

Un vendedor viajero dispone de 9 días para visitar tres ciudades: A, B y C. Las ventas que consiga realizar en cada ciudad dependen del número de días que pueda permanecer en cada una de ellas, según una relación decreciente mostrada en la tabla al lado. De esta manera, permanecer un día en la ciudad A puede generar \$30 en ventas; dos días en A serían los \$30 más \$20 adicionales, etc. Además, el número máximo de días que el vendedor puede permanecer en una ciudad es cuatro. Se debe tener en cuenta que una vez que el vendedor deja una ciudad, no puede volver a ella.

Días	Ciudad		
	A	B	C
1	30	50	40
2	20	20	30
3	15	15	20
4	10	15	10

- a) Formule el modelo que permita al vendedor viajero determinar cuántos días pasar en cada ciudad, de manera de maximizar las ventas estimadas.

**(2,0 puntos)** VTN va a transmitir un importante partido de fútbol, para lo cual instalará cámaras de televisión en diferentes puntos del Estadio Nacional. El campo de juego ha sido dividido en 12 sectores, los cuales pueden ser cubiertos por las cámaras desde 10 puntos del estadio, tal como se muestra en la tabla al lado. Formule el modelo que permita a VTN localizar el menor número de cámaras, de manera que sean cubiertos todos los sectores.

Punto de Localización	Sector Cubierto
1	5, 6, 7, 11, 12
2	1, 3, 5, 6, 10
3	2, 3, 7, 9
4	1, 2, 3, 4, 5
5	2, 3, 4, 5, 6
6	1, 7, 8, 9, 10
7	9, 10, 11, 12
8	6, 7, 8, 9
9	8, 9, 11, 12
10	1, 2, 3, 5, 8, 9

Una empresa debe decidir si construye o no nuevas fábricas y bodegas en dos ciudades. El capital necesario para la construcción y el beneficio neto estimado por entrar en operación (medido en millones de pesos) para cada fábrica y bodega en una determinada ciudad se presentan en la siguiente tabla:

	Fábrica en Ciudad 1	Fábrica en Ciudad 2	Bodega en Ciudad 1	Bodega en Ciudad 2
Capital Necesario (en millones de pesos)	6	3	5	2
Beneficio Neto (en millones de pesos)	9	5	6	4

El capital disponible de la empresa para la construcción de las bodegas y las fábricas es de 10 millones de pesos. Además, la empresa desea construir por lo menos una fábrica y una bodega, con la limitación adicional de que una bodega sólo puede ser construida en una ciudad si en esa ciudad es construida también una fábrica.

- a) Formule el modelo que permita a la empresa decidir acerca de la construcción de bodegas y fábricas.

**(2,5 puntos)** Una empresa distribuidora de fertilizantes debe realizar hoy cinco entregas a los siguientes clientes: al cliente 1 debe entregar 1.000 kilogramos de fertilizante, al cliente 2 debe entregar 2.000 kilogramos, al cliente 3 debe entregar 3.000 kilogramos, al cliente 4 debe entregar 5.000 kilogramos, y al cliente 5 debe entregar 7.000 kilogramos. Estas entregas deben ser hechas en cargas únicas (no es posible dividir un pedido) y, por lo tanto, deben ser entregadas en un único viaje.

La empresa tiene la oportunidad de arrendar cuatro camionetas, cada una con diferentes capacidades. La camioneta A puede transportar 3.000 kilogramos, la camioneta B puede transportar 6.000 kilogramos, la camioneta C puede transportar 8.000 kilogramos, y la camioneta D puede transportar 11.000 kilogramos. El costo por arrendar la camioneta  $j$  es  $c_j$ ,  $j = \{A, B, C, D\}$ .

- Formule el modelo que permita a la empresa determinar las camionetas a arrendar, satisfaciendo la demanda de los clientes. Asuma que una camioneta sólo puede realizar un único viaje, aunque es posible que atienda a más de un cliente.
  - Muestre cómo se modifica su formulación en a) si además existe un costo  $c_{ij}$  cuando el cliente  $i$  es atendido por la camioneta  $j$ ,  $i = 1, \dots, 5$ ,  $j = \{A, B, C, D\}$ .
- 

Una empresa petrolera tiene un camión repartidor de combustible con cinco compartimientos, cada uno con capacidad para

Combustible	Demanda (litros)	Multa por Litro no Entregado	Máximo de Demanda Insatisfecha (lts.)
A	2.900	10	500
B	4.000	8	600
C	4.900	6	400

2.700, 2.800, 1.100, 1.800 y 3.400 litros de combustible, respectivamente. La empresa debe entregar tres tipos de combustible (A, B y C) a un cliente. Parte de la demanda podría no ser atendida, sin embargo, en este caso, la empresa debiera pagar una multa. Las demandas, multas por litro no entregado y el máximo de litros de demanda no atendida se muestran en la tabla más arriba. Cada compartimiento del camión puede transportar sólo un tipo de combustible y la demanda de cada tipo puede dividirse en diferentes compartimientos.

- Formule el modelo que permita a la empresa determinar la mejor forma de cargar el camión, de manera de minimizar los costos de demanda insatisfecha.

### 9. PROBLEMA DE LA COOPERATIVA AGRÍCOLA

Una cooperativa agrícola administra 3 parcelas que tienen productividad similar entre sí. La producción total por parcela depende fundamentalmente del área disponible para la plantación y del agua para irrigación. La cooperativa busca diversificar su producción, por lo que este año va a plantar tres tipos de cultivos en cada parcela, siendo éstos: maíz, arroz y trigo. Cada tipo de cultivo demanda una cierta cantidad de agua. Para reducir el conflicto generado por el uso de las máquinas cosechadoras, las cuales son arrendadas, fueron establecidos límites para el área de producción de cada tipo de cultivo. Además, para evitar la competencia entre los socios de la cooperativa, se llegó al acuerdo de que la proporción del área cultivada sea la misma para cada una de las parcelas. Las Tablas resumen los datos tecnológicos.

AGUA DISPONIBLE Y ÁREA DE CULTIVO POR PARCELA

Parcela	Área Total para Cultivo (hectáreas)	Agua Disponible (litros)
1	400	1.800
2	650	2.200
3	350	950

ÁREA DE CULTIVO, CONSUMO DE AGUA Y LUCRO POR PARCELA

Cultivo	Área Máxima de Cultivo (hectáreas)	Consumo de Agua (litros/hectárea)	Lucro (Millones de Pesos/hectárea)
Maíz	660	55	27
Arroz	880	40	19
Trigo	400	35	22

Formule un programa de programación lineal que defina el área de cada cultivo que será plantado en cada parcela, buscando maximizar el lucro total de la producción de la cooperativa.

**(2,0 puntos)** Un gerente de producción de una planta química está definiendo los turnos a asignar a sus trabajadores. Cada día de trabajo se ha dividido en tres turnos de 8 horas (00:01 – 08:00, 08:01 – 16:00, 16:01 – 24:00), denominados de turno nocturno, diurno y vespertino, respectivamente. La planta debe operar con el mínimo número de operarios posible, siendo que en la semana se requiere un número mínimo de trabajadores en cada turno. Estos requerimientos se presentan en la siguiente tabla:

Turno	Nº de Trabajadores Mínimo por Turno						
	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
Nocturno	5	3	2	4	3	2	2
Diurno	7	8	9	5	7	2	5
Vespertino	9	10	10	7	11	2	2

El sindicato de trabajadores de la empresa aceptará los turnos siempre que se cumplan las siguientes condiciones:

- Cada trabajador sólo puede ser asignado, ya sea al turno nocturno, al turno diurno o al turno vespertino. Una vez que es asignado, el trabajador debe permanecer en el mismo turno cada día que le toque trabajar.
- Cada trabajador sólo puede trabajar cuatro días consecutivos durante un periodo de siete días.

Se sabe, además, la empresa cuenta con 60 trabajadores. Formule el modelo que permita al gerente de producción administrar los turnos con el menor número de trabajadores posible.

(2,0 puntos)

La empresa de supermercados Home Delivery realiza entregas a domicilio en el mismo día a sus clientes. En estos momentos, la empresa está analizando expandirse a la ciudad de Metrópolis, donde ha

Barrios	Tiempo de Viaje desde Barrios a Locales Potenciales (en minutos)						Población (en miles)
	L1	L2	L3	L4	L5	L6	
B1	15	17	27	5	25	22	12
B2	10	12	24	4	22	20	8
B3	5	6	17	9	21	17	11
B4	7	6	8	15	13	10	14
B5	14	12	6	23	6	8	22
B6	18	17	10	28	9	5	18
B7	11	10	5	21	10	9	16
B8	24	22	22	33	6	16	20

identificado ocho barrios donde podría concentrar su negocio. El área de logística de la empresa ha detectado seis locales factibles donde ubicar sus supermercados, desde donde podría atender a los barrios de la ciudad. La tabla de arriba muestra el tiempo promedio (en minutos) necesarios para viajar desde cada local potencial hacia cada barrio. Además, se presenta la población (en miles de habitantes) que podría ser atendida por la empresa en cada barrio. La empresa espera instalar dos supermercados, de manera de maximizar la población atendida en a lo más 12 minutos. Formule el modelo que permita a la empresa Home Delivery alcanzar este objetivo.