Bncii)+(U6Bnci);  
 (Z6Bnci)+(Z6Bncii)+(Z6Bnciii)<=(408802.894384249)-(U6Bnciii)+(U6Bncii);  
 (Z6Bnci)+(Z6Bncii)+(Z6Bnciii)+(Z6Bnciv)<=(609618.351274757)-(U6Bnciv)+(U6Bnciii);  
 (Z6Bnci)+(Z6Bncii)+(Z6Bnciii)+(Z6Bnciv)+(Z6Bncv)<=(767401.924545871)-(U6Bncv)+(U6Bnciv);  
 (Z6Bnci)+(Z6Bncii)+(Z6Bnciii)+(Z6Bnciv)+(Z6Bncv)+(Z6Bncvi)<=(860637.672387892)-(U6Bncvi)+(U6Bncv);  
 (Z6Bsi)<=(74192.9027920597)-(U6Bsi);  
 (Z6Bsi)+(Z6Bsii)<=(153331.99910359)-(U6Bsii)+(U6Bsi);  
 (Z6Bsi)+(Z6Bsii)+(Z6Bsiii)<=(281933.030609827)-(U6Bsiii)+(U6Bsii);  
 (Z6Bsi)+(Z6Bsii)+(Z6Bsiii)+(Z6Bsv)<=(420426.449155005)-(U6Bsv)+(U6Bsiii);  
 (Z6Bsi)+(Z6Bsii)+(Z6Bsiii)+(Z6Bsv)+(Z6Bsv)<=(529242.706583359)-(U6Bsv)+(U6Bsv);  
 (Z6Bsi)+(Z6Bsii)+(Z6Bsiii)+(Z6Bsv)+(Z6Bsv)+(Z6Bsvi)<=(593543.222336477)-(U6Bsvi)+(U6Bsv);  
 (Z6Cui)<=(81612.1930712656)-(U6Cui);

*Planeación de la producción y distribución de una cadena de suministro mediante un modelo matemático de optimización*

(Z6Cui)+(Z6Cuii)<=(168665.199013949)-(U6Cuii)+(U6Cui);  
 (Z6Cui)+(Z6Cuii)+(Z6Cuiii)<=(310126.333670809)-(U6Cuiii)+(U6Cuii);  
 (Z6Cui)+(Z6Cuii)+(Z6Cuiii)+(Z6Cuiv)<=(462469.094070505)-(U6Cuiv)+(U6Cuiii);  
 (Z6Cui)+(Z6Cuii)+(Z6Cuiii)+(Z6Cuiv)+(Z6Cuv)<=(582166.977241695)-(U6Cuv)+(U6Cuiv);  
 (Z6Cui)+(Z6Cuii)+(Z6Cuiii)+(Z6Cuiv)+(Z6Cuv)+(Z6Cui)<=(652897.544570125)-(U6Cui)+(U6Cuv);  
 (Z6Dpi)<=(44515.7416752358)-(U6Dpi);  
 (Z6Dpi)+(Z6Dpii)<=(91999.199462154)-(U6Dpii)+(U6Dpi);  
 (Z6Dpi)+(Z6Dpii)+(Z6Dpiii)<=(169159.818365896)-(U6Dpiii)+(U6Dpii);  
 (Z6Dpi)+(Z6Dpii)+(Z6Dpiii)+(Z6Dpiv)<=(252255.869493003)-(U6Dpiv)+(U6Dpiii);  
 (Z6Dpi)+(Z6Dpii)+(Z6Dpiv)+(Z6Dpiv)+(Z6Dpv)<=(317545.623950015)-(U6Dpv)+(U6Dpiv);  
 (Z6Dpi)+(Z6Dpii)+(Z6Dpiv)+(Z6Dpiv)+(Z6Dpvi)<=(356125.933401886)-(U6Dpvi)+(U6Dpv);  
 (Z6Doi)<=(81612.1930712656)-(U6Doi);  
 (Z6Doi)+(Z6Doii)<=(168665.199013949)-(U6Doii)+(U6Doi);  
 (Z6Doi)+(Z6Doii)+(Z6Doiii)<=(310126.333670809)-(U6Doiii)+(U6Doii);  
 (Z6Doi)+(Z6Doii)+(Z6Doiii)+(Z6Doiv)<=(462469.094070505)-(U6Doiv)+(U6Doiii);  
 (Z6Doi)+(Z6Doii)+(Z6Doiii)+(Z6Doiv)+(Z6Dov)<=(582166.977241695)-(U6Dov)+(U6Doiv);  
 (Z6Doi)+(Z6Doii)+(Z6Doiii)+(Z6Doiv)+(Z6Dov)+(Z6Dovi)<=(652897.544570125)-(U6Dovi)+(U6Dov);  
 (Z6Enoi)<=(37096.4513960298)-(U6Enoi);  
 (Z6Enoi)+(Z6Enoii)<=(76665.999551795)-(U6Enoii)+(U6Enoi);  
 (Z6Enoi)+(Z6Enoii)+(Z6Enoiii)<=(140966.515304913)-(U6Enoiii)+(U6Enoii);  
 (Z6Enoi)+(Z6Enoii)+(Z6Enoiii)+(Z6Enoiv)<=(210213.224577502)-(U6Enoiv)+(U6Enoiii);  
 (Z6Enoi)+(Z6Enoii)+(Z6Enoiii)+(Z6Enoiv)+(Z6Enov)<=(264621.35329168)-(U6Enov)+(U6Enoiv);  
 (Z6Enoi)+(Z6Enoii)+(Z6Enoiii)+(Z6Enoiv)+(Z6Enov)+(Z6Enovi)<=(296771.611168239)-(U6Enovi)+(U6Enov);  
 (Z6Esei)<=(37096.4513960298)-(U6Esei);  
 (Z6Esei)+(Z6Eseii)<=(76665.999551795)-(U6Eseii)+(U6Esei);  
 (Z6Esei)+(Z6Eseii)+(Z6Eseiii)<=(140966.515304913)-(U6Eseiii)+(U6Eseii);  
 (Z6Esei)+(Z6Eseii)+(Z6Eseiii)+(Z6Eseiv)<=(210213.224577502)-(U6Eseiv)+(U6Eseiii);  
 (Z6Esei)+(Z6Eseii)+(Z6Eseiii)+(Z6Eseiv)+(Z6Esevi)<=(264621.35329168)-(U6Esevi)+(U6Eseiv);  
 (Z6Esei)+(Z6Eseii)+(Z6Eseiii)+(Z6Eseiv)+(Z6Esevi)+(Z6Esevi)<=(296771.611168239)-(U6Esevi)+(U6Esevi);

IR23 de Cota Máxima de Z:

(Z1Ani)+(Z1Aci)+(Z1Asi)<=(0)+(Y1pAi)+(Y1rAi)+(Y1sAi)+25920;  
 (Z1Anii)+(Z1Acii)+(Z1Asii)<=(0)+(Y1pAii)+(Y1rAii)+(Y1sAii)+(q1Ai);  
 (Z1Aniii)+(Z1Aciii)+(Z1Asiii)<=(0)+(Y1pAiii)+(Y1rAiii)+(Y1sAiii)+(q1Aii);  
 (Z1Aniv)+(Z1Aciv)+(Z1Asiv)<=(0)+(Y1pAiv)+(Y1rAiv)+(Y1sAiv)+(q1Aiii);  
 (Z1Anv)+(Z1Acv)+(Z1Asv)<=(0)+(Y1pAv)+(Y1rAv)+(Y1sAv)+(q1Aiv);  
 (Z1Anvi)+(Z1Acvi)+(Z1Asvi)<=(0)+(Y1pAvi)+(Y1rAvi)+(Y1sAvi)+(q1Av);  
 (Z1Bnci)+(Z1Bsi)<=(0)+(Y1pBi)+(Y1rBi)+(Y1sBi)+12800;  
 (Z1Bncii)+(Z1Bsii)<=(0)+(Y1pBii)+(Y1rBii)+(Y1sBii)+(q1Bi);  
 (Z1Bnciii)+(Z1Bsiii)<=(0)+(Y1pBiii)+(Y1rBiii)+(Y1sBiii)+(q1Bii);  
 (Z1Bnciv)+(Z1Bsiv)<=(0)+(Y1pBiv)+(Y1rBiv)+(Y1sBiv)+(q1Biii);  
 (Z1Bncv)+(Z1Bsv)<=(0)+(Y1pBv)+(Y1rBv)+(Y1sBv)+(q1Biv);  
 (Z1Bncvi)+(Z1Bsvi)<=(0)+(Y1pBvi)+(Y1rBvi)+(Y1sBvi)+(q1Bv);  
 (Z1Cui)<=(0)+(Y1pCi)+(Y1rCi)+(Y1sCi)+34560;  
 (Z1Cuii)<=(0)+(Y1pCii)+(Y1rCii)+(Y1sCii)+(q1Ci);  
 (Z1Cuiii)<=(0)+(Y1pCiii)+(Y1rCiii)+(Y1sCiii)+(q1Cii);  
 (Z1Cuiv)<=(0)+(Y1pCiv)+(Y1rCiv)+(Y1sCiv)+(q1Ciii);  
 (Z1Cuv)<=(0)+(Y1pCv)+(Y1rCv)+(Y1sCv)+(q1Civ);  
 (Z1Cuvi)<=(0)+(Y1pCvi)+(Y1rCvi)+(Y1sCvi)+(q1Cv);  
 (Z1Dpi)+(Z1Doi)<=(0)+(Y1pDi)+(Y1rDi)+(Y1sDi)+13500;  
 (Z1Dpii)+(Z1Doii)<=(0)+(Y1pDii)+(Y1rDii)+(Y1sDii)+(q1Di);  
 (Z1Dpiii)+(Z1Doiii)<=(0)+(Y1pDiii)+(Y1rDiii)+(Y1sDiii)+(q1Dii);  
 (Z1Dpiv)+(Z1Doiv)<=(0)+(Y1pDiv)+(Y1rDiv)+(Y1sDiv)+(q1Diii);  
 (Z1Dpv)+(Z1Dov)<=(0)+(Y1pDv)+(Y1rDv)+(Y1sDv)+(q1Div);  
 (Z1Dpvi)+(Z1Dovi)<=(0)+(Y1pDvi)+(Y1rDvi)+(Y1sDvi)+(q1Dv);  
 (Z1Enoi)+(Z1Esei)<=(0)+(Y1pEi)+(Y1rEi)+(Y1sEi)+25920;  
 (Z1Enoii)+(Z1Eseii)<=(0)+(Y1pEii)+(Y1rEii)+(Y1sEii)+(q1Ei);  
 (Z1Enoiii)+(Z1Eseiii)<=(0)+(Y1pEiii)+(Y1rEiii)+(Y1sEiii)+(q1Eii);  
 (Z1Enoiv)+(Z1Eseiv)<=(0)+(Y1pEiv)+(Y1rEiv)+(Y1sEiv)+(q1Eiii);  
 (Z1Enovi)+(Z1Esevi)<=(0)+(Y1pEvi)+(Y1rEvi)+(Y1sEvi)+(q1Eiv);  
 (Z1Enovii)+(Z1Esevii)<=(0)+(Y1pEvi)+(Y1rEvi)+(Y1sEvi)+(q1Eiv);  
 (Z2Ani)+(Z2Aci)+(Z2Asi)<=(0)+(Y2pAi)+(Y2rAi)+(Y2sAi)+22500;  
 (Z2Anii)+(Z2Acii)+(Z2Asii)<=(0)+(Y2pAii)+(Y2rAii)+(Y2sAii)+(q2Ai);  
 (Z2Aniii)+(Z2Aciii)+(Z2Asiii)<=(0)+(Y2pAiii)+(Y2rAiii)+(Y2sAiii)+(q2Aii);  
 (Z2Aniv)+(Z2Aciv)+(Z2Asiv)<=(0)+(Y2pAiv)+(Y2rAiv)+(Y2sAiv)+(q2Aiii);  
 (Z2Anv)+(Z2Acv)+(Z2Asv)<=(0)+(Y2pAv)+(Y2rAv)+(Y2sAv)+(q2Aiv);  
 (Z2Anvi)+(Z2Acvi)+(Z2Asvi)<=(0)+(Y2pAvi)+(Y2rAvi)+(Y2sAvi)+(q2Av);  
 (Z2Bnci)+(Z2Bsi)<=(0)+(Y2pBi)+(Y2rBi)+(Y2sBi)+25920;  
 (Z2Bncii)+(Z2Bsii)<=(0)+(Y2pBii)+(Y2rBii)+(Y2sBii)+(q2Bi);  
 (Z2Bnciii)+(Z2Bsiii)<=(0)+(Y2pBiii)+(Y2rBiii)+(Y2sBiii)+(q2Bii);  
 (Z2Bnciv)+(Z2Bsvi)<=(0)+(Y2pBiv)+(Y2rBiv)+(Y2sBiv)+(q2Biii);  
 (Z2Bncv)+(Z2Bsv)<=(0)+(Y2pBv)+(Y2rBv)+(Y2sBv)+(q2Biv);  
 (Z2Bncvi)+(Z2Bsvi)<=(0)+(Y2pBvi)+(Y2rBvi)+(Y2sBvi)+(q2Bv);  
 (Z2Cui)<=(0)+(Y2pCi)+(Y2rCi)+(Y2sCi)+12800;  
 (Z2Cuii)<=(0)+(Y2pCii)+(Y2rCii)+(Y2sCii)+(q2Ci);  
 (Z2Cuiii)<=(0)+(Y2pCiii)+(Y2rCiii)+(Y2sCiii)+(q2Cii);  
 (Z2Cuiv)<=(0)+(Y2pCiv)+(Y2rCiv)+(Y2sCiv)+(q2Ciii);  
 (Z2Cuv)<=(0)+(Y2pCv)+(Y2rCv)+(Y2sCv)+(q2Civ);  
 (Z2Cuvi)<=(0)+(Y2pCvi)+(Y2rCvi)+(Y2sCvi)+(q2Cv);  
 (Z2Dpi)+(Z2Doi)<=(0)+(Y2pDi)+(Y2rDi)+(Y2sDi)+34560;  
 (Z2Dpii)+(Z2Doii)<=(0)+(Y2pDii)+(Y2rDii)+(Y2sDii)+(q2Di);  
 (Z2Dpiii)+(Z2Doiii)<=(0)+(Y2pDiii)+(Y2rDiii)+(Y2sDiii)+(q2Dii);  
 (Z2Dpiv)+(Z2Doiv)<=(0)+(Y2pDiv)+(Y2rDiv)+(Y2sDiv)+(q2Diii);  
 (Z2Dpv)+(Z2Dov)<=(0)+(Y2pDv)+(Y2rDv)+(Y2sDv)+(q2Div);  
 (Z2Dpvi)+(Z2Dovi)<=(0)+(Y2pDvi)+(Y2rDvi)+(Y2sDvi)+(q2Dv);  
 (Z2Enoi)+(Z2Esei)<=(0)+(Y2pEi)+(Y2rEi)+(Y2sEi)+13500;  
 (Z2Enoii)+(Z2Eseii)<=(0)+(Y2pEii)+(Y2rEii)+(Y2sEii)+(q2Ei);  
 (Z2Enoiii)+(Z2Eseiii)<=(0)+(Y2pEiii)+(Y2rEiii)+(Y2sEiii)+(q2Eii);  
 (Z2Enoiv)+(Z2Eseiv)<=(0)+(Y2pEiv)+(Y2rEiv)+(Y2sEiv)+(q2Eiii);  
 (Z2Enovi)+(Z2Esevi)<=(0)+(Y2pEvi)+(Y2rEvi)+(Y2sEvi)+(q2Eiv);  
 (Z2Enovii)+(Z2Esevii)<=(0)+(Y2pEvi)+(Y2rEvi)+(Y2sEvi)+(q2Eiv);

(Z3Ani)+(Z3Aci)+(Z3Asi)<=(0)+(Y3pAi)+25920;  
 (Z3Anii)+(Z3Acii)+(Z3Asii)<=(0)+(Y3pAii)+(q3Ai);  
 (Z3Aniii)+(Z3Aciii)+(Z3Asiii)<=(0)+(Y3pAiii)+(q3Aii);  
 (Z3Aniv)+(Z3Aciv)+(Z3Asiv)<=(0)+(Y3pAiv)+(q3Aiii);  
 (Z3Anv)+(Z3Acv)+(Z3Asv)<=(0)+(Y3pAv)+(q3Aiv);  
 (Z3Anvi)+(Z3Acvi)+(Z3Asvi)<=(0)+(Y3pAvi)+(q3Av);  
 (Z3Bnci)+(Z3Bsci)<=(0)+(Y3pBi)+22500;  
 (Z3Bncii)+(Z3Bsiii)<=(0)+(Y3pBii)+(q3Bi);  
 (Z3Bnciii)+(Z3Bsiii)<=(0)+(Y3pBiii)+(q3Bii);  
 (Z3Bnciv)+(Z3Bsiv)<=(0)+(Y3pBiv)+(q3Biii);  
 (Z3Bncv)+(Z3Bsv)<=(0)+(Y3pBv)+(q3Biv);  
 (Z3Bncvi)+(Z3Bsvi)<=(0)+(Y3pBvi)+(q3Bv);  
 (Z3Cui)<=(0)+(Y3pCi)+25920;  
 (Z3Cuui)<=(0)+(Y3pCii)+(q3Ci);  
 (Z3Cuuii)<=(0)+(Y3pCiii)+(q3Cii);  
 (Z3Cuiv)<=(0)+(Y3pCiv)+(q3Ciii);  
 (Z3Cuv)<=(0)+(Y3pCv)+(q3Civ);  
 (Z3Cuvi)<=(0)+(Y3pCvi)+(q3Cv);  
 (Z3Dpi)+(Z3Doi)<=(0)+(Y3pDi)+12800;  
 (Z3Dpii)+(Z3Doii)<=(0)+(Y3pDii)+(q3Di);  
 (Z3Dpiii)+(Z3Doiii)<=(0)+(Y3pDiii)+(q3Dii);  
 (Z3Dpiv)+(Z3Doiv)<=(0)+(Y3pDiv)+(q3Diii);  
 (Z3Dpv)+(Z3Dov)<=(0)+(Y3pDv)+(q3Div);  
 (Z3Dpvi)+(Z3Dovi)<=(0)+(Y3pDvi)+(q3Dv);  
 (Z3Enoi)+(Z3Esei)<=(0)+(Y3pEi)+34560;  
 (Z3Enoii)+(Z3Eseii)<=(0)+(Y3pEii)+(q3Ei);  
 (Z3Enoiii)+(Z3Eseiii)<=(0)+(Y3pEiii)+(q3Eii);  
 (Z3Enoiv)+(Z3Eseiv)<=(0)+(Y3pEiv)+(q3Eiii);  
 (Z3Enov)+(Z3Esevi)<=(0)+(Y3pEv)+(q3Eiv);  
 (Z3Enovi)+(Z3Esevi)<=(0)+(Y3pEvi)+(q3Ev);  
 (Z4Ani)+(Z4Aci)+(Z4Asi)<=(0)+(Y4pAi)+(Y4rAi)+(Y4sAi)+13500;  
 (Z4Anii)+(Z4Acii)+(Z4Asii)<=(0)+(Y4pAii)+(Y4rAii)+(Y4sAii)+(q4Ai);  
 (Z4Aniii)+(Z4Aciii)+(Z4Asiii)<=(0)+(Y4pAiii)+(Y4rAiii)+(Y4sAiii)+(q4Aii);  
 (Z4Aniv)+(Z4Aciv)+(Z4Asiv)<=(0)+(Y4pAiv)+(Y4rAiv)+(Y4sAiv)+(q4Aiii);  
 (Z4Anv)+(Z4Acv)+(Z4Asv)<=(0)+(Y4pAv)+(Y4rAv)+(Y4sAv)+(q4Aiv);  
 (Z4Anvi)+(Z4Acvi)+(Z4Asvi)<=(0)+(Y4pAvi)+(Y4rAvi)+(Y4sAvi)+(q4Av);  
 (Z4Bnci)+(Z4Bsci)<=(0)+(Y4pBi)+(Y4rBi)+(Y4sBi)+25920;  
 (Z4Bncii)+(Z4Bsiii)<=(0)+(Y4pBii)+(Y4rBii)+(Y4sBii)+(q4Bi);  
 (Z4Bnciii)+(Z4Bsiii)<=(0)+(Y4pBiii)+(Y4rBiii)+(Y4sBiii)+(q4Bii);  
 (Z4Bnciv)+(Z4Bsiv)<=(0)+(Y4pBiv)+(Y4rBiv)+(Y4sBiv)+(q4Biii);  
 (Z4Bncv)+(Z4Bsv)<=(0)+(Y4pBv)+(Y4rBv)+(Y4sBv)+(q4Biv);  
 (Z4Bncvi)+(Z4Bsvi)<=(0)+(Y4pBvi)+(Y4rBvi)+(Y4sBvi)+(q4Bv);  
 (Z4Cui)<=(0)+(Y4pCi)+(Y4rCi)+(Y4sCi)+22500;  
 (Z4Cuui)<=(0)+(Y4pCii)+(Y4rCii)+(Y4sCii)+(q4Ci);  
 (Z4Cuuii)<=(0)+(Y4pCiii)+(Y4rCiii)+(Y4sCiii)+(q4Cii);  
 (Z4Cuiv)<=(0)+(Y4pCiv)+(Y4rCiv)+(Y4sCiv)+(q4Ciii);  
 (Z4Cuv)<=(0)+(Y4pCv)+(Y4rCv)+(Y4sCv)+(q4Civ);  
 (Z4Cuvi)<=(0)+(Y4pCvi)+(Y4rCvi)+(Y4sCvi)+(q4Cv);  
 (Z4Dpi)+(Z4Doi)<=(0)+(Y4pDi)+(Y4rDi)+(Y4sDi)+25920;  
 (Z4Dpii)+(Z4Doii)<=(0)+(Y4pDii)+(Y4rDii)+(Y4sDii)+(q4Di);  
 (Z4Dpiii)+(Z4Doiii)<=(0)+(Y4pDiii)+(Y4rDiii)+(Y4sDiii)+(q4Dii);  
 (Z4Dpiv)+(Z4Doiv)<=(0)+(Y4pDiv)+(Y4rDiv)+(Y4sDiv)+(q4Diii);  
 (Z4Dpv)+(Z4Dov)<=(0)+(Y4pDv)+(Y4rDv)+(Y4sDv)+(q4Div);  
 (Z4Dpvi)+(Z4Dovi)<=(0)+(Y4pDvi)+(Y4rDvi)+(Y4sDvi)+(q4Dv);  
 (Z4Enoi)+(Z4Esei)<=(0)+(Y4pEi)+(Y4rEi)+(Y4sEi)+12800;  
 (Z4Enoii)+(Z4Eseii)<=(0)+(Y4pEii)+(Y4rEii)+(Y4sEii)+(q4Ei);  
 (Z4Enoiii)+(Z4Eseiii)<=(0)+(Y4pEiii)+(Y4rEiii)+(Y4sEiii)+(q4Eii);  
 (Z4Enoiv)+(Z4Eseiv)<=(0)+(Y4pEiv)+(Y4rEiv)+(Y4sEiv)+(q4Eiii);  
 (Z4Enov)+(Z4Esevi)<=(0)+(Y4pEv)+(Y4rEv)+(Y4sEv)+(q4Eiv);  
 (Z4Enovi)+(Z4Esevi)<=(0)+(Y4pEvi)+(Y4rEvi)+(Y4sEvi)+(q4Ev);  
 (Z5Ani)+(Z5Aci)+(Z5Asi)<=(0)+(Y5pAi)+(Y5rAi)+(Y5sAi)+34560;  
 (Z5Anii)+(Z5Acii)+(Z5Asii)<=(0)+(Y5pAii)+(Y5rAii)+(Y5sAii)+(q5Ai);  
 (Z5Aniii)+(Z5Aciii)+(Z5Asiii)<=(0)+(Y5pAiii)+(Y5rAiii)+(Y5sAiii)+(q5Aii);  
 (Z5Aniv)+(Z5Aciv)+(Z5Asiv)<=(0)+(Y5pAiv)+(Y5rAiv)+(Y5sAiv)+(q5Aiii);  
 (Z5Anv)+(Z5Acv)+(Z5Asv)<=(0)+(Y5pAv)+(Y5rAv)+(Y5sAv)+(q5Aiv);  
 (Z5Anvi)+(Z5Acvi)+(Z5Asvi)<=(0)+(Y5pAvi)+(Y5rAvi)+(Y5sAvi)+(q5Av);  
 (Z5Bnci)+(Z5Bsci)<=(0)+(Y5pBi)+(Y5rBi)+(Y5sBi)+13500;  
 (Z5Bncii)+(Z5Bsiii)<=(0)+(Y5pBii)+(Y5rBii)+(Y5sBii)+(q5Bi);  
 (Z5Bnciii)+(Z5Bsiii)<=(0)+(Y5pBiii)+(Y5rBiii)+(Y5sBiii)+(q5Bii);  
 (Z5Bnciv)+(Z5Bsiv)<=(0)+(Y5pBiv)+(Y5rBiv)+(Y5sBiv)+(q5Biii);  
 (Z5Bncv)+(Z5Bsv)<=(0)+(Y5pBv)+(Y5rBv)+(Y5sBv)+(q5Biv);  
 (Z5Bncvi)+(Z5Bsvi)<=(0)+(Y5pBvi)+(Y5rBvi)+(Y5sBvi)+(q5Bv);  
 (Z5Cui)<=(0)+(Y5pCi)+(Y5rCi)+(Y5sCi)+25920;  
 (Z5Cuui)<=(0)+(Y5pCii)+(Y5rCii)+(Y5sCii)+(q5Ci);  
 (Z5Cuuii)<=(0)+(Y5pCiii)+(Y5rCiii)+(Y5sCiii)+(q5Cii);  
 (Z5Cuiv)<=(0)+(Y5pCiv)+(Y5rCiv)+(Y5sCiv)+(q5Ciii);  
 (Z5Cuv)<=(0)+(Y5pCv)+(Y5rCv)+(Y5sCv)+(q5Civ);  
 (Z5Cuvi)<=(0)+(Y5pCvi)+(Y5rCvi)+(Y5sCvi)+(q5Cv);  
 (Z5Dpi)+(Z5Doi)<=(0)+(Y5pDi)+(Y5rDi)+(Y5sDi)+22500;  
 (Z5Dpii)+(Z5Doii)<=(0)+(Y5pDii)+(Y5rDii)+(Y5sDii)+(q5Di);  
 (Z5Dpiii)+(Z5Doiii)<=(0)+(Y5pDiii)+(Y5rDiii)+(Y5sDiii)+(q5Dii);  
 (Z5Dpiv)+(Z5Doiv)<=(0)+(Y5pDiv)+(Y5rDiv)+(Y5sDiv)+(q5Diii);  
 (Z5Dpv)+(Z5Dov)<=(0)+(Y5pDv)+(Y5rDv)+(Y5sDv)+(q5Div);  
 (Z5Dpvi)+(Z5Dovi)<=(0)+(Y5pDvi)+(Y5rDvi)+(Y5sDvi)+(q5Dv);  
 (Z5Enoi)+(Z5Esei)<=(0)+(Y5pEi)+(Y5rEi)+(Y5sEi)+25920;  
 (Z5Enoii)+(Z5Eseii)<=(0)+(Y5pEii)+(Y5rEii)+(Y5sEii)+(q5Ei);  
 (Z5Enoiii)+(Z5Eseiii)<=(0)+(Y5pEiii)+(Y5rEiii)+(Y5sEiii)+(q5Eii);  
 (Z5Enoiv)+(Z5Eseiv)<=(0)+(Y5pEiv)+(Y5rEiv)+(Y5sEiv)+(q5Eiii);  
 (Z5Enov)+(Z5Esevi)<=(0)+(Y5pEv)+(Y5rEv)+(Y5sEv)+(q5Eiv);  
 (Z5Enovi)+(Z5Esevi)<=(0)+(Y5pEvi)+(Y5rEvi)+(Y5sEvi)+(q5Ev);  
 (Z6Ani)+(Z6Aci)+(Z6Asi)<=(0)+(Y6rAi)+(Y6sAi)+12800;  
 (Z6Anii)+(Z6Acii)+(Z6Asii)<=(0)+(Y6rAii)+(Y6sAii)+(q6Ai);  
 (Z6Aniii)+(Z6Aciii)+(Z6Asiii)<=(0)+(Y6rAiii)+(Y6sAiii)+(q6Aii);  
 (Z6Aniv)+(Z6Aciv)+(Z6Asiv)<=(0)+(Y6rAiv)+(Y6sAiv)+(q6Aiii);

*Planeación de la producción y distribución de una cadena de suministro mediante un modelo matemático de optimización*

---

(Z6Anv)+(Z6Acv)+(Z6Asv)<=(0)+(Y6rAv)+(Y6sAv)+(q6Aiv);  
(Z6Anvi)+(Z6Acvi)+(Z6Asvi)<=(0)+(Y6rAvi)+(Y6sAvi)+(q6Aiv);  
(Z6Bnci)+(Z6Bsi)<=(0)+(Y6rBi)+(Y6sBi)+34560;  
(Z6Bncii)+(Z6Bsii)<=(0)+(Y6rBii)+(Y6sBii)+(q6Bii);  
(Z6Bnciii)+(Z6Bsiii)<=(0)+(Y6rBiii)+(Y6sBiii)+(q6Biii);  
(Z6Bnciv)+(Z6Bsiv)<=(0)+(Y6rBiv)+(Y6sBiv)+(q6Biv);  
(Z6Bncv)+(Z6Bsv)<=(0)+(Y6rBv)+(Y6sBv)+(q6Bv);  
(Z6Bncvi)+(Z6Bsvi)<=(0)+(Y6rBvi)+(Y6sBvi)+(q6Bv);  
(Z6Cui)<=(0)+(Y6rCi)+(Y6sCi)+13500;  
(Z6Cuiv)<=(0)+(Y6rCiv)+(Y6sCiv)+(q6Civ);  
(Z6Cuii)+(Z6Coi)<=(0)+(Y6rDi)+(Y6sDi)+25920;  
(Z6Dpii)+(Z6Doii)<=(0)+(Y6rDii)+(Y6sDii)+(q6Dii);  
(Z6Dpiv)+(Z6Doiv)<=(0)+(Y6rDiv)+(Y6sDiv)+(q6Div);  
(Z6Dpvi)+(Z6Dovi)<=(0)+(Y6rDvi)+(Y6sDvi)+(q6Dv);  
(Z6Enoi)+(Z6Esei)<=(0)+(Y6rEi)+(Y6sEi)+22500;  
(Z6Enoii)+(Z6Eseii)<=(0)+(Y6rEii)+(Y6sEii)+(q6Eii);  
(Z6Enoiii)+(Z6Eseiii)<=(0)+(Y6rEiii)+(Y6sEiii)+(q6Eiii);  
(Z6Enoiv)+(Z6Eseiv)<=(0)+(Y6rEiv)+(Y6sEiv)+(q6Eiv);  
(Z6Enovi)+(Z6Esevi)<=(0)+(Y6rEvi)+(Y6sEvi)+(q6Evi);

IR24 de Definición de qT Individual;

(q1Avii)+(q1Bvii)+(q1Cvii)+(q1Dvii)+(q1Evii)+(q2Avii)+(q2Bvii)+(q2Cvii)+(q2Dvii)+(q2Evii)+(q3Avii)+(q3Bvii)+(q3Cvii)+(q3Dvii)+(q3Evii)+(q4Avii)+(q4Bvii)+(q4Cvii)+(q4Dvii)+(q4Evii)+(q5Avii)+(q5Bvii)+(q5Cvii)+(q5Dvii)+(q5Evii)+(q6Avii)+(q6Bvii)+(q6Cvii)+(q6Dvii)+(q6Evii)<=1703291.68385205;

## D.3 Declaración de Variables

! Definición de BIN ;

```

@BIN( BIN1Ani); @BIN( BIN5Bnci); @BIN( BIN3Dpi); @BIN( BIN1Aci); @BIN( BIN5Bsi); @BIN( BIN3Esei);
@BIN( BIN1Anii); @BIN( BIN5Bncii); @BIN( BIN3Dpii); @BIN( BIN1Acii); @BIN( BIN5Bsii); @BIN( BIN3Eseii);
@BIN( BIN1Aniii); @BIN( BIN5Bnciii); @BIN( BIN3Dpiii); @BIN( BIN1Aciii); @BIN( BIN5Bsiiii); @BIN( BIN3Eseiii);
@BIN( BIN1Anv); @BIN( BIN5Bncv); @BIN( BIN3Dpiv); @BIN( BIN1Aciv); @BIN( BIN5Bsv); @BIN( BIN3Esev);
@BIN( BIN1Anvi); @BIN( BIN5Bncvi); @BIN( BIN3Dpvi); @BIN( BIN1Acvi); @BIN( BIN5Bsvi); @BIN( BIN3Esevi);
@BIN( BIN2Ani); @BIN( BIN6Bnci); @BIN( BIN4Dpi); @BIN( BIN2Aci); @BIN( BIN6Bsi); @BIN( BIN4Esei);
@BIN( BIN2Anii); @BIN( BIN6Bncii); @BIN( BIN4Dpii); @BIN( BIN2Acii); @BIN( BIN6Bsii); @BIN( BIN4Eseii);
@BIN( BIN2Aniii); @BIN( BIN6Bnciii); @BIN( BIN4Dpiii); @BIN( BIN2Aciii); @BIN( BIN6Bsiiii); @BIN( BIN4Eseiii);
@BIN( BIN2Aniv); @BIN( BIN6Bncv); @BIN( BIN4Dpiv); @BIN( BIN2Aciv); @BIN( BIN6Bsv); @BIN( BIN4Eseiv);
@BIN( BIN2Anvi); @BIN( BIN6Bncvi); @BIN( BIN4Dpvi); @BIN( BIN2Acvi); @BIN( BIN6Bsvi); @BIN( BIN4Esevi);
@BIN( BIN3Ani); @BIN( BIN1Cui); @BIN( BIN5Dpi); @BIN( BIN3Aci); @BIN( BIN1Doi); @BIN( BIN5Esei);
@BIN( BIN3Anii); @BIN( BIN1Cuii); @BIN( BIN5Dpii); @BIN( BIN3Acii); @BIN( BIN1Doii); @BIN( BIN5Eseii);
@BIN( BIN3Aniii); @BIN( BIN1Cuiii); @BIN( BIN5Dpiii); @BIN( BIN3Aciii); @BIN( BIN1Doiii); @BIN( BIN5Eseiii);
@BIN( BIN3Anv); @BIN( BIN1Cuv); @BIN( BIN5Dpiv); @BIN( BIN3Acv); @BIN( BIN1Dov); @BIN( BIN5Esev);
@BIN( BIN3Anvi); @BIN( BIN1Cuvi); @BIN( BIN5Dpvi); @BIN( BIN3Acvi); @BIN( BIN1Dovi); @BIN( BIN5Esevi);
@BIN( BIN4Ani); @BIN( BIN2Cui); @BIN( BIN6Dpi); @BIN( BIN4Aci); @BIN( BIN2Doi); @BIN( BIN6Esei);
@BIN( BIN4Anii); @BIN( BIN2Cuii); @BIN( BIN6Dpii); @BIN( BIN4Acii); @BIN( BIN2Doii); @BIN( BIN6Eseii);
@BIN( BIN4Aniii); @BIN( BIN2Cuiii); @BIN( BIN6Dpiii); @BIN( BIN4Aciii); @BIN( BIN2Doiii); @BIN( BIN6Eseiii);
@BIN( BIN4Anv); @BIN( BIN2Cuv); @BIN( BIN6Dpiv); @BIN( BIN4Acv); @BIN( BIN2Dov); @BIN( BIN6Esev);
@BIN( BIN4Anvi); @BIN( BIN2Cuvi); @BIN( BIN6Dpvi); @BIN( BIN4Acvi); @BIN( BIN2Dovi); @BIN( BIN6Esevi);
@BIN( BIN5Ani); @BIN( BIN3Cui); @BIN( BIN1Enoi); @BIN( BIN5Aci); @BIN( BIN3Doi); @BIN( BIN1Asei);
@BIN( BIN5Anii); @BIN( BIN3Cuii); @BIN( BIN1Enoii); @BIN( BIN5Acii); @BIN( BIN3Doii); @BIN( BIN1Aseii);
@BIN( BIN5Aniii); @BIN( BIN3Cuiii); @BIN( BIN1Enoiii); @BIN( BIN5Aciii); @BIN( BIN3Doiii); @BIN( BIN1Aseiii);
@BIN( BIN5Anv); @BIN( BIN3Cuv); @BIN( BIN1Enov); @BIN( BIN5Acv); @BIN( BIN3Dov); @BIN( BIN1Asev);
@BIN( BIN5Anvi); @BIN( BIN3Cuvi); @BIN( BIN1Enovi); @BIN( BIN5Acvi); @BIN( BIN3Dovi); @BIN( BIN1Asevi);
@BIN( BIN6Ani); @BIN( BIN4Cui); @BIN( BIN2Enoi); @BIN( BIN6Aci); @BIN( BIN4Doi); @BIN( BIN2Asei);
@BIN( BIN6Anii); @BIN( BIN4Cuii); @BIN( BIN2Enoii); @BIN( BIN6Acii); @BIN( BIN4Doii); @BIN( BIN2Aseii);
@BIN( BIN6Aniii); @BIN( BIN4Cuiii); @BIN( BIN2Enoiii); @BIN( BIN6Aciii); @BIN( BIN4Doiii); @BIN( BIN2Aseiii);
@BIN( BIN6Anv); @BIN( BIN4Cuv); @BIN( BIN2Enov); @BIN( BIN6Acv); @BIN( BIN4Dov); @BIN( BIN2Asev);
@BIN( BIN6Anvi); @BIN( BIN4Cuvi); @BIN( BIN2Enovi); @BIN( BIN6Acvi); @BIN( BIN4Dovi); @BIN( BIN2Asevi);
@BIN( BIN1Bnci); @BIN( BIN5Cui); @BIN( BIN3Enoi); @BIN( BIN1Bsi); @BIN( BIN5Doi); @BIN( BIN3Asei);
@BIN( BIN1Bncii); @BIN( BIN5Cuii); @BIN( BIN3Enoii); @BIN( BIN1Bsii); @BIN( BIN5Doii); @BIN( BIN3Aseii);
@BIN( BIN1Bnciii); @BIN( BIN5Cuiii); @BIN( BIN3Enoiii); @BIN( BIN1Bsiiii); @BIN( BIN5Doiii); @BIN( BIN3Aseiii);
@BIN( BIN1Bncv); @BIN( BIN5Cuv); @BIN( BIN3Enov); @BIN( BIN1Bsv); @BIN( BIN5Dov); @BIN( BIN3Asev);
@BIN( BIN1Bncvi); @BIN( BIN5Cuvi); @BIN( BIN3Enovi); @BIN( BIN1Bsvi); @BIN( BIN5Dovi); @BIN( BIN3Asevi);
@BIN( BIN2Bnci); @BIN( BIN6Cui); @BIN( BIN4Enoi); @BIN( BIN2Bsi); @BIN( BIN6Doi); @BIN( BIN4Asei);
@BIN( BIN2Bncii); @BIN( BIN6Cuii); @BIN( BIN4Enoii); @BIN( BIN2Bsii); @BIN( BIN6Doii); @BIN( BIN4Aseii);
@BIN( BIN2Bnciii); @BIN( BIN6Cuiii); @BIN( BIN4Enoiii); @BIN( BIN2Bsiiii); @BIN( BIN6Doiii); @BIN( BIN4Aseiii);
@BIN( BIN2Bncv); @BIN( BIN6Cuv); @BIN( BIN4Enov); @BIN( BIN2Bsv); @BIN( BIN6Dov); @BIN( BIN4Asev);
@BIN( BIN2Bncvi); @BIN( BIN6Cuvi); @BIN( BIN4Enovi); @BIN( BIN2Bsvi); @BIN( BIN6Dovi); @BIN( BIN4Asevi);
@BIN( BIN3Bnci); @BIN( BIN1Dpi); @BIN( BIN5Enoi); @BIN( BIN3Bsi); @BIN( BIN1Esei); @BIN( BIN5Asei);
@BIN( BIN3Bncii); @BIN( BIN1Dpii); @BIN( BIN5Enoii); @BIN( BIN3Bsii); @BIN( BIN1Eseii); @BIN( BIN5Aseii);
@BIN( BIN3Bnciii); @BIN( BIN1Dpiii); @BIN( BIN5Enoiii); @BIN( BIN3Bsiiii); @BIN( BIN1Eseiii); @BIN( BIN5Aseiii);
@BIN( BIN3Bncv); @BIN( BIN1Dpiv); @BIN( BIN5Enov); @BIN( BIN3Bsv); @BIN( BIN1Esev); @BIN( BIN5Asev);
@BIN( BIN3Bncvi); @BIN( BIN1Dpvi); @BIN( BIN5Enovi); @BIN( BIN3Bsvi); @BIN( BIN1Esevi); @BIN( BIN5Asevi);
@BIN( BIN4Bnci); @BIN( BIN2Dpi); @BIN( BIN6Enoi); @BIN( BIN4Bsi); @BIN( BIN2Esei); @BIN( BIN6Asei);
@BIN( BIN4Bncii); @BIN( BIN2Dpii); @BIN( BIN6Enoii); @BIN( BIN4Bsii); @BIN( BIN2Eseii); @BIN( BIN6Aseii);
@BIN( BIN4Bnciii); @BIN( BIN2Dpiii); @BIN( BIN6Enoiii); @BIN( BIN4Bsiiii); @BIN( BIN2Eseiii); @BIN( BIN6Aseiii);
@BIN( BIN4Bncv); @BIN( BIN2Dpiv); @BIN( BIN6Enov); @BIN( BIN4Bsv); @BIN( BIN2Esev); @BIN( BIN6Asev);
@BIN( BIN4Bncvi); @BIN( BIN2Dpvi); @BIN( BIN6Enovi); @BIN( BIN4Bsvi); @BIN( BIN2Esevi); @BIN( BIN6Asevi);

```

! Definición de NIV :

@BIN( NIV1Ani);	@BIN( NIV4Cui);	@BIN( NIV1Aci);	@BIN( NIV4Doi);
@BIN( NIV1Anii);	@BIN( NIV4Cuii);	@BIN( NIV1Acii);	@BIN( NIV4Doii);
@BIN( NIV1Aniii);	@BIN( NIV4Cuiii);	@BIN( NIV1Aciii);	@BIN( NIV4Doiii);
@BIN( NIV1Aniv);	@BIN( NIV4Cuiv);	@BIN( NIV1Aciv);	@BIN( NIV4Doiv);
@BIN( NIV1Anv);	@BIN( NIV4Cuv);	@BIN( NIV1Acv);	@BIN( NIV4Dov);
@BIN( NIV1Anvi);	@BIN( NIV4Cuvi);	@BIN( NIV1Acvi);	@BIN( NIV4Dovi);
@BIN( NIV2Ani);	@BIN( NIV5Cui);	@BIN( NIV2Aci);	@BIN( NIV5Doi);
@BIN( NIV2Anii);	@BIN( NIV5Cuii);	@BIN( NIV2Acii);	@BIN( NIV5Doii);
@BIN( NIV2Aniii);	@BIN( NIV5Cuiii);	@BIN( NIV2Aciii);	@BIN( NIV5Doiii);
@BIN( NIV2Aniv);	@BIN( NIV5Cuiv);	@BIN( NIV2Aciv);	@BIN( NIV5Doiv);
@BIN( NIV2Anv);	@BIN( NIV5Cuv);	@BIN( NIV2Acv);	@BIN( NIV5Dov);
@BIN( NIV2Anvi);	@BIN( NIV5Cuvi);	@BIN( NIV2Acvi);	@BIN( NIV5Dovi);
@BIN( NIV3Ani);	@BIN( NIV6Cui);	@BIN( NIV3Aci);	@BIN( NIV6Doi);
@BIN( NIV3Anii);	@BIN( NIV6Cuii);	@BIN( NIV3Acii);	@BIN( NIV6Doii);
@BIN( NIV3Aniii);	@BIN( NIV6Cuiii);	@BIN( NIV3Aciii);	@BIN( NIV6Doiii);
@BIN( NIV3Aniv);	@BIN( NIV6Cuiv);	@BIN( NIV3Aciv);	@BIN( NIV6Doiv);
@BIN( NIV3Anv);	@BIN( NIV6Cuv);	@BIN( NIV3Acv);	@BIN( NIV6Dov);
@BIN( NIV3Anvi);	@BIN( NIV6Cuvi);	@BIN( NIV3Acvi);	@BIN( NIV6Dovi);
@BIN( NIV4Ani);	@BIN( NIV1Dpi);	@BIN( NIV4Aci);	@BIN( NIV1Esei);
@BIN( NIV4Anii);	@BIN( NIV1Dpii);	@BIN( NIV4Acii);	@BIN( NIV1Eseii);
@BIN( NIV4Aniii);	@BIN( NIV1Dpiii);	@BIN( NIV4Aciii);	@BIN( NIV1Eseiii);
@BIN( NIV4Aniv);	@BIN( NIV1Dpiv);	@BIN( NIV4Aciv);	@BIN( NIV1Eseiv);
@BIN( NIV4Anv);	@BIN( NIV1Dpv);	@BIN( NIV4Acv);	@BIN( NIV1Esev);
@BIN( NIV4Anvi);	@BIN( NIV1Dpvi);	@BIN( NIV4Acvi);	@BIN( NIV1Esevi);
@BIN( NIV5Ani);	@BIN( NIV2Dpi);	@BIN( NIV5Aci);	@BIN( NIV2Esei);
@BIN( NIV5Anii);	@BIN( NIV2Dpii);	@BIN( NIV5Acii);	@BIN( NIV2Eseii);
@BIN( NIV5Aniii);	@BIN( NIV2Dpiii);	@BIN( NIV5Aciii);	@BIN( NIV2Eseiii);
@BIN( NIV5Aniv);	@BIN( NIV2Dpiv);	@BIN( NIV5Aciv);	@BIN( NIV2Eseiv);
@BIN( NIV5Anv);	@BIN( NIV2Dpv);	@BIN( NIV5Acv);	@BIN( NIV2Esev);
@BIN( NIV5Anvi);	@BIN( NIV2Dpvi);	@BIN( NIV5Acvi);	@BIN( NIV2Esevi);
@BIN( NIV6Ani);	@BIN( NIV3Dpi);	@BIN( NIV6Aci);	@BIN( NIV3Esei);
@BIN( NIV6Anii);	@BIN( NIV3Dpii);	@BIN( NIV6Acii);	@BIN( NIV3Eseii);
@BIN( NIV6Aniii);	@BIN( NIV3Dpiii);	@BIN( NIV6Aciii);	@BIN( NIV3Eseiii);
@BIN( NIV6Aniv);	@BIN( NIV3Dpiv);	@BIN( NIV6Aciv);	@BIN( NIV3Eseiv);
@BIN( NIV6Anv);	@BIN( NIV3Dpv);	@BIN( NIV6Acv);	@BIN( NIV3Esev);
@BIN( NIV6Anvi);	@BIN( NIV3Dpvi);	@BIN( NIV6Acvi);	@BIN( NIV3Esevi);
@BIN( NIV1Bnci);	@BIN( NIV4Dpi);	@BIN( NIV1Bsi);	@BIN( NIV4Esei);
@BIN( NIV1Bncii);	@BIN( NIV4Dpii);	@BIN( NIV1Bsii);	@BIN( NIV4Eseii);
@BIN( NIV1Bnciii);	@BIN( NIV4Dpiii);	@BIN( NIV1Bsiii);	@BIN( NIV4Eseiii);
@BIN( NIV1Bnciv);	@BIN( NIV4Dpiv);	@BIN( NIV1Bsv);	@BIN( NIV4Eseiv);
@BIN( NIV1Bncv);	@BIN( NIV4Dpv);	@BIN( NIV1Bsv);	@BIN( NIV4Esev);
@BIN( NIV1Bncvi);	@BIN( NIV4Dpvi);	@BIN( NIV1Bsvi);	@BIN( NIV4Esevi);
@BIN( NIV2Bnci);	@BIN( NIV5Dpi);	@BIN( NIV2Bsi);	@BIN( NIV5Esei);
@BIN( NIV2Bncii);	@BIN( NIV5Dpii);	@BIN( NIV2Bsii);	@BIN( NIV5Eseii);
@BIN( NIV2Bnciii);	@BIN( NIV5Dpiii);	@BIN( NIV2Bsiii);	@BIN( NIV5Eseiii);
@BIN( NIV2Bnciv);	@BIN( NIV5Dpiv);	@BIN( NIV2Bsv);	@BIN( NIV5Eseiv);
@BIN( NIV2Bncv);	@BIN( NIV5Dpv);	@BIN( NIV2Bsv);	@BIN( NIV5Esev);
@BIN( NIV2Bncvi);	@BIN( NIV5Dpvi);	@BIN( NIV2Bsvi);	@BIN( NIV5Esevi);
@BIN( NIV3Bnci);	@BIN( NIV6Dpi);	@BIN( NIV3Bsi);	@BIN( NIV6Esei);
@BIN( NIV3Bncii);	@BIN( NIV6Dpii);	@BIN( NIV3Bsii);	@BIN( NIV6Eseii);
@BIN( NIV3Bnciii);	@BIN( NIV6Dpiii);	@BIN( NIV3Bsiii);	@BIN( NIV6Eseiii);
@BIN( NIV3Bnciv);	@BIN( NIV6Dpiv);	@BIN( NIV3Bsv);	@BIN( NIV6Eseiv);
@BIN( NIV3Bncv);	@BIN( NIV6Dpv);	@BIN( NIV3Bsv);	@BIN( NIV6Esev);
@BIN( NIV3Bncvi);	@BIN( NIV6Dpvi);	@BIN( NIV3Bsvi);	@BIN( NIV6Esevi);
@BIN( NIV4Bnci);	@BIN( NIV1Enoi);	@BIN( NIV4Bsi);	@BIN( NIV1Aasi);
@BIN( NIV4Bncii);	@BIN( NIV1Enoii);	@BIN( NIV4Bsii);	@BIN( NIV1Aasii);
@BIN( NIV4Bnciii);	@BIN( NIV1Enoiii);	@BIN( NIV4Bsiii);	@BIN( NIV1Aasiii);
@BIN( NIV4Bnciv);	@BIN( NIV1Enoiv);	@BIN( NIV4Bsv);	@BIN( NIV1Aasiv);
@BIN( NIV4Bncv);	@BIN( NIV1Enov);	@BIN( NIV4Bsv);	@BIN( NIV1Aasv);
@BIN( NIV4Bncvi);	@BIN( NIV1Enovi);	@BIN( NIV4Bsvi);	@BIN( NIV1Aasvi);
@BIN( NIV5Bnci);	@BIN( NIV2Enoi);	@BIN( NIV5Bsi);	@BIN( NIV2Aasi);
@BIN( NIV5Bncii);	@BIN( NIV2Enoii);	@BIN( NIV5Bsii);	@BIN( NIV2Aasii);
@BIN( NIV5Bnciii);	@BIN( NIV2Enoiii);	@BIN( NIV5Bsiii);	@BIN( NIV2Aasiii);
@BIN( NIV5Bnciv);	@BIN( NIV2Enoiv);	@BIN( NIV5Bsv);	@BIN( NIV2Aasiv);
@BIN( NIV5Bncv);	@BIN( NIV2Enov);	@BIN( NIV5Bsv);	@BIN( NIV2Aasv);
@BIN( NIV5Bncvi);	@BIN( NIV2Enovi);	@BIN( NIV5Bsvi);	@BIN( NIV2Aasvi);
@BIN( NIV6Bnci);	@BIN( NIV3Enoi);	@BIN( NIV6Bsi);	@BIN( NIV3Aasi);
@BIN( NIV6Bncii);	@BIN( NIV3Enoii);	@BIN( NIV6Bsii);	@BIN( NIV3Aasii);
@BIN( NIV6Bnciii);	@BIN( NIV3Enoiii);	@BIN( NIV6Bsiii);	@BIN( NIV3Aasiii);
@BIN( NIV6Bnciv);	@BIN( NIV3Enoiv);	@BIN( NIV6Bsv);	@BIN( NIV3Aasiv);
@BIN( NIV6Bncv);	@BIN( NIV3Enov);	@BIN( NIV6Bsv);	@BIN( NIV3Aasv);
@BIN( NIV6Bncvi);	@BIN( NIV3Enovi);	@BIN( NIV6Bsvi);	@BIN( NIV3Aasvi);
@BIN( NIV1Cui);	@BIN( NIV4Enoi);	@BIN( NIV1Doi);	@BIN( NIV4Aasi);
@BIN( NIV1Cuii);	@BIN( NIV4Enoii);	@BIN( NIV1Doii);	@BIN( NIV4Aasii);
@BIN( NIV1Cuiii);	@BIN( NIV4Enoiii);	@BIN( NIV1Doiii);	@BIN( NIV4Aasiii);
@BIN( NIV1Cuiiv);	@BIN( NIV4Enoiv);	@BIN( NIV1Doiv);	@BIN( NIV4Aasiv);
@BIN( NIV1Cuiv);	@BIN( NIV4Enov);	@BIN( NIV1Dov);	@BIN( NIV4Aasv);
@BIN( NIV1Cuivi);	@BIN( NIV4Enovi);	@BIN( NIV1Dovi);	@BIN( NIV4Aasvi);
@BIN( NIV2Cui);	@BIN( NIV5Enoi);	@BIN( NIV2Doi);	@BIN( NIV5Aasi);
@BIN( NIV2Cuii);	@BIN( NIV5Enoii);	@BIN( NIV2Doii);	@BIN( NIV5Aasii);
@BIN( NIV2Cuiii);	@BIN( NIV5Enoiii);	@BIN( NIV2Doiii);	@BIN( NIV5Aasiii);
@BIN( NIV2Cuiiv);	@BIN( NIV5Enoiv);	@BIN( NIV2Doiv);	@BIN( NIV5Aasiv);
@BIN( NIV2Cuiv);	@BIN( NIV5Enov);	@BIN( NIV2Dov);	@BIN( NIV5Aasv);
@BIN( NIV2Cuivi);	@BIN( NIV5Enovi);	@BIN( NIV2Dovi);	@BIN( NIV5Aasvi);
@BIN( NIV3Cui);	@BIN( NIV6Enoi);	@BIN( NIV3Doi);	@BIN( NIV6Aasi);
@BIN( NIV3Cuii);	@BIN( NIV6Enoii);	@BIN( NIV3Doii);	@BIN( NIV6Aasii);
@BIN( NIV3Cuiii);	@BIN( NIV6Enoiii);	@BIN( NIV3Doiii);	@BIN( NIV6Aasiii);
@BIN( NIV3Cuiiv);	@BIN( NIV6Enoiv);	@BIN( NIV3Doiv);	@BIN( NIV6Aasiv);
@BIN( NIV3Cuiv);	@BIN( NIV6Enov);	@BIN( NIV3Dov);	@BIN( NIV6Aasv);
@BIN( NIV3Cuivi);	@BIN( NIV6Enovi);	@BIN( NIV3Dovi);	@BIN( NIV6Aasvi);

! Declaración de BBIN ;

@BIN( BBIN1Avii);  
 @BIN( BBIN2Avii);  
 @BIN( BBIN3Avii);  
 @BIN( BBIN4Avii);  
 @BIN( BBIN5Avii);  
 @BIN( BBIN6Avii);  
 @BIN( BBIN1Bvii);  
 @BIN( BBIN2Bvii);  
 @BIN( BBIN3Bvii);  
 @BIN( BBIN4Bvii);  
 @BIN( BBIN5Bvii);  
 @BIN( BBIN6Bvii);  
 @BIN( BBIN1Cvii);  
 @BIN( BBIN2Cvii);  
 @BIN( BBIN3Cvii);  
 @BIN( BBIN4Cvii);  
 @BIN( BBIN5Cvii);  
 @BIN( BBIN6Cvii);  
 @BIN( BBIN1Dvii);  
 @BIN( BBIN2Dvii);  
 @BIN( BBIN3Dvii);  
 @BIN( BBIN4Dvii);  
 @BIN( BBIN5Dvii);  
 @BIN( BBIN6Dvii);  
 @BIN( BBIN1Evii);  
 @BIN( BBIN2Evii);  
 @BIN( BBIN3Evii);  
 @BIN( BBIN4Evii);  
 @BIN( BBIN5Evii);  
 @BIN( BBIN6Evii);

! Declaración de NNIV ;

@BIN( NNIV1Avii);  
 @BIN( NNIV2Avii);  
 @BIN( NNIV3Avii);  
 @BIN( NNIV4Avii);  
 @BIN( NNIV5Avii);  
 @BIN( NNIV6Avii);  
 @BIN( NNIV1Bvii);  
 @BIN( NNIV2Bvii);  
 @BIN( NNIV3Bvii);  
 @BIN( NNIV4Bvii);  
 @BIN( NNIV5Bvii);  
 @BIN( NNIV6Bvii);  
 @BIN( NNIV1Cvii);  
 @BIN( NNIV2Cvii);  
 @BIN( NNIV3Cvii);  
 @BIN( NNIV4Cvii);  
 @BIN( NNIV5Cvii);  
 @BIN( NNIV6Cvii);  
 @BIN( NNIV1Dvii);  
 @BIN( NNIV2Dvii);  
 @BIN( NNIV3Dvii);  
 @BIN( NNIV4Dvii);  
 @BIN( NNIV5Dvii);  
 @BIN( NNIV6Dvii);  
 @BIN( NNIV1Evii);  
 @BIN( NNIV2Evii);  
 @BIN( NNIV3Evii);  
 @BIN( NNIV4Evii);  
 @BIN( NNIV5Evii);  
 @BIN( NNIV6Evii);

END



## Bibliografía

La fuente bibliográfica, sustento para el desarrollo de este trabajo de investigación se muestra en esta sección. La presentación de las referencias obedece a su campo teórico.

### *Fuente Bibliográfica relacionada con la teoría logística y de cadena de suministros*

- BALLOU Ronald H., Logística. Administración de la Cadena de Suministro Edic. Quinta Año. 2004 Edit. Pearson
- BORSODI Ralph, The Distribution Age. A study of the economy of modern distribution. Edit. D. Appleton and Company Año. 1927
- CHOPRA Sunil, MEINDL Peter Administración de la Cadena de Suministro. Estrategia, Planeación y Operación Edic. Tercera Edit. Pearson Education Año. 2008
- PINEDO Michel L Planning and Scheduling in Manufacturing Services Año. 2005 Edit. Springer Series in Operation Research
- ROMERO MORALES María Dolores Optimization Problems in Supply Chain Management Año. 2000 University of Rotterdam. Tesis de Doctorado
- SHAPIRO Jeremy F. Modeling the Supply Chain Año. 2001 Edit. Thomson
- SIMCHI – LEVI David, BRAMEL Julien, XIN Chen The Logic of Logistics. Theory, Algorithms, and Supply Chain Management Edic. Segunda Año. 2005 Edit. Springer Series in Operation Research
- WIKE Carl E. Supply Chain Optimization: Formulations and Algorithms Año. 1999 Massachusetts Institute Tecnology. Tesis de Maestría de Ciencias en Investigación de Operaciones

### *Fuente Bibliográfica relacionada con Investigación de Operaciones*

- HILLER Frederick S., LIEBERMAN Gerald J., Introducción a la Investigación de Operaciones Edic. Octava Año. 2006 Edit. Mc Graw Hill
- TAHA Hammdy A., Investigación de Operaciones Edic. Séptima Año. 2004 Edit. Pearson
- WINSTON Wayne L. Investigación de Operaciones. Aplicaciones y Algoritmos Edic. Cuarta Año. 2004 Edit. Cengage Learning Editores