

# Colección de problemas – OSP (2022/23)



Created by UD. Organización de Producción. This work is licensed under a [Creative Commons Attribution 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/) (CC BY-NC-ND 4.0).

## Contenidos

1. Problema de la dieta.....	3
2. Caso panadería.....	3
3. Azucarera.....	3
4. El taller de confección .....	4
5. SH MOTOR.....	5
6. ARMESA .....	6
7. Paella .....	7
8. Problema de transporte 1 .....	8
9. Problema de transporte 2.....	9
10. Refrescos S.A.....	9
11. Equipos arbitrales.....	11
12. Servicio de enfermería.....	12
13. Planes de producción con inventario.....	12
14. Cobertura campaña publicitaria .....	13
15. Muebles de polipropileno .....	14
16. Distribución física .....	15
17. Reparación de electrodomésticos .....	16

## Historia y revisiones

VERSIÓN	FECHA	AUTOR	COMENTARIOS
1.0	Click here to enter a date.	Miguel Ortega Mier	Versión inicial.
2.0	Click here to enter a date.		
3.0	Click here to enter a date.		

## 1. Problema de la dieta

Un centro de nutrición utiliza tres tipos de granos para elaborar un cereal natural que vende por kilos. El eslogan del centro es que con 125 gramos de su cereal se cubren las necesidades alimenticias diarias de un adulto en cuanto a proteínas, hidratos de carbono, fósforo y magnesio. El coste de cada tipo de grano y sus contenidos por kg. se reflejan en la siguiente tabla:

Grano	Coste por Kg.	Proteínas (ud./kg.)	Hid. carbono (ud./kg.)	Fósforo (ud. kg.)	Magnesio (ud./kg.)
A	0,33€	22	16	8	5
B	0,47€	28	14	7	0
C	0,38€	21	25	9	6

Los requisitos nutricionales mínimos por día para un adulto son 3 unidades de proteínas, 2 de hidratos de carbono, 1 de fósforo, y 0.425 de magnesio. Se tratará pues de establecer la mezcla adecuada de granos que logra cubrir estas necesidades con el mínimo coste para el centro.

## 2. Caso panadería

Gestionamos una panadería artesana en Miraflores de la Sierra. En nuestra panadería se fabrican tres tipos de productos: baguettes, pan de picos y pan gallego. En el pueblo podríamos llegar a vender hasta 400 barras de pan si las tenemos listas y horneadas antes de las diez de la mañana, siendo los precios de venta 1€, 1,50 € y 2,50 € respectivamente.

El tiempo de trabajo necesario para amasar cada barra de pan es de 2, 5 y 7 minutos. En la panadería trabajan cuatro personas con una dedicación diaria al amasado de pan de 4 horas cada uno. La cantidad de harina utilizada por cada tipo de pan es de 100g, 200g y 400g respectivamente. La disponibilidad de harina diaria es de 600kg y nuestro proveedor nos la vende a un precio de 0.5 €/kg. Todos los panes utilizan el mismo tipo de harina.

Plantear y resolver un modelo de programación lineal que establezca cuántas barras de cada tipo debemos hornear cada mañana para obtener el máximo beneficio diario en nuestra panadería.

## 3. Azucarera

Una azucarera fabrica:

- Azúcar sin refinar que vende con una contribución unitaria al beneficio de 600 unidades monetarias (u.m.) por tonelada (T) si está envasada en polvo, y de 850 u.m./T si está en terrones
- Azúcar refinada, que vende con una contribución unitaria al beneficio de 800 u.m./T si es en polvo, y de 900 u.m./T si es en terrones

En una campaña determinada, el suministro de remolacha corresponde a 25.000 T de azúcar sin refinar, cuya producción exige 3 horas hombre de trabajo por tonelada.

Para obtener una tonelada de azúcar refinada se requiere una hora hombre adicional, y se consumen 1.150 kg de azúcar sin refinar.

El envasado del azúcar en polvo requiere 1 hora hombre por cada 5 toneladas de azúcar sin refinar, y 1 hora hombre por cada 3 toneladas de azúcar refinada, siendo la capacidad de envasado de azúcar en polvo prácticamente ilimitada.

Por el contrario, la instalación de fabricación y empaquetado de terrones solamente puede producir durante la campaña un total máximo de 13.000T; dentro de este límite puede tratar en cualquier proporción azúcar refinado o no, requiriendo en ambos casos 1 hora hombre por cada tonelada y media producida.

El personal de producción de la plantilla de la azucarera puede trabajar durante la campaña hasta un máximo de 85.000 horas hombre. Si es necesario, puede contratarse temporalmente todo el personal eventual preciso con un coste de 100 u.m. por hora hombre.

Las ventas de azúcar sin refinar en terrones no pueden sobrepasar las 500T, no existiendo limitación comercial alguna para los demás productos.

Se pide:

- Plantear un modelo de programación lineal cuya solución óptima corresponda al programa más ventajoso de producción para la campaña en cuestión

## 4. El taller de confección

Un taller de confección dispone en estos momentos de 80 m<sup>2</sup> de tela de algodón y de 120 m<sup>2</sup> de tela de lana para hacer dos tipos de vestidos, A y B.

Para hacer un vestido del tipo A se necesita 1 m<sup>2</sup> de algodón y 3 m<sup>2</sup> de lana; mientras que las cantidades requeridas para confeccionar un vestido del tipo B son 2 m<sup>2</sup> de cada tela.

Si el beneficio por la venta de cada vestido es de 30 €, se quiere saber cuántos vestidos se harán de cada tipo para obtener el máximo beneficio.

¿Cómo cambiaría la situación en el caso de obtener un beneficio unitario de 60 € por cada vestido del tipo A y 30 € por cada vestido del tipo B?

## 5. SH MOTOR

La empresa SH-Motor fabrica dos modelos de camiones en su planta de Tudela. Las operaciones de fabricación de dicha planta están agrupadas en cuatro secciones:

- Estampación
- Montaje de motores
- Línea de montaje del modelo 101
- Línea de montaje del modelo 102

La capacidad de producción mensual máxima de cada modelo en cada sección –si ésta se dedicara exclusivamente a la producción del modelo en cuestión– es la siguiente:

Sección	Capacidad mensual	
	Modelo 101 (nº unidades máx.)	Modelo 102 (nº unidades máx.)
Estampación	2500	3500
Montaje de motores	3333	1667
Línea 101	2250	-
Línea 102	-	1500

Los precios a los que actualmente SH vende estos modelos a sus distribuidores son de 21000 euros cada unidad del 101, y 20000 euros cada unidad del 102. Así mismo, los costes variables de cada unidad se elevan a 16000 y 14250 euros, respectivamente.

Actualmente SH puede vender tantos camiones como es capaz de producir. En concreto, en el año 2005, SH fabricó y vendió una cantidad media mensual de 333 unidades del 101 y 1500 del 102.

La Directora de Producción, Aurora Pérez, explica que con este nivel de producción tanto la sección de montaje de motores como la línea del 102 están al máximo de su capacidad, mientras que las otras dos secciones están siendo infrautilizadas.

En una sesión de planificación, María Antúnez, Directora General de SH, expresaba su insatisfacción con los resultados económicos obtenidos en el último ejercicio. Los beneficios no habían contentado al Consejo de Administración, que exigía mejores resultados para poder garantizar la viabilidad futura de la fábrica.

El Director de Ventas respondió diciendo que era imposible vender el modelo 101 a un precio mayor y sugería fabricar menos unidades. Por su parte, el Director Financiero objetó que el verdadero problema era tratar de absorber los costes fijos de la línea del 101 con un número tan pequeño de unidades.

Entonces intervino Aurora Pérez aportando una solución alternativa: podría aumentarse la producción del 101, sin disminuir la del 102, comprando motores a un proveedor externo con el que ya había establecido los primeros contactos. De esa forma podría aumentar la capacidad de la sección de montaje de motores. Y no sólo expuso detalladamente los pormenores de esta alternativa, sino que aprovechó su intervención para criticar a las direcciones de ventas y financiera por su actitud conservadora cada vez que se intentaba proponer algún cambio como éste.

Se produjo una discusión entre los tres que fue subiendo de tono hasta que María Antúnez entró en ella pidiéndoles que hicieran un análisis basado en datos y no en percepciones. En particular, solicitó a Aurora que realizara un informe que respondiera a las cuestiones siguientes:

- Suponiendo que no cambiara la capacidad actual y que la demanda se mantuviera estable y, por lo tanto, SH pudiera vender a los precios actuales todos los camiones que fabricara, ¿cuál sería la cantidad de camiones de cada modelo que deberían fabricarse mensualmente para que SH obtuviera el mayor beneficio posible?
- Si se pusiera en práctica la alternativa expuesta por Aurora, ¿cuál sería el precio máximo que SH podría pagar por cada motor encargado al proveedor?
- Si la demanda del modelo 101 cayera y el mercado sólo pudiera absorber 150 unidades de este producto, ¿cómo se vería afectado el programa de producción mensual para, en este escenario desfavorable, obtener el mayor beneficio posible?

## 6. ARMESA

**[Parte 1]** ARMESA es una empresa dedicada a la fabricación de armarios metálicos. Dispone de cuatro modelos. En el Cuadro 1 figuran las horas útiles disponibles mensualmente en los cinco talleres de que consta la fábrica, así como de los tiempos que requiere en cada uno de estos talleres la obtención de una unidad de cada producto.

Taller	Tiempo de producción en horas por unidad				Horas útiles disponibles mensualmente
	Producto 1	Producto 2	Producto 3	Producto 4	
Embutición	0,03	0,15	0,05	0,10	400
Mecanizado	0,06	0,12	---	0,10	400
Montaje	0,05	0,10	0,05	0,12	500
Acabado	0,04	0,20	0,03	0,12	450
Embalaje	0,02	0,06	0,02	0,05	400

*Cuadro 1*

Por otra parte, para la fabricación de los armarios tipo 2 y 4 se necesitan por unidad respectivamente 2 y 1,2 pies cuadrados de una chapa especial que escasea en el mercado, siendo 2.000 pies cuadrados la cantidad máxima mensual disponible.

Por último, en el Cuadro 2 figuran los precios de venta y los costes variables unitarios correspondientes a los cuatro productos, así como las cantidades máximas que pueden absorber cada mes el mercado, tanto de mayoristas como de minoristas, y las cantidades mínimas que es preciso entregar mensualmente para cumplir los contratos de suministro existentes con ciertos clientes mayoristas.

Se pide:

- Formular un modelo lineal que permita determinar el programa mensual de producción óptimo.

**[Parte 2]** La Dirección Comercial de la empresa ha conseguido nuevos contratos con mayoristas, abandonando al mismo tiempo las ventas directas a minoristas. Las entregas mensuales que es preciso efectuar son ahora exactamente 3.000, 500, 1.000 y 2.000 unidades de cada uno de los cuatro productos. También se han encontrado talleres, ajenos a la empresa, a los que puede subcontratarse la embutición y mecanización de cualquiera de los productos, aunque esto eleva en un 20% los costes variables unitarios. El mismo subcontratista hace ambas operaciones y se encarga de adquirir la chapa, por lo que los 2.000 pies cuadrados disponibles mensualmente de chapa especial para los productos 2 y 4 sólo limitan las cantidades de éstos que pueden estamparse y mecanizarse en la propia empresa.

Por otra parte, puede contarse con 100 horas extraordinarias mensuales de acabado, si bien cuando se utilizan se encarecen en 20 céntimos por unidad los costes de los productos 1 y 3, en 40 céntimos por unidad el coste del producto 2 y en 30 céntimos por unidad el coste del producto 4.

Se pide:

- Formular un modelo lineal que permita determinar el nuevo programa óptimo mensual de fabricación.
- Explicar las diferencias existentes entre el planteamiento del problema anterior y el actual y sus consecuencias en lo referente a las funciones económicas y a las restricciones de los modelos.

## 7. Paella

El responsable del bar-cafetería de una facultad universitaria quiere rediseñar su plato estrella del menú: la paella. La paella ha funcionado muy bien en años anteriores, pero está viendo que últimamente los usuarios no están respondiendo como lo hacían en el pasado.

Es por ello por lo que, ayudado por un alumno de esa facultad, se han dispuesto a reformular el plato de paella. Si bien un plato de paella lleva más cosas que arroz y pollo, han considerado centrarse en estos dos ingredientes, prescindiendo de los demás.

Han aprovechado para que el nuevo plato de paella cumpla los requisitos nutricionales propuestos por el gobierno. Por ejemplo, toda preparación alimentaria debe tener al menos 8 mg de hierro por kg de preparado; o el contenido en vitamina C tiene que ser mayor de 7 mg por cada kg de preparado. Con el contenido en proteínas pasa parecido, una comida "saludable" debe tener al menos 180 g de proteínas por cada kilo.

Consultando por internet se han dado cuenta de que el aporte a estos niveles del pollo y del arroz es muy diferente. En cada 100 g de pollo hay 27 g de proteínas, 1mg de vitamina C y 1,3 mg de hierro. En cada 100 g de arroz hay 1,5 mg de hierro y 2,4 g de proteínas.

El responsable del bar sabe que no cuesta lo mismo un kg de pollo (3€/kg) que uno de arroz (1€/kg).

El cocinero, que vela además por que el nuevo plato esté sabroso, añade que por cada kilo de arroz debe haber al menos 200 g de pollo.





Cuestiones:

- ¿Qué cantidades de pollo y arroz deben usarse al día si quieren preparar exactamente 10 kg de paella diarios con el mínimo coste posible? Resolver el problema gráficamente.
- ¿Qué restricciones son cuellos de botella y cuáles tienen holgura?
- ¿Cuál es el precio sombra de la restricción correspondiente al hierro? ¿Y el precio sombra de la restricción de la vitamina C?
- Tras la reciente declaración de un panel de expertos de la Organización Mundial de la Salud (OMS) sobre consumo de carne, el responsable de la cafetería piensa que, a pesar de que no se trata de carne roja, sería mejor reducir la cantidad de pollo a menos de 200 g por kg de paella. ¿Cuál es la nueva solución óptima?

## 8. Problema de transporte 1

Una empresa multinacional con operaciones globalizadas dispone de 3 plantas que fabrican el mismo producto, pero en diferente localización y 4 almacenes regionales, que abastecen la demanda local.

Para este año, la capacidad de producción de cada una de las plantas es:

Planta	Localización	Capacidad (millones de u.)
F1	China	7
F2	EE UU	11
F3	Eslovaquia	15

Las plantas no tienen costes unitarios de producción significativamente distintos.

El consumo previsto en cada una de las regiones es:

Almacén	Localización	Región Comercial	Demanda prevista (millones de u.)
A1	Méjico	Norteamérica & CALA	4
A2	Francia	EMEA	8
A3	Australia	Asia-Pacífico 1	9
A4	China	Asia-Pacífico 2	12

El coste por unidad transportada entre plantas y almacenes viene dado por el siguiente cuadro:

€/ud.	A1 NA & CALA	A2 EMEA	A3 AP 1	A4 AP 2
F1 China	4	2	3	1
F2 EEUU	3	3	5	7
F3 Eslovaquia	5	4	7	4

Se desea calcular el programa de transporte entre plantas y almacenes que minimice el coste de transporte anual.

NOTA: No se permite transferir stock entre almacenes o plantas. La legislación nos obliga a entregar al cliente final en 2 operaciones.

## 9. Problema de transporte 2

Una empresa tiene cuatro plantas ensambladoras en España (Madrid, Murcia, Navarra y Lérida). Las máquinas ensambladoras se producen en Estados Unidos y llegan por vía marítima a los puertos de Barcelona, Málaga y Valencia. El número de máquinas que se necesita en cada planta aparece en la Tabla 1.

Planta	Nº máquinas
Madrid	400
Murcia	900
Navarra	200
Lérida	500

Tabla 1. Máquinas por planta

El número de máquinas que se puede almacenar en cada puerto aparece en la Tabla 2:

Puerto	Nº máquinas
Barcelona	500
Málaga	700
Valencia	800

Tabla 2. Máquinas por puerto

Los costes asociados al envío de las máquinas por tren desde cada ciudad portuaria a cada planta figuran en la Tabla 3:

Origen\Destino	Madrid (1)	Murcia (2)	Navarra (3)	Lérida (4)
Barcelona (A)	12	13	4	6
Málaga (B)	6	4	10	11
Valencia (C)	10	9	12	4

Tabla 3: Costes de envío de las máquinas desde cada puerto a cada planta

La empresa debe decidir qué cantidad de máquinas de cada puerto se envía a cada ciudad para minimizar el coste de transporte y satisfacer la demanda. Se le pide que plantee y resuelva un modelo de programación lineal que ayude a la empresa a tomar esta decisión.

## 10. Refrescos S.A.

La compañía Refrescos S.A., que se dedica a la fabricación y distribución de bebidas refrescantes, ha detectado una modificación en la demanda de sus clientes y te plantea que estudies el interés de cerrar alguna de sus unidades productivas.

Para el estudio anterior proporciona los siguientes datos:

La empresa cuenta con tres líneas de fabricación en la actualidad: Madrid, Toledo y Segovia.

Dispone de cinco almacenes de distribución, en los que se refleja la modificación de la demanda de los almacenes situados en Madrid (mismo emplazamiento que la línea), Segovia (mismo emplazamiento que la línea) y tres en Toledo: Toledo 1 (mismo emplazamiento que la línea), Toledo 2 y Toledo 3.

Se produce y distribuye un único producto.

En cada línea se pueden realizar dos turnos diarios.

Costes fijos de funcionamiento de las líneas:

Madrid	90.000 euros
Toledo	90.000 euros
Segovia	12.000 euros

Costes fijos por turno en cada línea

Línea	Turno 1	Turno 2
Madrid	24.000 euros	30.000 euros
Toledo	12.000 euros	15.000 euros
Segovia	6.000 euros	7.500 euros

Costes variables de transporte desde las líneas a los almacenes

Madrid a Toledo 1:	0,12 euros/caja
Madrid a Toledo 2:	0,15 euros/caja
Madrid a Toledo 3:	0,18 euros/caja
Madrid a Segovia:	0,09 euros/caja
Toledo a Toledo 2	0,06 euros/caja
Toledo a Toledo 3	0,09 euros/caja
Toledo a Segovia:	0,21 euros/caja
Segovia a Toledo 2:	0,24 euros/caja
Segovia a Toledo 3:	0,27 euros/caja

Estos costes de transporte son válidos para ambos sentidos.

Respecto a la fabricación en las líneas:

- En Madrid se dispone de 150 horas/mes en cada turno y fabricar 1000 cajas consume 1,2 horas.
- En Toledo y Segovia se disponen de 140 horas/mes para cada línea y turno.

- En Toledo fabricar 1000 cajas consume 2,8 horas mientras que en Segovia se consume 2 horas para el mismo número de cajas.

Los costes variables de producción no son relevantes puesto que son idénticos en 3 líneas.

La demanda que se observa es la siguiente:

Almacén	Demanda (miles de cajas/mes)
Madrid	200
Toledo 1	30
Toledo 2	10
Toledo 3	10
Segovia	30

Se pide:

- Formular un modelo de programación lineal entera mixta que permita determinar qué líneas, turnos y almacenes deben permanecer abiertos. ¿Cuántas variables y restricciones tiene el modelo propuesto?
- Resolver el modelo
- Interpretar la solución
- Discusión: ¿Qué tipo de decisión se está tomando en este caso?

## 11. Equipos arbitrales

Para dirigir 3 partidos de fútbol (P1, P2 y P3) se dispone de 4 equipos arbitrales (A1, A2, A3 y A4). La distancia que debería recorrer cada equipo arbitral para dirigir cada partido (en centenares de kilómetros) aparece en la tabla que sigue:

	P1	P2	P3
A1	5	7	7
A2	7	5	8
A3	6	4	8
A4	7	6	9

Determinar qué equipo debe arbitrar cada partido de modo que la distancia total recorrida en la Jornada de Liga que nos ocupa sea mínima.

## 12. Servicio de enfermería

El Sr. Programación es el encargado de organizar el horario del personal de enfermería para el servicio de Cardiología del hospital de San José. Un día laborable en este servicio se divide en doce periodos de dos horas. Las necesidades de personal cambian de periodo a periodo: de hecho, por las noches las necesidades de enfermería se cubrirían con unas pocas personas, mientras que por las mañanas el número de personas requerido debe ser relativamente elevado, con el fin de proporcionar cuidados específicos a los pacientes. La tabla siguiente detalla las necesidades de personal para cada periodo de tiempo que ha indicado la jefa del servicio de Cardiología.

Periodo	Horario	Número de personas en enfermería	Periodo	Horario	Número de personas en enfermería
1	00h a 02h	15	7	12h a 14h	40
2	02h a 04h	15	8	14h a 16h	30
3	04h a 06h	15	9	16h a 18h	31
4	06h a 08h	25	10	18h a 20h	35
5	08h a 10h	40	11	20h a 22h	30
6	10h a 12h	40	12	22h a 24h	20

Se pide:

- Determinar el número mínimo de personas que se requieren para cubrir las necesidades especificadas por la jefa de servicio, sabiendo que el personal de enfermería trabaja ocho horas diarias y que tiene derecho a un descanso de dos horas después de haber trabajado durante cuatro horas.
- Sólo se cuenta con 80 personas en enfermería, lo que no es suficiente para cubrir las necesidades indicadas por la jefa de Cardiología. Por ello, el Sr. Programación propone que parte del personal trabaje dos horas adicionales al día. Estas dos horas extra se llevarían a cabo directamente después de las cuatro últimas horas, sin descanso alguno.

Determinar la programación de turnos de trabajo que minimiza el número de personas del servicio de enfermería que trabajan horas extras.

## 13. Planes de producción con inventario

Una empresa fabrica tres productos cuyas ventas trimestrales previstas para el año próximo figuran en el Cuadro 1, en el que se indica también el tiempo-máquina preciso para obtener una unidad de cada producto.

Cada trimestre podemos contar con 4.000 horas -máquina normales y, si es necesario, con horas-máquina adicionales, hasta un máximo de otras 4.000, si bien cada una de estas últimas implica un coste adicional de 2 unidades monetarias, debido a que corresponden a trabajo fuera de la jornada laboral normal.

Cada unidad de producto almacenado de un trimestre al siguiente implica un coste de 5 unidades monetarias.

Se pide formular un modelo lineal que permita:

- hacer mínimo el coste total de producción y almacenaje para el año próximo,
- satisfacer todas las demandas previstas,
- contar, al final de cada trimestre, con unas existencias mínimas de 1.000 unidades de cada uno de los productos (las existencias al principio del año son nulas).

Nota: está previsto un cambio de diseño del producto A que implicará una modificación de utillajes durante el cuarto trimestre el año próximo. Como consecuencia, no se podrá fabricar dicho producto en el cuarto trimestre.

Productos	Ventas previstas (unidades/trimestre)				Tiempo de fabricación (horas-máquina/ud.)
	1	2	3	4	
<b>A</b>	2000	1500	3000	1000	0,5
<b>B</b>	1500	1500	1000	1500	2
<b>C</b>	1000	3000	1500	3000	1,5

Cuadro 1

## 14. Cobertura campaña publicitaria

Una compañía quiere lanzar un nuevo producto al mercado, para lo que realizará una campaña publicitaria para dar a conocer el nuevo producto. Tras realizar un estudio de mercado, la compañía ha identificado varios segmentos de mercado (Audiencias) interesados en el nuevo producto.

A su vez existen diferentes medios de comunicación para dirigirnos a los diferentes segmentos de mercado, pero ha comprobado que de los medios de comunicación existentes, ninguno alcanza a los diferentes segmentos de mercado, por lo que resulta necesario seleccionar varios medios a la vez para llegar a todos los segmentos de mercado encontrados.

El estudio de mercado ha arrojado las siguientes conclusiones, existen seis (6) tipos de audiencias potenciales diferentes, y la posibilidad de seleccionar ocho (8) medios de comunicación, con las incidencias y costes asociados que indicamos en la siguiente tabla.

Medios	Audiencias						Costes (€)
	Tipo 1	Tipo 2	Tipo 3	Tipo 4	Tipo 5	Tipo 6	
<b>Revistas</b>	x			x			20000
<b>TV nocturna</b>		x	x				50000
<b>TV diurna</b>		x				x	60000
<b>Cartel en tren</b>	x					x	45000
<b>Cartel en bus</b>			x				30000

<b>Periódico nacional</b>				x		x	55000
<b>Periódico financiero</b>		x			x		60000
<b>Periódico regional</b>	x				x		52500

Las x nos indican la incidencia que tiene cada medio sobre los distintos tipos de audiencias, y los costes que tiene asociados el lanzar una campaña publicitaria en los distintos medios de comunicación.

Cuestiones:

- 1-. Formula un modelo de programación lineal, de manera que ayudes a la compañía a decidir qué medios de comunicación debe seleccionar al lanzar la campaña de publicidad para que se alcancen todos los segmentos de mercado. Lógicamente se trata de lanzar el nuevo producto con los costes menores posibles.
- 2-. Tomando como referencia la situación del primer apartado ¿Cómo afecta al modelo si nos vemos obligados a elegir, al menos uno de los dos medios de TV?
- 3-. Volviendo a tomar como referencia el primer apartado, de qué manera afectaría a nuestra decisión, obligamos a elegir al menos uno de los dos medios de TV si elegimos al menos uno de los dos tipos de carteles. Y si añadimos el supuesto en que si seleccionamos al menos uno de los dos medios de TV tenemos que elegir al menos uno de los dos tipos de carteles.
- 4-. Si por motivos comerciales la elección de TV diurna nos impide seleccionar cualquiera de los dos tipos de carteles, ¿cómo cambia el modelo?
- 5-. Y si ahora obligamos a seleccionar el periódico financiero cuando son elegidos simultáneamente las revistas y la TV nocturna.
- 6-. Por último, ¿cómo cambia el modelo si añadimos la condición de que al menos tres tipos diferentes de audiencias sean alcanzadas más de una vez?

## 15. Muebles de polipropileno

Un reciclador de polipropileno (PP) dispone semanalmente de 900 kg de residuo de PP con los que puede obtener dos productos diferentes de mobiliario urbano: bancos y mesas. Su principal limitación de fabricación está en las 80 horas-máquina semanales disponibles para la fabricación. Conocidos los requisitos unitarios de los dos posibles productos a fabricar (en horas-máquina de fabricación y en kg de residuo de PP), así como sus contribuciones unitarias al beneficio en euros, se ha construido el siguiente modelo de programación lineal y se ha obtenido la solución óptima:

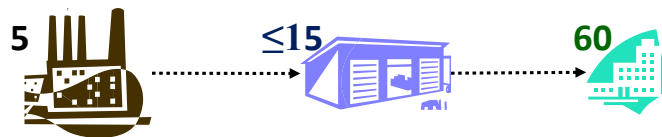
	<b>fabricación contenido contribución</b>		
<b>producto</b>	h-m/up	kg/up	€/up
<b>Banco</b>	2	30	300
<b>Mesa</b>	2	15	400

Asimismo, existe el compromiso de suministrar al menos 10 bancos semanales. Por el contrario, el mercado de mesas está limitado a 25 up a la semana

Se pide:

- Construir un modelo de programación lineal para obtener el plan semanal óptimo de producción
- Mediante la representación gráfica, identificar y explicar las soluciones básicas factibles
- Caracterizar la solución óptima
- Determinar los efectos sobre el plan de producción óptimo que tendría la obligatoriedad de reciclar los 900 kg de PP disponibles semanalmente
- Explicar la disposición del reciclador a disminuir el compromiso de bancos o aumentar el mercado de mesas

## 16. Distribución física



Una multinacional fabricante de detergente debe cumplir con sus compromisos de suministro a 60 clientes ( $k = 1, \dots, 60$ ), cuantificados para cada uno en  $DEM_k$  toneladas anuales.

Para ello cuenta con 5 fábricas ( $i = 1, \dots, 5$ ) con capacidades de producción  $CAP_i$  toneladas anuales.

Las entregas a los clientes deben hacerse desde almacenes, donde se reenvasan, etiquetan y expiden los pedidos. Para ello, existe la posibilidad de utilizar hasta 15 centros de distribución ( $j = 1, \dots, 15$ ), teniendo cada uno de ellos una capacidad de trasiego de  $CAP_j$  toneladas anuales.

En principio, los flujos del producto serían siempre fábrica-almacén-cliente, no permitiéndose las transferencias de producto fábrica-fábrica, almacén-almacén o cliente-cliente, ni, en ningún caso, la entrega directa fábrica-cliente.

- Expresar qué condiciones deben cumplirse para que exista un plan factible de suministro

Se conoce para cada par el coste de transporte  $CT_{lp}$  medido en euros por tonelada enviada desde  $l$  hasta  $p$ , pudiendo ser  $l$  fábrica o almacén y  $p$  almacén o cliente, respectivamente; así como el coste fijo de utilización de un almacén  $CF_j$  (euros), en el que solamente se incurriría si se utiliza el almacén  $j$ .

De esta forma se dispone de los 75 costes unitarios de transporte  $CT_{ij}$  y de los 900 valores para  $CT_{jk}$ .

- Formular un modelo M que permita determinar el número de almacenes a utilizar y los flujos de producto entre cada par, de manera que el coste total sea mínimo
- Dimensionar el modelo M planteado en B) en términos de variables y restricciones



## 17. Reparación de electrodomésticos

La empresa E, dedicada a la reparación de electrodomésticos, ha realizado una previsión de las necesidades de horas disponibles para las reparaciones en los próximos tres meses, que son las siguientes:

- Mes 1 (noviembre 2014): 6000 horas
- Mes 2 (diciembre 2014): 7000 horas
- Mes 3 (enero 2015): 8000 horas

Al principio de noviembre E cuenta con 50 técnicos y cada uno de ellos puede trabajar hasta 160 horas por mes. Para cumplir con las demandas en el futuro, es necesario formar nuevos técnicos. Para ello, durante el mes que dura la formación, cada aprendiz debe ser supervisado por un técnico, al que esta labor le lleva 50 horas que no pueden ser contabilizadas como horas productivas. Por otra parte, se constata que al final de cada mes, un 10% de los técnicos existentes en plantilla abandonan la empresa para ir a formar parte de una empresa competidora C.

Cada técnico tiene un salario de 2000 u.m./mes, mientras que cada aprendiz gana 1000 u.m./mes.

Se pide formular un modelo de Programación Lineal cuya solución permita determinar el coste mínimo que representa cubrir las necesidades de horas de reparación durante los próximos tres meses.