

## Análisis de Modelos de Redes

(Ver Capítulo 9 de Hillier&Lieberman 7ª Edición, 2002)

Los Modelos de Optimización de redes se aplican a numerosos casos en la Ciencia de la Administración, en particular relacionados con la operación de redes de transporte, logística, redes eléctricas o de comunicación, pero también en programación y seguimiento de Proyectos, en Marketing, Recursos Humanos y en Finanzas.

La mayor parte de los modelos de redes son casos particulares de modelos de Programación Lineal, y pueden ser formalizados a partir de un modelo general que los engloba : el Modelo de Flujo de Costo Mínimo. En Anexo I se seleccionó un Glosario de la terminología propia de estos modelos

En el Curso se verán 5 tipos de modelos de Redes : la Ruta más corta (RMC), el árbol de expansión mínima (AEM), la red de flujo máximo (RFM), el modelo de Transporte y el Modelo de Asignación. En Anexo II se resume en una Tabla las principales características de los principales modelos de Redes.

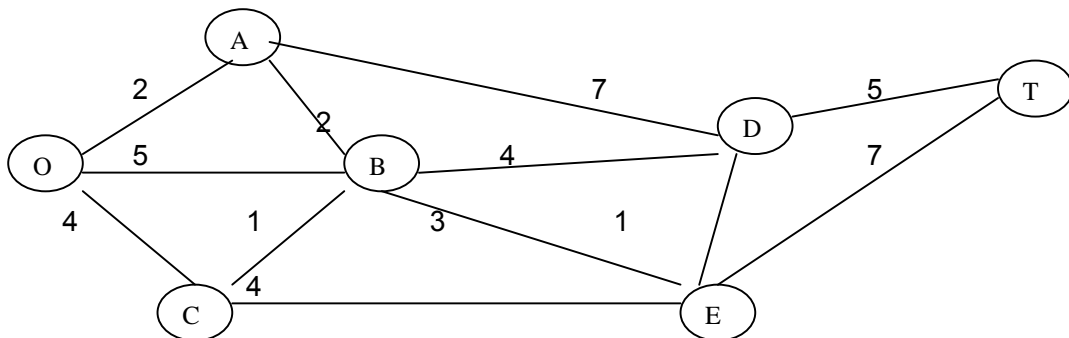
### Ejemplo Prototipo : el Parque Seervada (Hillier&Lieberman, 2002 Cap. 9)

El Parque Seervada está organizado de tal manera que se dispone de una Entrada y una serie de senderos que pasan por 5 Estaciones intermedias que conducen al Mirador, el cual representa la estación terminal.

El Administrador del Parque debe resolver tres tipos de problemas propios de la gestión del Parque:

- (1) Determinar *la ruta más corta* desde la Entrada al Mirador. (RMC)
- (2) Determinar el *tendido del cableado telefónico de todas las estaciones* desde la entrada hasta el Mirador que *minimice el total de cable* a instalar. (AEM)
- (3) Determinar el número *máximo de viajes* que se pueden organizar desde la Entrada hasta el Mirador *tomando en cuenta el factor de carga* que ha establecido el guardaparque en términos de total de viajes permitidos por día y por sendero (RFM).

En la figura siguiente se identifican las 7 estaciones del Parque como Nodos, con la Entrada como Nodo (O) y el Mirador como Nodo (T). La información disponible en cada Arco representa la distancia entre nodos medidos en millas.



## **Modelo de la Ruta más corta (RMC)**

En el marco de los problemas de RMC se considera una red conexas y no dirigida con dos nodos especiales, llamados origen y destino. A cada una de las ligaduras (arcos no dirigidos) se asocia una distancia no negativa. El objetivo del análisis es encontrar la ruta más corta, es decir, la trayectoria con la mínima distancia total, que va del origen al destino.

Para su resolución se utiliza el Algoritmo de la Ruta más corta o también se puede utilizar el SIMPLEX utilizando las propiedades de este Problema, que es un caso específico del Modelo de Programación Lineal.

### **Algoritmo de Ruta más corta.**

Este algoritmo analiza la red a partir del origen, identificando sucesivamente la ruta más corta a cada uno de los nodos en orden ascendente de sus distancias desde el origen, quedando resuelto el problema en el momento de llegar al nodo destino. A continuación se muestra la tabla de aplicación del algoritmo de la ruta más corta para encontrar la ruta más corta desde la entrada al parque hasta el mirador (ejemplo prototipo).

**Tabla: Aplicación del Algoritmo Ruta Mas Corta**  
 Resolución del Ejemplo "Parque Seervada".

N	Nodos resueltos conectados directamente a nodos no resueltos	Nodo no resuelto más cercano conectado	Distancia total involucrada	n-ésimo nodo más cercano	Distancia mínima	Ultima conexión
1	O	A	2	A	2	OA
2,3	O A	C B	4 2+2=4	C B	4 4	OC AB
4	A B C	D E E	2+7=9 4+3=7 4+4=8	E	7	BE
5	A B E	D D D	2+7=9 4+4=8 7+1=9	D D	8 8	BD ED
6	D E	T T	8+5=13 7+7=14	T	13	DT

La Primera columna: indica el número de la iteración.

La Segunda columna: lista de los nodos resueltos (por los cuales ya se pasó) para comenzar la iteración actual, después de quitar los que no sirven (los que no tienen conexión directa con nodos no resueltos).

La Tercera columna: candidatos (nodos no resueltos con la ligadura más corta al nodo resuelto) para el n-ésimo nodo más cercano

La Cuarta columna: distancia de la ruta más corta desde el origen a cada uno de estos candidatos

La Quinta columna: candidato con la distancia más pequeña al origen

La Sexta columna: distancia de la ruta más corta desde el origen al último nodo resuelto

La Séptima columna: último tramo en esta ruta más corta.

En esta última columna se puede rastrear la ruta más corta desde el nodo origen al destino. Se ve que la distancia total es de 13, tanto por la ruta O-A-B-E-D-T como por la O-A-B-D-T.

### Modelo de Programación Lineal (visto en clase 27-Mayo-2005)

Se define una variable de decisión por cada Arco del problema. Estas variables de decisión del modelo de PL  $x_{ij}$  tienen una naturaleza binaria ( solamente pueden valer 0 ó 1) e indican si el Arco pertenece a la Ruta más corta.

$$x_{ij} = \begin{cases} 0 & \text{si el arco } i \rightarrow j \text{ no pertenece a la Ruta más corta} \\ 1 & \text{si el arco } i \rightarrow j \text{ pertenece a la Ruta más corta} \end{cases}$$

También se definen tantas restricciones lineales como nodos hay en la red del problema a resolver. El Lado Derecho de cada restricción identifica la naturaleza del nodo, que puede ser de tipo Origen ( $b_i=1$ ), Traspase ( $b_i=0$ ) o Destino ( $b_i=-1$ ). El Lado Izquierdo de la restricción enumera los arcos relevantes para la resolución del Problema, que llegan y que salen del Nodo.

$$\sum_j x_{ij} - \sum_j x_{ji} = b_i$$

El problema de la Ruta más corta tiene busca minimizar una Función Objetivo Z que es la distancia total de la Ruta desde el Nodo Origen al Nodo Destino.

$$\text{Min } Z = \sum_i \sum_j c_{ij} x_{ij}$$

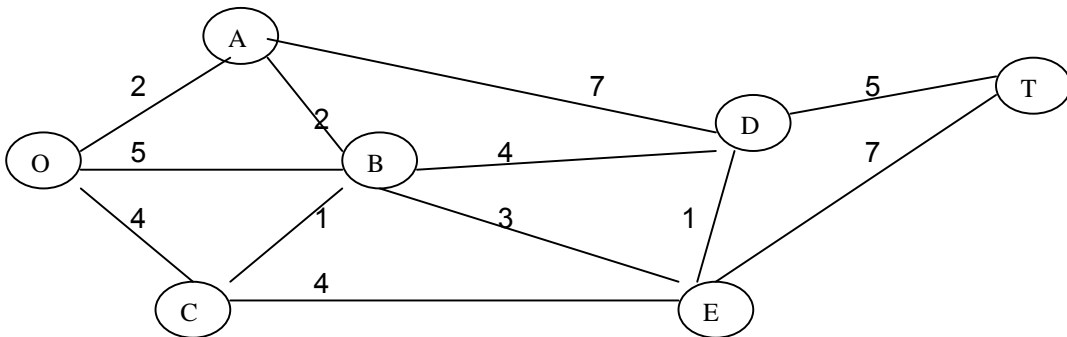
Con  $c_{ij}$  como la distancia en el Arco del nodo i al nodo j.

(ver, Anexo III Aplicación del Modelo de Programación Lineal para resolver la RMC en el caso del Ejemplo Prototipo).

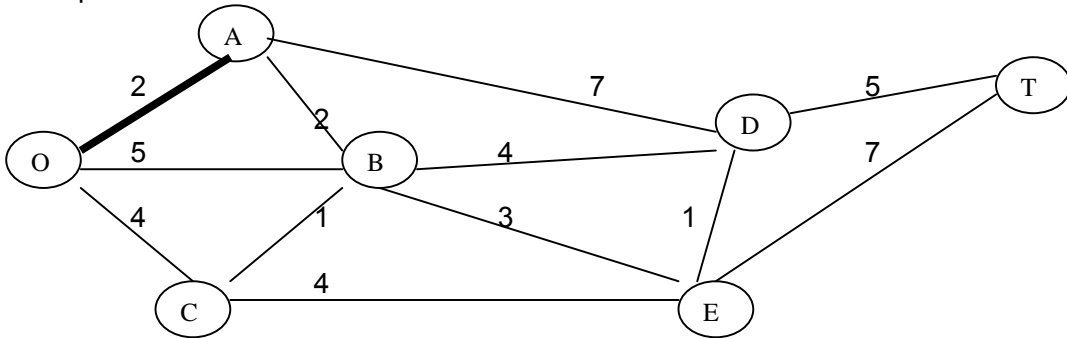
## Modelo del Arbol de expansión mínima (AEM)

En el contexto de los problemas de AEM se considera una red no dirigida y conexas. Cada ligadura está asociada a una medida de longitud positiva (distancia, costo, tiempo, etc.). Se trata de crear un árbol de expansión, problema útil en la planeación de redes de transporte que no se transitarán mucho y en las que la inquietud principal es proporcionar alguna trayectoria entre todos los pares de nodos de la manera más económica. La resolución del problema consiste en elegir, desde cualquier nodo, la rama más corta posible a otro nodo, simplemente. Este proceso se repite hasta que se hayan conectado todos los nodos. Los empates se rompen en forma arbitraria.

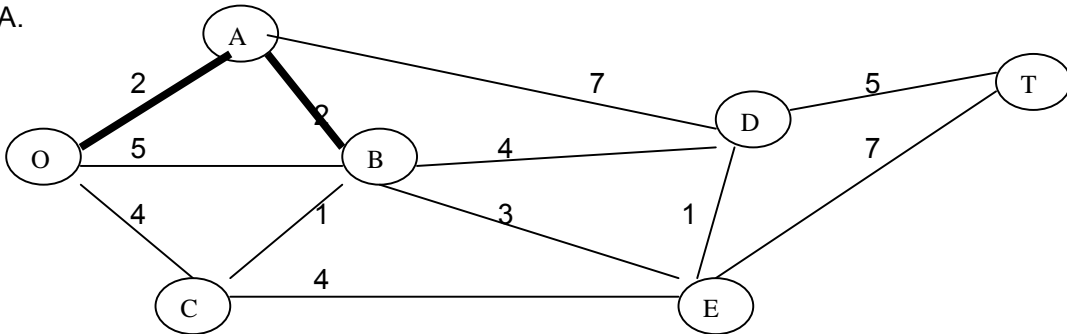
El problema se resuelve eficientemente en forma gráfica, como se mostrará. Partimos del siguiente plano, en donde los números sobre las ligaduras representan distancias entre los nodos.



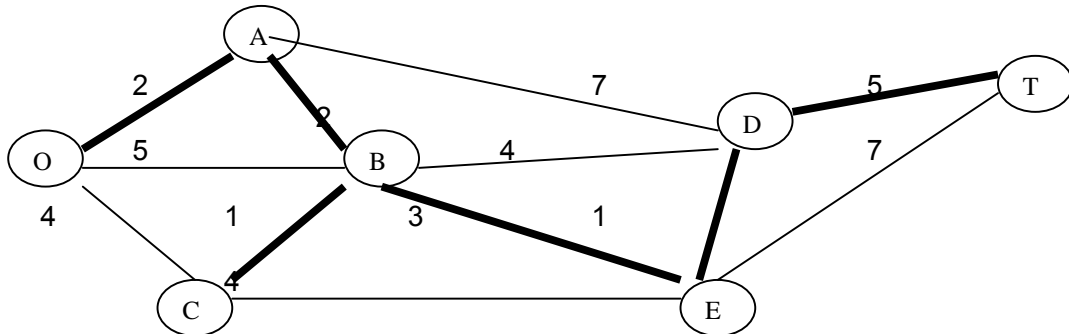
Las líneas delgadas representan ligaduras potenciales. Se selecciona en forma arbitraria el nodo O para comenzar. El más cercano es el A. Se conectan.



El más cercano a cualquiera de los nodos O o A es el B (más cercano a A). Se conecta B a A.



El más cercano a O, A o B es el nodo C (más cercano a B). Se conecta C a B.  
 Se continúa iterando de esta manera, hasta obtener:



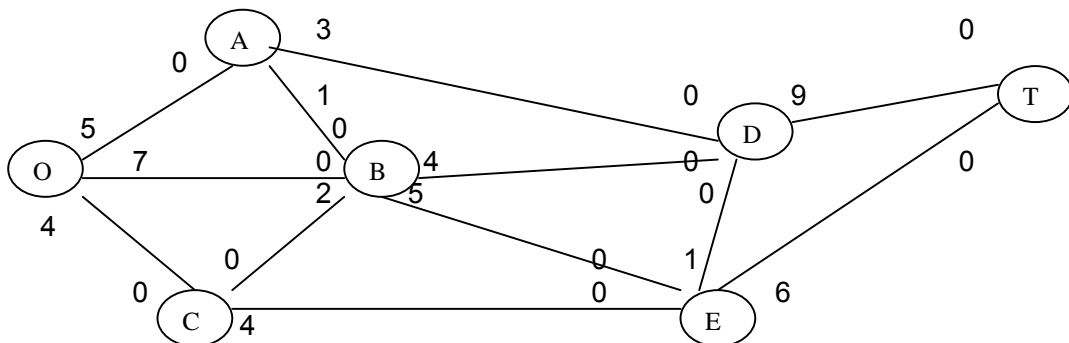
Ahora todos los nodos están conectados, y se ha formado el árbol de expansión mínima. La longitud total es de 14. La elección del nodo inicial no afecta la solución final. Se puede verificar esto empezando desde cualquier otro nodo.

### **Modelo de Red de flujo máximo (RFM)**

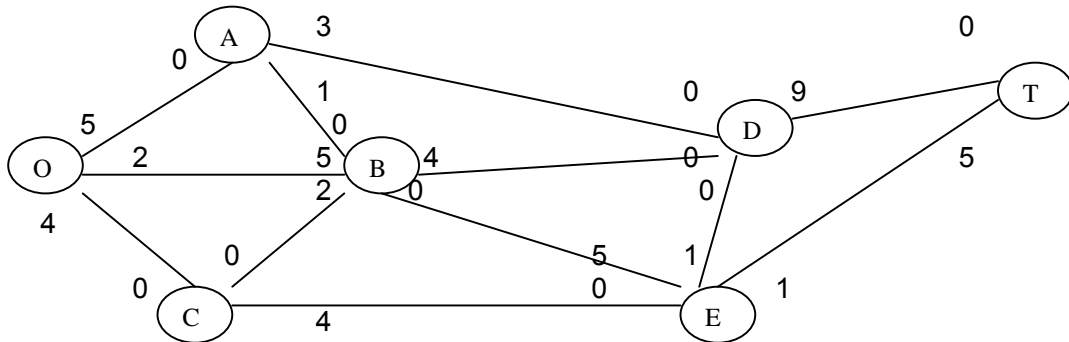
En el contexto de los problemas de Red de Flujo Máximo, se trabaja con una red dirigida y conexas, con un solo nodo fuente y un solo nodo destino. Se trata de maximizar el flujo por unidad de tiempo entre el nodo origen y el destino, teniendo en cuenta las capacidades máximas por unidad de tiempo de cada tramo.

Una vez asignados flujos a los arcos de *la red original*, la *red residual* muestra las capacidades restantes (residuales) para asignar flujos adicionales. El número sobre el arco junto a un nodo indica la capacidad residual para el flujo desde ese nodo hasta el otro. El número sobre el arco junto al nodo hacia el cual se dirige el arco, representa el flujo corrientemente asignado a ese arco.

Para resolver el problema se usa *el algoritmo de la trayectoria de aumento*, el cual selecciona de manera iterativa las trayectorias de aumento y agrega un flujo igual a su capacidad residual a esa trayectoria en la red original. Este proceso continúa hasta que ya no hay más trayectorias de aumento posibles. Se muestra a continuación el método gráfico iterativo para aplicar el algoritmo al caso del Parque Seervada que incluye la información sobre el Flujo máximo por Arco.

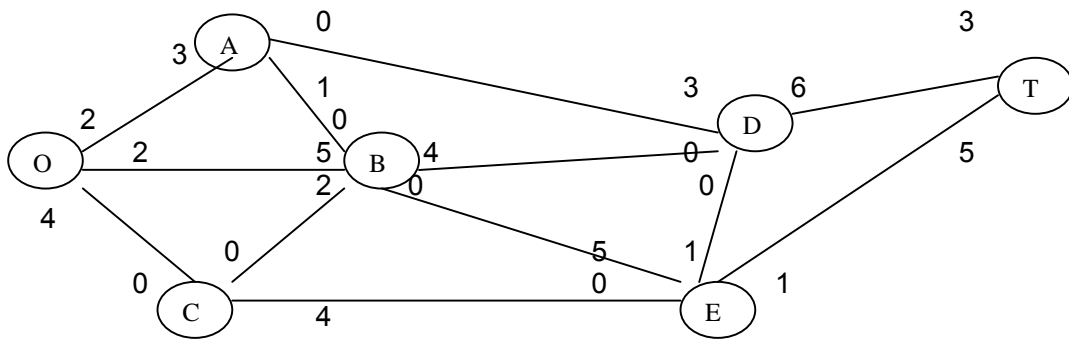


**Primera iteración:** a partir de la figura anterior, una de las trayectorias de aumento es O-B-E-T que tiene la capacidad residual igual al min.  $(7,5,6) = 5$ . Si se asigna un flujo de 5 a esta trayectoria, la red residual que resulta es



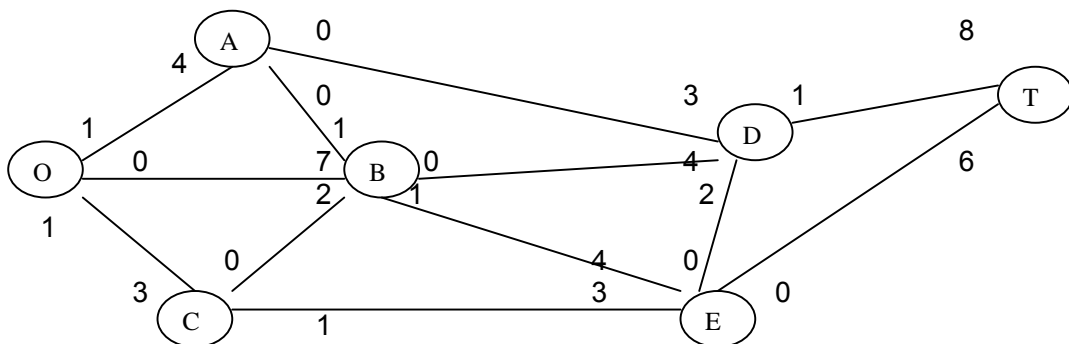
Resultando un flujo = 5.

**Para la segunda iteración,** se asigna un flujo de 3 a la trayectoria de aumento O-A-D-T. La red residual que resulta es:



Con lo cual el flujo total asignado hasta el momento es  $5 + 3 = 8$ .

Continuando con este procedimiento iterativo, se llega al punto en que no hay más trayectorias de aumento, obteniéndose (ver Anexo IV detalles de la Red Residual, de las iteraciones y de la Solucion final):



El flujo total es 14, el cual se obtiene acumulando las asignaciones de flujo o comparando las capacidades residuales finales con las capacidades originales en los arcos. Para redes de mayor complejidad, el teorema del flujo máximo – cortadura mínima puede ayudar a identificar el flujo máximo (por ser igual al valor de la cortadura mínima para todas las cortaduras de la red).

## **Modelo general de Flujo de Costo Mínimo (FCM)**

En el contexto de los problemas de Flujo de Costo Mínimo, se trabaja con una red dirigida y conexa, con “n” nodos de tres tipos : de origen, de destino y de transbordo. El objetivo del modelo es minimizar el costo total de transportar los recursos disponibles en los nodos de origen a través de la red para abastecer la demanda en los nodos de tipo Destino.

A diferencia de los modelos RMC, en este caso se define una variable de decisión que identifica el flujo por cada Arco del problema:

$x_{ij}$  : flujo del nodo i → nodo j

Las restricciones para cada nodo en el Lado Derecho identifica la naturaleza del nodo, que puede ser de tipo Origen ( $b_i > 0$ ), Traslado ( $b_i=0$ ) o Destino ( $b_i < 0$ ). El Lado Izquierdo de la restricción cuantifica el flujo neto que llega y sale del Nodo.

$$\sum_j x_{ij} - \sum_j x_{ji} = b_i$$

Las variables de decisión estarán restringidas a ser positivas y a no depasar la capacidad máxima del Arco ( $u_{ij}$ ) :

$$0 \leq x_{ij} \leq u_{ij}$$

El problema de la Ruta más corta tiene busca minimizar una Función Objetivo Z que es la distancia total de la Ruta desde el Nodo Origen al Nodo Destino.

$$\text{Min } Z = \sum_i \sum_j c_{ij} x_{ij}$$

Con  $c_{ij}$  como el costo unitario del flujo del nodo i al nodo j.

En el marco de este modelo, una condición necesaria para obtener una solución factible es que se cumpla con la igualdad entre el Flujo total generado desde los Nodos Origen y el Flujo total absorbidos por los Nodos Destino:

$$\sum_i b_i = 0$$

Si no se cumple esta condición, la Red puede ser “balanceada” incluyendo una variable artificial que “absorba” el flujo en exceso.

Una propiedad del modelo FCM, es que la solución identifica variables de decisión enteras si los límites de las restricciones ( $b_i$  y  $u_{ij}$ ) son definidos como número enteros.

(Ver en ANEXO VI una aplicación del modelo FCM a un Sistema de Distribución de Productos Alimenticios)

## ANEXO I

### *Glosario de Redes-*

---

**Algoritmo de trayectorias aumentadas:** algoritmo usado para la resolución de un problema de flujo máximo.

**Arbol de expansión:** red no dirigida y conexa, en la cual las ligaduras deben proporcionar una trayectoria entre cada par de nodos (ARBOL DE MINIMA EXPANSION).

**Arbol de mínima expansión:** una de las aplicaciones de la teoría de redes, en la cual se trata de, a partir de una red no dirigida y conexa, conectar todos los nodos entre sí usando el camino más corto (ejemplo: cableado entre terminales telefónicas).

**Arco:** línea que une dos nodos en una red.

**Arco dirigido:** aquel en el cual el flujo se permite sólo en una dirección.

**Arco no dirigido:** aquel en el cual el flujo se permite en ambas direcciones.

**Capacidad de arco:** capacidad máxima de flujo que puede circular en un arco dirigido (PROBLEMA DEL FLUJO MAXIMO).

**Capacidad residual:** capacidad de la trayectoria que está por encima del flujo corrientemente asignado (PROBLEMA DEL FLUJO MAXIMO).

**Capacidad residual de la trayectoria de aumento:** mínimo de las capacidades residuales de sus trayectorias (PROBLEMA DEL FLUJO MAXIMO).

**Ciclo:** trayectoria que empieza y termina en el mismo nodo. Puede ser dirigido o no dirigido, según la trayectoria en cuestión sea dirigida o no dirigida.

**Cortadura:** cualquier conjunto de arcos dirigidos que contienen al menos un arco de cada trayectoria dirigida que va del nodo origen al nodo destino (PROBLEMA DEL FLUJO MAXIMO).

**Ligadura:** arco no dirigido.

**Nodo:** punto al cual se dirigen y del cual salen arcos para conformar una red.

**Nodo de transbordo:** nodo que satisface la conservación del flujo, de modo que el flujo que entra es igual al que sale

**Nodo demanda:** también llamado nodo destino. Es tal que el flujo que llega excede al que sale de él

**Nodo fuente:** también llamado nodo origen. Es tal que el flujo que sale excede al que entra a él

**Nodos conectados:** aquellos tales que la red contiene al menos una trayectoria no dirigida entre ellos.

**Red:** construcción en la cual nodos aparecen interconectados por arcos.

**Red conexa:** aquella en la cual cada par de nodos están conectados.

**Red dirigida:** aquella que contiene sólo arcos dirigidos.

**Red no dirigida:** aquella en la cual todos sus arcos son no dirigidos.

**Red residual:** aquella que muestra las capacidades restantes en cada arco luego de haber asignado determinado flujo a cada uno (PROBLEMA DEL FLUJO MAXIMO).

**Teorema del flujo máximo - cortadura mínima:** aquel que indica que para cualquier red con un solo nodo origen y un solo nodo destino, el flujo máximo factible del origen al destino es igual al valor mínimo de todas las cortaduras de la red (PROBLEMA DEL FLUJO MAXIMO).

**Trayectoria entre dos nodos:** sucesión de arcos distintos que los conectan.

**Trayectoria de aumento:** trayectoria dirigida del nodo fuente al destino en la red residual, tal que todos los arcos en esta trayectoria tienen capacidad residual estrictamente positiva (PROBLEMA DEL FLUJO MAXIMO).

**Trayectoria dirigida del nodo  $i$  al  $j$ :** sucesión de arcos cuya dirección (si la tienen) es hacia el nodo  $j$ , de manera que el flujo del nodo  $i$  al nodo  $j$  a través de esta trayectoria es factible.

**Trayectoria no dirigida del nodo  $i$  al  $j$ :** sucesión de arcos cuya dirección (si la tienen) puede ser hacia o desde el nodo  $j$ . Observar que una trayectoria dirigida también satisface la definición de trayectoria no dirigida, pero el inverso no se cumple.

**Valor de la cortadura:** suma de las capacidades de los arcos (en la dirección especificada) de la cortadura (PROBLEMA DEL FLUJO MAXIMO).

**ANEXO II**

**Cuadro : MODELOS DE REDES Y SUS PRINCIPALES CARACTERISTICAS**

	<b>Método</b>	<b>Tipo de RED</b>	<b>Arcos (Ligaduras)</b>	<b>Objetivos</b>	<b>Algoritmo</b>
(1)	<b>Ruta Más Corta</b> (ver H&L p.411 a 415)	Conexa y No Dirigida 2 Nodos Especiales : Origen y Destino	Asociada a una distancia  (Altern. : Costo, Tiempo,...)	Encontrar la Ruta más Corta desde  Origen --> Destino	Algoritmo de la Ruta más Corta
(2)	<b>Arbol de Expansión Mínima</b>  (Ver H&L p415 a 420)	Conexa y No Dirigida	Asociada a una Longitud  (Altern. : Costo, Tiempo,...)	Minimizar (Costos, Distancia) de conexión de todos los nodos en la Red	Algoritmo del Arbol de Expansión Mínima
(3)	<b>Flujo Máximo</b>  (Ver H&L 420 a 429)	Conexa y Dirigida  1 sólo Nodo Fuente 1 sólo Nodo Destino Nodos de Tránsito	Capacidades máximas por unidad de tiempo y por tramo	Identificar el Flujo Máximo entre FUENTE al DESTINO a través de una Red con Capacidad de Flujo Conocida	Algoritmo de Trayectoria de Aumento
(*)	<b>Flujo de Costo Mínimo</b>  (ver H&L 429 a 437)	Conexa y Dirigida	Flujo de $i \rightarrow j$  Como casos particular se tiene : (1), (2) o (3).	Minimizar el Costo Total de enviar los recursos a través de la Red para satisfacer la Demanda dada.	Método de Simplex de Redes
(4)	<b>PERT-CPM</b> (ver H&L Cap 10)	Conexa y Dirigida	Actividades  (Duración y Precedencia)	Ayudar al Planeamiento y Control de Proyectos  Minimizar el Costo Directo del Proyecto, dado un Tiempo máximo de terminación	Método de Programación Lineal

### ANEXO III

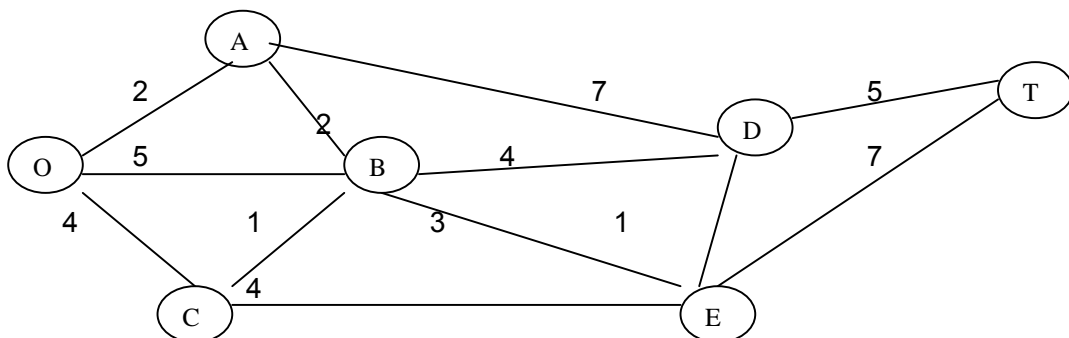
#### **Ejemplo Prototipo: Parque Seervada Modelo de Ruta Más Corta (RMC)**

El Parque Seervada está organizado de tal manera que se dispone de una Entrada y una serie de senderos que pasan por 5 Estaciones intermedias que conducen al Mirador, el cual representa la estación terminal.

El Administrador del AParque debe resolver tres tipos de problemas propios de la gestión del Parque:

- (4) Determinar la RUTA más corta desde la Entrada al Mirador. (RMC)
- (5) Determinar el tendido del cableado telefónico de todas las estaciones desde la entrada hasta el Mirador que minimice el total de cable a instalar. (AEM)
- (6) Determinar el número máximo de viajes que se pueden organizar desde la Entrada hasta el Mirador tomando en cuenta el racionamiento que ha establecido el guardaparque en términos de total de viajes permitidos por día y por sendero (RFM)

En la figura siguiente se identifican las 7 estaciones del Parque como Nodos, con la Entrada como Nodo (O) y el Mirador como Nodo (T). La información disponible en cada Arco representa la distancia entre nodos medidos en millas.



En la figura siguiente se resume los Datos del problema RMC correspondiente al problema (1) del Gerente del Parque Seervada. En uno de los Cuadros se listan todos los Arcos del problema (variables de decisión) y los coeficientes respectivos (distancia) de la Función Objetivo. En el otro Cuadro se ordenaron todos lo Nodos con la información correspondiente a las restricciones: el flujo neto y al tipo de cada uno de los 7 Nodos.

RUTA MAS CORTA (RMC)			
EJEMPLO PROTOTIPO "PARQUE SEERVADA"			
	Variables de Decisión	Coeficientes de la F.O. : $c_j$	
ARCOS	Está en la Ruta? 0: NO 1: SI	DISTANCIA (millas p/Arco)	
OA	1	2	
OB	0	5	
OC	0	4	
AB	1	2	
AD	0	7	
BC	0	1	
BD	0	4	
BE	1	3	
CB	0	1	
CE	0	4	
DE	0	1	
DT	1	5	
ED	1	1	
ET	0	7	

Restricciones sobre los Nodos : $b_i$			
NODOS	FLUJO NETO (Valor Final)	=	Origen = 1 Transbordo = 0 Destino = -1
O	1	=	1
A	0	=	0
B	0	=	0
C	0	=	0
D	0	=	0
E	0	=	0
T	-1	=	-1

Distancia Total :  $Z^* =$  13

**El Informe de Resultados del SOLVER** nos identifica la Solución Optima:  $x_{OA}=x_{AB}=x_{BE}=x_{ED}=x_{DT}=1$  y todas las otras variables de decisión son iguales a 0. La distancia de la Ruta Mas Corta es 13 millas =  $Z^*$ , la función objetivo del modelo RMC.

Celda objetivo (Minimo)

Celda	Nombre	Valor original	Valor final
\$B\$21	Distancia Total =	0	13

Celdas cambiantes

Celda	Nombre	Valor original	Valor final
\$B\$6	OA Está en la Ruta? 0: NO 1: SI	0	1
\$B\$7	OB Está en la Ruta? 0: NO 1: SI	0	0
\$B\$8	OC Está en la Ruta? 0: NO 1: SI	0	0
\$B\$9	AB Está en la Ruta? 0: NO 1: SI	0	1
\$B\$10	AD Está en la Ruta? 0: NO 1: SI	0	0
\$B\$11	BC Está en la Ruta? 0: NO 1: SI	0	0
\$B\$12	BD Está en la Ruta? 0: NO 1: SI	0	0
\$B\$13	BE Está en la Ruta? 0: NO 1: SI	0	1
\$B\$14	CB Está en la Ruta? 0: NO 1: SI	0	0
\$B\$15	CE Está en la Ruta? 0: NO 1: SI	0	0
\$B\$16	DE Está en la Ruta? 0: NO 1: SI	0	0
\$B\$17	DT Está en la Ruta? 0: NO 1: SI	0	1
\$B\$18	ED Está en la Ruta? 0: NO 1: SI	0	1
\$B\$19	ET Está en la Ruta? 0: NO 1: SI	0	0

METODOS CUANTITATIVOS APLICADOS A LA ADMINISTRACION  
Material de Apoyo – Modelos de REDES - 2005

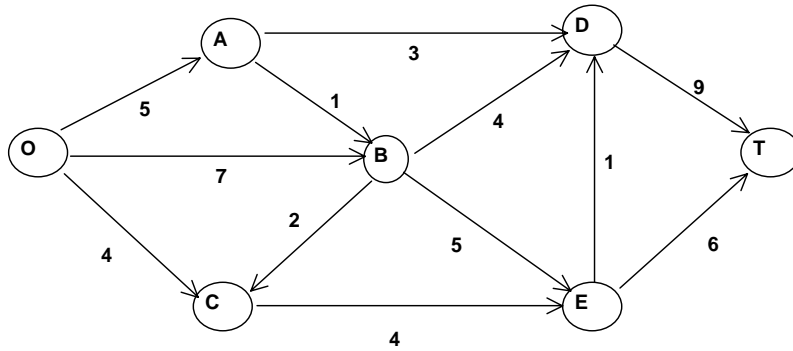
Restricciones

Celda	Nombre	Valor de la celda	fórmula	Estado	Divergencia
\$F\$6	O FLUJO NETO (Valor Final)	1	\$F\$6=\$H\$6	Opcional	0
\$F\$7	A FLUJO NETO (Valor Final)	0	\$F\$7=\$H\$7	Opcional	0
\$F\$8	B FLUJO NETO (Valor Final)	0	\$F\$8=\$H\$8	Opcional	0
\$F\$9	C FLUJO NETO (Valor Final)	0	\$F\$9=\$H\$9	Opcional	0
\$F\$10	D FLUJO NETO (Valor Final)	0	\$F\$10=\$H\$10	Opcional	0
\$F\$11	E FLUJO NETO (Valor Final)	0	\$F\$11=\$H\$11	Opcional	0
\$F\$12	I FLUJO NETO (Valor Final)	-1	\$F\$12=\$H\$12	Opcional	0

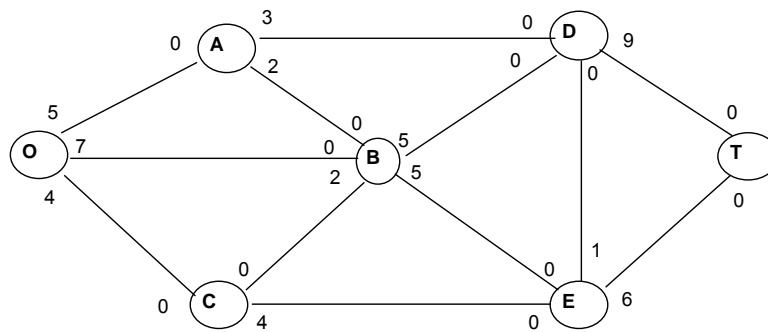
**ANEXO IV**

**Modelo de Red de Flujo Máximo: Ejemplo- Prototipo Parque SEERVADA**

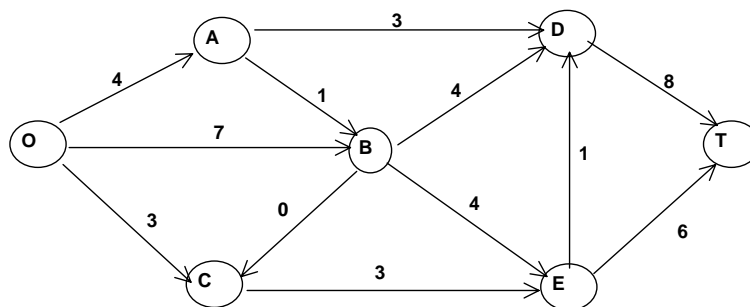
**1. Formulación del Modelo Flujo Máximo: RED INICIAL**



**2. RED RESIDUAL (Capacidad Residual)**

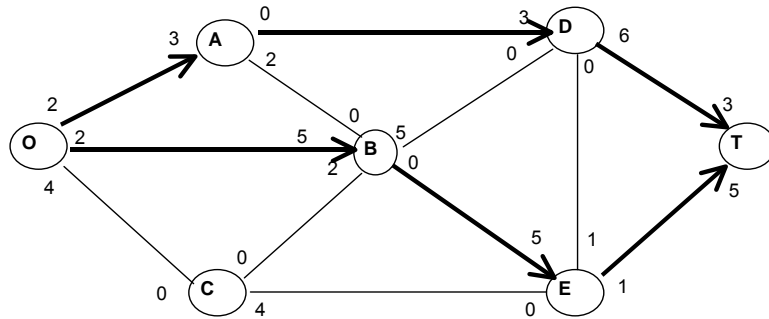


**3. SOLUCION FINAL: Red Conexa y Dirigida con los Flujos Netos**



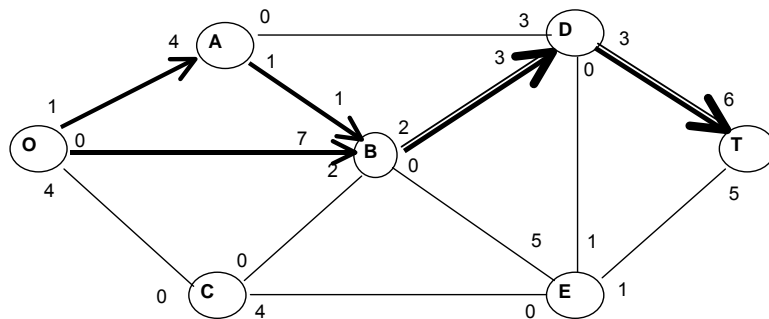
Algoritmo de la Trayectorias d Aumento

$5 + 3 = 8 \implies$



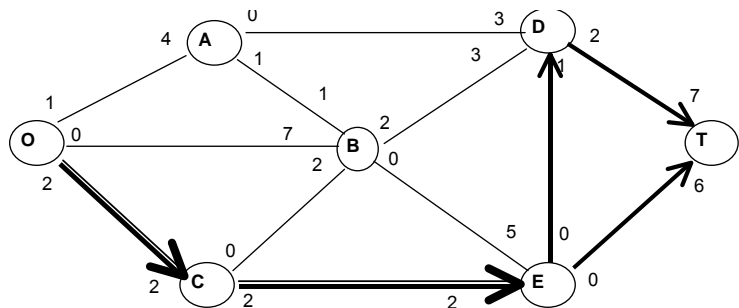
$\Leftarrow 8 = 5 + 3$

$5 + 3 + 1 + 2 = 11 \implies$



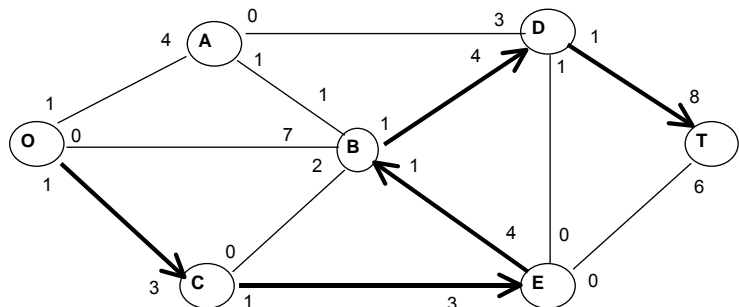
$\Leftarrow 11 = 5 + 3 + 1 + 2$

$5 + 3 + 1 + 2 + 1 + 1 = 13 \implies$



$\Leftarrow 13 = 5 + 3 + 1 + 2 + 1 + 1$

$5 + 3 + 1 + 2 + 1 + 1 + 1 = 14 \implies$



$\Leftarrow 14 = 5 + 3 + 1 + 2 + 1 + 1 + 1$

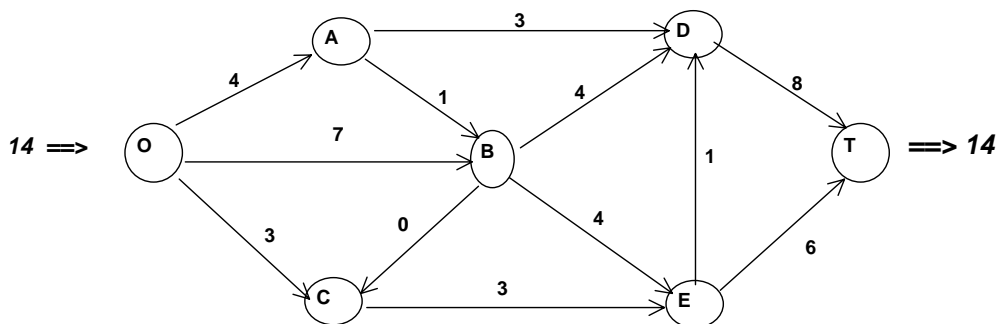
2. Solución Final : Red Dirigida y Conexa con los Flujos Netos

	Tr [1]	Tr [2]	Tr [3]	Tr [4]	Tr [5]	Tr [6]	Tr [7]	Flujo Neto
O-A		3	1					4
O-B	5			2				7
O-C					1	1	1	3
A-B			1					1
A-D		3						3
B-C								0
B-D			1	2			1	4
B-E	5						-1	4
C-E					1	1	1	3
D-E						-1		-1
D-T		3	1	2		1	1	8
E-T	5				1			6
Flujo	5	3	1	2	1	1	1	14

SOLUCION FINAL AL PROBLEMA DE FLUJO MAXIMO  
en el caso del PARQUE SEERVADA PARK

De acuerdo a los datos del Parque Seervada, el resultado de las 7 iteraciones (+5+3+1+2+1+1+1) permite determinar que el flujo máximo que admite esta Red es 14 viajes por día.

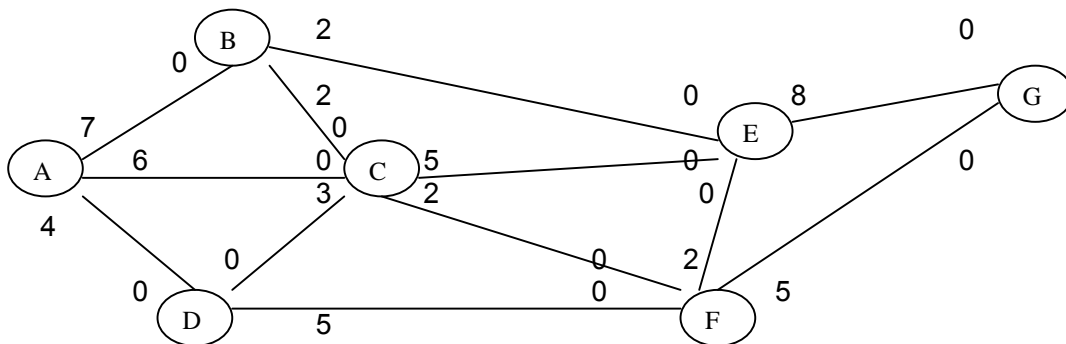
La solución final será presentada en forma de Red conexa y dirigida con los flujos netos identificados a partir de la figura correspondiente a la última iteración del Algoritmo de las Trayectorias de Aumento.



**ANEXO V**

**Modelo de Red de Flujo Máximo: Ejemplo- Aguas del Estado Uruguayo**

La empresa “Aguas del Estado Uruguayo” cuenta con una red de cañerías muy heterogénea en cuanto a años de servicio, y quiere llevar agua de la Planta potabilizadora en A hasta el barrio G, abasteciendo en el camino a todos los demás barrios (B, C, D, E, F). Pretende que el caudal medido en decenas de litros por segundo sea máximo, pero debido a la edad avanzada de algunos tramos debió confeccionar un croquis de la ciudad en el cual consta el flujo máximo que soporta cada tramo.

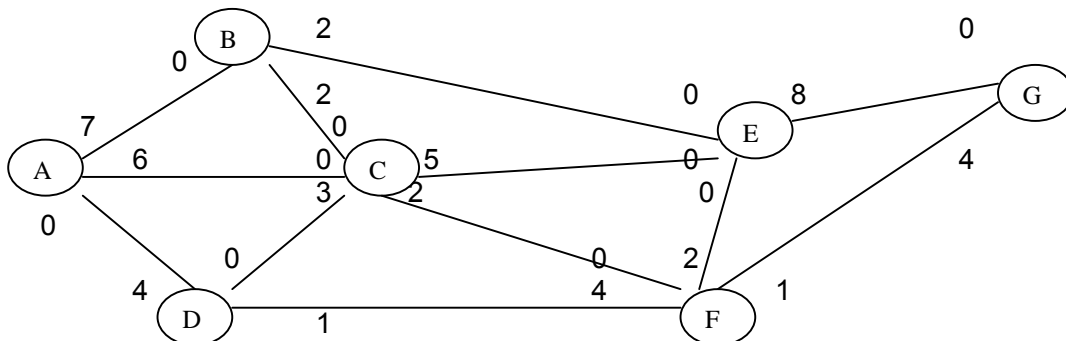


**SE PIDE:**

- Asumiendo que la Oferta está solamente limitada por la capacidad actual de la Red de Distribución, identifique el flujo máximo a asignar en total y en cada tramo, usando el algoritmo de trayectorias aumentadas, de modo tal que la solución sea óptima.
- Verifique el resultado obtenido por medio del teorema del flujo máximo – cortadura mínima.

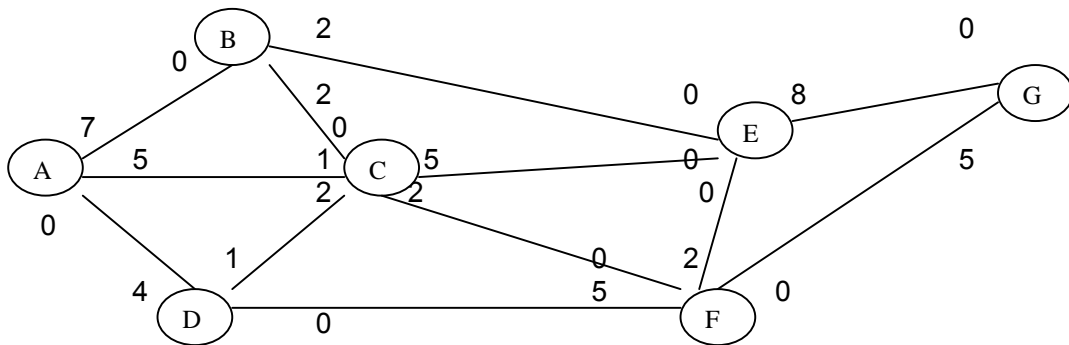
**SOLUCIÓN**

- 1) Primera iteración:



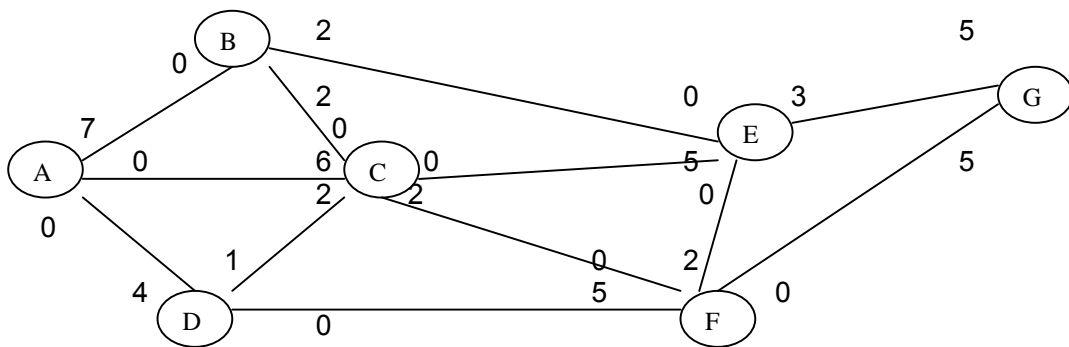
Resultando un flujo = 4.

2) Segunda iteración:



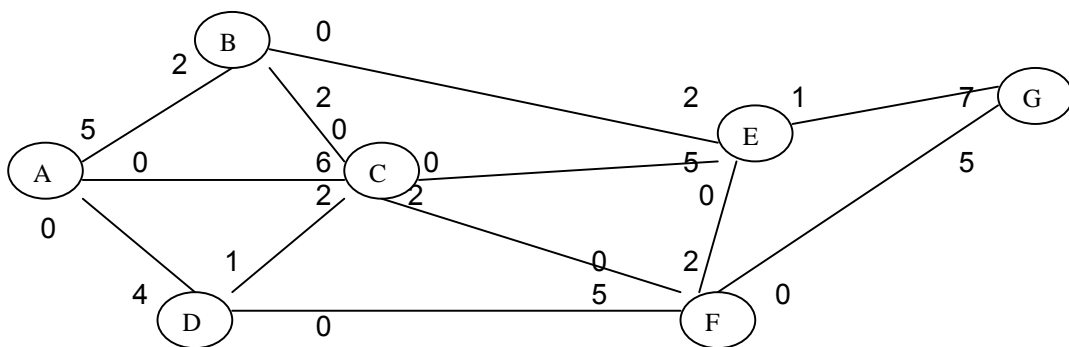
Con lo cual el flujo total asignado hasta el momento es 5.

3) Tercera iteración:



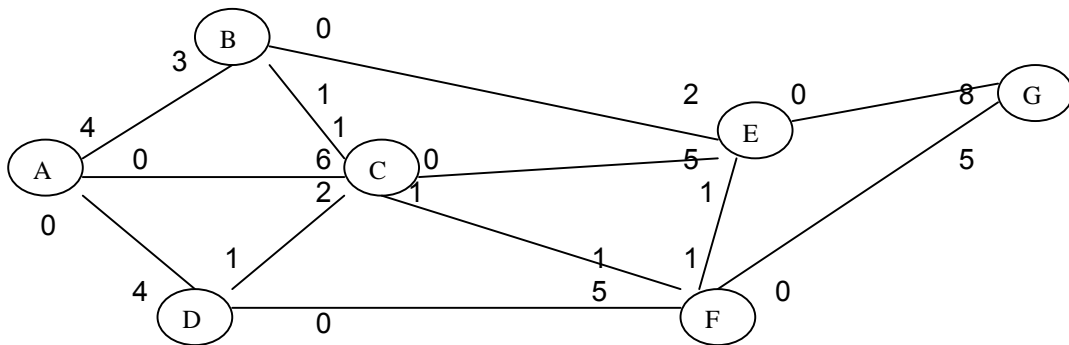
Con lo cual el flujo total asignado hasta el momento es 10.

4) Cuarta iteración:



Con lo cual el flujo total asignado hasta el momento es 12.

5) Quinta iteración:



Con lo cual el flujo total asignado hasta el momento es 13.  
Esta es la solución óptima, porque ya no existen trayectorias de aumento.

- b) Puede comprobarse lo anterior advirtiendo que en el problema planteado inicialmente existe una cortadura formada por las ligaduras EG y FG cuyo valor es 13 y es la mínima.

**ANEXO VI**

**MODELO DE FLUJO DE COSTO MINIMO**

**Problema de Transporte y Distribución de Alimentos**

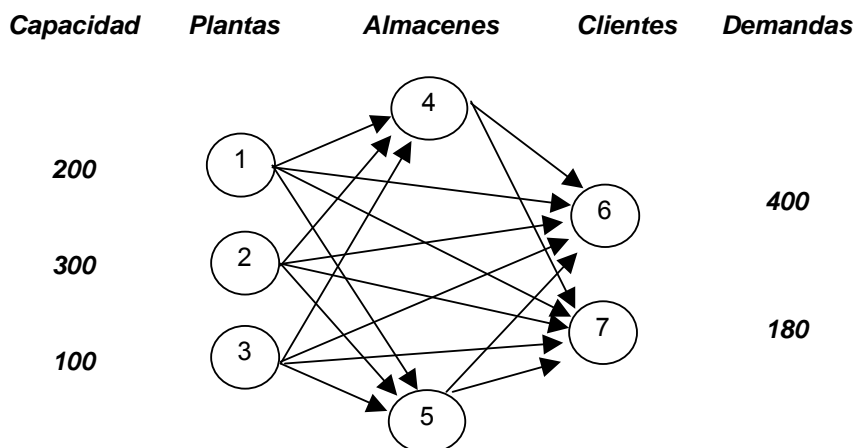
Una firma de alimentos produce Alimentos en 3 Plantas localizadas en sitios diferentes (Nodos : 1, 2 y 3). Los alimentos elaborados en cada Planta pueden ser transportados directamente hacia los Almacenes minoristas (Nodos 6 y 7) o pueden ser transportados primero a los Almacenes Mayoristas (Nodos 4 y 5) y luego a los clientes.

Los Costos de producción de alimentos en cada planta es el mismo, de manera que la firma está interesada en la minimización del costo de transporte total para atender a la Demanda de la clientela en los Almacenes minoristas. La Capacidad de producción de cada planta (en toneladas por año) y la demanda en los Almacenes minoristas se presenta en la Fig. 1 y en la Tabla 1.

El Costo unitario de Transporte (miles de dólares por tonelada) de alimentos entre cada uno de los Nodos de la Red se indica en la Tabla 2. La capacidad máxima que puede ser transportada entre dos nodos cualesquiera es de 200 toneladas (flujo máximo por arco).

La firma quiere determinar el sistema de mínimo costo para transportar la producción de alimentos desde las plantas para abastecer la demanda de los clientes.

**Fig. 1 Red tipo para el Problema de Transporte de Alimentos**



**Tabla 1. Capacidad en las Plantas y Almacenes Mayoristas, y Demanda de Clientes en Almacenes minoristas**

	Nodo		Flujo Neto
	Numero	Tipo	
Planta 1	1	Fuente	200
Planta 2	2	Fuente	300
Planta 3	3	Fuente	100
Alm. 1	4	Trasbordo	0
Alm. 2	5	Trasbordo	0
Cl. 1	6	Demanda	-400
Cl. 2	7	Demanda	-180

**Tabla 2. Costos Unitarios de Transporte del Nodo ( i)->( j) (miles de US\$/ton)**

		HACIA						
		Planta 1	Planta 2	Planta 3	Alm. 1	Alm. 2	Cl. 1	Cl. 2
DESDE	Planta 1	-	5,0	3,0	2,0	1,0	2,0	4,0
	Planta 2	9,0	-	9,0	1,0	1,0	8,0	9,0
	Planta 3	0,4	8,0	-	1,0	0,5	10,0	8,0
	Alm. 1	1,0	1,0	0,5	-	1,2	5,0	1,0
	Alm. 2	2,0	1,0	0,6	0,8	-	2,0	7,0
	Cl. 1	2,0	9,0	1,0	0,6	0,7	-	3,0
	Cl. 2	7,0	3,0	6,0	1,0	0,3	7,0	-

**Elementos de la Planilla Ms-Excell.**

- |     |  |                      |
|-----|--|----------------------|
| (1) | Costos unitarios de Transporte (Costos)          | Rango : < C6 : J13 > |
| (2) | Capacidad a nivel de los Arcos (Capacidades)     | Rango : < C35: J42 > |
| (3) | Total Transportado (Flujos)                      | Rango : < C18: J25 > |
| (4) | Flujos Salientes por Nodo                        | Rango : < K18: K25 > |
| (5) | Flujos Entrantes por Nodo                        | Rango : < C26: J26 > |
| (6) | Transpuesta de los Flujos Salientes de cada Nodo | Rango : < C27: J27 > |
| (7) | Flujos Netos                                     | Rango : < C28: J28 > |
| (8) | Oferta neta para cada Nodo                       | Rango : < C30: J30 > |
| (9) | COSTO TOTAL DE TRANSPORTE                        | celda : < K15 >      |

**Problema del Flujo de Costo Minimo - Compania de Alimentos**

**Costos unitarios de Transporte**

Desde	Hacia	Planta 1	Planta 2	Planta 3	Almacen 1	Almacen 2	Cliente 1	Cliente 2	Dummy
Planta 1	Planta 1	\$0.00	\$5.00	\$3.00	\$2.00	\$1.00	\$2.00	\$4.00	\$0.00
Planta 1	Planta 2	\$3.00	\$0.00	\$3.00	\$1.00	\$1.00	\$8.00	\$3.00	\$0.00
Planta 1	Planta 3	\$0.40	\$8.00	\$0.00	\$1.00	\$0.50	\$10.00	\$8.00	\$0.00
Almacen 1	Almacen 1	\$1.00	\$1.00	\$0.50	\$0.00	\$1.20	\$5.00	\$1.00	\$0.00
Almacen 1	Almacen 2	\$2.00	\$1.00	\$0.60	\$0.80	\$0.00	\$2.00	\$7.00	\$0.00
Cliente 1	Cliente 1	\$2.00	\$3.00	\$1.00	\$0.60	\$0.70	\$0.00	\$3.00	\$0.00
Cliente 1	Cliente 2	\$7.00	\$3.00	\$6.00	\$1.00	\$0.30	\$7.00	\$0.00	\$0.00
Dummy	Dummy	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00

**Transporte**

Desde	Hacia	Planta 1	Planta 2	Planta 3	Almacen 1	Almacen 2	Cliente 1	Cliente 2	Dummy	Salida Total
Planta 1	Planta 1	0	0	0	0	0	200	0	0	200
Planta 1	Planta 2	0	0	0	180	100	0	0	20	300
Planta 1	Planta 3	0	0	0	0	100	0	0	0	100
Almacen 1	Almacen 1	0	0	0	0	0	0	180	0	180
Almacen 1	Almacen 2	0	0	0	0	0	200	0	0	200
Cliente 1	Cliente 1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cliente 1	Cliente 2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Dummy	Dummy	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Entrada Total		0	0	0	180	200	400	180	20	
Salida Total		200	300	100	180	200	0	0	0	
Flujo Neto		200	300	100	0	0	-400	-180	-20	
Flujo Neto dado		200	300	100	0	0	-400	-180	-20	

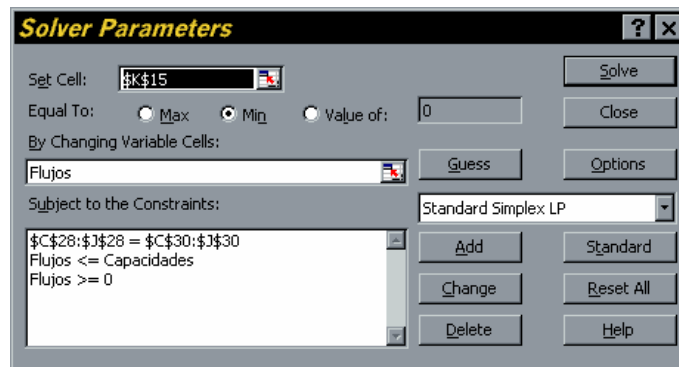
**Capacidad de los Arcos**

Desde	Hacia	Planta 1	Planta 2	Planta 3	Almacen 1	Almacen 2	Cliente 1	Cliente 2	Dummy
Planta 1	Planta 1	0	200	200	200	200	200	200	20
Planta 1	Planta 2	200	0	200	200	200	200	200	20
Planta 1	Planta 3	200	200	0	200	200	200	200	20
Almacen 1	Almacen 1	200	200	200	0	200	200	200	20
Almacen 1	Almacen 2	200	200	200	200	0	200	200	20
Cliente 1	Cliente 1	200	200	200	200	200	0	200	20
Cliente 1	Cliente 2	200	200	200	200	200	200	0	20
Dummy	Dummy	0	0	0	0	0	0	0	0

### Ventana del MS-Solver

La Ventana del Solver asociado a este problema incluye :

- (1) Objetivo a minimizar (Costo Total del Transporte) => (K15)
- (2) Celdas que cambian ("changing cells") => Flujos (C18:J25)
- (3) Restricción de Equilibrio de Flujos
- (4) Restricción de Capacidad de los Arcos
- (5) Restricción de no negatividad de los Flujos.
- (6) Chequear en <OPTIONS> : Modelo Lineal !!

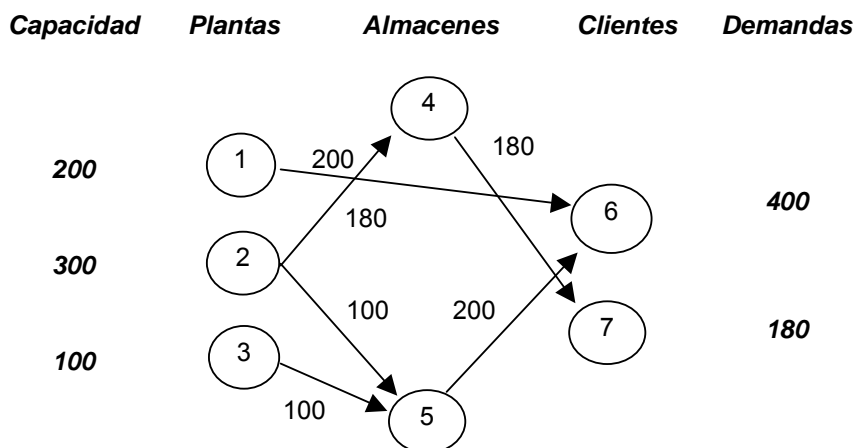


### Solución del Problema MS-Solver

En la Fig. 2 se resume la Solución Óptima de este Problema.

El detalle de la salida del Solver (Informe de Resultados – Answr Report se presenta en la Tabla 3.

**Fig. 2 Transporte y Distribución Óptima**



**Tabla 3 : Informe de Resultados del SOLVER**

da objetivo (Mínimo)			
Celda	Nombre	Valor original	Valor final
\$K\$15	Transporte Costo Total	0	1.310
das cambiantes			
Celda	Nombre	Valor original	Valor final
\$C\$18	Planta 1 Planta 1	0	0
\$D\$18	Planta 1 Planta 2	0	0
\$E\$18	Planta 1 Planta 3	0	0
\$F\$18	Planta 1 Almacen 1	0	0
\$G\$18	Planta 1 Almacen 2	0	0
\$H\$18	Planta 1 Cliente 1	0	200
\$I\$18	Planta 1 Cliente 2	0	0
\$J\$18	Planta 1 Dummy	0	0
\$C\$19	Planta 2 Planta 1	0	0
\$D\$19	Planta 2 Planta 2	0	0
\$E\$19	Planta 2 Planta 3	0	0
\$F\$19	Planta 2 Almacen 1	0	180
\$G\$19	Planta 2 Almacen 2	0	100
\$H\$19	Planta 2 Cliente 1	0	0
\$I\$19	Planta 2 Cliente 2	0	0
\$J\$19	Planta 2 Dummy	0	20
\$C\$20	Planta 3 Planta 1	0	0
\$D\$20	Planta 3 Planta 2	0	0
\$E\$20	Planta 3 Planta 3	0	0
\$F\$20	Planta 3 Almacen 1	0	0
\$G\$20	Planta 3 Almacen 2	0	100
\$H\$20	Planta 3 Cliente 1	0	0
\$I\$20	Planta 3 Cliente 2	0	0
\$J\$20	Planta 3 Dummy	0	0
\$C\$21	Almacen 1 Planta 1	0	0
\$D\$21	Almacen 1 Planta 2	0	0
\$E\$21	Almacen 1 Planta 3	0	0
\$F\$21	Almacen 1 Almacen 1	0	0
\$G\$21	Almacen 1 Almacen 2	0	0
\$H\$21	Almacen 1 Cliente 1	0	0
\$I\$21	Almacen 1 Cliente 2	0	180
\$J\$21	Almacen 1 Dummy	0	0
\$C\$22	Almacen 2 Planta 1	0	0
\$D\$22	Almacen 2 Planta 2	0	0
\$E\$22	Almacen 2 Planta 3	0	0
\$F\$22	Almacen 2 Almacen 1	0	0
\$G\$22	Almacen 2 Almacen 2	0	0
\$H\$22	Almacen 2 Cliente 1	0	200
\$I\$22	Almacen 2 Cliente 2	0	0
\$J\$22	Almacen 2 Dummy	0	0
\$C\$23	Cliente 1 Planta 1	0	0
\$D\$23	Cliente 1 Planta 2	0	0
\$E\$23	Cliente 1 Planta 3	0	0
\$F\$23	Cliente 1 Almacen 1	0	0
\$G\$23	Cliente 1 Almacen 2	0	0
\$H\$23	Cliente 1 Cliente 1	0	0
\$I\$23	Cliente 1 Cliente 2	0	0
\$J\$23	Cliente 1 Dummy	0	0
\$C\$24	Cliente 2 Planta 1	0	0
\$D\$24	Cliente 2 Planta 2	0	0
\$E\$24	Cliente 2 Planta 3	0	0
\$F\$24	Cliente 2 Almacen 1	0	0
\$G\$24	Cliente 2 Almacen 2	0	0
\$H\$24	Cliente 2 Cliente 1	0	0
\$I\$24	Cliente 2 Cliente 2	0	0
\$J\$24	Cliente 2 Dummy	0	0
\$C\$25	Dummy Planta 1	0	0
\$D\$25	Dummy Planta 2	0	0
\$E\$25	Dummy Planta 3	0	0
\$F\$25	Dummy Almacen 1	0	0
\$G\$25	Dummy Almacen 2	0	0
\$H\$25	Dummy Cliente 1	0	0
\$I\$25	Dummy Cliente 2	0	0
\$J\$25	Dummy Dummy	0	0

METODOS CUANTITATIVOS APLICADOS A LA ADMINISTRACION  
Material de Apoyo – Modelos de REDES - 2005

Restricciones

Celda	Nombre	Valor de la celda	fórmula	Estado	Divergencia
SCS28	Flujo Neto Planta 1	200	SCS28<=SCS30	Opcional	0
SDS28	Flujo Neto Planta 2	300	SDS28<=SDS30	Opcional	0
SES28	Flujo Neto Planta 3	100	SES28<=SES30	Opcional	0
SFS28	Flujo Neto Almacen 1	0	SFS28<=SFS30	Opcional	0
SGS28	Flujo Neto Almacen 2	0	SGS28<=SGS30	Opcional	0
SHS28	Flujo Neto Cliente 1	-400	SHS28<=SHS30	Opcional	0
SIS28	Flujo Neto Cliente 2	-180	SIS28<=SIS30	Opcional	0
SJS28	Flujo Neto Dummy	-20	SJS28<=SJS30	Opcional	0
SCS18	Planta 1 Planta 1	0	SCS18<=SCS35	Obligatorio	0
SDS18	Planta 1 Planta 2	0	SDS18<=SDS35	Opcional	200
SES18	Planta 1 Planta 3	0	SES18<=SES35	Opcional	200
SFS18	Planta 1 Almacen 1	0	SFS18<=SFS35	Opcional	200
SGS18	Planta 1 Almacen 2	0	SGS18<=SGS35	Opcional	200
SHS18	Planta 1 Cliente 1	200	SHS18<=SHS35	Obligatorio	0
SIS18	Planta 1 Cliente 2	0	SIS18<=SIS35	Opcional	200
SJS18	Planta 1 Dummy	0	SJS18<=SJS35	Opcional	20
SCS19	Planta 2 Planta 1	0	SCS19<=SCS36	Opcional	200
SDS19	Planta 2 Planta 2	0	SDS19<=SDS36	Obligatorio	0
SES19	Planta 2 Planta 3	0	SES19<=SES36	Opcional	200
SFS19	Planta 2 Almacen 1	180	SFS19<=SFS36	Opcional	20
SGS19	Planta 2 Almacen 2	100	SGS19<=SGS36	Opcional	100
SHS19	Planta 2 Cliente 1	0	SHS19<=SHS36	Opcional	200
SIS19	Planta 2 Cliente 2	0	SIS19<=SIS36	Opcional	200
SJS19	Planta 2 Dummy	20	SJS19<=SJS36	Obligatorio	0
SCS20	Planta 3 Planta 1	0	SCS20<=SCS37	Opcional	200
SDS20	Planta 3 Planta 2	0	SDS20<=SDS37	Opcional	200
SES20	Planta 3 Planta 3	0	SES20<=SES37	Obligatorio	0
SFS20	Planta 3 Almacen 1	0	SFS20<=SFS37	Opcional	200
SGS20	Planta 3 Almacen 2	100	SGS20<=SGS37	Opcional	100
SHS20	Planta 3 Cliente 1	0	SHS20<=SHS37	Opcional	200
SIS20	Planta 3 Cliente 2	0	SIS20<=SIS37	Opcional	200
SJS20	Planta 3 Dummy	0	SJS20<=SJS37	Opcional	20
SCS21	Almacen 1 Planta 1	0	SCS21<=SCS38	Opcional	200
SDS21	Almacen 1 Planta 2	0	SDS21<=SDS38	Opcional	200
SES21	Almacen 1 Planta 3	0	SES21<=SES38	Opcional	200
SFS21	Almacen 1 Almacen 1	0	SFS21<=SFS38	Obligatorio	0
SGS21	Almacen 1 Almacen 2	0	SGS21<=SGS38	Opcional	200
SHS21	Almacen 1 Cliente 1	0	SHS21<=SHS38	Opcional	200
SIS21	Almacen 1 Cliente 2	180	SIS21<=SIS38	Opcional	20
SJS21	Almacen 1 Dummy	0	SJS21<=SJS38	Opcional	20
SCS22	Almacen 2 Planta 1	0	SCS22<=SCS39	Opcional	200
SDS22	Almacen 2 Planta 2	0	SDS22<=SDS39	Opcional	200
SES22	Almacen 2 Planta 3	0	SES22<=SES39	Opcional	200
SFS22	Almacen 2 Almacen 1	0	SFS22<=SFS39	Opcional	200
SGS22	Almacen 2 Almacen 2	0	SGS22<=SGS39	Obligatorio	0
SHS22	Almacen 2 Cliente 1	200	SHS22<=SHS39	Obligatorio	0
SIS22	Almacen 2 Cliente 2	0	SIS22<=SIS39	Opcional	200
SJS22	Almacen 2 Dummy	0	SJS22<=SJS39	Opcional	20
SCS23	Cliente 1 Planta 1	0	SCS23<=SCS40	Opcional	200
SDS23	Cliente 1 Planta 2	0	SDS23<=SDS40	Opcional	200
SES23	Cliente 1 Planta 3	0	SES23<=SES40	Opcional	200
SFS23	Cliente 1 Almacen 1	0	SFS23<=SFS40	Opcional	200
SGS23	Cliente 1 Almacen 2	0	SGS23<=SGS40	Opcional	200
SHS23	Cliente 1 Cliente 1	0	SHS23<=SHS40	Obligatorio	0
SIS23	Cliente 1 Cliente 2	0	SIS23<=SIS40	Opcional	200
SJS23	Cliente 1 Dummy	0	SJS23<=SJS40	Opcional	20
SCS24	Cliente 2 Planta 1	0	SCS24<=SCS41	Opcional	200
SDS24	Cliente 2 Planta 2	0	SDS24<=SDS41	Opcional	200
SES24	Cliente 2 Planta 3	0	SES24<=SES41	Opcional	200
SFS24	Cliente 2 Almacen 1	0	SFS24<=SFS41	Opcional	200
SGS24	Cliente 2 Almacen 2	0	SGS24<=SGS41	Opcional	200
SHS24	Cliente 2 Cliente 1	0	SHS24<=SHS41	Opcional	200
SIS24	Cliente 2 Cliente 2	0	SIS24<=SIS41	Obligatorio	0
SJS24	Cliente 2 Dummy	0	SJS24<=SJS41	Opcional	20
SCS25	Dummy Planta 1	0	SCS25<=SCS42	Obligatorio	0
SDS25	Dummy Planta 2	0	SDS25<=SDS42	Obligatorio	0
SES25	Dummy Planta 3	0	SES25<=SES42	Obligatorio	0
SFS25	Dummy Almacen 1	0	SFS25<=SFS42	Obligatorio	0

Restricciones

Celda	Nombre	Valor de la celda	fórmula	Estado	Divergencia
SGS25	Dummy Almacen	0	SGS25<=SGS42	Obligatorio	0
SHS25	Dummy Cliente 1	0	SHS25<=SHS42	Obligatorio	0
SIS25	Dummy Cliente 2	0	SIS25<=SIS42	Obligatorio	0
SJS25	Dummy Dummy	0	SJS25<=SJS42	Obligatorio	0
SCS18	Planta 1 Planta 1	0	SCS18>=0	Obligatorio	0
SDS18	Planta 1 Planta 2	0	SDS18>=0	Obligatorio	0
SES18	Planta 1 Planta 3	0	SES18>=0	Obligatorio	0
SFS18	Planta 1 Almacen	0	SFS18>=0	Obligatorio	0
SGS18	Planta 1 Almacen	0	SGS18>=0	Obligatorio	0
SHS18	Planta 1 Cliente	200	SHS18>=0	Opcional	200
SIS18	Planta 1 Cliente	0	SIS18>=0	Obligatorio	0
SJS18	Planta 1 Dummy	0	SJS18>=0	Obligatorio	0
SCS19	Planta 2 Planta 1	0	SCS19>=0	Obligatorio	0
SDS19	Planta 2 Planta 2	0	SDS19>=0	Obligatorio	0
SES19	Planta 2 Planta 3	0	SES19>=0	Obligatorio	0
SFS19	Planta 2 Almacen	180	SFS19>=0	Opcional	180
SGS19	Planta 2 Almacen	100	SGS19>=0	Opcional	100
SHS19	Planta 2 Cliente	0	SHS19>=0	Obligatorio	0
SIS19	Planta 2 Cliente	0	SIS19>=0	Obligatorio	0
SJS19	Planta 2 Dummy	20	SJS19>=0	Opcional	20
SCS20	Planta 3 Planta 1	0	SCS20>=0	Obligatorio	0
SDS20	Planta 3 Planta 2	0	SDS20>=0	Obligatorio	0
SES20	Planta 3 Planta 3	0	SES20>=0	Obligatorio	0
SFS20	Planta 3 Almacen	0	SFS20>=0	Obligatorio	0
SGS20	Planta 3 Almacen	100	SGS20>=0	Opcional	100
SHS20	Planta 3 Cliente	0	SHS20>=0	Obligatorio	0
SIS20	Planta 3 Cliente	0	SIS20>=0	Obligatorio	0
SJS20	Planta 3 Dummy	0	SJS20>=0	Obligatorio	0
SCS21	Almacen 1 Plant:	0	SCS21>=0	Obligatorio	0
SDS21	Almacen 1 Plant:	0	SDS21>=0	Obligatorio	0
SES21	Almacen 1 Plant:	0	SES21>=0	Obligatorio	0
SFS21	Almacen 1 Almac	0	SFS21>=0	Obligatorio	0
SGS21	Almacen 1 Almac	0	SGS21>=0	Obligatorio	0
SHS21	Almacen 1 Client	0	SHS21>=0	Obligatorio	0
SIS21	Almacen 1 Client	180	SIS21>=0	Opcional	180
SJS21	Almacen 1 Dummr	0	SJS21>=0	Obligatorio	0
SCS22	Almacen 2 Plant:	0	SCS22>=0	Obligatorio	0
SDS22	Almacen 2 Plant:	0	SDS22>=0	Obligatorio	0
SES22	Almacen 2 Plant:	0	SES22>=0	Obligatorio	0
SFS22	Almacen 2 Almac	0	SFS22>=0	Obligatorio	0
SGS22	Almacen 2 Almac	0	SGS22>=0	Obligatorio	0
SHS22	Almacen 2 Client	200	SHS22>=0	Opcional	200
SIS22	Almacen 2 Client	0	SIS22>=0	Obligatorio	0
SJS22	Almacen 2 Dummr	0	SJS22>=0	Obligatorio	0
SCS23	Cliente 1 Planta	0	SCS23>=0	Obligatorio	0
SDS23	Cliente 1 Planta	0	SDS23>=0	Obligatorio	0
SES23	Cliente 1 Planta	0	SES23>=0	Obligatorio	0
SFS23	Cliente 1 Almacce	0	SFS23>=0	Obligatorio	0
SGS23	Cliente 1 Almacce	0	SGS23>=0	Obligatorio	0
SHS23	Cliente 1 Cliente	0	SHS23>=0	Obligatorio	0
SIS23	Cliente 1 Cliente	0	SIS23>=0	Obligatorio	0
SJS23	Cliente 1 Dummy	0	SJS23>=0	Obligatorio	0
SCS24	Cliente 2 Planta	0	SCS24>=0	Obligatorio	0
SDS24	Cliente 2 Planta	0	SDS24>=0	Obligatorio	0
SES24	Cliente 2 Planta	0	SES24>=0	Obligatorio	0
SFS24	Cliente 2 Almacce	0	SFS24>=0	Obligatorio	0
SGS24	Cliente 2 Almacce	0	SGS24>=0	Obligatorio	0
SHS24	Cliente 2 Cliente	0	SHS24>=0	Obligatorio	0
SIS24	Cliente 2 Cliente	0	SIS24>=0	Obligatorio	0
SJS24	Cliente 2 Dummy	0	SJS24>=0	Obligatorio	0
SCS25	Dummy Planta 1	0	SCS25>=0	Obligatorio	0
SDS25	Dummy Planta 2	0	SDS25>=0	Obligatorio	0
SES25	Dummy Planta 3	0	SES25>=0	Obligatorio	0
SFS25	Dummy Almacen	0	SFS25>=0	Obligatorio	0
SGS25	Dummy Almacen	0	SGS25>=0	Obligatorio	0
SHS25	Dummy Cliente 1	0	SHS25>=0	Obligatorio	0
SIS25	Dummy Cliente 2	0	SIS25>=0	Obligatorio	0
SJS25	Dummy Dummy	0	SJS25>=0	Obligatorio	0