

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PANAMÁ**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**  
**INVESTIGACIÓN DE OPERACIONES**  
**EXAMEN SEMESTRAL**

1. El hospital Rafael Hernández es una instalación privada grande con 500 camas, equipada con laboratorios, quirófanos y dispositivos de rayos X. En busca de mayores ingresos, la gerencia de RH ha decidido hacer un anexo de 100 camas en una parte de terreno adyacente que se usa para estacionamiento del personal. Los gerentes piensan que los laboratorios, los quirófanos y el departamento de rayos X no se utilizan totalmente en la actualidad y no necesitan expandirse para manejar pacientes adicionales. Sin embargo, agregar 100 camas implica decidir cuántas deberían asignarse para los pacientes médicos y cuántas para pacientes quirúrgicos. La contabilidad del hospital y los departamentos de registros médicos ofrecen la siguiente información pertinente. El promedio de estancia en el hospital para un paciente quirúrgico es de 8 días y genera en promedio \$2,280 en ingresos. La estancia promedio para pacientes médicos es de 5 días y recibe una cuenta de \$1,515. El laboratorio es capaz de manejar anualmente 15,000 pruebas más que las que manejaba. El paciente quirúrgico promedio requiere 3.1 pruebas de laboratorio, y el paciente médico promedio necesita 2.6 pruebas. Más aún, el paciente médico promedio necesita una placa de rayos X, en tanto que el paciente quirúrgico promedio requiere de dos. Si se expande el hospital en 100 camas, el departamento de rayos X podría manejar hasta 7,000 rayos X sin costo adicional significativo. Por último, la gerencia estima que se pueden realizar hasta 2,800 operaciones adicionales en los quirófanos existentes. Los pacientes médicos, desde luego, no requieren cirugía, mientras que los pacientes quirúrgicos generalmente se operan una vez. Formule este problema para determinar cuántas camas médicas y cuántas camas quirúrgicas deberían agregarse, con la finalidad de maximizar los ingresos. Formulación del problema de Programación Lineal. 7 puntos. Los siguientes incisos tienen un valor de un punto cada uno.
  - a. Suponga que el hospital está abierto 365 días al año. Prepare un informe escrito para el director general del hospital RH sobre la expansión del hospital. Redondee sus respuestas al entero más cercano. El formato de presentación de los resultados es importante. El director general es una persona ocupada y quiere poder encontrar la solución óptima con rapidez en su reporte.
  - b. ¿Cuál es el máximo ingreso por año?
  - c. ¿cuántos pacientes médicos/año hay y cuántos pacientes quirúrgicos/año hay?
  - d. ¿Cuántas camas médicas y cuántas quirúrgicas de la adición de 100 camas deberían agregarse?
  - e. ¿Hay muchas camas vacías con esta solución óptima? Si es así, ¿cuántas son? Analice el efecto de adquirir más camas, si es necesario.
  - f. ¿Los laboratorios se utilizan a toda su capacidad? ¿Es posible realizar más pruebas de laboratorio por año? Si es así, ¿cuántas más? Analice el efecto de adquirir más espacio de laboratorio, si es necesario.
  - g. ¿La instalación de rayos X se usa a su máximo? ¿Es posible hacer más pruebas de rayos X por año? Si es así, ¿cuántas más? Analice el efecto de adquirir más instalaciones de rayos X, si es necesario.
  - h. ¿El quirófano se usa a toda su capacidad? ¿Es posible realizar más operaciones/año? Si es así, ¿cuántas más? Analice el efecto de adquirir más quirófanos, si es necesario.
2. Insumos Médicos S. A. mantiene actualmente plantas en Costa Rica y Guatemala, que abastecen centros de distribución importantes en Miami y Panamá. Debido a una demanda creciente, IMSA decidió abrir una tercera planta y limitó sus opciones a una de dos ciudades: Puerto Rico o El Salvador. Los costos de producción y distribución al igual que las capacidades de las plantas y las demandas de los centros se muestran en la tabla correspondiente. ¿Cuál de las posibles plantas nuevas debería abrirse? ¿Cuál es la diferencia en costos para las dos ciudades? Formulación del Problema: 10 puntos. Solución del problema: 5 puntos.

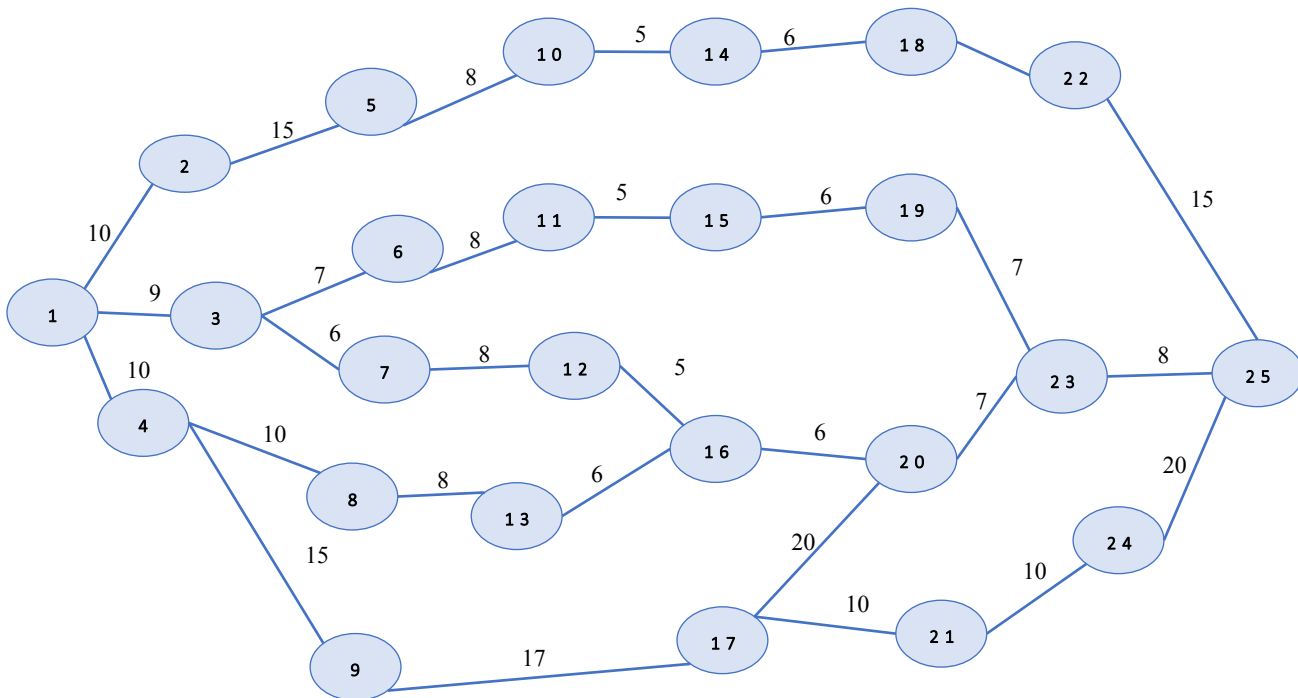
Centros de Distribución	Miami	Panamá	Producción	Costo unitario de producción
Plantas				
Costa Rica	8	5	600	6

Guatemala	4	7	900	5
Puerto Rico	5	4	500	4
El Salvador	4	6	500	3
Pronóstico de demanda	800	1200	2000	

3. La UTP está en proceso de completar una red de cómputo que conectará las instalaciones de computadoras de toda la universidad. El objetivo principal es cablear desde un extremo del campus a los otros nodos por conductos subterráneos existentes, los cuales se muestran en la red de la figura siguiente. 10 puntos

La distancia entre ellos está en cientos de metros y los conductos tienen capacidad sobrante para colocar el cable.

- Dada la red de este problema, ¿qué distancia en cientos de metros tiene la ruta más corta del nodo 1 al nodo 25?
- además de la red de cómputo se planea un sistema telefónico que usaría los mismos conductos subterráneos. Si se instalara el sistema telefónico, las siguientes trayectorias a lo largo de los conductos ya no tendrían capacidad ni estarían disponibles para la red de computadoras: 6-11, 7-12 y 17-20. ¿Qué cambios (si acaso) habría que hacer en la trayectoria usada para las computadoras, si se instala el sistema telefónico.
- La universidad decidió instalar el nuevo sistema telefónico antes que el cable para la red de computadoras. Debido a la demanda inesperada de las instalaciones de la red de cómputo, se necesita un cable adicional del nodo 1 al 25. Por desgracia, el cable para la primera red u original usó toda la capacidad a lo largo de su trayectoria. Dada esta situación, ¿Cuál es la mejor ruta para el segundo cable de la red.



4. Una aerolínea posee una vieja flota de aviones Boeing 737 y está considerando comprar 17 Boeing nuevos modelo 757 y 767. La decisión debe considerar varios factores de costo y capacidad, incluidos los siguientes 1.la aerolínea puede financiar hasta \$1,600 millones de la compra;2.cada Boeing 757 costará \$80 millones, y cada Boeing 767,\$110 millones; 3.por lo menos un tercio de los aviones que se adquieran deberían ser el 757 de largo alcance; 4. el presupuesto de mantenimiento anual no tiene que ser de más de \$8 millones; 5.el costo de mantenimiento anual

de cada 757 se estima que es de \$800,000; y de \$500,000 por cada 767 adquirido; y 6.cada 757 puede transportar anualmente 125,000 pasajeros, en tanto que cada 767 puede transportar 81,000 pasajeros en el mismo lapso.

- Formule este como un problema de programación entera, para maximizar la capacidad anual de transporte de pasajeros. 10 puntos
- ¿Qué tipo de programación entera es este problema? 2 puntos
- ¿Cuántos aviones de cada tipo debe comprar? ¿Cuál es el número de pasajeros que transportará? 3 puntos

- Barroso Manufacturing produce tres tipos de computadoras: la Standard, Deluxe y Delight. La producción del modelo estándar tarda 1,5 horas, el modelo Deluxe tarda 2 horas y el Delight tarda 2,5 horas. Los beneficios generados por estos son de \$ 28 para el Estándar, \$ 32 para el Deluxe y \$ 35 para Delight. Un total de 240 horas por semana están disponibles para la producción. La demanda de cada uno se pronostica en 60 unidades. La gerencia ha establecido los siguientes objetivos (cada uno con la misma importancia):

- Utilice exactamente 240 horas por semana
- Produce al menos 60 unidades del Delight
- Produzca al menos 60 unidades del modelo Deluxe
- Producir al menos 60 unidades del modelo estándar.
- Genere al menos \$ 3,500 de ganancia por semana

- Formule** esto como un problema de programación de objetivos. Resuelva el problema. Cuáles metas se cumplen y cuáles no? Formulación del problema: 5 puntos. Solución del problema: 5 puntos
- Suponga que el primer objetivo es dos veces más importante que los objetivos 2, 3 y 4; y el primer objetivo es tres veces más importante que el objetivo de ganancias. **Formule** esto como un problema de programación de objetivos. Y resuelva el problema. 5 puntos.

- Un proceso de producción incluye una máquina que se deteriora con rapidez tanto en la calidad como en la cantidad de producción con el trabajo pesado, por lo que se inspecciona al final de cada día. Después de la inspección se clasifica la condición de la máquina en uno de cuatro estados posibles:

Estado	Condición
0	Tan buena como nueva
1	Operable: deterioro mínimo
2	Operable: deterioro mayor
3	Inoperable y reemplazada por una tan buena como nueva

La probabilidad de tener un deterioro mínimo estando en buenas condiciones como nueva es de  $\frac{7}{8}$ , de tener deterioro mayor estando en buenas condiciones como nueva es  $\frac{1}{16}$  y de ser inoperable estando en buenas condiciones es de  $\frac{1}{16}$ . Si tiene deterioro mínimo, la probabilidad de continuar con deterioro mínimo es de  $\frac{3}{4}$ , de tener deterioro mayor de  $\frac{1}{8}$  y de estar inoperable de  $\frac{1}{8}$ , la probabilidad de estar en estado de deterioro mayor y continuar con deterioro mayor es de  $\frac{1}{2}$  y de pasar a estado inoperable es de  $\frac{1}{2}$ . La probabilidad de estar inoperable y reemplazada por una tan buen como nueva es de 1.

- Encuentre las probabilidades de estado estable. b) Si los costos respectivos por estar en los estados 0, 1, 2, 3 son 0, 1 000, 3 000 y 6 000 dólares, ¿cuál es el costo diario esperado a largo plazo? c) Encuentre el tiempo de recurrencia esperado del estado 0 (esto es, el tiempo esperado que una máquina se puede usar antes de tener que reemplazarla). 15 puntos

- Considere el modelo M/M/s con tasa media de llegadas de 10 clientes por hora y tiempo de servicio esperado de 5 min. Obtener las medidas de desempeño para este modelo (con  $t = 10$  y  $t = 0$  para las dos probabilidades de tiempo de espera) cuando el número de servidores es 1, 2, 3, 4 y 5. Entonces, para los siguientes criterios posibles de nivel satisfactorio de servicio (donde la unidad de tiempo es el minuto), determinar cuántos servidores se necesitan para satisfacer los criterios. 15 puntos

- a)  $L_q \leq 0.25$
- b)  $L \leq 0.9$
- c)  $W_q \leq 0.1$
- d)  $W \leq 6$
- e)  $P\{W_q > 0\} \leq 0.01$
- f)  $P\{W > 10\} \leq 0.2$