

UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

Fundada en 1551

**FACULTAD DE INGENIERIA INDUSTRIAL
E.A.P. INGENIRIA INDUSTRIAL**



Tesis

Digitales UNMSM

**OPTIMIZACIÓN EN LA ENTREGA DE PRODUCTOS PARA UNA
CADENA DE ABASTECIMIENTOS**

INFORME

Para optar el Título Profesional de :

INGENIERO INDUSTRIAL

AUTOR

MARIO ALFREDO FLORES TORRES

**LIMA – PERÚ
2004**

ÍNDICE

Introducción

CAPÍTULO I

La Empresa

- 1.1 Situación de la Industria Química
- 1.2 Antecedentes
- 1.3 Análisis del Proceso Productivo
- 1.4 Proceso productivo
- 1.5 Recursos para el Proceso

CAPÍTULO II

El Sistema del Servicio de Entrega

- 2.1 Posicionamiento de la Estrategia
- 2.2 Taxonomía para el Diseño del proceso del Cliente
- 2.3 Propósitos genérica para el diseño del Sistema de servicio

CAPÍTULO III

Determinación de rutas de Entrega

- 3.1 Conceptos
- 3.2 Algoritmo C-W
- 3.3 El algoritmo C-W Sin Restricciones
- 3.4 El algoritmo C-W Con Restricciones

CAPÍTULO IV

Modelo de Optimización de la Ruta de Entrega

- 4.1 Estructura del Proceso de Modelación
- 4.2 Verificación y Validación
- 4.3 Modelo Matemático de Delivery

CAPÍTULO IV

Conclusiones y Recomendaciones

- 5.1 Conclusiones
- 5.2 Recomendaciones

Apéndices

BIBLIOGRAFÍA

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, muchos laboratorios en el afán de mejorar la atención a sus clientes, requieren del uso de modelos matemáticos o de un sistema que analice las ventas y eficiencia de sus recursos; con la finalidad de asegurar un buen servicio al cliente. La empresa que se describe en el presente trabajo, es un laboratorio de mediana empresa, que mediante procesos, como el de envasado, consigue el producto final usando los recursos de la planta.

El presente trabajo, contribuye a entender el proceso de satisfacer los requerimientos de los clientes; utilizando métodos y modelos de la Investigación de Operaciones para el estudio de la secuenciación de rutas. Así como también el uso de las herramientas de software, que contribuyen con el fin de contar con un ambiente operativo que provea nuevas opciones a los administradores en el campo de la cadena de abastecimientos.

En el trabajo, se optimizará el proceso de entrega o *delivery* de los productos de la empresa hacia los clientes; esto permitirá un mayor control de los procesos en la cadena de abastecimientos; consolidando la calidad no sólo en el proceso de producción, sino también en la atención a los clientes finales; los que son el objetivo principal a cumplir.

CAPITULO I

La Empresa

1.1 Situación de la Industria Química

La industria química en el Perú está compuesta principalmente por las fábricas de sustancias químicas, química básica, abonos y plaguicidas, resinas sintéticas, pinturas, productos de tocador, productos de caucho y productos plásticos.

La producción química en el Perú es realizada por medianas y grandes industrias, a pesar de la recesión económica, entre enero y agosto de 2003, creció la producción de bienes intermedios de naturaleza química, especialmente las sustancias químicas industriales y los productos de caucho en 16.2% y 7.2%, respectivamente. Por otro lado, la variación del empleo en la industria de sustancias químicas ha crecido 1.8% entre enero y junio de 2003 a enero y junio de 2004.

Debido a la naturaleza de los productos químicos, es decir, por el destino que tiene para su consumo, las perspectivas de desarrollo de la industria química depende de las industrias relacionadas a ésta, es así que el desarrollo de la industria de la construcción lleva consigo el incremento de la producción de pinturas, el aumento del parque automotor incrementa la demanda de llantas y el desarrollo de la agricultura mejora la producción de plaguicidas y abonos, entre otros.

La idea de que la calidad de los productos químicos será exigida por los sectores de los cuales proviene la demanda, lleva a inferir que requerimos de adecuados modelos de producción y de profesionales que implementen innovaciones dentro de la planta industrial.

El interés primordial de la empresa es adquirir suministros de calidad que obtiene mediante un programa semanal de envasado y empaquetado para ello según el modulo de almacén permite verificar sus existencia o necesidades de insumos y su posterior compra es por ese motivo que a pesar de tener un nivel de competencia como Bayer se ve forzada a bajar los precios manteniendo sus niveles de calidad.

1.2 Antecedentes

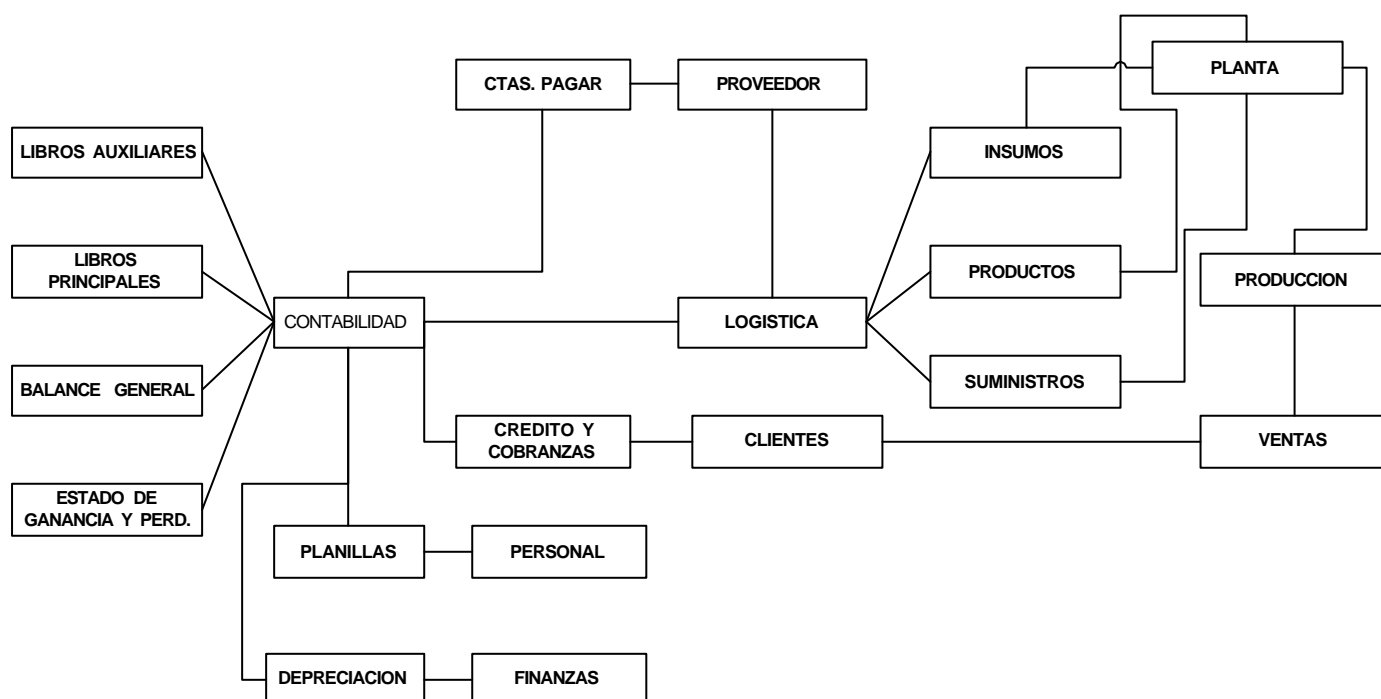
La empresa tiene un mercado variado debido a los diversos productos que tiene en sus líneas. La importancia de esta industria está determinada por la función que tiene como proveedora de insumos a otras industrias. Sus clientes son básicamente empresas de regular envergadura, que para sus operaciones necesitan de productos agrícolas, para higiene industrial, veterinaria y otros.

En el Perú CESER, comercializa sus productos farmacéuticos, de consumo masivo, industriales, de protección de cultivos y de sanidad animal, con los cuales está presente en el desarrollo del país.

A través de la División de Protección de Cultivos adelanta, con su equipo de profesionales, una labor de extensión y asesoría técnica en manejo de cultivos que contribuyen al avance de la agricultura peruana.

1.3 Análisis del Proceso Productivo

El Análisis del Producto es el aspecto más importante en la gestión empresarial, ya que de él depende de la calidad del diseño del producto para satisfacer las necesidades de los clientes.



1.3.1 Productos: Los productos que se reproducen en la empresa están clasificados en grupos según la estandarización de procesos de envasado y empaçado de los cuales solo mencionaremos los siguientes:

GRUPO 1.1	PRESENTACION	LINEA
AGRAL	250 ml	AGRO KLINGE
BIOL	250 ml	AGRICOLA
CARBOFOR 4FW	200 ml	AGRICOLA
MATADOR 600SL	200 ml	AGRICOLA
RANIDE 57	200 ml	VETERINARIA
S-KMATA	250 ml	AGRO KLINGE
STERMIN 600SL	200 ml	AGRICOLA
VOMBAX 4 FW	200 ml	AGRICOLA
BIOZYME	200 ml	AGRICOLA

GRUPO 1.2	PRESENTACION	LINEA
ACTELIC 50CE	1L	AGRO KLINGE
AMIDOR 250EC	250 ml, 500ml	AGRICOLA
ARROSOLO	250 ml, 500ml, 1L	AGRO KLINGE
ATABRON	500 ml, 1L	AGRO KLINGE
CAPORAL 540EC	250 ml, 500ml, 1L	AGRICOLA
CYPERKLIN 25CE	250ml, 500ml, 1L	AGRO KLINGE
CYPERTRIN 200EC	250ml, 500ml, 1L	AGRICOLA
DIAMOND 60EC	1L, 4.5L	AGRICOLA
ONCOL 40CE	250 ml, 500ml, 1L	AGRO KLINGE
NEOGAN D-60	250 ml, 500ml, 1L	VETERINARIA
PALADIN 480EC	500 ml, 1L	AGRICOLA

1.3.2 Definiciones Principales

1. **Dosificación:** Es la operación que consiste en llenar un frasco con un volumen determinado de producto, utilizando para ello una maquina dosificadora.
2. **Equipo de seguridad:** Materiales de protección personal : mascara contra gases y polvo guantes , mascarillas , anteojos , mameluco botas y gorro.
3. **Marbete:** Etiqueta autoadhesiva pequeña de color blanco en el que se indica el numero de lote y fecha de vencimiento del producto.
4. **Material de empaque:** Materiales en los que van contenidos los envases, Ej.: cajas, sacos, bolsas.
5. **Material de envasado:** Envases de diferentes presentaciones en los que esta contenido directamente el producto, Ej.: envases de hojalata con sus respectivas tapas frascos bolsas y cajas.
6. **Purgar:** Pasa un volumen determinado del producto formulado por una maquina con el fin de eliminar residuos indeseables.
7. **Regulación de dosificadora:** Adecuación de la maquina dosificadora al volumen requerido.

8. **Tapas de envases de plástico:** Constituida por dos unidades de plástico formada por un tapón colocadas a presión y una tapa que va enroscada en la boca del envase.

1.4 Proceso Productivo

El Almacén de materias primas entrega al operario encargado del envasado, el material de envasado y empaclado de acuerdo al “Recibo de entrega de mercadería”.

Durante el proceso de envasado los operarios realizan las operaciones de siguiente manera:

1.4.1 DOSIFICADO

- ◆ El operario encargado del dosificado hace circular en el interior de la dosificadora neumática, 3l del producto para purgarla, que luego se desechan.
- ◆ El mismo operario regula el dosificador neumática llenando una probeta con el producto y efectúa la lectura de volumen de envasado respectivo. Hecha esta comprobación se procede a llenar los envases.

1.4.2 TAPONADO

- ◆ El encargado del taponado prepara los tapones colocando la tapa sobre el tapón.
- ◆ Se coloca la unidad (tapa y tapón) a los envases y cada 30 minutos se efectúa un control de volumen tomado un frasco con producto antes de taponarlo y vaciando su contenido a una

probeta, verificando que el volumen se encuentre dentro del rango. Si no estuviese dentro del rango se comunica al encargado del dosificado para que realice la regulación respectiva. La lectura obtenida se debe registrar en el formato de “control de volumen en proceso”.

- ◆ Coger de la mesa una tapa y un tapón colocar sobre la tapa dentro del tapón e introducir el frasco, enroscar ,golpear con mazo de madera y dejar a un lado.

1.4.3 ETIQUETADO

- ◆ Se coloca los marbetes en las etiquetas del producto. Si se detectan etiquetas defectuosas se separan inmediatamente, se junta y entrega al jefe de planta quien a su vez las entrega al almacenero quien le repondrá las etiquetas por la cantidad recibida y emitirá el “recibo de almacén” respectivo.
- ◆ El almacenero entrega el ”recibo de almacén” al coordinador de ventas para que efectúe el descargo del sistema, informando además a control de calidad.
- ◆ Se pegan las etiquetas con sus marbetes en los envases correspondientes.
- ◆ Colocar de termoencogible al acabar el tapado.

1.4.4 POR TERMOENCOGIBLES

- ◆ Se coloca el termoencogible sobre las tapas y se realiza el sellado con la pistola de aire caliente.

1.4.5 EMPACADO

- ◆ se arma las cajas de empaque.
- ◆ Se introduce los envases etiquetados en las cajas correspondientes.

- ◆ Se pega la etiqueta de caja de empaque en el lado externo lateral de la caja. Para su identificación.
- ◆ Se sella la caja con cinta adhesiva.
- ◆ Se pesa y registra el peso en cada una de las cajas.
- ◆ Se apila sobre una parihuela.
- ◆ Se limpia el área de trabajo.

1.5 Recursos para el Proceso

1.5.1 EQUIPOS, MATERIALES Y RECURSOS HUMANOS:

Probetas de 250 ml, según sea la presentación requerida en el parte de producción.

- ◆ Dosificadora neumática.
- ◆ Compresora de 150 libras de capacidad como mínimo.
- ◆ Material de envase y empaque de acuerdo al parte de producción.
- ◆ Cinta adhesiva transparente ancha.
- ◆ Pistola de aire caliente (2050 w, 100 – 600 °C)
- ◆ Canastilla para frascos
- ◆ Formatos utilizados:
 - Control de envasados
 - Recibo de entrega de mercadería
 - Contraseña para empaque
 - Etiqueta de caja de empaque
 - Recibo de almacén

El diagrama de flujo del proceso de empaque se presenta a continuación

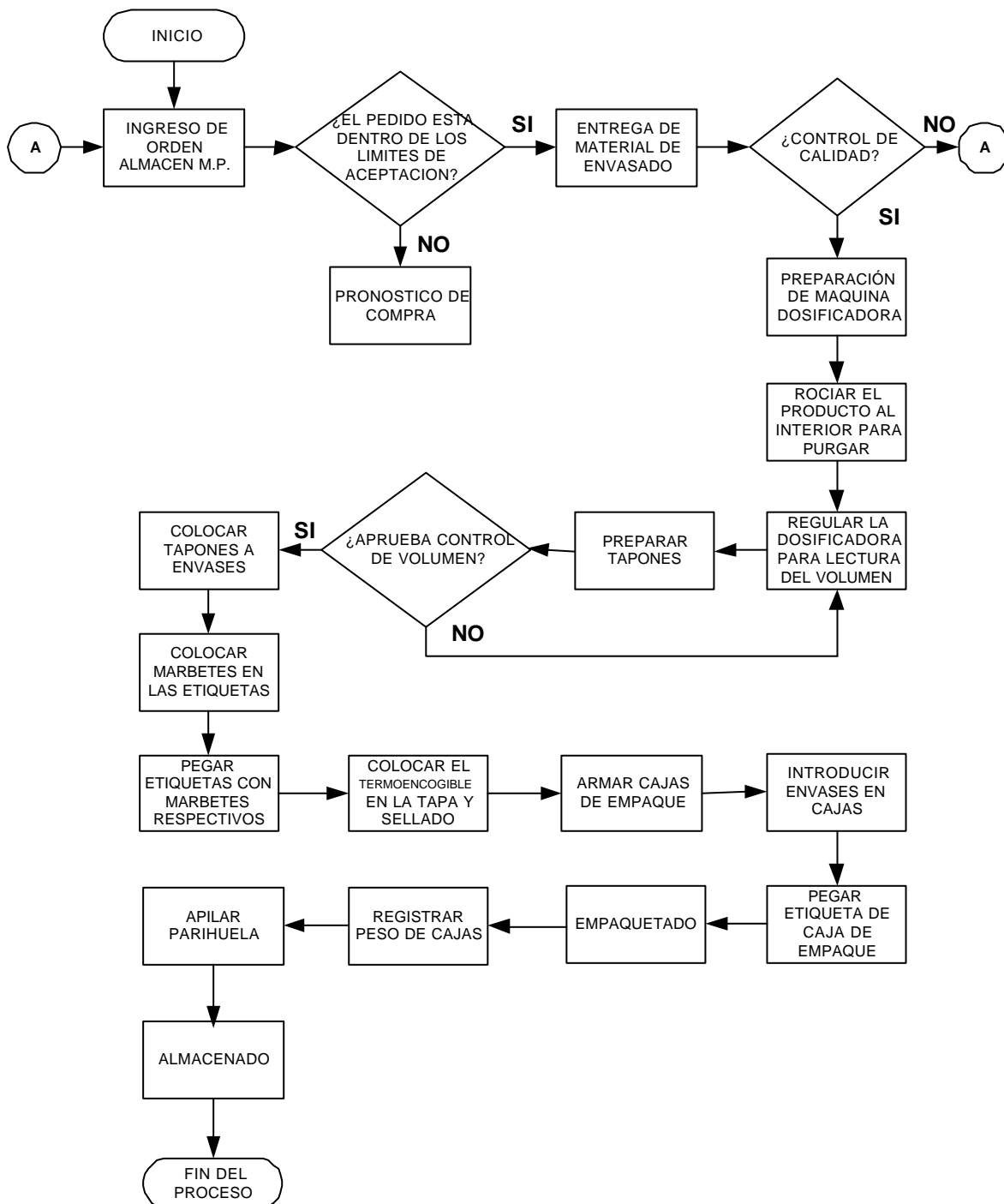


DIAGRAMA DE FLUJO

CAPITULO II

El Sistema del Servicio de Entrega

El diseño de un sistema de entrega o *delivery* es un proceso creativo. Este empieza con el concepto de servicio y estrategia para proveer un servicio con facilidades que lo diferencian de la competencia. Las variables alternativas para proveer esos objetivos deben ser identificadas y analizadas antes que se tome cualquier decisión. Diseñar un sistema de servicio envuelve temas como localización, diseño de facilidades y layout para los clientes como flujo de trabajo; procedimientos y definiciones de labores para proveer el servicio. Medidas que permitan el aseguramiento de la calidad.

El proceso del diseño nunca se termina, una vez que el servicio esta operando; las modificaciones en el sistema de entrega son introducidas progresivamente.

2.1 Posicionamiento de la estrategia

Preparar el plano de servicio, corresponde al primer paso en el desarrollo de la estructura del proceso de servicio; esto permitirá posicionar a la firma en el mercado de la competencia. Las decisiones serán complejas y divergentes, en función del servicio de la empresa.

Los pasos y secuencias en el proceso, son capturados por el plano del servicio; y medidos por la estructura del servicio de entrega. La complejidad de la misma está en función

de la estructura del sistema de entrega. De esta forma el servicio personalizado al cliente implica los pasos requeridos en el proceso del servicio.

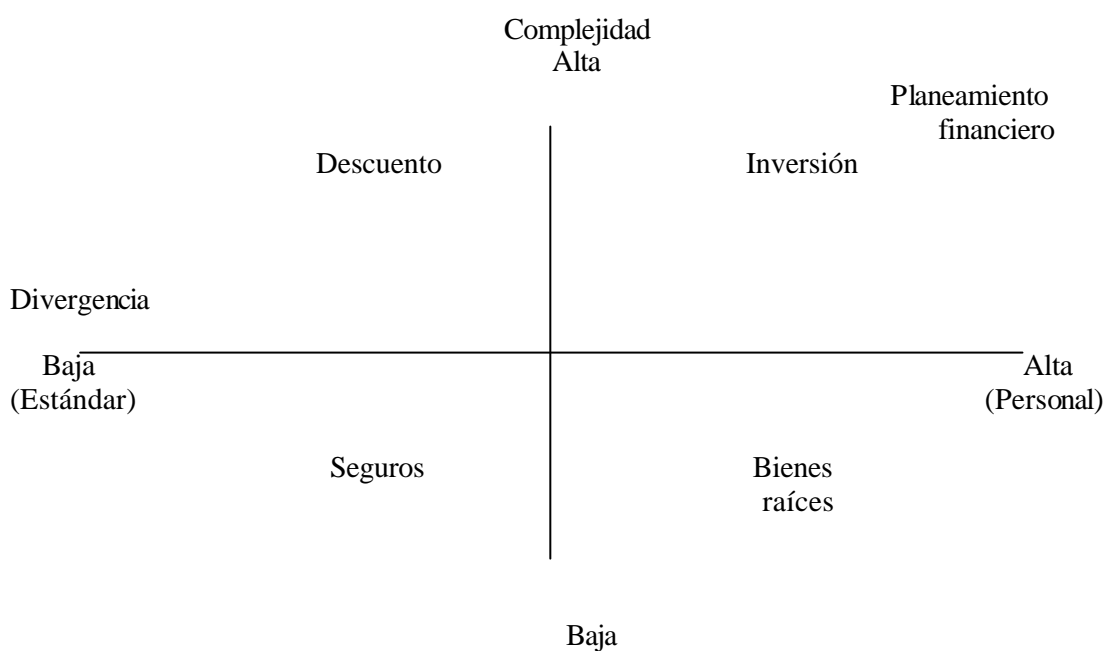


Figura 2.1: Posicionamiento

Dos variables son la complejidad y la divergencia, que permiten crear un posicionamiento en el mercado. En la figura 2.1, se presenta una carta para una industria del servicio en finanzas. En toda industria de servicio, se observa un movimiento en cada dirección de la carta de la estructura del proceso, tal como una firma se posiciona en relación a sus competidores.

El grado de divergencia permite servir al cliente. En la tabla 2.1, se ofrecen ejemplos de alternativas estructurales para un servicio de despacho de materiales el cual se aplica al modelo de la empresa estudiada en el presente trabajo.

Baja	Proceso	Alta
Sin orden de compra	Tomar pedido de cliente	Cronograma de OC mensual
Orden de trabajo individual	Realiza Picking de materiales	Picking colectivo
Despachos según plan	Efectuar despachos	Despachos fuera del plan

Tabla 2.1: Complejidad/Divergencia

2.2 Taxonomía para el diseño del proceso del servicio

Los procesos del servicio pueden ser clasificados usando el concepto de la divergencia, la actividad del servicio y el grado del contacto con el cliente. En la tabla 2.2, se ofrece los servicios divididos en baja divergencia (servicio estándar) y en alta divergencia (servicio personalizado). Con estas dos categorías, el objeto del proceso del servicio es identificado como un bien, información o personas. La tabla toma ejemplos aplicativos en la empresa que estamos estudiando.

El grado de los rangos del cliente, se encuentran desde sin contacto al cliente, contacto indirecto o contacto directo.

2.2.1 Grado de divergencia

El servicio estándar (baja divergencia) esta diseñado para altos volúmenes, con un servicio focalizado. Las tareas son rutinarias y requieren de una fuerza de trabajo en relativos bajos niveles de técnicas. Dada la naturaleza repetitiva del servicio, es posible sustituir de manera automática la labor en esos servicios , si queremos aplicar la baja divergencia en nuestro caso, el cual nuestro objetivo es la atención de los despachos de una manera optima garantizando y asegurando la cadena de abastecimiento de la empresa, deberíamos contar con un plan de despachos diario para poder cumplir con este servicio y realizar de una manera automática.

	Baja Divergencia			Alta divergencia		
	Procesamiento de bienes	Procesamiento de información	Procesamiento de personas	Procesamiento de bienes	Procesamiento de información	Procesamiento de personas
Sin contacto con el cliente	Empalear la mercadería a despachar	Empalear mediante orden de trabajo		Descarga de mercaderías sin paletas		
Indirecto contacto con el cliente		Recibir ordenes por PC			Supervisión cumplimiento de plan de ruta via radio y GPS	
Contacto directo con el cliente	Descargar la mercadería con mayor facilidad	Recibir pago desde una tarjeta de crédito	Operación de un montacarga	Pesar mercadería en almacén de cliente	Resguardo de guías de remisión en Base de Datos	Utilizar equipos propios para aplicar productos propios en cliente

TABLA2.2 Taxonomía del Proceso de Servicio

El reducir la discreción del servicio de los trabajadores, es un propósito que redundará en la calidad del servicio; pero también es posible que arranque consecuencias negativas.

Para clientes personalizados (o alta divergencia), se requiere más juicio y flexibilidad al desarrollar las tareas del servicio; en adición, más información es intercambiada entre los clientes y el trabajador del servicio.

Las características de un servicio con alta divergencia, requieren más nivel de técnica y de análisis. Para conseguir la satisfacción del cliente, la toma de decisiones es delegada al trabajador del servicio, quien desarrolla sus tareas con cierta autonomía y discreción. Los trabajadores se encuentran en el concepto del Empowerment.

2.2.2 Objetivo del proceso del servicio

Cuando los bienes son procesados, se hace una distinción entre bienes que utiliza el cliente y bienes que son provistos por la firma del servicio (facilitador de bienes).

Para servicios tales como lavado o reparación de carros, el servicio es desarrollado en la propiedad del cliente; en este caso la propiedad deberá tener la seguridad de daños o pérdidas. Otros servicios tales como restaurantes, que facilitan bienes, como parte del paquete de servicios. Sin embargo, apropiados niveles de stock y la calidad en la facilitación de esos bienes son muy importantes.

En el procesamiento de la información (tales como recibo y manipulación de datos) esta presente en todos los sistemas de servicio. En algunos casos, esta es una actividad de oficina,

como el procesamiento de un cheque. Para otros servicios, la información es comunicada indirectamente por medios electrónicos, como la verificación de una cuenta por INTERNET. Existen servicios, en donde la información es procesada como una interacción directa entre el cliente y el trabajador del servicio. En estos casos, se requieren altos niveles de empleados; en donde es importante la satisfacción del cliente. Para ello se esta desarrollando la tecnología *E-Comerces*

El procesamiento de las personas, envuelve cambios físicos o geográficos. Debido a la naturaleza de los servicios, los trabajadores deberán poseer facultades para tratar con otras personas, como además del conocimiento técnico , el feeling que debe existir entre el operador de servicio y el cliente es muy importante ya que asegura el cumplimiento optimo de servicio de atención al cliente.

2.2.3 Tipos de contactos de clientes

El contacto con los clientes, dentro del sistema del servicio delivery, puede ocurrir en tres caminos básicos. Primero, el cliente puede estar físicamente presente e interactuar directamente con el proveedor del servicio en la creación del servicio. En este instante, el cliente tiene toda la seguridad del servicio realizado. Segundo, el contacto puede indirecto y ocurrir vía un medio electrónico, desde la casa u oficina del cliente. Tercero, el servicio puede ser desarrollado sin el contacto del cliente.

Los contactos directos con el cliente, se encuentran divididos en dos categorías: sin interacción con el trabajador del servicio y el cliente interactuando con el trabajador del servicio.

Muchas aplicaciones de tecnologías de servicio, tales como el mercado directo a los cajeros automáticos, se han hecho populares para un gran espectro del mercado, en donde los clientes han aprendido a interactuar con estas máquinas.

Cuando los clientes deciden interactuar directamente con los proveedores del servicio, todas las facilidades del procesamiento de personas son importantes para asegurar un servicio de éxito. Cuando los clientes se encuentran físicamente en el servicio, se presentan adicionales problemas en la gestión; tal como ocurre con la gestión de la cola o espera, que trae consigo una imagen negativa.

El procesamiento del servicio con un contacto indirecto por parte del cliente, no solo se restringe a la presencia física, porque es necesario decisiones de localización de facilidades, diseño de la facilidad, secuencia del trabajo y la capacitación de los empleados.

2.3 Propósitos genéricos para el diseño del sistema de servicio

El paquete del servicio, es como una caja de atributos que experimenta el cliente. Esta caja consiste de cuatro facilidades: soporte de las facilidades, facilitación de bienes, servicios explícitos y servicios implícitos. Un buen diseño del sistema del servicio, sirve para que las facilidades se encuentren en coordinación armoniosa.

El concepto del propósito de línea de producción, sirve para que los servicios rutinarios se encuentren controlados en un ambiente que asegure la calidad y eficiencia de la operación. También para que el cliente tenga participación en los procesos; permitiendo al cliente tomar un

rol activo en el proceso del servicio. Esto muchas veces trae beneficio a ambos: al consumidor y al proveedor.

2.3.1 El propósito de línea de producción

La visión del servicio es desarrollado por individuos a otros individuos. Esta es una visión humanista que impide efectuar innovaciones en el diseño del sistema de servicio.

Los sistemas de manufactura, son diseñados con un control de procesos; los trabajos son diseñados con tareas explícitas; y se hacen uso de herramientas y maquinas para proveer el incremento de productividad. El servicio toma este propósito de línea de producción para ganar una ventaja competitiva y ser líder en su estrategia de costos.

La empresa es el ejemplo de esta quinta esencia del concepto de línea de producción aplicado a los servicios. Los flujos de materiales medidos y pre empacados, el tamaño, la calidad y la consistencia son controlados. Se diseñan facilidades predeterminadas de almacenamiento, expresamente para mezclas de productos. Se dice que hay una ingeniería en el sistema entero: desde el principio hasta el fin. Cada detalle es revisado por medio de un cuidadoso diseño y planeamiento.

El concepto de línea de producción en los sistemas de servicio, trasladan los exitosos conceptos de manufactura al sector servicio; existiendo varias razones que han contribuido con su éxito.

Un trabajador en una línea de ensamble posee una tarea muy definida a desarrollar y la realiza acompañado de herramientas. La estandarización y la calidad, son las líneas maestras de una producción en línea. Se han desarrollado estándares en líneas rutinarias; en consecuencia el cliente puede esperar idéntico servicio en cualquier localidad. Justo como un producto desde la manufactura, no se distingue del otro. A un servicio personalizado, se hace necesario el concepto de Empowerment. La idea es dar más libertad a los empleados en tomar decisiones y que se asuman las responsabilidades.

El concepto de la línea de producción, sugiere que el total de trabajo se divida en grupos de tareas simples. Tareas que permiten la especialización de la labor. La división de la labor, permite un solo pago por el requerimiento de desarrollar una labor. Tal como ocurre en los laboratorios de análisis, donde cada técnico laboratorista desarrolla una parte de la prueba.

La sistemática sustitución de equipos por personas, ha sido el origen del progreso en la manufactura. Este propósito también puede ser usado en los servicios, tal como ocurre con los cajeros automáticos, en vez del cajero de un banco. El uso de las tecnologías “soft”, trajo consigo un tremendo impacto. El uso de laptop computer, ayudan al agente de seguros para la personalización de sus recomendaciones. Para nuestro caso si bien la tecnología *E-Comerces* no reduce significativamente los costos fijos de personal , logra optimizar tiempo para una mejor atención al cliente.

2.3.2 Clientes como coproductores

Para muchos sistemas de servicios, el cliente está presente, cuando el servicio está empezando a ser ejecutado. Este estado pasivo, significa que el cliente representa labor de producción justo en

el momento de su necesidad. La participación del cliente puede incrementar el grado de personalización. Envolver al cliente en el proceso del servicio puede dar una estrategia competitiva, con ciertas personalizaciones, focalizadas en el cliente, quien está interesado en el servicio. Tal como ocurre con el vendedor de bienes raíces, con su lista de galerías de casas.

El concepto de la labor del cliente, por un proveedor de labores, es la tendencia en el tiempo actual. Las tecnologías también están ayudando a facilitar la participación del cliente.

Los modernos clientes son coproductores, reciben beneficios por su labor, en la forma de servicios a bajo costo. La coproducción direcciona al problema de coordinar la provisión de la demanda del servicio; porque el cliente trae consigo contar con la capacidad del servicio extra en el tiempo, cuando hay necesidad.

La capacidad del servicio es una comodidad perecible. La naturaleza de la demanda por un servicio, es una variable del tiempo. En una cierta hora del día, varía la demanda por el servicio en un restaurante; un día de la semana es propicio para el teatro. Si las variaciones de la demanda pueden ser suavizadas, el requerimiento por la capacidad de un servicio será reducido, y será más uniforme la utilización de la capacidad. El resultado es un mejoramiento en la productividad del servicio.

Para implementar las estrategias de suavizamiento de la demanda, el cliente debe participar, ajustando el tiempo a su demanda, para coordinar la disponibilidad del servicio. Típicas medidas son las reservaciones. En compensación el tiempo esperado en el servicio no existe.

En un servicio muy especializado, el cliente deberá asumir un rol de diagnóstico; tal como ocurre con los dueños de automóviles, que recurren a un taller, indicando el síntoma del vehículo, el cual trae como consecuencia el servicio de un profesional en particular.

2.3.3 Contacto con el cliente

La manufactura de productos, está conducida en un ambiente controlado. El diseño del proceso es totalmente enfocado en crear una continua y eficiente conversión de entradas a productos, sin la presencia del consumidor. La utilización de los inventarios en el proceso productivo, controla las variaciones de la demanda del cliente y secuencia para la operación a full capacidad.

El diseño del servicio, tal como los procesos de manufactura; está ligado a la participación del cliente. Richard B. Chase sugiere que el sistema del servicio de entrega puede ser separado en base a los contactos de los clientes en las operaciones. Así existirá el grupo de bajo contacto y el de alto contacto. Ver tabla 2.3.

El contacto del cliente se refiere a la presencia física del cliente en el sistema. El grado del contacto del cliente puede ser medido por el porcentaje del tiempo que el cliente está en el sistema, relativo al tiempo total del servicio. En los altos contactos, el cliente determina el tiempo de la demanda y la naturaleza del servicio por la participación directa en el proceso. La calidad del servicio, es determinada por la larga experiencia del cliente. En los sistemas de bajo contacto, los consumidores no tiene influencia directa en el proceso productivo. Si un servicio cae en la categoría de alto contacto, es posible que se ejecute como lo realiza una factoría.

Cuando los servicios son separados en operaciones de alto y bajo contacto; cada área puede diseñar su mejoramiento de performance. Las operaciones con un alto contacto requieren empleados con excelentes relaciones interpersonales. Las operaciones con bajo contacto pueden separar físicamente al cliente de las operaciones.

2.3.4 Empowerment de información

Los tiempos actuales, son los tiempos de la información. Las tecnologías de información (IT), no es solo la computadora, sino el feeling de cada día.

Ciertamente que no hay servicio sin el uso de IT; y el éxito de los administradores se mide, en cuanto al uso de la IT, ofrece de una forma mas fácil y simple en el negocio.

Consideraciones del diseño	Alto contacto en la operación	Bajo contacto en la operación
Localización de facilidades	Cercanía al cliente	Cercanía al proveedor, transporte o labor
Disposición de facilidades	Contar con las expectativas físicas y psicológicas del cliente	Cliente no se encuentra en el ambiente
Diseño del producto	Etapas de producción tienen un efecto directo en el cliente	Cliente no está envuelto en la mayoría de los procesos
Coordinación	Cliente está en la coordinación	Cliente está solo en la fecha de terminación
Planeamiento de producción	Las ordenes no pueden ser almacenadas	
Control de calidad	Estándar de calidad son variables	Estándar de calidad son fijos
Planeamiento de capacidad	Para evitar pérdida de ventas, la capacidad deberá ubicarse en la demanda pico	Almacenamiento de salidas, por niveles de demanda promedio

Tabla 2.3: Consideraciones de diseño

Los tempranos usos de la IT, fueron almacenar registros. Actualmente, un negocio debe tener a la mano una base de datos computarizados, de sus clientes; como también una base de datos de sus proveedores de bienes y servicios.

El desarrollo de bases de datos relacionales, esta cambiando constantemente. El ejecutivo de producción puede conocer exactamente el número de ventas e inmediatamente conocer, cuanto de producción se coordinara en el siguiente periodo. Un taller o un servicio, llama a sus proveedores por inventarios, e inicia una orden para reemplazar el inventario, sin tener que dirigirse a la instalación física.

El empowerment IT, ha mejorado el servicio para el cliente. Ahora los clientes pueden hacer uso del INTERNET, no requiriéndose la dependencia física en el servicio del proveedor.

El diseño del sistema de servicio de entrega, es capturado en un diagrama visual. En atención a su posicionamiento el sistema de servicio se clasifica entre complejidad y divergencia.

Un diseño de sistemas de servicio, toma en cuenta: la línea de producción, la participación del cliente, el contacto del cliente y el Empowerment. Estos propósitos proveen muchos diseños innovadores; que contribuyen a una ventaja competitiva.

CAPITULO III

Determinación de Rutas de Entregas

Un importante aspecto en la logística de la cadena de abastecimiento (*supply chain*), es el movimiento eficiente de sus productos desde un lugar a otro.

“El delivery o entrega de algunos servicios, requiere atravesar hasta la localidad del cliente. Los problemas de transporte y trasbordo corresponden a un problema macro, en el nivel de decisiones de una firma. En un nivel macro, la entrega de los clientes deberá ser planeada de una manera eficiente”.

Debido a la naturaleza del problema, una coordinación para un *delivery* eficiente, tiene un significativo impacto en la línea. Como resultado, viene a ser una importante parte en el diseño de la cadena de abastecimiento entera.

3.1 Conceptos

La determinación de los esquemas del *delivery* optimo, es en general un problema muy dificultoso; rivalizando en dificultad con el problema del *job shop*, que asigna trabajos a maquina, teniendo cada trabajo el orden tecnológico diferente.

La secuencia de vehículos es un problema concerniente al clásico problema como el Agente Viajero o TSP (*Traveling Salesman Problem*).

El problema del TSP es descrito en el siguiente camino. Un vendedor sale de su punto base (su hogar), rotulado como 1; el deberá visitar $n-1$ ciudades, visitando exactamente una ciudad a la vez y regresar a su punto base. El problema es determinar la secuencia óptima de visitar las ciudades, con el objetivo de minimizar la distancia total atravesada. Este problema es fácil de probar, pero muy difícil de resolver. Ver figura 3.1.

La enumeración de las ciudades es utilizada cuando el número de ciudades es pequeño; así es posible enumerar todos los posibles tours. Existe la cantidad de $n!$ de ordenamiento cuando se tienen n objetos. Para un valor modesto como $n=5$, existen 120 secuencias, tours o permutaciones de ciudades pero este número crece muy rápidamente.

Por ejemplo para $n=10$, el número de secuencias crece a $n!$, una cantidad alrededor de 3 millones; y para $n=25$, el número de permutaciones es como 1.55×10^{25} .

La enumeración total, ayuda en casos cuando el TSP posee un número pequeño de ciudades.

Problemas con esta naturaleza conocidos como NP hard. El NP significa, que su tiempo de ejecución no es polinomial, es decir que el tiempo para resolver tales problemas es una función exponencial del número de ciudades, antes que una función polinomial.

1

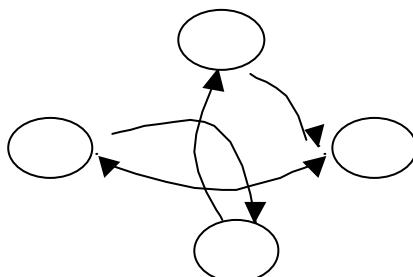


Figura 3.

3.2 Algoritmo C-W

Encontrar rutas óptimas en una secuencia vehicular, es similar, pero más complejo que el TSP. Se asume que existe un depósito central (*central depot*), con uno o más vehículos de entrega y n localizaciones de clientes; cada uno teniendo un requerimiento conocido. La cuestión es como asignar vehículos a clientes, para cumplir la demanda del cliente y satisfacer las restricciones de minimizar los costos.

Debido a que la optimalidad puede ser imposible de conseguir; los métodos para obtener “buenas soluciones”, son muy importantes.

G. Clarke y J.M. Wright en “*Scheduling of Vehicles from a Central Depot to a Number of Delivery Points*”, discuten una técnica para encontrar buenas rutas. Este algoritmo conocido como de Clark- Wright entrega soluciones aceptables; y es muy utilizado en aplicaciones prácticas, por la corta cantidad de tiempo y la facilidad con que se aplica.

Identificando el depósito como localización 0, y los clientes en las localidades 1, 2,3,... n . se asume que son conocidos los costos de travesía desde el depósito a cada localidad del cliente; esto es:

C_{0j} = Costo de hacer un viaje desde el depósito hasta el cliente.

Para implementar el método, se hace necesario conocer el costo del viaje entre los clientes. Esto significa que se asume que todos los costos de travesía son conocidos.

C_{ij} = Costo de hacer un viaje desde la localidad i a la localidad j .

Para propósitos prácticos, se considera el caso en el cual $C_{ij} = C_{ji}$, para todo $1 \leq i, j \leq n$.

El método procede como sigue: suponer inicialmente que hay un vehículo separado a la asignación de cada localidad del cliente. Esta solución inicial consiste de n rutas separadas desde el depósito a cada localidad del cliente. En consecuencia el costo total de viaje en redondo para la solución inicial es:

$$2 \sum_{j=1}^n C_{0j}$$

Ahora se supone que se enlazan los clientes i y j . Esto es lo que se dirige desde el depósito a i y luego a j y se regresa al depósito. Se observa que el concepto del algoritmo C-W es el del salvado que se realiza al enlazar pares de puntos de delivery. El ahorro realizado en un enlace i a j es:

$$S_{ij} = 2 (C_{0i} + C_{0j}) - (C_{0i} + C_{ij} + C_{0j}) = C_{0i} + C_{0j} - C_{ij}$$

Este método calcula S_{ij} , para todas las posibles parejas de combinaciones de localidades de los clientes i y j ; estableciendo un ranking en orden decreciente.

El número total de evaluaciones S_{ij} requeridas, viene dado por el número total de combinaciones, tomadas en dos:

$$\binom{n}{2} = \frac{n!}{2!(n-2)!} = \frac{n(n-1)}{2}$$

3.3 El algoritmo C-W sin restricciones

La aplicación del algoritmo C-W se procede en 5 pasos, los cuales serán descritos en el ejemplo de un negocio que sirve a cuatro concesiones. Las distancias a cada concesión aparecen en la figura 3.2.

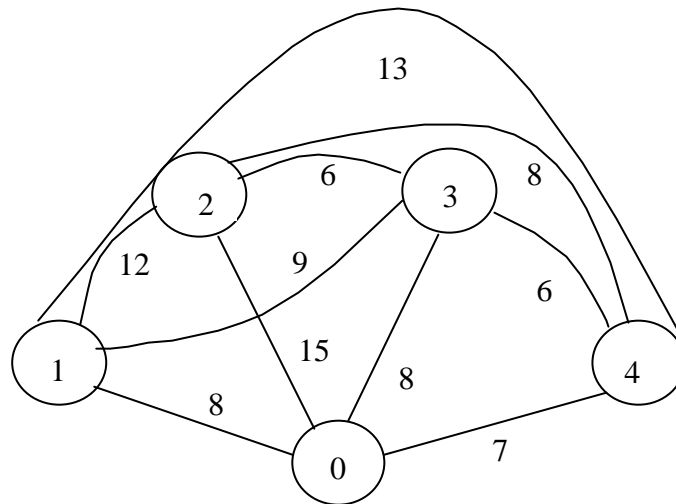


Figura 3.2: Red de concesiones

1. Construya una matriz de distancia mas corta, entre cada par de sitios, incluyendo el punto de inicio. Ver tabla 3.1

	1	2	3	4
0	8	15	8	7
1		12	9	13
2			6	8
3				6

Tabla 3.1 Matriz

2. Desarrolle una asignación inicial de un viaje en redondo para cada destino. Ver figura

3.3

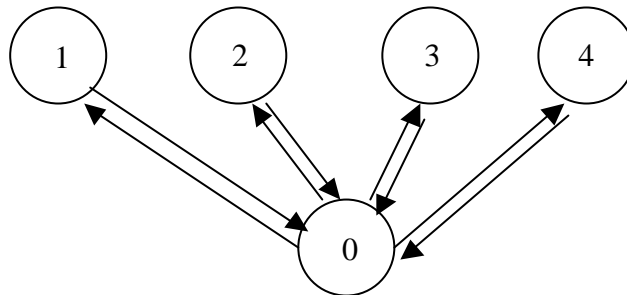


Figura 3.3: Solución inicial

3. Calcule la ganancia neta para cada par de localizaciones. El ahorro neto es calculado como S_{ij} .

Así para el enlace entre 1 y 2

$$\begin{aligned} S_{12} &= C_{01} + C_{02} + C_{12} \\ &= 8 + 15 - 12 = 11 \end{aligned}$$

En la tabla 3.2, se presenta la matriz de ahorro neto para todos los pares de concesiones

	2	3	4
1	11	7	2
	2	17	14
		3	9

Tabla 3.2: Matriz de salvado

4. Ingresar valores para un especial indicador T, del viaje, en una apropiada celda en la matriz de ahorro neto.

El calculo del salvado neto, para cada par de enlaces; esta basado en un costo relativo de los vehículos al realizar un viaje en redondo para miembro del par. El indicador T, puede tener uno de los tres valores como sigue:

- a. $T=2$, cuando un vehículo atraviesa desde el punto de origen a la localidad j (lugares como 1,2,3 y 4) y entonces retorna. Este es designado como $Toj = 2$ y aparecerá solo en la primera fila de la matriz. El apropiado valor de T es ingresado en la matriz de ahorro neto y acompañado de un círculo, para distinguirlo de los otros valores salvados. El valor de $T=2$, indica un viaje en redondo. Ver la figura 3.4 y la tabla 3.3.

	1	2	3	4
0	○2	○2	○2	○2
	1	11	7	2
		2	17	14
			3	9

Tabla 3.3

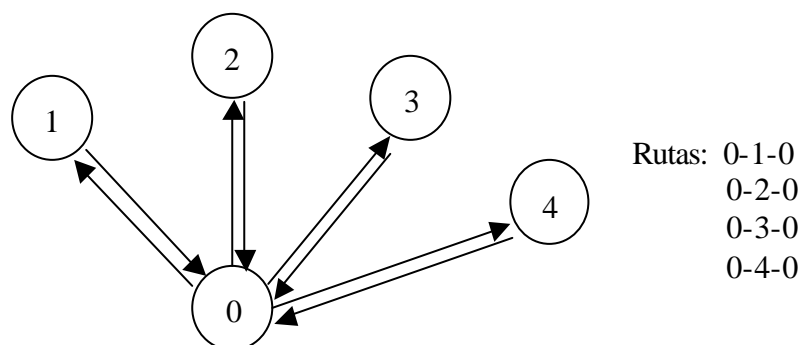


Figura 3.4

b. Cuando $T=1$, un vehículo atraviesa directamente un camino entre dos localidades i y j .

Esto es, se designa T_{ij} , cuando se viaja indica un camino. Ver la tabla 3.4 y la figura 3.5

	1	2	3	4
0	2	1	1	2
1		11	7	2
2			17	14
3				9

Tabla 3.4

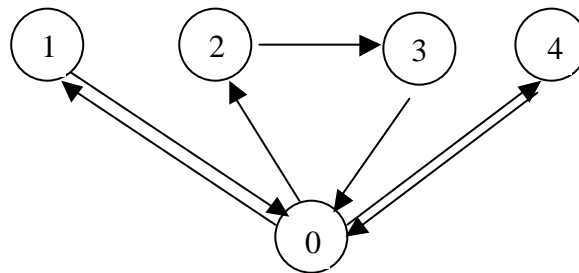


Figura 3.5

c. Cuando $T=0$, un vehículo no atraviesa directamente entre dos localidades particulares i y j .

Esto es $T_{ij}=0$. El indicador de $T=0$, expresa que no hay viaje entre el par de localidades.

5. Identifique la celda que contenga el ahorro máximo en la matriz de ahorro neto.
6. Si la cantidad máxima de ahorro neto, ocurre en la celda (i,j) ; estas localidades pueden ser enlazadas, s y solo si se cumplen las siguientes condiciones:
 - a. T_{oi} y T_{oj} , deben ser mayores que cero.
 - b. Las localidades i y j no se encuentran en las misma ruta o bucle.
 - c. El enlace no viola cualquier restricción.

Cuando las tres condiciones se cumplen, el valor T_{ij} es uno. En caso de la celda (2,3) tiene el valor de salvado más alto; en este caso 17. se observa que To_2 y To_3 son mayores que cero; las localidades 2 y 3 no pertenecen a alguna ruta y no existen restricciones en el enlace de las localidades 2 y 3. Esto es $T_{23} = 1$; indicando que la celda es un viaje de un solo camino.

Observando la tabla 3.2, se observa que el siguiente valor es 14; es decir que la celda (2,4). Se tiene que To_2 y To_4 son mayores que cero; y las localidades no están en la misma ruta. En consecuencia se enlaza la celda (2,4) y $T_{24} = 1$. Las celdas (0,2) y (0,4) exhibir un viaje. Ver figura 3.6

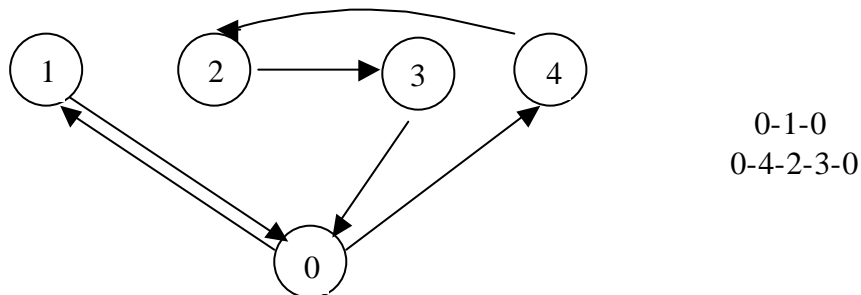


Figura 3.6

En la tabla 3.5, se presenta la matriz de salvado para esta nueva situación.

	1	2	3	4
0	2		1	1
1		11	7	2
2			17	14
3				9

Tabla 3.5

Una nueva mejora, se presenta en el ahorro neto de 11, en la celda (1,2). Pero si bien $T01 > 0$, no ocurre con $T02$, lo cual viola las condiciones. El siguiente valor es 7 en la celda (1,3); y finalmente la solución es :

0-4-2-3-1-0

La figura 3.7 presenta la solución final; y en la tabla 3.6, la matriz de salvado

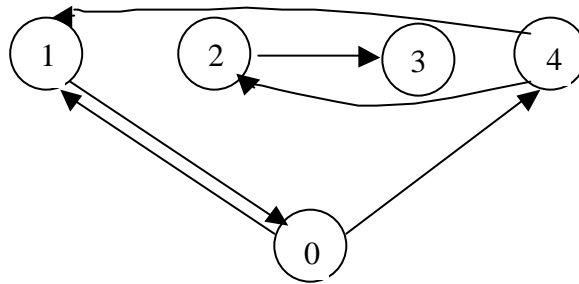


Figura 3.7

	1	2	3	4
0	1			1
1			11	2
2			1	1
3				9

Tabla 3.6

3.4 Algoritmo C-W con restricciones

Suponer para este planteamiento, que cada concesión requiere de 500 unidades y solo se puede transportar un máximo de 1000 unidades por viaje.

Para efectos de las distancias entre las concesiones, la figura 3.8, presenta los valores, entre cada par de nodos.

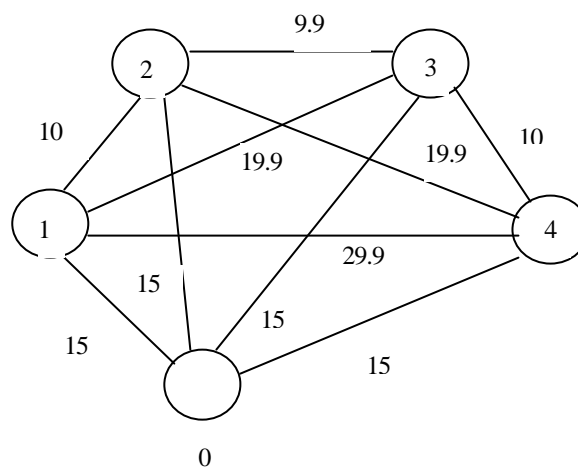


Figura 3.8

CAPITULO IV

Modelo de Optimización de la Ruta de Entrega

“En este capítulo, se modela el problema del delivery en CESER. Debido a la complejidad de su problemática se ha decidido crear un modelo de programación matemática, que responda a las preguntas de cómo realizar la entrega de las mercaderías, desde el punto denominado depósito, hacia sus lugares de destino (cumpliéndose con la demanda del cliente); buscando minimizar los costos en el traslado o transporte de bienes e insumos”.

4.1 ESTRUCTURA DEL PROCESO DE MODELACIÓN

El proceso de modelación, como la metodología del método científico, corresponde a los siguientes pasos:

1. Determinación de las necesidades del modelo
2. Desarrollo del modelo.
3. Implementación del modelo

Estos pasos no son procesos lineales; existiendo bifurcaciones entre ellos. En todo ambiente de modelación; aparecen algunas cuestiones antes de decidir a modelar; estas son:

- a) ¿Son los valores recuperados desde el modelo, mayores que los costos de desarrollar e implementar el modelo?

- b) ¿Es el tiempo oportuno para realizar esta modelación, y que recomendaciones previas son necesarias?
- c) ¿No es tan fácil experimentar en el sistema real, que se hace necesario de la construcción de un modelo matemático?

Estas son consideraciones prácticas; que permiten contar con un soporte a la toma de decisiones, en forma eficaz; y que asegura una reducción en los costos totales en la suma de recursos destinados a modelación e implementación.

Si el propósito del modelo es hacer análisis en un tiempo (como decidir hacer o no una inversión), entonces la etapa de implementación será relativamente menos laboriosa.

4.1.1 Detalle y mantenimiento

Cuando el modelo es intentado para ejecutarse en un tiempo o si este es usado con una regularidad; existe alguna influencia en el desarrollo del modelo. Si el modelo es usado con cierta regularidad, se deberá tener en cuenta detalles, como:

“El mundo real cambia rápidamente (precios, costos, demandas, nuevos clientes, etc.).

El modelo deberá de actualizarlo lo más oportunamente posible”.

4.2 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN

El término verificación es usualmente aplicado a los procesos de verificación del modelo, que al ser implementado está actualmente haciendo lo que se piensa. De hecho la verificación es chequear el modelo, encontrando algunos errores que son del tipo no intencional. Esta fase, es un contraste con los valores que históricamente se han estado utilizando para la toma de decisiones.

Validación es el proceso de demostrar que todas las aproximaciones a la realidad, fueron intencionalmente incorporadas en el modelo; y son tolerables a la calidad del resultado del modelo. La verificación es concerniente con “la solución correcta de las ecuaciones”.

Varios propósitos se recomiendan para la verificación de un modelo:

- a) Chequear los resultados del modelo, en casos especiales de solución.
- b) Chequear los resultados del modelo, en casos extremos conocidos.
- c) Chequear los resultados del modelo, en pequeños ejemplos que pueden ser resueltos con solución manual.
- d) Chequear los resultados del modelo, ante cambios de los parámetros de entrada (precio, demanda, oferta, distancia).
- e) Chequear que el modelo maneje casos inválidos o manejo de excepciones, con la finalidad de darle robustez.

Muchos de los métodos usados para la verificación, en la calidad del software de computadora; se aplican a por igual, en la verificación de grandes modelos. Por ejemplo un concepto útil es la prueba de la calidad de software, en su amplio panorama de pruebas o test. Un buen test para el software, deberá cubrir todas las secciones del código del programa. Similarmente un buen test de software deberá servir para todas las facilidades del modelo.

Actualmente, la parte referida a la calidad del software, ha sido relegada por la existencia de generadores de matrices, que permiten mediante el uso de lenguajes de modelación, describir exactamente el conjunto de ecuaciones, expresiones y parámetros

4.2.1 Apropiado nivel de detalle y validación

La validación empieza con la comprensión del modelo real con la modelación real. Un problema es que las personas analistas que se encuentran conversando con los “autorizados o informados” acerca del proceso a ser modelado”, no siempre son los más informados. Una buena regla práctica es siempre chequear los hechos, con una segunda fuente.

Si un detalle no es importante, entonces saldrá del modelo, porque el modelo no será fácil de modelar, ni tampoco de usar.

El arte de la modelación, esto es: identificación o aproximación que pueden ser hechos sin sacrificar la acuracidad del modelo. Las simplificaciones y aproximaciones pueden ser caer en las categorías siguientes:

1. **Funcional:** Usar una función lineal para aproximar relaciones no lineales.
2. **Agregación:** Mediante la utilización de conceptos, tales como agregación del tipo temporal, cruzada, estadística, entre otros:
 - 2.1 **Agregación temporal:** todos los eventos ocurren durante un cierto día (semana, mes, etc.) son tratados como que ocurrieran al fin del día.
 - 2.2 **Agregación cruzada:** todos los clientes que poseen un cierto código para una región; son tratados como un gran cliente. En una firma de productos de consumo, todos los detergentes son tratados como un simple producto.
 - 2.3 **Estadística:** reemplace una variable aleatoria por su valor esperado. Por ejemplo que las ventas futuras que son una variable aleatoria, deberán ser planeadas como un simple valor de pronóstico.

- 2.4 **Descomposición:** si el sistema es complejo, la descomposición es útil para simplificar la estructura. Bajo estos propósitos, una secuencia de modelos son resueltos, cada uno en detalles, para su completa solución.

Un conjunto de consejos para aplicar las técnicas de agregación es la optimización de problemas, se puede resumir en:

- 1) Obtener los datos de entradas detallados
- 2) Derivar la aproximación del modelo.
- 3) Resolver el modelo apropiado
- 4) Convertir la solución del modelo aproximado, con el mundo real.

4.2.1 Comparación del modelo con el mundo real

Como parte del proceso de validación, se compara la salida del modelo con la ocurrencia del mundo real. Cuando existen discrepancias, existen dos posibilidades:

- a) Las personas en el mundo real, no tienen conductas óptimas en su proceso; y existe la posibilidad de efectuar ahorros usando el modelo.
- b) El modelo tiene algunas fallas de concepción.

4.3 MODELO MATEMÁTICO DE DELIVERY

El modelo matemático del presente trabajo involucra puntos de demanda, para el caso de los lugares de los clientes; y el punto inicial o denominado depósito. El objetivo del modelo es optimizar los costos de transporte total involucrados en todo el proceso de reparto de los bienes; desde el depósito a los lugares de demanda.

4.3.1 Separación de datos y estructura del sistema

Existen dos razones para separar los datos de la estructura del modelo:

- a) Permitir el fácil ajuste y rápido de los cambios del mundo real.
- b) Las personas responsables de la toma de decisiones, ante los cambios día a día en los datos, no necesitan estar familiarizados con los detalles de las técnicas de la estructura del modelo.

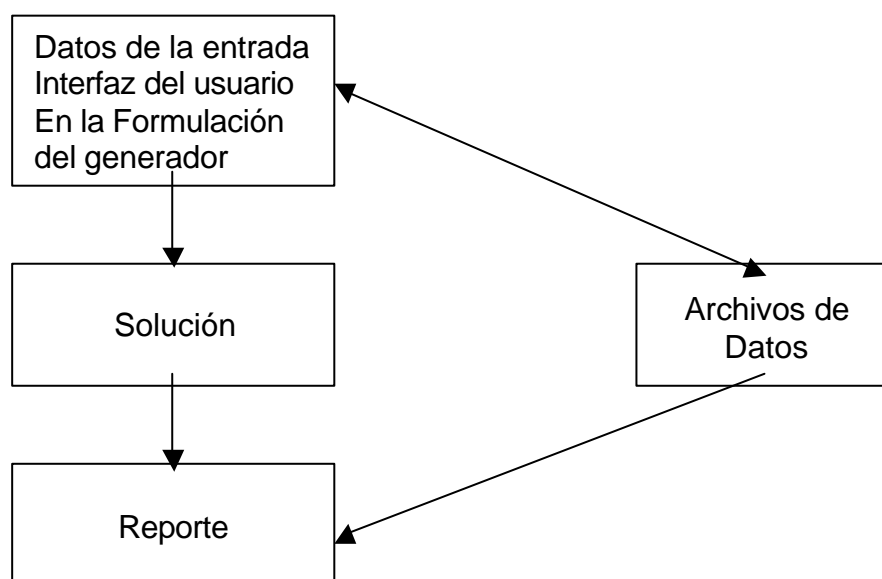


Figura 4.1

Z° En el caso de un modelo que será utilizado regularmente (operaciones con periodicidad diaria); el modelo del sistema tendrá la estructura que se muestra en la figura 4.1. El software

EXCEL, es una parte importante que se incorpora con todas sus componentes por su relativa facilidad en el manejo de datos.

4.3.2 Formulación del generador

Sea un conjunto de fuentes, que dan origen a los pedidos; y asociadas con un conjunto de cantidades que corresponden a las demandas; el problema de reparto de bienes, se visualiza en la figura 4.2. Este es una mezcla del problema del agente viajero (TSP), con el de la mochila (KP).

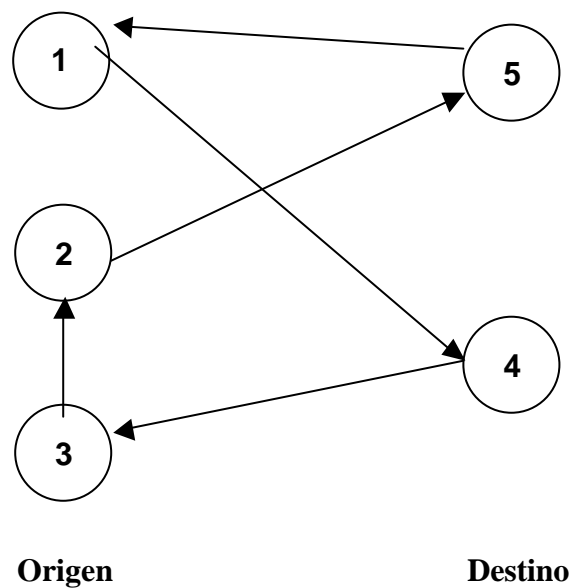


Figura 4.2

Sea:

- X_{ij} = La cantidad asignada de i a j
- V_i = La capacidad del vehículo i (" i ")
- d_j = La oferta en el nodo j (" j ")
- c_{ij} = Costo del flete de i a j

El modelo resulta:

$$\begin{aligned} \min \quad & \sum_{i,j} c_{ij} x_{ij} \\ \sum_j x_{ij} &= 1, \quad j > 1 \\ \sum_i x_{ij} &= 1, \quad i > 1 \\ \sum_{i,j \in S} x_{ij} &\leq |S| - 1 \\ \sum_{i,j \in T} x_{ij} &\leq |T| - k \end{aligned}$$

4.3.3 Prueba del modelo

Para validar el modelo usando el lenguaje de modelación LINGO, se ha construido el programa DELIVERYTEST, que se presenta en la figura 4.3, el cual tiene todas las virtudes del modelo final LINGO.

Se observa que en LINGO DATA, se han planteado las recuperaciones de los datos de EXCEL hacia LINGO. Todos los datos se encuentran en la hoja TEST.XLS (ver apéndice).

De la misma manera, se han planteado las inserciones desde LINGO a EXCEL.

```
!-----;
!      VEHICLE ROUTING PROBLEM      ;
!      VRP                          ;
!-----;

! MODELO DE DELIVERY(PRUEBA);
!
!      DELITEST;

SETS:
!      NODO:Q,U;
!      RED(NODO,NODO):DIST,X;
!      ENDSETS

DATA:
!      NODO = @OLE('C:\DELIVERY\TEST.XLS');
!      VCAP = @OLE('C:\DELIVERY\TEST.XLS');
!      DIST = @OLE('C:\DELIVERY\TEST.XLS');
```

```

Q = @OLE('C:\DELIVERY\TEST.XLS');
ENDDATA
!-----;
! MODELO MATEMATICO DEL VRP ;
!-----;
N=@SIZE(NODO);

! FUNCION OBJETIVO;
MIN=COSTOTOTAL;
COSTOTOTAL = @SUM(RED:DIST*X);

! PARA CADA NODO K=2,3,...,N, EXCEPTO EL DEPOSITO;
@FOR(NODO(K)| K #GT# 1:
  X(K,K)=0;

  @SUM(NODO(I)| I #NE# K #AND# (I #EQ# 1 #OR#
    Q(I)+Q(K) #LE# VCAP): X(I,K)=1;
    @SUM(NODO(J)| J #NE# K #AND# (J #EQ# 1 #OR#
    Q(J)+Q(K) #LE# VCAP): X(K,J)=1;
    @BND(Q(K),U(K),VCAP);
  @FOR(NODO(I)| I #NE# K #AND# I #NE# 1:
    U(K)>=U(I)+Q(K)-VCAP+VCAP*(
      X(K,I)+X(I,K)-
      (Q(K)+Q(I))*X(K,I); );

!-----;
  U(K)<=VCAP-(VCAP-Q(K))*X(1,K);
  U(K)>=Q(K)+@SUM(NODO(I)| I #GT# 1:Q(I)*X(I,K)); );
@FOR(RED(I,J):@BIN(X(I,J)); );

@SUM(NODO(J)| J #GT# 1: X(1,J))>=
  @FLOOR((@SUM(NODO(I)|I #GT# 1:Q(I))/VCAP)+.999);
DATA:
  @OLE('C:\DELIVERY\TEST.XLS')=COSTOTOTAL;
  @OLE('C:\DELIVERY\TEST.XLS')=X;
ENDDATA

```

Figura 4.3

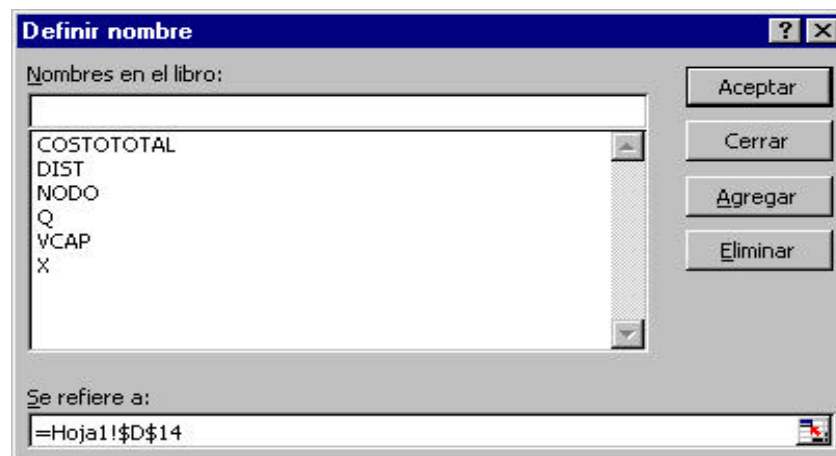


Figura 4.4

En la hoja de cálculo EXCEL, se incluyen los nombres de datos que aparecen en la figura 4.4.

<i>NOMBRE</i>	<i>REFERENCIA</i>
Dist	C5:H10
Costo Total	C13:C13
VCAP	C2:C2
Nodo	C4:H4
Q	I5:I10
X	C17:H22

Tabla 4.1

En la tabla 4.1, se relacionan los nombres de datos con las celdas.

En la figura 4.5, se presentan los datos de prueba en EXCEL. Observe el *layout* de los datos para ser usados con LINGO.

Una vez ejecutado el modelo, se obtienen las respuestas, que aparecen en la figura 4.6.

NODO	UNO	DOS	TRES	CUATRO	CINCO	SEIS	Q
UNO	0	20	35	40	45	50	5
DOS	0	0	20	10	15	30	10
TRES	0	20	0	5	15	25	15
CUATRO	0	10	5	0	25	15	10
CINCO	0	15	15	25	0	30	5
SEIS	0	30	25	15	30	0	5

Figura 4.5

La solución obtenida, se muestra en la gráfica 4.7. Donde el costo total mínimo es el valor de 125; este corresponde a Z , la función objetivo que ha encontrado el esquema de *delivery* con costo mínimo. Se observa que existen tres tours o tres rutas para la entrega a los

cinco clientes. Una primera ruta es del depósito al cliente 2, luego al cliente 5; y finalmente regresa a su punto de partida. La segunda ruta es saliendo del depósito al cliente 3, luego retorna al depósito; y finalmente la tercera ruta es saliendo del depósito al cliente 4, luego al cliente 6 y finalmente regresa al depósito.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
2		VCAP	18						
3									
4		NODO	UNO	DOS	TRES	CUATRO	CINCO	SEIS	Q
5		UNO	0	20	35	40	45	50	5
6		DOS	0	0	20	10	15	30	10
7		TRES	0	20	0	5	15	25	15
8		CUATRO	0	10	5	0	25	15	10
9		CINCO	0	15	15	25	0	30	5
10		SEIS	0	30	25	15	30	0	5
11									
12									
13		COSTOTOTAL	125						
14									
15									
16		X	UNO	DOS	TRES	CUATRO	CINCO	SEIS	
17		UNO	0	1	1	1	0	0	
18		DOS	0	0	0	0	1	0	
19		TRES	1	0	0	0	0	0	
20		CUATRO	0	0	0	0	0	1	
21		CINCO	1	0	0	0	0	0	
22		SEIS	1	0	0	0	0	0	

Figura 4.6

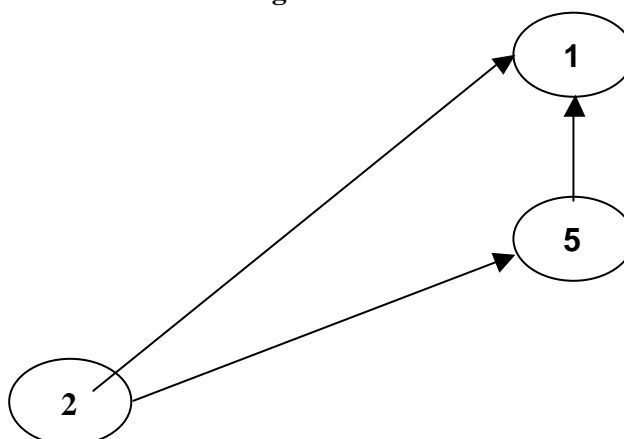


Figura 4.7

4.3.4 Solución del modelo para CESER

Para resolver el problema de optimización, para los productos que entrega CESER a sus clientes en la ciudad de Lima, correspondientes a sus productos que comercializa; se presenta

una demanda seleccionada para un día cualquiera dentro de la semana. El modelo actuará en la misma forma para cualquier día, cambiando las demandas, distancias y requerimientos.

Para efectos del presente trabajo, se ha considerado que los productos a entregar, son transportados en cajas, dependiendo el número de cajas de la demanda del cliente, en un día cualquiera. Los datos con referencia a los puntos de destino o los clientes, aparecen en la tabla 4.2, que se presenta a continuación.

CLIENTES	
DEPOSITO	1
AVINCA	2
CHOSSE	3
CALIMOD	4
NACAY	5
ANICSA	6
MATARINA	7
HUIDOBRO	8
SANITAS	9
YOMBAL	10
PURINA	11
PETROPAC	12
TINTAYA	13

Tabla 4.2

4.3. Los datos de demanda, para cada uno de los puntos de origen se presentan en la tabla

DESTINO	DEMANDA
DEPOSITO 1	0
AVINCA 2	2
CHOSSE 3	3
CALIMOD 4	5
NACAY 5	3
ANICSA 6	12
MATARINA 7	10
HUIDOBRO 8	8
SANITAS 9	7
YOMBAL 10	6
PURINA 11	7
PETROPAC 12	8
TINTAYA 13	10
	81

Tabla 4.3

Los datos referentes a las distancia entre cada nodo del sistema de reparto, se presentan en la tabla 4.4.

Desde	Hacia	Distancia
Depósito	Avinca	15
	Chose	10
	Calimod	10
	Nacay	5
	Anicsa	10
	Matarina	8
	Huidobro	15
	Sanitas	5
	Yombal	10
	Purina	10
	Petropac	5
Tintaya	7	
Avinca	Chose	10
	Calimod	6
	Nacay	10
	Anicsa	5
	Matarina	15
	Huidobro	17
	Sanitas	10
	Yombal	9
	Purina	8
	Petropac	7
Tintaya	8	
Chosse	Calimod	17
	Nacay	12
	Anicsa	24
	Matarina	16
	Huidobro	25
	Sanitas	20
	Yombal	5
	Purina	5
	Petropac	10
Tintaya	15	
Calimod	Nacay	7
	Anicsa	15
	Matarina	18
	Huidobro	19
	Sanitas	15
	Yombal	9
	Purina	8
	Petropac	11
Tintaya	9	
Nacay	Anicsa	15
	Matarina	12
	Huidobro	15
	Sanitas	5
	Purina	10

	Petropac	5
	Tintaya	10
Anicsa	Matarina	18
	Huidobro	6
	Sanitas	10
	Yombal	5
	Purina	10
	Petropac	10
	Tintaya	5
Matarina	Huidobro	14
	Sanitas	20
	Yombal	4
	Purina	3
	Petropac	7
	Tintaya	5
Huidobro	Sanitas	19
	Yombal	3
	Purina	3
	Petropac	3
	Tintaya	7
Sanitas	Yombal	15
	Purina	6
	Petropac	8
	Tintaya	9
Yombal	Purina	8
	Petropac	7
	Tintaya	6
Purina	Petropac	5
	Tintaya	10
Petropac	Tintaya	5

Tabla 4.4

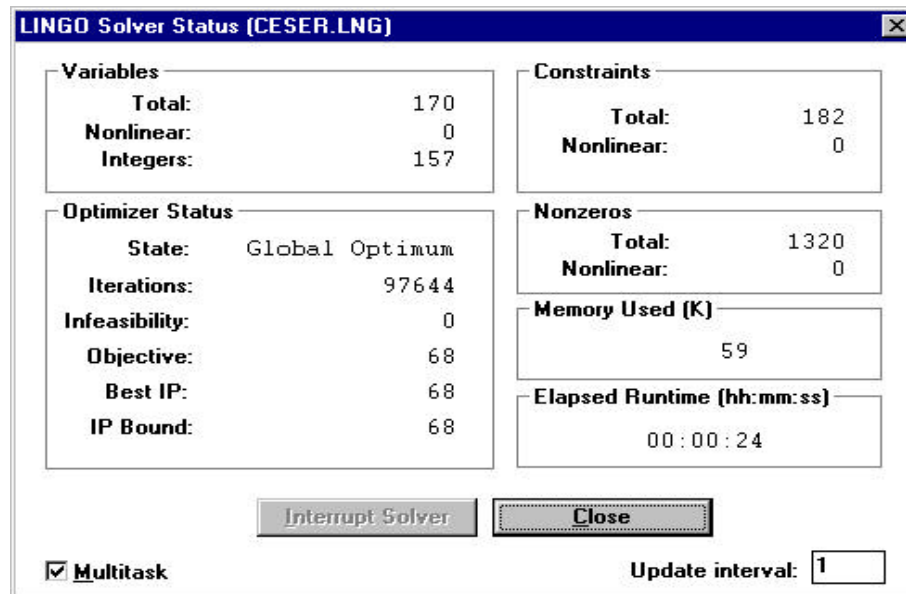


Figura 4.8

La solución obtenida con el modelo LINGO, se obtiene desde su ventana de diálogo; la que se muestra en la figura 4.8. En la interfaz con EXCEL, se detallan en el apéndice 2, generando una distancia de recorrido total de 68. En la tabla 4.5, aparecen las asignaciones por cada origen y destino del tours para los subconjuntos de los agentes viajero.

Tour	Nodo	Distancia
Depósito (1)	Nacay	5
	Calimod	15
		10
Depósito	Sanitas	5
	Purina	6
	Cose	5
		10
Depósito	Yombal	10
	Anicsa	9
	Avinca	5
		15
Depósito	Petropac	5
	Huidobro	3
		15
Depósito	Tintaya	7
	Matarina	5
		8

Tabla 4.5

CAPITULO V

Conclusiones y Recomendaciones

Toda empresa necesita tomar decisiones sobre sus negocios: Para efectuar esta toma de decisiones, se necesitan de hechos, cifras y datos históricos.

Como la competencia es cada vez mas fuerte, las decisiones que se deben tomar, deberán ser más dinámicas. En el caso de una empresa del sector privado, es importante que la toma de decisiones sea óptima, y se vean acompañadas de una distribución racional de los recursos. Lo que se busca en nuestros tiempos es además de la reducción de costos el efecto que ello tiene en el servicio al cliente.

El presente trabajo, denominado “Optimización en la entrega de productos, para una cadena de Abastecimientos”, es una aplicación de la Investigación de Operaciones, que optimiza la entrega óptima diaria, de los productos, a nivel local.

La Logística y la cadena de abastecimientos (SCM), refiere al arte de gestionar el flujo de materiales y productos, desde fuentes hacia los usuarios; desde la adquisición de materiales al *delivery* de los productos terminados, a los usuarios finales. En tal caso, aquí se incluye actividades de compra, conversión o manufactura, incluyendo planeamiento de capacidad; gestión de operaciones, planeamiento de materiales, gestión de inventario y transporte. A esta última parte, está dedicado el presente trabajo.

La calidad en el servicio de la entrega, significa entre otros temas: la entrega del producto a los usuarios finales.

5.1 CONCLUSIONES

Las conclusiones que arriban del presente trabajo, se resumen en tres aspectos:

5.1.1 Computacional

El uso de una herramienta computacional es muy importante a la hora de optimizar un sistema de soporte a la decisión. Como este trabajo es un soporte a la decisión diaria, en la entrega de productos a los clientes; se hace importante, el contar con una herramienta que enfatice en la generación de la estructura del problema y aisle los datos; toda vez que el usuario final solo debe dedicarse a introducir diariamente, los cambios en la demanda. El uso combinado de un software de hoja de cálculo, como el LINGO de LINDO SYSTEMS, para el motor de inferencias de las funciones de la matriz generadora; y las facilidades que permite EXCEL de MICROSOFT WINDOWS, con las facilidades de @OLE, permiten la separación del mundo del generador de matrices con las tablas de datos, tanto para los lugares de destino y sus demanda; como también la tabla de distancia desde el depósito, cada destino. Este binomio, permite una gran interfaz para dedicarse únicamente a plantear el programa de la optimización del modelo de *delivery*, visto en el capítulo tres.

5.1.2 Implementación

El uso de LINGO Versión 8.0, de LINDO SYSTEMS, en condiciones normales permite sólo un manejo de 30 variables enteras. Para nuestro modelo se necesitaban más de 150 variables enteras, involucradas en las celdas, desde el cuadrado del número de destinos. Para situaciones con mayor cantidad de cliente; la opción con más de 500 variables enteras, el costo es de \$495; y el modelo LINGO de SOLVER SUITE, para decisiones de negocios, esta versión es arriba de

1000 variables enteras, y cuesta alrededor de \$5000. Para el número de clientes que actualmente, se encuentra gestionando CESER, la ejecución del modelo en una versión estándar, nos permitió contar con la solución óptima, sin sacrificar costos adicionales.

5.1.3 Económica

En la tabla 5.1, se presenta el resumen, de la propuesta de un esquema óptimo de entrega de productos en CESER. A continuación, se efectúa el análisis de costos, entre el esquema tradicional y la propuesta del presente trabajo.

De la tabla se observa que CESER, para una demanda promedio de 80 cajas a entregar, sólo requiere de 5 microbús o pequeños camiones para la entrega óptima; es decir existen, sólo son necesarias 5 rutas o tours, para cumplir con toda la entrega a los clientes.

Desde la tabla 5.2, se observa que el ahorro entre llevar del modo tradicional: 4 cajas en un taxi, a un costo por servicio de S/ 15.00 y el esquema óptimo de *delivery* con 5 rutas, a un costo diario por ruta de S/ 35.00, genera un ahorro anual de S/ 37,500. Esta cantidad corresponde sólo al ahorro en el *delivery* de los productos en la empresa CESER.

Tour	Nodo	Distancia
Depósito (1)	Nacay	5
	Calimod	15
		10
Depósito	Sanitas	5
	Purina	6
	Cose	5
		10
Depósito	Yombal	10
	Anicsa	9
	Avinca	5
		15
Depósito	Petropac	5
	Huidobro	3
		15
Depósito	Tintaya	7
	Matarina	5
		8

Tabla 5.1

Análisis para los taxis		Análisis del propuesto	
Demanda diaria	80 cajas	Demanda diaria	80 cajas
Cajas por taxi	4	Necesidades	5 MicroBus
Necesidades	20 Taxis	Tarifa viaje	35 soles
Tarifa taxi	15 Soles	Costo micros/dia	175 soles
Costo taxis/dia	300 Soles		
Ganancia/dia	125 soles		
dias/mes	25		
Ganancia/mes	3125 soles		
Ganancia/año	37500 soles		

Tabla 5.2

5.2 RECOMENDACIONES

La implementación de una versión LINGO Ver 8.0, cuesta alrededor de \$496; esta versión es de 500 variables como límite máximo y podría realizar la gestión en caso de existir mas clientes y destinos.

El ahorro anual de S/ 37,500 en el esquema del *delivery*, permite inferir que este ahorro puede ser capitalizado en la adquisición de una flota, la que podría ser adquirida una unidad al año o terciarizar el servicio de transporte.

Con la finalidad de tener una idea más exacta de estos ahorros, se ha planteado el escenario sobre el crecimiento de los clientes; a una tasa anual del 15%; la que se presenta en la tabla 5.3. Este pronostico, estaría indicando que la adquisición de la flota, pueda estar constituida a fines de los siguientes cinco años.

Año	Ahorros
2004	37500
2005	41250
2006	45375
2007	49913
2008	54904
2009	60394
2010	66434

Tabla 5.3

Es importante en la actualidad que las llamadas organizaciones inteligentes, recurran a las técnicas modernas de Toma de decisiones, tales como la Investigación de Operaciones y los sistemas inteligentes; que permiten esquemas óptimos de solución. Aquí se encuentran los problemas de transporte, asignación, trasbordo y los de ruta óptima.

APÉNDICE 1:

Hojas de Cálculo y LINGO

LINGO es el software que se ha utilizado como software de optimización para el problema del transporte de bienes en CESER.

LINGO es muy útil para la modelación de grandes problemas. Los más diversos métodos para modelación de cualquier problemática, utilizan modelos en hojas de cálculo o *spreadsheet*.

Las principales ventajas que posee un modelo al utilizar *spreadsheet*, son:

- Excelentes reportes formateados, debido a las facilidades disponibles.
- Gran audiencia de personas que utilizan *spreadsheet*.
- Excelente *interfase* con procesadores de textos.

Las principales ventajas de hacer un modelo en LINGO son:

- Flexibilidad en diversos casos.
- Estabilidad, permitiendo el fácil cambio del tamaño de un conjunto; sin tener que editar o copiar nuevamente las fórmulas.
- Excelente auditoria y visibilidad de las fórmulas de un modelo en LINGO.
- Facilidad en la representación de múltiples dimensiones.

Tomando los mejores beneficios, tanto en LINGO como de los *spreadsheet*, se puede desde LINGO automáticamente recuperar e insertar datos para la *spreadsheet*, bases de datos y

archivos comunes. Bajo ambiente de Microsoft Windows, se utilizan las interfaces de OLE (*Object Linking and Embedding*) y ODBC (*Open Database Connectivity*). Usando las capacidades de OLE, se conecta la hoja de cálculo EXCEL al modelo de LINGO, requiriendo dos pasos:

- a) En la hoja de cálculo, cada área que supe o recibe datos desde LINGO, el modelo deberá estar asociada a un nombre de rango. Esto es hecho, teniendo iluminada el área de interés con el *mouse* y entonces usar el comando **Insert/Name/Define**.

Los nombres de rango, son los mismos nombres que están referenciados en el modelo LINGO.

- b) En el modelo LINGO, cada atributo (el vector), será recuperado, y deberá aparecer en la sección LINGO DATA, en la forma:

ORIGEN = @OLE ('C:\PRONAA\DATOS.XLS'),

Cada atributo que será enviado al spreadsheet, deberá aparecen la sección LINGO DATA, en una sentencia de la forma:

@OLE ('C:\CESER\DATOS.XLS') = COSTO TOTAL

Para incrustar un modelo LINGO en un *spreadsheet* EXCEL, seleccionar el comando de EXCEL **Insert/Object**. Una lista de objetos incrustados será presentada. Seleccionar el documento LINGO desde esta lista. Un completo modelo de LINGO, se incrusta en el *spreadsheet* que se muestra a continuación.

Así como @OLE() es utilizado para conectar un modelo LINGO a un *spreadsheet*, de igual manera @ODBC(), es utilizado para conectar un modelo LINGO a una base de datos. La sentencia @TEXT(), esta disponible para conectar un simple archivo texto. Así la sentencia envía los valores de X a un archivo denominado “ceser.out” con:

DATA

@TEXT('CESER.OUT') = X;

ENDDATA

APÉNDICE 2:

Solución óptima

X	1	2	3	4	5	6	7	8
1	0	0	0	0	1	0	0	0
2	1	0	0	0	0	0	0	0
3	1	0	0	0	0	0	0	0
4	1	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	1	0	0	0	0
6	0	1	0	0	0	0	0	0
7	1	0	0	0	0	0	0	0
8	1	0	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	1	0	0
11	0	0	1	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0	0	0	1
13	0	0	0	0	0	0	1	0

9	10	11	12	13
1	1	0	1	1
0	0	0	0	0
0	0	0	0	0
0	0	0	0	0
0	0	0	0	0
0	0	0	0	0
0	0	0	0	0
0	0	0	0	0
0	0	1	0	0
0	0	0	0	0
0	0	0	0	0
0	0	0	0	0

Corrida de LINGO

Rows= 182 Vars= 170 No. integer vars= 157 (all are linear)
 Nonzeros= 1320 Constraint nonz= 982(584 are +- 1) Density=0.042
 Smallest and largest elements in absolute value= 1.00000 25.0000
 No. < : 12 No. =: 24 No. > : 145, Obj=MIN, GUBs <= 35
 Single cols= 2

Optimal solution found at step: 97644

Objective value: 68.00000

Branch count: 301

Variable	Value	Reduced Cost
VCAP	20.00000	0.000000E+00
N	13.00000	0.000000E+00
Q(1)	0.000000E+00	0.000000E+00
Q(2)	2.000000	0.000000E+00
Q(3)	3.000000	0.000000E+00
Q(4)	5.000000	0.000000E+00
Q(5)	3.000000	0.000000E+00
Q(6)	12.00000	0.000000E+00
Q(7)	10.00000	0.000000E+00
Q(8)	8.000000	0.000000E+00
Q(9)	7.000000	0.000000E+00
Q(10)	6.000000	0.000000E+00
Q(11)	7.000000	0.000000E+00
Q(12)	8.000000	0.000000E+00
Q(13)	10.00000	0.000000E+00
U(1)	0.000000E+00	0.000000E+00
U(2)	20.00000	0.000000E+00
U(3)	17.00000	0.000000E+00
U(4)	8.000000	0.000000E+00
U(5)	3.000000	0.2352941
U(6)	18.00000	0.000000E+00
U(7)	20.00000	0.000000E+00
U(8)	16.00000	0.000000E+00
U(9)	7.000000	0.6923077
U(10)	6.000000	0.000000E+00
U(11)	14.00000	0.000000E+00
U(12)	8.000000	0.2833333
U(13)	10.00000	0.4866667
DIST(1, 1)	0.000000E+00	0.000000E+00
DIST(1, 2)	15.00000	0.000000E+00
DIST(1, 3)	10.00000	0.000000E+00
DIST(1, 4)	10.00000	0.000000E+00
DIST(1, 5)	5.000000	0.000000E+00
DIST(1, 6)	10.00000	0.000000E+00
DIST(1, 7)	8.000000	0.000000E+00
DIST(1, 8)	15.00000	0.000000E+00
DIST(1, 9)	5.000000	0.000000E+00

<i>DIST(1, 10)</i>	10.00000	0.0000000E+00
<i>DIST(1, 11)</i>	10.00000	0.0000000E+00
<i>DIST(1, 12)</i>	5.000000	0.0000000E+00
<i>DIST(1, 13)</i>	7.000000	0.0000000E+00
<i>DIST(2, 1)</i>	0.0000000E+00	0.0000000E+00
<i>DIST(2, 2)</i>	0.0000000E+00	0.0000000E+00
<i>DIST(2, 3)</i>	10.00000	0.0000000E+00
<i>DIST(2, 4)</i>	6.000000	0.0000000E+00
<i>DIST(2, 5)</i>	10.00000	0.0000000E+00
<i>DIST(2, 6)</i>	5.000000	0.0000000E+00
<i>DIST(2, 7)</i>	15.00000	0.0000000E+00
<i>DIST(2, 8)</i>	17.00000	0.0000000E+00
<i>DIST(2, 9)</i>	10.00000	0.0000000E+00
<i>DIST(2, 10)</i>	9.000000	0.0000000E+00
<i>DIST(2, 11)</i>	8.000000	0.0000000E+00
<i>DIST(2, 12)</i>	7.000000	0.0000000E+00
<i>DIST(2, 13)</i>	8.000000	0.0000000E+00
<i>DIST(3, 1)</i>	0.0000000E+00	0.0000000E+00
<i>DIST(3, 2)</i>	10.00000	0.0000000E+00
<i>DIST(3, 3)</i>	0.0000000E+00	0.0000000E+00
<i>DIST(3, 4)</i>	17.00000	0.0000000E+00
<i>DIST(3, 5)</i>	12.00000	0.0000000E+00
<i>DIST(3, 6)</i>	24.00000	0.0000000E+00
<i>DIST(3, 7)</i>	16.00000	0.0000000E+00
<i>DIST(3, 8)</i>	25.00000	0.0000000E+00
<i>DIST(3, 9)</i>	20.00000	0.0000000E+00
<i>DIST(3, 10)</i>	5.000000	0.0000000E+00
<i>DIST(3, 11)</i>	5.000000	0.0000000E+00
<i>DIST(3, 12)</i>	10.00000	0.0000000E+00
<i>DIST(3, 13)</i>	15.00000	0.0000000E+00
<i>DIST(4, 1)</i>	0.0000000E+00	0.0000000E+00
<i>DIST(4, 2)</i>	6.000000	0.0000000E+00
<i>DIST(4, 3)</i>	17.00000	0.0000000E+00
<i>DIST(4, 4)</i>	0.0000000E+00	0.0000000E+00
<i>DIST(4, 5)</i>	7.000000	0.0000000E+00
<i>DIST(4, 6)</i>	15.00000	0.0000000E+00
<i>DIST(4, 7)</i>	18.00000	0.0000000E+00
<i>DIST(4, 8)</i>	19.00000	0.0000000E+00
<i>DIST(4, 9)</i>	15.00000	0.0000000E+00
<i>DIST(4, 10)</i>	9.000000	0.0000000E+00
<i>DIST(4, 11)</i>	8.000000	0.0000000E+00
<i>DIST(4, 12)</i>	11.00000	0.0000000E+00
<i>DIST(4, 13)</i>	9.000000	0.0000000E+00
<i>DIST(5, 1)</i>	0.0000000E+00	0.0000000E+00
<i>DIST(5, 2)</i>	10.00000	0.0000000E+00
<i>DIST(5, 3)</i>	12.00000	0.0000000E+00
<i>DIST(5, 4)</i>	7.000000	0.0000000E+00
<i>DIST(5, 5)</i>	0.0000000E+00	0.0000000E+00
<i>DIST(5, 6)</i>	15.00000	0.0000000E+00
<i>DIST(5, 7)</i>	12.00000	0.0000000E+00
<i>DIST(5, 8)</i>	15.00000	0.0000000E+00
<i>DIST(5, 9)</i>	5.000000	0.0000000E+00
<i>DIST(5, 10)</i>	12.00000	0.0000000E+00
<i>DIST(5, 11)</i>	10.00000	0.0000000E+00
<i>DIST(5, 12)</i>	5.000000	0.0000000E+00
<i>DIST(5, 13)</i>	10.00000	0.0000000E+00
<i>DIST(6, 1)</i>	0.0000000E+00	0.0000000E+00
<i>DIST(6, 2)</i>	5.000000	0.0000000E+00
<i>DIST(6, 3)</i>	24.00000	0.0000000E+00
<i>DIST(6, 4)</i>	15.00000	0.0000000E+00
<i>DIST(6, 5)</i>	15.00000	0.0000000E+00
<i>DIST(6, 6)</i>	0.0000000E+00	0.0000000E+00

<i>DIST(6, 7)</i>	18.00000	0.0000000E+00
<i>DIST(6, 8)</i>	6.000000	0.0000000E+00
<i>DIST(6, 9)</i>	10.00000	0.0000000E+00
<i>DIST(6, 10)</i>	5.000000	0.0000000E+00
<i>DIST(6, 11)</i>	10.00000	0.0000000E+00
<i>DIST(6, 12)</i>	10.00000	0.0000000E+00
<i>DIST(6, 13)</i>	5.000000	0.0000000E+00
<i>DIST(7, 1)</i>	0.0000000E+00	0.0000000E+00
<i>DIST(7, 2)</i>	15.00000	0.0000000E+00
<i>DIST(7, 3)</i>	16.00000	0.0000000E+00
<i>DIST(7, 4)</i>	18.00000	0.0000000E+00
<i>DIST(7, 5)</i>	12.00000	0.0000000E+00
<i>DIST(7, 6)</i>	18.00000	0.0000000E+00
<i>DIST(7, 7)</i>	0.0000000E+00	0.0000000E+00
<i>DIST(7, 8)</i>	14.00000	0.0000000E+00
<i>DIST(7, 9)</i>	20.00000	0.0000000E+00
<i>DIST(7, 10)</i>	4.000000	0.0000000E+00
<i>DIST(7, 11)</i>	3.000000	0.0000000E+00
<i>DIST(7, 12)</i>	7.000000	0.0000000E+00
<i>DIST(7, 13)</i>	5.000000	0.0000000E+00
<i>DIST(8, 1)</i>	0.0000000E+00	0.0000000E+00
<i>DIST(8, 2)</i>	17.00000	0.0000000E+00
<i>DIST(8, 3)</i>	25.00000	0.0000000E+00
<i>DIST(8, 4)</i>	19.00000	0.0000000E+00
<i>DIST(8, 5)</i>	15.00000	0.0000000E+00
<i>DIST(8, 6)</i>	6.000000	0.0000000E+00
<i>DIST(8, 7)</i>	14.00000	0.0000000E+00
<i>DIST(8, 8)</i>	0.0000000E+00	0.0000000E+00
<i>DIST(8, 9)</i>	19.00000	0.0000000E+00
<i>DIST(8, 10)</i>	3.000000	0.0000000E+00
<i>DIST(8, 11)</i>	3.000000	0.0000000E+00
<i>DIST(8, 12)</i>	3.000000	0.0000000E+00
<i>DIST(8, 13)</i>	7.000000	0.0000000E+00
<i>DIST(9, 1)</i>	0.0000000E+00	0.0000000E+00
<i>DIST(9, 2)</i>	10.00000	0.0000000E+00
<i>DIST(9, 3)</i>	20.00000	0.0000000E+00
<i>DIST(9, 4)</i>	15.00000	0.0000000E+00
<i>DIST(9, 5)</i>	5.000000	0.0000000E+00
<i>DIST(9, 6)</i>	10.00000	0.0000000E+00
<i>DIST(9, 7)</i>	20.00000	0.0000000E+00
<i>DIST(9, 8)</i>	19.00000	0.0000000E+00
<i>DIST(9, 9)</i>	0.0000000E+00	0.0000000E+00
<i>DIST(9, 10)</i>	15.00000	0.0000000E+00
<i>DIST(9, 11)</i>	6.000000	0.0000000E+00
<i>DIST(9, 12)</i>	8.000000	0.0000000E+00
<i>DIST(9, 13)</i>	9.000000	0.0000000E+00
<i>DIST(10, 1)</i>	0.0000000E+00	0.0000000E+00
<i>DIST(10, 2)</i>	9.000000	0.0000000E+00
<i>DIST(10, 3)</i>	5.000000	0.0000000E+00
<i>DIST(10, 4)</i>	9.000000	0.0000000E+00
<i>DIST(10, 5)</i>	12.00000	0.0000000E+00
<i>DIST(10, 6)</i>	5.000000	0.0000000E+00
<i>DIST(10, 7)</i>	4.000000	0.0000000E+00
<i>DIST(10, 8)</i>	3.000000	0.0000000E+00
<i>DIST(10, 9)</i>	15.00000	0.0000000E+00
<i>DIST(10, 10)</i>	0.0000000E+00	0.0000000E+00
<i>DIST(10, 11)</i>	8.000000	0.0000000E+00
<i>DIST(10, 12)</i>	7.000000	0.0000000E+00
<i>DIST(10, 13)</i>	6.000000	0.0000000E+00
<i>DIST(11, 1)</i>	0.0000000E+00	0.0000000E+00
<i>DIST(11, 2)</i>	8.000000	0.0000000E+00
<i>DIST(11, 3)</i>	5.000000	0.0000000E+00

<i>DIST(11, 4)</i>	8.000000	0.000000E+00
<i>DIST(11, 5)</i>	10.00000	0.000000E+00
<i>DIST(11, 6)</i>	10.00000	0.000000E+00
<i>DIST(11, 7)</i>	3.000000	0.000000E+00
<i>DIST(11, 8)</i>	3.000000	0.000000E+00
<i>DIST(11, 9)</i>	6.000000	0.000000E+00
<i>DIST(11, 10)</i>	8.000000	0.000000E+00
<i>DIST(11, 11)</i>	0.000000E+00	0.000000E+00
<i>DIST(11, 12)</i>	5.000000	0.000000E+00
<i>DIST(11, 13)</i>	10.00000	0.000000E+00
<i>DIST(12, 1)</i>	0.000000E+00	0.000000E+00
<i>DIST(12, 2)</i>	7.000000	0.000000E+00
<i>DIST(12, 3)</i>	10.00000	0.000000E+00
<i>DIST(12, 4)</i>	11.00000	0.000000E+00
<i>DIST(12, 5)</i>	5.000000	0.000000E+00
<i>DIST(12, 6)</i>	10.00000	0.000000E+00
<i>DIST(12, 7)</i>	7.000000	0.000000E+00
<i>DIST(12, 8)</i>	3.000000	0.000000E+00
<i>DIST(12, 9)</i>	8.000000	0.000000E+00
<i>DIST(12, 10)</i>	7.000000	0.000000E+00
<i>DIST(12, 11)</i>	5.000000	0.000000E+00
<i>DIST(12, 12)</i>	0.000000E+00	0.000000E+00
<i>DIST(12, 13)</i>	5.000000	0.000000E+00
<i>DIST(13, 1)</i>	0.000000E+00	0.000000E+00
<i>DIST(13, 2)</i>	8.000000	0.000000E+00
<i>DIST(13, 3)</i>	15.00000	0.000000E+00
<i>DIST(13, 4)</i>	9.000000	0.000000E+00
<i>DIST(13, 5)</i>	10.00000	0.000000E+00
<i>DIST(13, 6)</i>	5.000000	0.000000E+00
<i>DIST(13, 7)</i>	5.000000	0.000000E+00
<i>DIST(13, 8)</i>	7.000000	0.000000E+00
<i>DIST(13, 9)</i>	9.000000	0.000000E+00
<i>DIST(13, 10)</i>	6.000000	0.000000E+00
<i>DIST(13, 11)</i>	10.00000	0.000000E+00
<i>DIST(13, 12)</i>	5.000000	0.000000E+00
<i>DIST(13, 13)</i>	0.000000E+00	0.000000E+00
<i>X(1, 1)</i>	1.000000	0.000000E+00
<i>X(1, 2)</i>	0.000000E+00	5.000000
<i>X(1, 3)</i>	0.000000E+00	0.000000E+00
<i>X(1, 4)</i>	0.000000E+00	0.000000E+00
<i>X(1, 5)</i>	1.000000	0.000000E+00
<i>X(1, 6)</i>	0.000000E+00	0.6714287
<i>X(1, 7)</i>	0.000000E+00	0.000000E+00
<i>X(1, 8)</i>	0.000000E+00	2.600000
<i>X(1, 9)</i>	1.000000	0.000000E+00
<i>X(1, 10)</i>	1.000000	0.000000E+00
<i>X(1, 11)</i>	0.1665335E-15	0.000000E+00
<i>X(1, 12)</i>	1.000000	0.000000E+00
<i>X(1, 13)</i>	1.000000	0.000000E+00
<i>X(2, 1)</i>	1.000000	0.000000E+00
<i>X(2, 2)</i>	0.000000E+00	0.000000E+00
<i>X(2, 3)</i>	0.000000E+00	4.000000
<i>X(2, 4)</i>	0.000000E+00	0.000000E+00
<i>X(2, 5)</i>	0.000000E+00	5.000000
<i>X(2, 6)</i>	0.000000E+00	0.000000E+00
<i>X(2, 7)</i>	0.000000E+00	0.000000E+00
<i>X(2, 8)</i>	0.000000E+00	9.000000
<i>X(2, 9)</i>	0.000000E+00	0.000000E+00
<i>X(2, 10)</i>	0.000000E+00	0.000000E+00
<i>X(2, 11)</i>	0.000000E+00	2.000000
<i>X(2, 12)</i>	0.000000E+00	0.000000E+00
<i>X(2, 13)</i>	0.000000E+00	0.000000E+00

X(3, 1)	1.000000	0.000000E+00
X(3, 2)	0.000000E+00	4.000000
X(3, 3)	0.000000E+00	0.000000E+00
X(3, 4)	0.000000E+00	11.00000
X(3, 5)	0.000000E+00	7.000000
X(3, 6)	0.000000E+00	18.71429
X(3, 7)	0.000000E+00	2.599999
X(3, 8)	0.000000E+00	17.20000
X(3, 9)	0.000000E+00	10.00000
X(3, 10)	0.000000E+00	-4.000000
X(3, 11)	0.000000E+00	0.000000E+00
X(3, 12)	0.000000E+00	2.000000
X(3, 13)	0.000000E+00	7.166667
X(4, 1)	1.000000	0.000000E+00
X(4, 2)	0.000000E+00	0.000000E+00
X(4, 3)	0.000000E+00	11.00000
X(4, 4)	0.000000E+00	0.000000E+00
X(4, 5)	0.000000E+00	2.000000
X(4, 6)	0.000000E+00	9.742857
X(4, 7)	0.000000E+00	7.799999
X(4, 8)	0.000000E+00	11.60000
X(4, 9)	0.000000E+00	5.000000
X(4, 10)	0.000000E+00	0.000000E+00
X(4, 11)	0.000000E+00	2.000000
X(4, 12)	0.000000E+00	3.000000
X(4, 13)	0.000000E+00	1.500000
X(5, 1)	0.000000E+00	5.000000
X(5, 2)	0.000000E+00	9.000000
X(5, 3)	0.000000E+00	11.00000
X(5, 4)	1.000000	6.000000
X(5, 5)	0.000000E+00	0.000000E+00
X(5, 6)	0.000000E+00	14.71429
X(5, 7)	0.000000E+00	3.599999
X(5, 8)	0.000000E+00	12.20000
X(5, 9)	0.000000E+00	0.000000E+00
X(5, 10)	0.000000E+00	8.000000
X(5, 11)	0.000000E+00	9.000000
X(5, 12)	0.000000E+00	2.000000
X(5, 13)	0.000000E+00	7.166667
X(6, 1)	0.000000E+00	0.000000E+00
X(6, 2)	1.000000	0.000000E+00
X(6, 3)	0.000000E+00	18.00000
X(6, 4)	0.000000E+00	9.000000
X(6, 5)	0.000000E+00	10.00000
X(6, 6)	0.000000E+00	0.000000E+00
X(6, 7)	0.000000E+00	37.20000
X(6, 8)	0.000000E+00	0.000000E+00
X(6, 9)	0.000000E+00	0.000000E+00
X(6, 10)	0.000000E+00	0.000000E+00
X(6, 11)	0.000000E+00	4.000000
X(6, 12)	0.000000E+00	2.000000
X(6, 13)	0.000000E+00	7.000000
X(7, 1)	1.000000	0.000000E+00
X(7, 2)	0.000000E+00	9.000000
X(7, 3)	0.000000E+00	10.00000
X(7, 4)	0.000000E+00	12.00000
X(7, 5)	0.000000E+00	7.000000
X(7, 6)	0.000000E+00	18.14286
X(7, 7)	0.000000E+00	0.000000E+00
X(7, 8)	0.000000E+00	7.600000
X(7, 9)	0.000000E+00	10.00000
X(7, 10)	0.000000E+00	0.000000E+00

X(7, 11)	0.000000E+00	-3.000000
X(7, 12)	0.000000E+00	0.000000E+00
X(7, 13)	0.000000E+00	0.000000E+00
X(8, 1)	1.000000	0.000000E+00
X(8, 2)	0.000000E+00	11.000000
X(8, 3)	0.000000E+00	19.000000
X(8, 4)	0.000000E+00	13.000000
X(8, 5)	0.000000E+00	10.000000
X(8, 6)	0.000000E+00	0.785714
X(8, 7)	0.000000E+00	8.599999
X(8, 8)	0.000000E+00	0.000000E+00
X(8, 9)	0.000000E+00	9.000000
X(8, 10)	0.000000E+00	-6.000000
X(8, 11)	0.000000E+00	-3.000000
X(8, 12)	0.000000E+00	0.000000E+00
X(8, 13)	0.000000E+00	0.000000E+00
X(9, 1)	0.2220446E-15	0.000000E+00
X(9, 2)	0.000000E+00	4.000000
X(9, 3)	0.000000E+00	14.000000
X(9, 4)	0.000000E+00	9.000000
X(9, 5)	0.000000E+00	0.000000E+00
X(9, 6)	0.000000E+00	4.771429
X(9, 7)	0.000000E+00	13.000000
X(9, 8)	0.000000E+00	12.000000
X(9, 9)	0.000000E+00	0.000000E+00
X(9, 10)	0.000000E+00	6.000000
X(9, 11)	1.000000	0.000000E+00
X(9, 12)	0.000000E+00	0.000000E+00
X(9, 13)	0.000000E+00	1.833334
X(10, 1)	0.000000E+00	4.200000
X(10, 2)	0.000000E+00	7.200000
X(10, 3)	0.000000E+00	3.200000
X(10, 4)	0.000000E+00	7.200000
X(10, 5)	0.000000E+00	11.200000
X(10, 6)	1.000000	8.600000
X(10, 7)	0.000000E+00	0.5999992
X(10, 8)	0.000000E+00	0.000000E+00
X(10, 9)	0.000000E+00	9.200000
X(10, 10)	0.000000E+00	0.000000E+00
X(10, 11)	0.000000E+00	6.200000
X(10, 12)	0.000000E+00	3.200000
X(10, 13)	0.000000E+00	2.866667
X(11, 1)	0.000000E+00	4.000000
X(11, 2)	0.000000E+00	6.000000
X(11, 3)	1.000000	4.000000
X(11, 4)	0.000000E+00	6.000000
X(11, 5)	0.000000E+00	9.000000
X(11, 6)	0.000000E+00	8.771429
X(11, 7)	0.000000E+00	0.000000E+00
X(11, 8)	0.000000E+00	0.000000E+00
X(11, 9)	0.000000E+00	0.000000E+00
X(11, 10)	0.000000E+00	3.000000
X(11, 11)	0.000000E+00	0.000000E+00
X(11, 12)	0.000000E+00	1.000000
X(11, 13)	0.000000E+00	6.833334
X(12, 1)	0.000000E+00	2.000000
X(12, 2)	0.000000E+00	3.500000
X(12, 3)	0.000000E+00	6.000000
X(12, 4)	0.000000E+00	7.000000
X(12, 5)	0.000000E+00	2.000000
X(12, 6)	0.000000E+00	6.785714
X(12, 7)	0.000000E+00	3.699999

X(12, 8)	1.000000	0.000000E+00
X(12, 9)	0.000000E+00	0.000000E+00
X(12, 10)	0.000000E+00	0.000000E+00
X(12, 11)	0.000000E+00	1.000000
X(12, 12)	0.000000E+00	0.000000E+00
X(12, 13)	0.000000E+00	0.000000E+00
X(13, 1)	0.000000E+00	3.000000
X(13, 2)	0.000000E+00	5.000000
X(13, 3)	0.000000E+00	12.000000
X(13, 4)	0.000000E+00	6.000000
X(13, 5)	0.000000E+00	8.000000
X(13, 6)	0.000000E+00	5.142857
X(13, 7)	1.000000	9.866666
X(13, 8)	0.000000E+00	3.600000
X(13, 9)	0.000000E+00	2.000000
X(13, 10)	0.000000E+00	0.000000E+00
X(13, 11)	0.000000E+00	7.000000
X(13, 12)	0.000000E+00	0.000000E+00
X(13, 13)	0.000000E+00	0.000000E+00

Row	Slack or Surplus	Dual Price
1	0.000000E+00	0.000000E+00
2	68.000000	-1.000000
3	0.000000E+00	0.000000E+00
4	0.000000E+00	-6.000000
5	0.000000E+00	0.000000E+00
6	21.000000	0.000000E+00
7	30.000000	0.000000E+00
8	35.000000	0.000000E+00
9	0.000000E+00	-0.500000E-01
10	18.000000	0.000000E+00
11	22.000000	0.000000E+00
12	31.000000	0.000000E+00
13	32.000000	0.000000E+00
14	24.000000	0.000000E+00
15	30.000000	0.000000E+00
16	28.000000	0.000000E+00
17	0.000000E+00	0.000000E+00
18	6.000000	0.000000E+00
19	0.000000E+00	0.000000E+00
20	0.000000E+00	-6.000000
21	0.000000E+00	0.000000E+00
22	14.000000	0.000000E+00
23	26.000000	0.000000E+00
24	31.000000	0.000000E+00
25	16.000000	0.000000E+00
26	14.000000	0.000000E+00
27	18.000000	0.000000E+00
28	27.000000	0.000000E+00
29	28.000000	0.000000E+00
30	0.000000E+00	-0.333333E-01
31	26.000000	0.000000E+00
32	24.000000	0.000000E+00
33	3.000000	0.000000E+00
34	7.000000	0.000000E+00
35	0.000000E+00	0.000000E+00
36	0.000000E+00	-6.000000
37	0.000000E+00	0.000000E+00
38	3.000000	0.000000E+00
39	6.000000	0.000000E+00
40	0.000000E+00	0.000000E+00
41	5.000000	0.000000E+00

42	3.000000	0.000000E+00
43	7.000000	0.000000E+00
44	16.000000	0.000000E+00
45	17.000000	0.000000E+00
46	9.000000	0.000000E+00
47	15.000000	0.000000E+00
48	13.000000	0.000000E+00
49	12.000000	0.000000E+00
50	0.000000E+00	0.000000E+00
51	0.000000E+00	0.000000E+00
52	0.000000E+00	-5.000000
53	0.000000E+00	5.000000
54	0.000000E+00	0.000000E+00
55	3.000000	0.000000E+00
56	0.000000E+00	0.000000E+00
57	2.000000	0.000000E+00
58	0.000000E+00	0.000000E+00
59	4.000000	0.000000E+00
60	13.000000	0.000000E+00
61	14.000000	0.000000E+00
62	6.000000	0.000000E+00
63	12.000000	0.000000E+00
64	10.000000	0.000000E+00
65	0.000000E+00	0.2352941
66	0.000000E+00	0.000000E+00
67	0.000000E+00	-0.1714286
68	0.000000E+00	-5.328571
69	0.000000E+00	0.000000E+00
70	0.000000E+00	0.000000E+00
71	9.000000	0.000000E+00
72	18.000000	0.000000E+00
73	23.000000	0.000000E+00
74	6.000000	0.000000E+00
75	10.000000	0.000000E+00
76	19.000000	0.000000E+00
77	0.000000E+00	-0.2142857
78	12.000000	0.000000E+00
79	18.000000	0.000000E+00
80	16.000000	0.000000E+00
81	2.000000	0.000000E+00
82	0.000000E+00	-0.1428571E-01
83	0.000000E+00	-16.000000
84	0.000000E+00	-18.200000
85	0.000000E+00	0.000000E+00
86	10.000000	0.000000E+00
87	13.000000	0.000000E+00
88	22.000000	0.000000E+00
89	27.000000	0.000000E+00
90	12.000000	0.000000E+00
91	14.000000	0.000000E+00
92	23.000000	0.000000E+00
93	24.000000	0.000000E+00
94	16.000000	0.000000E+00
95	22.000000	0.000000E+00
96	0.000000E+00	-0.2033333
97	0.000000E+00	1.420000
98	0.000000E+00	-1.600000
99	0.000000E+00	-1.600000
100	0.000000E+00	-8.400000
101	0.000000E+00	0.000000E+00
102	8.000000	0.000000E+00
103	11.000000	0.000000E+00

104	20.00000	0.000000E+00
105	25.00000	0.000000E+00
106	10.00000	0.000000E+00
107	8.000000	0.000000E+00
108	21.00000	0.000000E+00
109	22.00000	0.000000E+00
110	14.00000	0.000000E+00
111	0.000000E+00	-0.4166667E-01
112	18.00000	0.000000E+00
113	4.000000	0.000000E+00
114	0.000000E+00	-0.2000000
115	0.000000E+00	0.000000E+00
116	0.000000E+00	-10.00000
117	0.000000E+00	0.000000E+00
118	0.000000E+00	0.000000E+00
119	3.000000	0.000000E+00
120	12.00000	0.000000E+00
121	17.00000	0.000000E+00
122	2.000000	0.000000E+00
123	0.000000E+00	0.000000E+00
124	4.000000	0.000000E+00
125	14.00000	0.000000E+00
126	0.000000E+00	-0.2775558E-17
127	12.00000	0.000000E+00
128	10.00000	0.000000E+00
129	0.000000E+00	0.6923077
130	0.000000E+00	0.000000E+00
131	0.000000E+00	0.000000E+00
132	0.000000E+00	-9.000000
133	0.000000E+00	4.200000
134	0.000000E+00	0.000000E+00
135	3.000000	0.000000E+00
136	12.00000	0.000000E+00
137	17.00000	0.000000E+00
138	0.000000E+00	-0.1785714
139	0.000000E+00	-0.2500000
140	4.000000	0.000000E+00
141	13.00000	0.000000E+00
142	6.000000	0.000000E+00
143	12.00000	0.000000E+00
144	10.00000	0.000000E+00
145	0.000000E+00	0.2142857
146	0.000000E+00	0.000000E+00
147	0.000000E+00	0.1942890E-15
148	0.000000E+00	-6.000000
149	0.000000E+00	4.000000
150	7.000000	0.000000E+00
151	0.000000E+00	-0.3333334E-01
152	19.00000	0.000000E+00
153	24.00000	0.000000E+00
154	9.000000	0.000000E+00
155	7.000000	0.000000E+00
156	11.00000	0.000000E+00
157	0.000000E+00	0.000000E+00
158	21.00000	0.000000E+00
159	19.00000	0.000000E+00
160	17.00000	0.000000E+00
161	6.000000	0.000000E+00
162	0.000000E+00	0.2775558E-16
163	0.000000E+00	0.000000E+00
164	0.000000E+00	-8.000000
165	0.000000E+00	2.000000

166	0.000000E+00	-0.500000E-01
167	3.000000	0.000000E+00
168	12.00000	0.000000E+00
169	17.00000	0.000000E+00
170	2.000000	0.000000E+00
171	0.000000E+00	-0.500000E-01
172	0.000000E+00	-0.2416667
173	13.00000	0.000000E+00
174	14.00000	0.000000E+00
175	6.000000	0.000000E+00
176	10.00000	0.000000E+00
177	0.000000E+00	0.5833333
178	0.000000E+00	0.000000E+00
179	0.000000E+00	-1.666667
180	0.000000E+00	-8.333333
181	0.000000E+00	3.000000
182	0.000000E+00	0.000000E+00
183	3.000000	0.000000E+00
184	12.00000	0.000000E+00
185	17.00000	0.000000E+00
186	2.000000	0.000000E+00
187	0.000000E+00	-0.8333334E-01
188	4.000000	0.000000E+00
189	13.00000	0.000000E+00
190	14.00000	0.000000E+00
191	6.000000	0.000000E+00
192	12.00000	0.000000E+00
193	0.000000E+00	0.5333334
194	0.000000E+00	-0.1666667
195	0.000000E+00	-4.000000

BIBLIOGRAFÍA

1. Bartholdi, J.J. III, L.K. Platzman, R.L. Collins, y W. H. Warden III: "A Minimal Technology Routing System for Meal on Wheels", *Interfaces*, vol. 13, no.3, June 1983, pp. 1-8.
2. Cook, T., y R. Russell: "A Simulation and Statistical Analysis of Stochastic Vehicle Routing with Timing Constraints", *Decision Sciences*, vol. 9, no. 4, October 1978, pp. 673-687.
3. Johnston, B., y B. Morris: "Monitoring Control in Service Operations", *International Journal of Operations and Production Management*, vol. 5, no. 1, 1985, pp. 33-38.
4. Levitt, Theodore: "Production-Line Approach to Service", *Harvard Business Review*, September-October 1976, pp. 63-74.
5. Orloff, C. S.: "Routing a Fleet of M-Vehicles to/from a Central Facility", *Networks*, vol. 4, 1974, pp. 147-162.
6. Schrage, Linus: "Optimization Modeling with LINGO", Lindo System Inc., Fifth edition 2002.
7. Nahmias, Steven: "Production and Operations Analysis", McGraw-Hill Irwin, 2001.