

## INVESTIGACIÓN DE OPERACIONES I

### PROBLEMA 1.

Un fabricante tiene cuatro órdenes de producción: A, B, C y D. La tabla que se incluye indica el número de horas-hombre que se requieren para fabricar estas órdenes en cada uno de los tres talleres (X, Y, Z) de la industria.

Es posible dividir una orden entre varios talleres, por ejemplo, parte de la orden A puede ser procesada en X, parte en Y, y parte en Z. Así mismo, cualquier taller puede ejecutar fracciones de varias órdenes.

<i>Taller</i>	<i>Horas-Hombre necesarias</i>				<i>Costo por Hora-Hombre</i>	<i>Horas-Hombre Disponibles</i>
	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>	<i>D</i>		
X	71	298	133	144	89	320
Y	39	147	61	126	81	160
Z	46	155	57	121	84	160

Si el fabricante desea minimizar los costos de producción, establezca el planteamiento del problema (Función objetivo y restricciones). Defina las variables a emplear y explique su significado.

### PROBLEMA 2

Un granjero puede criar ovejas, cerdos y ganado vacuno. Tiene espacio para 30 ovejas, o 50 cerdos, o 20 cabezas de ganado vacuno, o cualquier combinación de éstos (con la relación siguiente: 3 ovejas, 5 cerdos o dos vacas usan el mismo espacio). Los beneficios (utilidades) dadas por animal son 5, 4, 10 pesos para ovejas, cerdos y vacas respectivamente. El granjero debe criar, por ley, al menos tantos cerdos como ovejas y vacas juntas.

### PROBLEMA 3

La compañía Tejas Ltda., es un contratista grande que realiza trabajos de techos. Puesto que el precio de las tejas varía con las estaciones del año, la compañía trata de acumular existencias cuando los precios están bajos y almacenarlas para su uso posterior. La compañía cobra el precio corriente en el mercado por las tejas que instala, sin importar cuando las haya adquirido. La tabla que aparece al final refleja lo que la compañía ha proyectado como costo, precio y demanda para las tejas durante las próximas cuatro temporadas. Cuando las tejas se compran en una temporada y se almacenan para su uso posterior, se incurre en un costo de manejo de \$6 por millar de piezas, así como también en un costo de almacenamiento de \$12 por millar de piezas por cada temporada en la que se almacena. Lo máximo que se puede guardar en el almacén son 220.000 piezas, esto incluye el material que se compra para utilizarlo en el mismo período. La compañía ha fijado como política no conservar materiales más de cuatro temporadas. Plantee un modelo para el problema que permita a Tejas Ltda. maximizar sus utilidades para un período de cuatro temporadas.

<i>Temporada</i>	<i>Precio compra (\$/pieza)</i>	<i>Precio mercado (\$/pieza)</i>	<i>Ventas (demanda) (millones piezas)</i>
Temporada 1	21.00	22.00	100
Temporada 2	22.00	23.25	140
Temporada 3	26.00	28.50	200
Temporada 4	24.00	25.50	160

### PROBLEMA 4

Un fabricante de muebles tiene tres plantas que requieren semanalmente 500, 700 y 600 toneladas de madera. El fabricante puede comprar la madera a tres (3) compañías madereras. Los primeros dos fabricantes de madera tienen virtualmente un suministro ilimitado mientras que, por otros compromisos, el tercer fabricante no puede surtir más de 500 toneladas por semana. La primera fábrica de madera usa el ferrocarril como medio de transporte y no hay un límite al peso que puede enviar a las fábricas de muebles. Por otra parte, las otras dos compañías madereras usan camiones, lo cual limita a 200 toneladas el peso máximo que puede enviar a cualquiera de las fábricas de muebles. En la siguiente

tabla se da el costo de transporte de las compañías madereras a las fábricas de muebles (\$/Tonelada).

<i>Compañía Maderera</i>	<i>Planta 1</i>	<i>Planta 2</i>	<i>Planta 3</i>
1	2.0	3.0	5.0
2	2.5	4.0	4.9
3	3.0	3.6	3.2

Formular y resolver el problema sabiendo que se quiere minimizar los costos de transporte.

### PROBLEMA 5

Un cierto fabricante de tornillos, ha constatado la existencia de un mercado para paquetes de tornillos a granel en distintos tamaños. Los datos de la investigación de mercados han demostrado que se podrían vender cuatro clases de paquetes con mezclas de los tres tipos de tornillos (1, 2 y 3), siendo los de mayor aceptación por el público. Los datos de la investigación realizada indicaron las especificaciones y los precios de venta siguientes:

<i>Mezcla de Tornillos</i>	<i>Especificaciones</i>	<i>Precio de venta (\$/kg)</i>
A	No menos del 40% Tipo 1 No más del 20% Tipo 2 Cualquier cantidad Tipo 3	60
B	No menos del 20% Tipo 1 No más del 40% Tipo 2 Cualquier cantidad Tipo 3	25
C	No menos del 50% Tipo 1 No más del 10% Tipo 2 Cualquier cantidad Tipo 3	35
D	Sin restricciones	20

Para estos tornillos la capacidad de la instalación y los costos de fabricación se indican a continuación:

<i>Tipo de Tornillo</i>	<i>Capacidad Máxima de Producción (Kg)</i>	<i>Costo fabricación (\$/Kg)</i>
1	100	50
2	100	30
3	60	18

¿Cuál sería la producción que debe programar este fabricante para obtener la ganancia máxima, suponiendo que puede vender todo lo que fabrique?

## PROBLEMA 6

En una industria pequeña de fabricación de cocinas de gas se debe programar la producción por un período de seis meses. Teniendo en cuenta que la producción es eminentemente manual, no existe gran ventaja en producir en grandes cantidades, sino más bien evitar gastos excesivos de almacenaje. Por consiguiente, se ha visto la conveniencia de acompasar, en lo posible, la producción a las necesidades mensuales de la demanda.

Se empieza en el período con un stock de 60 unidades y se desea que al final del período quede una existencia de por lo menos 50 unidades como stock de seguridad.

Las ventas realizadas en promedio en los cinco últimos años es - mes a mes - la señalada en la tabla. Después de estudiar las tendencias presentadas, se tiene la seguridad de que las ventas van a experimentar un 8% de incremento.

El costo unitario de producción es de \$1,000 (mil pesos) y los costos de almacenamiento por unidad y mes (teniendo en cuenta la obsolescencia, alquileres de bodega, etc.) de \$100 (cien pesos).

La capacidad de producción para cada mes se señala a continuación:

<i>Mes</i>	<i>Demanda</i>	<i>Capacidad de producción</i>
Enero	166.67	150
Febrero	74.08	195
Marzo	222.23	210
Abril	268.52	255
Mayo	250.00	190
Junio	120.38	220

Con los datos anteriores, establecer la programación óptima para el período de seis meses y calcular el costo total.

### PROBLEMA 7

Un contratista está considerando una propuesta para la pavimentación de una carretera. Las especificaciones requieren un espesor mínimo de doce pulgadas (12"), y un máximo de 18". La carretera debe ser pavimentada en concreto, asfalto, gravilla, o cualquier combinación de estos tres elementos. Sin embargo, las especificaciones requieren una consistencia final igual o mayor que la correspondiente a una superficie de concreto de 9" de espesor. El contratista ha determinado que 3" de su asfalto son tan resistentes como 1" de concreto, y 6" de gravilla son tan resistentes como 1" de concreto. Cada pulgada de espesor por yarda cuadrada de concreto le cuesta \$10, el asfalto \$3.80, y la gravilla \$1.50.

Determine la combinación de materiales que el contratista debería usar para minimizar su costo.

### PROBLEMA 8

Una empresa estima que la demanda de un determinado producto en los primeros cinco meses del año será como la que se muestra en la tabla.

El costo unitario de producción es de \$3. El costo unitario de almacenaje en un período es \$2. La capacidad de producción durante los cinco períodos es de:

<i>Mes</i>	<i>Demanda</i>	<i>Capacidad de Producción</i>
Enero	16	36
Febrero	16	12
Marzo	12	4
Abril	10	12
Mayo	12	4
Total	66	68

Establecer la programación óptima para el período de cinco meses y calcular el costo total.

## PROBLEMA 9

Un productor de aluminio fabrica una aleación especial que el garantiza que contiene un 90% o más de aluminio, entre 5% y 8% de cobre y el resto de otros metales. La demanda para esta aleación es muy incierta de modo que el productor no mantiene un stock disponible. El ha recibido una orden de 1.000 kg. a \$450/kg. La aleación debe hacerse a partir de barras de dos tipos de materiales de desecho, de cobre puro y de aluminio puro. El análisis de los materiales de desecho es el siguiente:

	<i>Al</i>	<i>Cu</i>	<i>Otros</i>
<i>Material de desecho 1</i>	95%	3%	2%
<i>Material de desecho 2</i>	85%	1%	14%

Los respectivos costos son: Material de desecho 1 = \$150/kg; Material de desecho 2 = \$50/kg; Cobre puro = \$150/kg; y Aluminio puro \$500/kg.

Cuesta \$50 fundir un kilogramo de metal. Se tienen más de 1.000 kg. de cada tipo de metal disponible. Como debe el productor cargar su horno de manera que maximice sus utilidades?

## PROBLEMA 10

Un comando estratégico de bombardeo recibe instrucciones de interrumpir la producción de tanques del enemigo. El enemigo tiene cuatro plantas claves situadas en diferentes ciudades y la destrucción de una de ellas produce efectivamente la paralización de la producción de tanques.

Existe una aguda escasez de combustible que limita la cantidad a 48.00 galones para esta misión. Cualquier bombardeo debe tener, en caso de ser mandado a una ciudad, una cantidad suficiente de combustible para ir y volver más 100 galones de reserva.

<i>Tipo</i>	<i>Descripción</i>	<i>Miles de galones consumidos por uno de los aviones en ir y volver</i>	<i>Cantidad de bombarderos disponibles</i>
1	Pesado	2	48
2	Liviano	3	32

---

La ubicación de las plantas y su vulnerabilidad al ataque para bombardeos del tipo 1 y 2 es:

<i>Planta</i>	<i>Cantidad de tanques construidos</i>	<i>de Probabilidad de destrucción bombardeo pesado</i>	<i>de Probabilidad de destrucción bombardeo liviano</i>
1	450	0.10	0.08
2	480	0.20	0.16
3	540	0.15	0.12
4	600	0.25	0.20

¿Cuántos bombarderos de cada tipo deben despacharse y como deben ser distribuidos en cada planta maximizar la probabilidad de éxito?

### PROBLEMA 11

Un taller mecánico tiene que fabricar seis pedidos en las cantidades que se detallan en la tabla.

Los tiempos necesarios para la fabricación de piezas de cada pedido en las distintas máquinas también aparecen en la tabla. Debe tenerse en cuenta que los tiempos de preparación son muy pequeños y se consideran incluidos como suplemento en los tiempos. En la misma tabla, se muestran las horas disponibles para cada máquina.

<i>Pedido No.</i>	<i>Cantidad Producir</i>	<i>a Máquina 1</i>	<i>Máquina 2</i>	<i>Máquina 3</i>
1	10	3	4	2
2	40	3	1	2
3	60	2	1	5
4	50	5	2	1
5	20	2	2	1
6	30	1	1	2
<i>Horas por máquina:</i>		80	30	200

Realizar la programación del trabajo en las tres máquinas, de forma que se obtenga el tiempo mínimo.

## PROBLEMA 12

Se hace un pedido a una fábrica de papel, de 800 bobinas de papel corrugado de 30 pulgadas de ancho, 500 bobinas de 45 pulgadas de ancho y 1000 de 56 pulgadas. La fábrica de papel tiene bobinas de 108 pulgadas de ancho. ¿Cómo deben cortarse las bobinas para suministrar el pedido con el mínimo de recortes o desperdicios?

## PROBLEMA 13

El pronóstico de ventas mensuales para un cierto producto está presentado en el siguiente cuadro:

---

<i>UNIDADES</i>			
Enero	2.000	Julio	10.000
Febrero	3.000	Agosto	6.000
Marzo	4.000	Septiembre	4.000
Abril	6.000	Octubre	3.000
Mayo	8.000	Noviembre	2.000
Junio	10.000	Diciembre	2.000

---

El costo unitario de aumentar o disminuir la producción de un mes a otro es de \$1.00 y de \$0.50, respectivamente. La producción programada para el mes de diciembre de este año es de 2.000 unidades, y está calculado que el nivel de inventario en enero 1 será de 1.000 unidades. La capacidad de almacenaje está limitada a 5.000 unidades.

Obtener la programación de la producción para el año entrante que minimice el costo producido al cambiar tasas de producción y asegure al mismo tiempo la disponibilidad de un stock suficiente para cubrir el pronóstico de ventas en cualquier momento. (Supóngase que la programación de la producción durante un mes esté disponible justo en el momento de cubrir la demanda de ventas en el mes corriente).

## PROBLEMA 14

A Tomás le gustaría tomar exactamente  $1\frac{1}{2}$  litros de cerveza casera hoy, y al menos 2 litros más mañana. Ricardo desea vender un máximo de 2 litros en total a un precio de \$1.54 medio litro hoy y a \$1.50 medio litro mañana. Enrique desea vender un máximo de  $2\frac{1}{2}$  litros en total a un precio \$1.60 medio litro hoy y a \$1.44 medio litro mañana.

---

Tomás desea saber como debe realizar sus compras para minimizar su costo, satisfaciendo sus requerimientos mínimos de sed.

Plantee el modelo de P.L. para este problema, y obtenga la respuesta por medio del paquete LINGO.

## PROBLEMA 15

Una corporación ha decidido producir tres productos nuevos. En este momento, cinco de sus plantas tienen capacidad de producción en exceso. El costo unitario de fabricación del primer producto sería de \$90, \$82, \$92, \$84 y \$86, en las plantas 1, 2, 3, 4 y 5, respectivamente. El costo unitario de fabricación del segundo producto sería \$62, \$58, \$64, \$56 y \$58, en las plantas 1, 2, 3, 4 y 5, respectivamente. El costo unitario de fabricación del tercer producto sería \$76, \$70, \$80, en las plantas 1, 2, y 3, respectivamente, mientras que las plantas 4 y 5 no tienen la capacidad para elaborar este producto. Los pronósticos de ventas indican que deben producirse al día 5000, 3000 y 4000 unidades de los productos 1, 2 y 3, respectivamente. Las plantas 1, 2, 3, 4 y 5 tienen capacidad para producir 2000, 3000, 2000, 3000 y 5000 unidades cada día, respectivamente, sin importar el producto o la combinación de productos de que se trate. Supóngase que cualquier planta que tenga los elementos y la capacidad necesarias puede producir cualquier combinación de los productos en cualquier cantidad.

El gerente desea saber como asignar los nuevos productos a las plantas para minimizar el costo total y requerimientos.

## PROBLEMA 16

Supóngase que Inglaterra, Francia y España producen todo el trigo, la cebada y la avena del mundo. La demanda mundial de trigo requiere que se dediquen 125 millones de acres de tierra a la producción de este cereal. Análogamente, se requieren 60 millones de acres de tierra para cebada y 75 millones de acres para avena. La cantidad total de tierra para este fin en Inglaterra, Francia y España es de 70 millones de acres, 110 millones de acres y 80 millones de acres, respectivamente. El número de horas de trabajo necesarias en Inglaterra, Francia y España para producir un acre de trigo es de 18 horas, 13 horas y 16 horas, respectivamente. El número de horas de trabajo necesarias en Inglaterra, Francia y España para producir un acre de cebada es de 15 horas, 12 horas y 12 horas, respectivamente. El número de horas de trabajo necesarias en Inglaterra, Francia y España para producir un acre de avena es de 12 horas, 10 horas y 16 horas, respectivamente. El costo de la mano de obra por hora para producir trigo es de \$3.00, \$2.40 y \$3.30 en Inglaterra, Francia y España, respectivamente. El costo de la mano de obra por hora para producir cebada es de \$2.70, \$3.00 y \$2.80 en

---

Inglaterra, Francia y España, respectivamente. El costo de la mano de obra por hora para producir avena es de \$2.30, \$2.50 y \$2.10 en Inglaterra, Francia y España, respectivamente. El problema es asignar el uso de la tierra en cada país de manera que se satisfagan los requerimientos de alimentos y se minimice el costo total de la mano de obra.

- a) Plantéese el problema como un problema de transporte, construyendo la tabla apropiada de costos y requerimientos.
- b) Use el método de la esquina "noroccidental" para resolver el problema.

### PROBLEMA 17

El entrenador de cierto equipo de natación necesita asignar nadadores para formar un equipo de relevo combinado para 200 mts. Con el fin de asistir a una competencia. Como la mayoría de sus mejores nadadores son muy rápidos en más de un estilo, no es obvio cual nadador debe ser asignado a cada uno de los cuatro estilos. Los cinco nadadores más rápidos y los "mejores tiempos" (en segundos) que han logrado en cada uno de los estilos (en 50 metros) son:

<i>Estilo</i>	<i>Carlos</i>	<i>Christian</i>	<i>David</i>	<i>Antonio</i>	<i>Pedro</i>
Dorso	37.7	32.9	33.8	37.0	35.4
Pecho	43.4	33.1	42.2	34.7	41.8
Mariposa	33.3	28.5	38.9	30.4	33.6
Libre	29.2	26.4	29.6	28.5	31.1

### PROBLEMA 18

Una cooperativa tiene una finca de 300 hectáreas que puede bombear un millón de metros cúbicos del acuífero adyacente. La cooperativa quiere usar la totalidad de la finca con fines agropecuarios y proyecta producir plátano y maíz y también sembrar pasto de pastoreo para la cría de ganado. Una hectárea de plátano requiere 10 mil metros cúbicos de agua y 40 horas de mano de obra. Una hectárea de maíz requiere cuatro mil metros cúbicos de agua y 12 horas de mano de obra. Una cabeza de ganado requiere media hectárea de pasto, 100 metros cúbicos de agua (incluyendo el agua para el pasto) y ocho horas de mano de obra.

La cooperativa dispone de un capital de 100 millones de pesos y un total de ocho mil horas de mano de obra. Los costos de producción de una hectárea de plátano y de una de maíz son \$500.000 y \$100.000 respectivamente, mientras que la producción de ganado cuesta \$70.000 por cabeza.

---

El ingreso bruto anual de la cooperativa es de \$1.100.000 por hectárea de plátano y de \$300.000 por hectárea de maíz. Una cabeza de ganado después de un año de engorde vale \$130.000.

Determinar el número máximo de cabezas de ganado y las hectáreas de plátano y maíz que maximizan la ganancia neta de la cooperativa.

### PROBLEMA 19

Se está estudiando la factibilidad de la ejecución de cinco proyectos durante los próximos 3 años. En la tabla que se presenta a continuación, se dan los siguientes datos:

- Ingresos brutos de cada proyecto actualizados al final del tercer año.
- Gastos ocasionados por los proyectos en cada uno de los tres años.
- Cantidad máxima de fondos disponibles cada año.

PROYECTO	Gastos			Ingreso Bruto
	Año 1	Año 2	Año 3	
1	5	1	8	20
2	4	7	10	40
3	3	9	2	20
4	7	4	1	15
5	8	6	10	30
Fondos Disponibles	25	25	25	

Se desea seleccionar los proyectos a ejecutar en cada año, de modo que sean maximizados los ingresos netos (un proyecto por año)

### PROBLEMA 20

Un taller mecánico tiene tres (3) máquinas disponibles A, B y C, para hacer unos productos de los tipos 1 y 2, y que se desea programar de la forma económicamente más favorable, en este caso, que la utilidad sea la máxima posible.

---

Para hacer este trabajo, se dispone de un número determinado de horas en cada máquina, que se señalan en la tabla siguiente:

Máquina	Tiempo Disponible (en Horas)
A	72
B	162
C	100

Los tiempos que emplea cada lote de 100 unidades de cada producto de los tipos 1 y 2, en cada una de las máquinas se indica en el cuadro siguiente:

Máquina	A	B	C
Lotes Pieza 1	12	9	20
Lotes Pieza 2	12	36	10

Las ganancias o utilidades que proporcionan cada lote de 100 unidades del tipo 1 es de \$10, y \$7 los del tipo 2.

## PROBLEMA 21

Una fábrica de plásticos planea obtener un nuevo producto mezclando 4 compuestos químicos. Estos compuestos consisten principalmente de 3 elementos químicos A, B y C. A continuación se muestra la composición y el costo por unidad de estos compuestos.

Compuesto Químico	1	2	3	4
Porcentaje de A	30	20	40	20
Porcentaje de B	20	60	30	40
Porcentaje de C	40	15	25	30
Costo/Kilogramo	60	30	20	15

El nuevo producto consiste del 20% del elemento A, al menos 30% del elemento B y al menos el 20% del elemento C. Debido a los efectos laterales de los compuestos 1 y 2, no deben de exceder el 30% y del 40% del contenido del nuevo producto. Formular como un programa lineal el problema de encontrar la forma menos costosa de obtener el nuevo producto.

---

## PROBLEMA 22

Una compañía dispone de \$30 millones para distribuirlos el próximo año entre sus tres sucursales. Debido a compromisos de la estabilidad del nivel de empleados y por otras razones, la compañía ha establecido un nivel mínimo de fondos para cada una de las sucursales. Estos fondos mínimos son de \$3, \$5 y \$8 millones, respectivamente. Debido a la naturaleza de su operación, la sucursal 2 no puede utilizar más de \$17 millones sin una expansión de capital grande. La compañía no está dispuesta a efectuar tal expansión en este momento. Cada sucursal tiene la oportunidad de dirigir distintos proyectos con los fondos que recibe. Para cada proyecto se ha establecido una tasa de ganancia (como un porcentaje de la inversión). Por otra parte, algunos de los proyectos permiten solo una inversión limitada. A continuación se dan los datos para cada proyecto.

Sucursal	Proyecto	Tasa de Ganancia	Límite Superior de la Inversión (Millones de \$)
1	1	8%	6
	2	6%	5
	3	7%	9
2	4	5%	7
	5	8%	10
	6	9%	4
3	7	10%	6
	8	6%	3

Formule este problema como un programa lineal.

## PROBLEMA 23

Una refinería puede comprar dos tipos de petróleo: petróleo crudo ligero y petróleo crudo pesado. El costo por barril de estos tipos de petróleo es \$ 11 y \$9 respectivamente. De cada tipo de petróleo se producen por barril las siguientes cantidades de gasolina, kerosene, y combustible para reactores:

	Gasolina	Kerosene	Combustible para Reactores
Petróleo crudo ligero	0.4	0.2	0.35
Petróleo crudo pesado	0.32	0.4	0.2

Obsérvese que durante el proceso de refinamiento se pierden el 5% y el 8% del crudo, respectivamente. La refinería tiene un contrato para entregar un millón de

---

barriles de gasolina, 400.000 barriles de kerosene, y 250.000 barriles de combustible para reactores. Formular como un programa lineal el problema de encontrar el número de barriles de cada tipo de petróleo crudo que satisfacen la demanda y minimizan el costo total.

### PROBLEMA 24

Un barco tiene 3 bodegas: en la proa, en la popa y en el centro. La capacidad de cada bodega aparece en la siguiente tabla:

BODEGA	Capacidad en Peso	Capacidad en Volumen
Proa	2000 Ton	100000 m <sup>3</sup>
Centro	3000 Ton	135000 m <sup>3</sup>
Popa	1500 Ton	30000 m <sup>3</sup>

Se han ofrecido para transportar los siguientes cargamentos. Los diseños del barco permiten cargar el total o una porción cualquiera de cada artículo:

Artículo	Cantidad (Ton)	Volumen Tonelada	por	Ganancia Tonelada (\$/Ton)	por
A	6000	60		6	
B	4000	50		8	
C	2000	25		5	

Para preservar el equilibrio del barco, el peso en cada bodega debe ser proporcional a la capacidad en toneladas. ¿Cómo debe ser distribuida la carga para obtener máximas ganancias?

### PROBLEMA 25

Una firma de café produce dos tipos de mezclas: suave y suavísimo. En la planta se cuenta con:

Café	Costo por Libra (\$)	% de Cafeína	Cantidad Disponible (libras)
Colombiano	52	2.5	20.000
Brasileño	50	2.0	25.000
Mexicano	48	1.5	15.000

Los productos que salen al mercado son:

---

Mezcla	Precio venta por libra (\$)	% máximo de cafeína	Demanda (libras)
Suave	72	2.2	35.000
Suavísimo	75	2.0	25.000

Como se obtiene la máxima ganancia en ventas?

## PROBLEMA 26

Una compañía de artículos electrónicos produce tres líneas de productos para venderlos al gobierno: transistores, micromódulos y circuitos armados. Cuenta con cuatro áreas de proceso: producción de transistores, ensamblaje de circuitos, control de transistores y módulos, y prueba de circuitos y embalaje.

La producción de un transistor requiere:

0.1 horas de trabajo en producción de transistores.  
0.5 horas de trabajo en control de transistores.  
\$0.7 en costo directo.

La producción de un micromódulo requiere:

0.4 horas de trabajo en el área de ensamblaje del circuito.  
0.5 horas en el área de control de transistores y módulo.  
3 transistores  
\$0.5 en costo directo.

La producción de un circuito armado requiere:

0.1 horas de trabajo en el área de ensamblaje de circuitos.  
0.5 horas en el área de prueba de circuitos y embalaje.  
1 transistor  
3 micromódulos  
\$0.2 en costo directo

Cualquiera de los tres (3) productos se puede vender en cantidades ilimitadas con los precios de \$2.0, \$8.0, \$25.0, respectivamente. Si hay 200 horas de producción en cada una de las áreas en el mes próximo ¿cuál deberá ser el programa de producción a fin de obtener una ganancia máxima?

---

## PROBLEMA 27

Un empacador de nueces dispone de 150 libras de cacahuets, 100 libras de nuez de la India y 50 libras de almendras. El empacador puede vender tres tipos de mezclas de estos productos: una mezcla barata que consiste en 80% de cacahuets, 30% de nuez de la India y 20% de almendras; una mezcla para fiestas que consiste en 50% de cacahuets, 40% de nuez de la India y 20% de almendras y una mezcla de lujo con 20% de cacahuets, 50% de nuez de la India y 30% de almendras. Si la lata de 12 onzas de la mezcla barata, la mezcla para fiestas y la mezcla de lujo se pueden vender en \$0.90, \$1.10 y \$1.30, respectivamente, ¿cuántas latas de cada tipo debe producir el empacador para maximizar su ganancia?

## PROBLEMA 28

Un fabricante de whisky importa tres tipos de licores A, B y C. Los mezcla de acuerdo con especificaciones que limitan el máximo y el mínimo de A y C en cada mezcla:

Mezcla	Especificaciones	Precio Unitario
Blue Dot	No más de 60% de A No menos de 20% de C	\$6.80
Highland Fling	No más de 60% de C No menos de 15% de A	\$5.70
Old Freny	No más de 50% de C	\$4.50

Las cantidades disponibles de cada uno y sus precios son:

Clase	Cantidad máxima en unidades/día	Costo unitario
A	2000	\$7.00
B	2500	\$5.00
C	1200	\$4.00

Establezca el programa de producción que maximiza las utilidades.

---

### PROBLEMA 29

Un carpintero fabrica dos productos: sillas y marcos. Su producción está limitada por las disponibilidades en listones de madera (36 semanales), por las horas de mano de obra contratada (48 semanales) y por las horas de trabajo disponibles en la máquina cepilladora automática (70 semanales). Cada silla requiere 4 listones de madera, 3 horas de mano de obra y 10 horas de cepilladora. Cada marco requiere 4 listones, 6 horas hombre y 5 horas de cepilladora. El carpintero obtiene \$300 y \$200 de utilidades por cada silla y marco respectivamente.

Formule el problema y encuentre por medios gráficos el programa de fabricación que haga máximas las utilidades.

### PROBLEMA 30

Un alumno que repite el curso de Investigación de Operaciones acude al psiquiatra y este le informa que su falta de entusiasmo se debe a un déficit de tiamina y niacín prescribiéndole un mínimo de 1 mg y 10 mg diarios, respectivamente. El doctor le sugiere que obtenga la mitad de la dosis mediante un desayuno a base de cereales. El alumno, que no cuenta con demasiados recursos económicos, trata de hacer mínimo el costo de las vitaminas. Una vez en el supermercado, se informa acerca de los dos únicos desayunos que le agradan: A y B.

Cereal	Tiamina por Onza	Niacín por Onza	Costo por Onza
A	0.12 mg.	0.60 mg.	\$ 14
B	0.13 mg.	1.59 mg.	\$ 24

Determinar geoméricamente la mezcla a realizar para que el costo sea mínimo y asegure la mitad de la dosis de vitaminas prescritas por el psiquiatra.

### PROBLEMA 31.

Un granjero tiene 100 acres de terreno que puede dedicar a cultivar trigo o maíz o ambos en cualquier proporción. La cosecha anual es de 60 fanegas por acre de trigo y de 95 fanegas por acre de maíz. Las necesidades de mano de obra son anualmente de cuatro (4) horas por acre cultivado mas 0.15 horas por fanega de

---

trigo y 0.70 horas por fanega de maíz. El costo de las semillas, fertilizantes, etc. es de \$20 por fanega de trigo y de \$12 por fanega de maíz. El trigo puede venderse a \$175 por fanega y el maíz a \$95.

Además, el granjero quiere criar cerdos o gallinas o ambos, en cualquier proporción, disponiendo para ello de un terreno de 10000 pies cuadrados. Los cerdos se venden al cabo de un año a \$4000 por unidad. Las aves se miden en proporción a la venta porcina, esto es, se considera como unidad avícola de venta el número de gallinas necesario para una venta de \$4000. Cada cerdo requiere \$2000 en alimentos preparados, 25 pies cuadrados de espacio y 25 horas de mano de obra. La unidad avícola de venta requiere \$1000 en alimentos, 15 pies cuadrados de espacio y 40 horas de mano de obra.

El granjero dispone anualmente de 2000 horas de su propio tiempo y otras 2000 horas de su familia. Puede contratar mano de obra aun precio de \$150 por hora, pero cada hora contratada requiere de 0.15 horas de su propio tiempo para supervisión.

Se pide plantear el problema como un problema de programación lineal, para hallar los acres dedicados a trigo y a maíz, el número de cerdos y unidades avícolas a criar y las horas de mano de obra a contratar el próximo año para que los beneficios del granjero sean máximos.

### PROBLEMA 32

Una compañía extrae tres tipos de mineral en tres pozos distintos. Para esto cuenta con tres equipos de las siguientes características:

Capacidad de trabajo (rendimiento) en Ton/día

Equipo	Pozos			Días de mantenimiento por mes (30 días)
	P1	P2	P3	
E1	90	70	78	5
E2	65	80	65	2
E3	50	70	85	2

Por compromisos adquiridos anteriormente, debe arrendarse otro equipo de las siguientes características

Equipo	Pozos			Días de mantenimiento por mes (30 días)
	P1	P2	P3	
E4	90	72	58	1

que está disponible los 30 días del mes, pero no se arrienda por menos de 10 días/mes.

La empresa que recibe le material admite las capacidades siguientes:

Mineral Pozo P1	2500 Ton/mes
Mineral Pozo P2	2300 Ton/mes
Mineral Pozo P3	2250 Ton/mes

Los costos de operación que tiene cada equipo están en el cuadro siguiente (\$/día):

Equipo	Pozos		
	P1	P2	P3
E1	12	25	22
E2	4	17	20
E3	9	20	21
E4	15	30	25

Los gastos de salario y jornales de la mano de obra asociada a cada equipo son:

Equipo	E1	E2	E3	E4
(\$/día)	20	35	30	40

Suponiendo que los pozos deben explotarse los 30 días del mes, plantee el problema de programación lineal, de manera que el programa de explotación produzca máximas utilidades.

### PROBLEMA 33

Una empresa ha adquirido cuatro nuevas máquinas A, B, C y D diferentes a un precio de \$21000, \$24000, \$27000 y \$28000, respectivamente, de acuerdo a un plan de expansión de la producción. Sin embargo, solo tres de estas máquinas pueden funcionar inmediatamente por disponer únicamente de tres lugares adecuados. La máquina no seleccionada deberá permanecer inactiva alrededor de un mes.

Existen distintas posibilidades de ubicación para cada máquina según su proximidad a las cuatro cadenas de producción en la planta fabril. El transporte de materiales hacia y desde el lugar donde está ubicada cada máquina se estima en costos por unidad de tiempo (día) para cada máquina y lugar, de acuerdo con el siguiente cuadro

Máquina	Lugar 1	Lugar 2	Lugar 3
A	11	9	13
B	17	-	16
C	8	12	15
D	16	6	12

*Nota:* el lugar 2, no es adecuada para la máquina B.

Encuentre la asignación que haga mínimo el costo total de transporte, incluyendo el valor de las máquinas.

### PROBLEMA 34

La gerencia de una empresa enfrenta la necesidad de trasladar a tres de sus empleados a tres diferentes lugares de trabajo. Se han hecho estimaciones del costo del traslado de cada empleado a cada lugar. Estos costos se dan en el cuadro en miles de pesos. Se supone que los tres se pueden desempeñar con igual eficiencia en los tres lugares.

	Costo Empleado		
	A	B	C
A	2	1	4
B	3	4	1
C	5	6	2

Encuentre un asignación de los empleados a los trabajos que minimice el costo total.

### PROBLEMA 35

Una tienda desea comprar las siguientes cantidades de vestidos de mujer:

Modelo	A	B	C	D	E
Cantidad	150	100	75	250	200

La tienda se abastece de cuatro fabricantes cuyas disponibilidades (de todos los vestidos combinados) se indican a continuación:

Fabricante	W	X	Y	Z
Cantidad	300	250	150	200

La tienda estima que sus utilidades por vestido varían de acuerdo con cada fabricante en la forma que se indica:

	VESTIDO				
	A	B	C	D	E
W	28	35	43	22	15
X	30	32	45	18	10
Y	25	35	48	20	13
Z	33	27	40	25	27

Encuentre las utilidades máximas.

### PROBLEMA 36

Un fabricante de acero produce cuatro (4) tamaños de vigas en I: pequeña, mediana, grande y extragrande. Estas vigas se pueden producir en cualquiera de tres tipos de máquinas: A, B y C. A continuación se indican las longitudes (en pies) de las vigas I que pueden producir las máquinas por ahora.

Viga	Máquina		
	A	B	C
Pequeña	300	600	800
Mediana	250	400	700
Grande	200	350	600
Extragrande	100	200	300

Supóngase que cada máquina se puede usar hasta 50 horas por semana y que los costos de operación por hora de estas máquinas son de \$30, \$50 y \$80 respectivamente. Supóngase, además, que semanalmente se requieren 10000, 8000, 6000 y 6000 pies de los distintos tamaños de las vigas I. Formular el problema de programación de máquinas como un problema de programación lineal.

### PROBLEMA 37

Un agricultor tiene 200 acres y dispone de 18000 horas-hombre. El desea determinar el área (en acres) que asignará a los siguientes productos: maíz, trigo, quimbombó, tomate y ejotes. El agricultor debe producir al menos 250 toneladas de maíz para alimentar a sus puercos y ganado, y debe producir al menos 80 toneladas de trigo, debido a un contrato que firmó previamente. A continuación se resumen el tonelaje y la mano de obra en horas-hombre por acre para diferentes productos:

	Maíz	Trigo	Quimbombó	Tomate	Ejote
Ton/acre	10	4	4	8	6
Horas-hombre/acre	120	150	100	80	120

El maíz, trigo, quimbombó, tomate y ejote se venden, respectivamente, en \$120, \$150, \$50, \$80 y \$55 por tonelada. Encontrar la solución óptima.

### PROBLEMA 38

Para efectuar ciertas tareas se dispone de un carpintero, un plomero y un ingeniero. Cada persona puede realizar una sola tarea en el tiempo permitido. Existen cuatro tareas disponibles, de las cuales es necesario efectuar tres. A continuación se proporciona la matriz de ***ineficiencia*** para la persona  $i$  asignada a la tarea  $j$ .

	SOLDAR	ENMARCAR	TRAZAR	CABLEAR
Carpintero	2	6	4	4
Plomero	3	4	4	3
Ingeniero	2	5	6	5

¿A qué persona debe asignarse qué tarea? ¿Qué tarea no se realizará? Ahora suponga que cada persona puede efectuar hasta dos tareas y que todas las tareas deben realizarse. ¿Qué deben hacer?.

### PROBLEMA 39

Reep Construction acaba de obtener un contrato para la excavación y preparación del terreno en una nueva área de descanso sobre la supercarretera. Al preparar su licitación para el trabajo, Bob Reep, fundador y presidente de Reep Construction, estimó que llevar a cabo el trabajo tomaría cuatro meses y que se necesitarían 10, 12, 14 y 8 camiones en cada uno de los meses 1 hasta el 4, respectivamente. Actualmente la empresa tiene 20 camiones del tipo necesario para trabajar en este nuevo proyecto. Estos camiones se obtuvieron el año pasado, cuando Bob firmó

un arrendamiento a largo plazo con PennState Leasing. A pesar de que la mayor parte de sus camiones están siendo utilizados en tareas existentes, Bob estima que un camión estará disponible para su uso en el nuevo proyecto durante el mes 1, dos estarán disponibles durante el mes 2, tres disponibles durante el mes 3 y un camión estará disponible durante el mes 4. Por lo que, para terminar el proyecto, Bob tendrá que arrendar camiones adicionales.

El contrato de arrendamiento a largo plazo con PennState tiene un costo mensual de 600 dólares por camión. Reep Construction le paga a sus choferes 20 dólares la hora, y los costos diarios de combustible son de aproximadamente 100 dólares por camión. Todos los costos de mantenimiento son pagados por PennState Leasing. Para efectos de planeación, Bob estima que cada camión utilizado en el nuevo proyecto estará operando 8 horas al día, 5 días a la semana durante aproximadamente 4 semanas por mes.

Bob no cree que la situación actual de los negocios justifique comprometer a la empresa a arriendos adicionales a largo plazo. Al analizar con PennState Leasing las posibilidades de arriendos a corto plazo, Bob ha sido informado de que puede obtener arriendos a corto plazo de 1 a 4 meses. Los arriendos a corto plazo difieren de los arriendos a largo plazo en que los planes de las primeras incluyen el costo tanto del camión como de un chofer. Los costos de mantenimiento para arriendos a corto plazo también son pagados por Penn State Leasing. Los costos siguientes para cada uno de los 4 meses cubren el arriendo de un camión con su chofer.

Duración de la Renta	Costo Mensual
1	\$4000
2	\$3700
3	\$3225
4	\$3040

Bob Reep desearía contratar un arriendo que minimizara el costo de llenar las necesidades mínimas mensuales de camiones para su nuevo proyecto, pero por otra parte también está muy orgulloso de que su empresa jamás haya tenido que despedir empleados. Bob está comprometido en mantener su política de no despidos; esto es, que utilizará sus propios choferes, incluso si los costos resultan más elevados

#### **PROBLEMA 40**

Recientemente recibió usted una herencia de \$100.000 de su tío abuelo Pancracio. Usted y su cónyuge se han puesto a considerar que les conviene hacer con su dinero.

##### *Salarios*

Los salarios combinados de usted y su cónyuge suman \$80.000 y esperan con la mayor confianza que ese total aumente 15% cada año, por lo que deciden

---

atenerse a un presupuesto riguroso y limitar los gastos de la familia a un porcentaje fijo de sus salarios (provisionalmente al 75%). Por supuesto, a medida que sus salarios aumenten, los gastos aumentarán también. Obsérvese que estos datos están basados en salarios brutos (no son salarios netos después de impuestos).

### *Impuestos*

El congreso acaba de aprobar un nuevo proyecto de ley fiscal. Basado en una tasa fija de acuerdo con esa ley, las parejas (como la de usted y su cónyuge) tiene derecho a una deducción de \$15.000, y la tasa combinada de impuestos estatales y federales es equivalente al 35% de todos sus ingresos por encima de esa cifra base de \$15,000. También se ha instituido un impuesto sobre ganancias de capital: 40% del total de las ganancias de capital será gravado como ingresos regulares.

### *Inversión al abrigo de impuestos*

Usted tiene la opción de invertir la parte que desee de sus fondos en la compra de bienes raíces. Una ventaja de esa inversión es que disfruta de ciertas reducciones fiscales (rebajas al impuesto por concepto de depreciación) en cada uno de los próximos cinco años, al tiempo que reditúa (le pagan o devuelven a usted) un pequeño pago en efectivo el cual es libre de impuestos.

Al final de los 5 años, usted podrá vender la propiedad, participará en los beneficios económicos y pagará impuestos sobre sus ganancias de capital por esos beneficios. Estos son algunos de los factores que debe considerar por cada \$1.000 invertidos en el proyecto:

Reducción fiscal anual	\$200
Pago anual en efectivo que usted recibe	\$40 (no gravables)
Monto de los réditos al final del año 5	\$1800
Adeudo de impuestos por ganancias de capital en el año 5	\$2300

### *Inversión en un fondo mutualista*

La única inversión alternativa que ha considerado usted es un fondo en el mercado de dinero. Dicho fondo paga interés a razón del 14% anual y el ingreso que proviene de esos intereses es gravable. En ese fondo usted puede invertir cualquier cantidad en el momento que lo desee.

Por comodidad supongamos que los intereses de cualquier año se pagan sobre el saldo existente al principio de ese año (al final del año anterior). En plan de prueba la herencia de \$100.000 ha sido colocada en un fondo del mercado de dinero, pero puede retirarse de inmediato en caso necesario.

Usted y su cónyuge desean construir un modelo de finanzas personales que les permita observar como crecerá su riqueza (saldo de un fondo de mercado) al cabo de cinco años. En realidad ustedes quieren usar este modelo para decidir que suma les convendría invertir en bienes raíces exentos de impuestos y para

examinar hasta que punto es sensible su plan para algunas de las suposiciones que se han hecho

#### **PROBLEMA 41**

Una compañía produce un ensamblado que consta de un bastidor, una barra y un cojinete. La compañía fabrica las barras y los bastidores, pero tiene que comprar los cojinetes a otro fabricante. Cada barra debe procesarse en una máquina de forja, un torno y un esmeril. Estas operaciones requieren de 0.5 horas, 0.2 horas y 0.3 horas por barra, respectivamente. Cada bastidor requiere de 0.8 horas de trabajo de forja, 0.1 horas en el taladro, 0.3 horas en la fresadora y 0.5 horas en el esmeril. La compañía tiene 5 tornos, 10 esmeriles, 20 máquinas de forja, 3 taladros y 6 fresadoras. Suponga que cada máquina opera un máximo de 2400 horas al año. Formule y resuelva como un programa lineal el problema de encontrar el número máximo de componentes ensamblados que es posible producir.

#### **PROBLEMA 42**

Harley Davidson Motorcycles está determinando su programa de producción para los cuatro trimestres siguientes. La demanda de motocicletas será como sigue: trimestre 1, 40; trimestre 2, 70; trimestre 3, 50; trimestre 4, 20. Harley Davidson tiene cuatro tipos de costos:

1. La fabricación de cada motocicleta le cuesta a Harley Davidson 400 dólares.
2. Al final de cada trimestre, se incurre en un costo de mantenimiento del inventario de 100 dólares, por cada motocicleta.
3. El aumento de la producción de un trimestre al siguiente, ocasiona costos de entrenamiento a empleados. Se estima que el costo es de 700 dólares por motocicleta, al incrementar la producción de un trimestre al siguiente.
4. La disminución de la producción de un trimestre la siguiente, provoca costos de indemnización por despido, una baja en el estado de ánimo, etc. Se estima que el costo es de 600 dólares por motocicleta, si se disminuye la producción de un semestre al siguiente.

Hay que cumplir con todas las demandas a tiempo, y se puede usar la producción de un trimestre solamente para satisfacer la demanda del trimestre actual. Se produjeron 50 Harleys en el trimestre anterior al trimestre 1. Supóngase que al inicio del trimestre 1, el inventario es de cero Harleys. Formule un PL que minimice el costo total de Harley Davidson, durante los próximos cuatro trimestres.

*Pista:* Este problema utiliza variables sin restricción de signo.

---

### PROBLEMA 43

Una fábrica de queso produce dos tipos de quesos: queso suizo y queso holandés. La empresa cuenta con 60 trabajadores experimentados y desea aumentar su fuerza de trabajo a 90 trabajadores durante las siguientes 8 semanas. Cada obrero experimentado puede entrenar a 3 nuevos empleados en un período de 2 semanas, durante las cuales los obreros que participan en la capacitación no producen virtualmente nada. Cada trabajador necesita 1 hora para producir 10 libras de queso suizo y una hora para producir 6 libras de queso holandés. Una semana de trabajo es de 40 horas. A continuación se resumen (en miles de libras) las demandas semanales:

	Semana							
Tipo	1	2	3	4	5	6	7	8
Suizo	12	12	12	16	16	20	20	20
Holandés	8	8	10	10	12	12	12	12

Suponga que un empleado en entrenamiento percibe el salario completo, como si fuese un obrero experimentado. Además, suponga que el sabor del queso desaparece con el tiempo, de modo que el inventario se limita a una semana. Si desea minimizar el costo de la mano de obra, ¿cómo debe la compañía contratar y capacitar a sus nuevos empleados?

Formule el problema como un programa lineal y resuélvalo.

### PROBLEMA 44

Todo el acero producido por Simesa debe cumplir con las siguientes especificaciones: 3.2 a 3.5% de carbono, 1.8 a 2.5% de silicio; 0.9 a 1.2% de níquel; resistencia a la tracción de por lo menos 45000 lb/pulg<sup>2</sup>. Simesa produce acero mezclando dos aleaciones. El costo y las propiedades de cada aleación vienen dadas por:

	Aleación 1	Aleación 2
Costo por tonelada (Dólares)	190	200
Porcentaje de Silicio	2%	2.5%
Porcentaje de Níquel	1%	1.5%
Porcentaje de carbono	3%	4%
Resistencia a la tensión	42000 lb/pulg <sup>2</sup>	50000 lb/pulg <sup>2</sup>

Supóngase que se puede determinar la resistencia a la tracción de una mezcla promediando las resistencias de las aleaciones que se mezclan. Utilice la programación lineal para determinar como minimizar los costos de producción de una tonelada de acero.

Resuelva el problema GRÁFICAMENTE y luego computacionalmente.

## PROBLEMA 45

Ecopetrol tiene refinerías en Cartagena y en Barrancabermeja. La refinería de Cartagena puede refinar hasta dos millones de barriles de petróleo por año; la refinería de Barrancabermeja puede refinar hasta 3 millones de barriles de petróleo por año. Una vez refinado, se envía el petróleo a dos puntos de distribución: Cartagena y Santa Marta. Ecopetrol estima que cada punto de distribución puede vender hasta 5 millones de barriles de petróleo refinado al año. Debido a diferencias en los costos de envío y de refinación, la ganancia obtenida (en dólares) por millón de barriles de petróleo enviado, depende del lugar de refinación y del punto de distribución, así:

	Utilidad por millón de Barriles (dólares)	
	A Cartagena	A Santa Marta
De Cartagena	20000	15000
De Barrancabermeja	18000	17000

Ecopetrol considera aumentar la capacidad de cada refinería. Cada aumento en la capacidad anual de refinación de un millón de barriles, cuesta 120000 dólares para la refinería de Cartagena y 150000 dólares para la refinería de Barrancabermeja. Utilice la programación lineal para determinar como Ecopetrol puede maximizar sus ganancias, menos los costos de ampliación, en un período de 10 años.

## PROBLEMA 46

La cervecería Bloomington produce cerveza común y la de tipo *ale*. La cerveza se vende a 5 dólares el barril, y el de *ale* a 2 dólares el barril. La producción de un barril de cerveza requiere de 5 libras de cebada y 2 libras de lúpulo. La producción de un barril de *ale* requiere de 2 libras de cebada y 1 libra de lúpulo. Se dispone de 60 libras de cebada y de 25 libras de lúpulo. Formule un PL que se pueda utilizar para maximizar los ingresos.

Resuelva el problema GRÁFICAMENTE y luego computacionalmente.

---

## PROBLEMA 47

Una compañía marítima requiere de una flota de barcos para dar servicios de transporte de carga entre 6 ciudades. Hay 4 rutas especificadas que deben ser atendidas diariamente. Estas rutas y el número de barcos requeridos para cada ruta son los siguientes:

RUTA #	ORIGEN	DESTINO	NÚMERO DE BARCOS REQUERIDO POR DÍA
1	Dhahram	Nueva York	3
2	Marsella	Estambul	2
3	Nápoles	Bombay	1
4	Nueva York	Marsella	1

Todos los cargamentos son compatibles, de manera que solo se requiere un tipo de barco. A continuación se muestra la matriz de tiempos de viaje (en días) entre las distintas ciudades:

	Nápoles	Marsella	Estambul	Nueva York	Dhahram	Bombay
Nápoles	0	1	2	14	7	7
Marsella	1	0	3	13	8	8
Estambul	2	3	0	15	5	5
Nueva York	14	13	15	0	17	20
Dhahram	7	8	5	17	0	3
Bombay	7	8	5	20	3	0

Se requiere un día para descargar cada barco y un día para cargarlo. ¿Cuántos barcos debe comprar la compañía marítima?

## PROBLEMA 48

El personal técnico de un hospital desea elaborar un sistema computarizado para planear diversos menús. Para empezar, deciden planear el menú de la comida. El menú se divide en tres grandes categorías: legumbres, carne y postre. Se desea incluir en el menú por lo menos el equivalente a una porción de cada categoría. A continuación se resume el costo por ración de algunos de los alimentos sugeridos, así como su contenido de carbohidratos, vitaminas, proteínas y grasas.

---

	Carbohidratos	Vitaminas	Proteínas	Grasa	Costo en \$ por Ración
<b>LEGUMBRES</b>					
Frijoles	1	3	1	0	0.10
Tomates	1	5	2	0	0.12
Zanahoria	1	5	1	0	0.13
Maiz	2	6	1	2	0.09
Habichuela	4	2	1	1	0.10
Arroz	5	1	1	1	0.07
<b>CARNES</b>					
Pollo	2	1	3	1	0.70
Res	3	8	5	2	1.20
Pescado	3	6	6	1	0.63
<b>POSTRES</b>					
Naranja	1	3	1	0	0.28
Manzana	1	2	0	0	0.42
Pudín	1	0	0	0	0.15
Gelatina	1	0	0	0	0.12

Suponga que los requerimientos por comida mínimos de carbohidratos, vitaminas, proteínas y grasas son 5, 10, 10 y 2, respectivamente.

- Resuelva el problema de planeación de menús como un problema de P.L.
- En el modelo anterior se han excluido muchos aspectos prácticos. Por ejemplo, la planeación conjunta de los menús del desayuno, el almuerzo y la comida, la planeación semanal se modo que sea posible incluir distintas variedades de alimentos, y menús especiales para pacientes que siguen dietas especiales. Explique en detalle como es posible incorporara estos aspectos en un sistema completo de planeación de menús.

## PROBLEMA 49

Alfredo tiene US\$ 2200 para invertir durante los próximos cinco años. Al principio de cada año puede invertir su dinero en depósitos a plazo fijo de 1 o 2 años. El banco paga el 8% de interés en depósitos a plazo fijo de un año y el 17% (total) en depósitos a plazo fijo de dos años. Además, al principio del segundo año, Corfinsura ofrecerá certificados a tres años. Estos certificados tendrán una ganancia del 27% (total). Si Alfredo reinvierte su dinero disponible cada año, formule un programa lineal que muestre como maximizar su ganancia total al final del quinto año.

## PROBLEMA 50

En la ciudad de Armenia se va a demoler un barrio de 10 acres y la alcaldía debe decidir sobre el nuevo plan de desarrollo. Se van a considerar dos proyectos habitacionales: viviendas a bajo costo y viviendas a medio costo. Se pueden construir 20 y 15 unidades de cada vivienda por acre, respectivamente. Los costos por unidad de las viviendas a bajo y medio costo son 13 millones y 18 millones, respectivamente. Los límites superior e inferior establecidos por la alcaldía sobre el número de viviendas de bajo costo son 60 y 100 respectivamente. De igual manera, el número de viviendas de costo medio debe estar entre 30 y 70. Se estima que el mercado potencial combinado máximo para las viviendas es de 150 ( que es menor que la suma de los límites de los mercados individuales debido al traslapo entre los dos mercados). Se desea que la hipoteca total comprometida al nuevo plan de desarrollo no exceda los 2.000 millones. Finalmente, el asesor de la obra sugirió que el número de viviendas de bajo costo sea por lo menos de 50 unidades mayor que la mitad del número de viviendas de costo medio.

Formule y resuelva el problema GRAFICAMENTE y luego computacionalmente.

## PROBLEMA 51

Un gerente de producción está planeando la programación de tres productos en cuatro máquinas. Cada producto se puede manufacturar en cada una de las máquinas. A continuación se resumen los costos de producción por unidad (en \$)

	MÁQUINA			
<i>PRODUCTO</i>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
<b>1</b>	4	4	5	7
<b>2</b>	6	7	5	6
<b>3</b>	12	10	8	11

A continuación se resume el tiempo (en horas) requerido para producir cada unidad de producto en cada una de las máquinas.

	MÁQUINA			
<i>PRODUCTO</i>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
<b>1</b>	0.3	0.25	0.2	0.2
<b>2</b>	0.2	0.3	0.2	0.25
<b>3</b>	0.8	0.6	0.6	0.5

Suponga que se requieren 4000, 5000 y 3000 unidades de los productos, y que las horas-máquina disponibles son 1500, 1200, 1500 y 2000, respectivamente. Formule y resuelva el problema como un programa lineal.

## PROBLEMA 52

Una compañía ha sido contratada para realizar cinco trabajos. Estos trabajos pueden efectuarse en seis de sus plantas de manufactura. Debido a la magnitud de los trabajos, no es factible asignar más de un trabajo a una planta de manufactura particular. También, el segundo trabajo no puede asignarse a la tercera planta de manufactura. Los costos estimados, en miles de dólares, para la ejecución de los trabajos en las distintas plantas de manufactura se resumen a continuación

	PLANTA					
<b>TRABAJO</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>
<b>1</b>	50	55	42	57	48	52
<b>2</b>	66	70	-	68	75	63
<b>3</b>	81	78	72	80	85	78
<b>4</b>	40	42	38	45	46	42
<b>5</b>	62	55	58	60	56	65

Plantee y resuelva el problema de asignar los trabajos a las plantas de forma que el costo total sea mínimo.

## PROBLEMA 53

Sofía, Susana y Sandra salen a un compromiso con Daniel, Guillermo y Andrés. A sofía le gusta Guillermo dos veces más que Daniel y tres veces más que Andrés. A Susana le gusta Guillermo tres veces más que Daniel y cinco veces más que Andrés (Andrés es un perdedor!). A Sandra le gusta tanto Daniel como Guillermo, y ambos le gustan aproximadamente cinco veces más que Andrés. ¿Cómo es posible formar las parejas de modo que las chicas estén lo más contentas posible? Si una chica desea permanecer en casa, ¿cuál debe ser?. ¿Que chico perderá el compromiso?

---

## PROBLEMA 54

El Martes, la empresa Metro de Medellín dispondrá cuatro locomotoras en la Estación Niquía, una locomotora en la Estación Itagú y dos locomotoras en la Estación San Javier. En la Estación Hospital, Parque Berrío, Industriales y Estadio habrá vagones cada uno requiriendo una locomotora. El mapa local proporciona las siguientes distancias:

	Hospital	Estadio	Industriales	Parque Berrío
Niquía	13	35	42	9
Itagú	6	61	18	30
San Javier	15	10	5	9

¿Cómo debe asignar la compañía las locomotoras de modo que la distancia recorrida total sea mínima?

---