INVESTIGACIÓN DE OPERACIONES
PRÁCTICA DE LABORATORIO #4
Modelado matemático y resolución
con LINGO ESTRUCTURADO

Nombre: CARLOS EDUARDO SANCHEZ TORRES Fecha: 23/08/2021

1. La MedEquip Company produce equipos de precisión de diagnóstico médico en dos fábricas. Se han recibido pedidos de tres centros médicos para la producción de este mes. La tabla muestra el costo unitario de envío desde cada fábrica a cada centro. Además, muestra el número de unidades que se producirán en cada fábrica y el número de unidades ordenadas por cada cliente.

	COSTO UNITARIO DE ENVÍO			
ORIGEN\DESTINO	CLIENTE #1	CLIENTE #2	CLIENTE #3	PRODUCCIÓN
FÁBRICA #1	$600	$800	$700	400
FÁBRICA #2	$400	$900	$600	500
CANT. PEDIDA	300	200	400	

Quiere averiguarse cuántas unidades se deben enviar desde cada fábrica a cada cliente a un costo total mínimo.

a) Formule un modelo* de programación lineal.

$$X_1:\ unidades\ desde\ fábrica\ 1\ a\ cliente\ 1$$
$$X_2:\ unidades\ desde\ fábrica\ 1\ a\ cliente\ 2$$
$$X_3:\ unidades\ desde\ fábrica\ 1\ a\ cliente\ 3$$
$$X_4:\ unidades\ desde\ fábrica\ 2\ a\ cliente\ 1$$
$$X_5:\ unidades\ desde\ fábrica\ 2\ a\ cliente\ 2$$
$$X_6:\ unidades\ desde\ fábrica\ 2\ a\ cliente\ 3$$

$$MIN\ Z = 600x_1 + 800x_2 + 700x_3 + 400x_4 + 900x_5 + 600x_6$$
$$x_1 + x_4 = 300 \text{(Demanda cliente 1)}$$
$$x_2 + x_5 = 200 \text{(Demanda cliente 2)}$$
$$x_3 + x_6 = 400 \text{ (Demanda cliente 3)}$$
$$x_1 + x_2 + x_3 = 400 \text{ (Oferta fábrica 1)}$$
$$x_4 + x_5 + x_6 = 500 \text{(Oferta fábrica 2)}$$
$$x_j \geq 0,\ j = 1, 2, ..., 6$$

b) Desarrolle un programa en LINGO estructurado para resolver este problema.

```
SETS:
fabrica/fab1 fab2/: oferta;
cliente/cliente1 cliente2 cliente3/: demanda;
rutas(fabrica, cliente): costoUnidad, asig;
ENDSETS

DATA:
 oferta = 400 500;
 demanda = 300 200 400;
 costoUnidad = 600 800 700
               400 900 600;

ENDDATA

MIN = @SUM(rutas(i,j): costoUnidad(i,j)*asig(i,j));

@FOR(cliente(j):
    @SUM(fabrica(i): asig(i,j)) = demanda(j));

@FOR(fabrica(i):
    @SUM(cliente(j): asig(i,j)) = oferta(i));

                  ASIG( FAB1, CLIENTE1)        0.000000            100.0000
                  ASIG( FAB1, CLIENTE2)        200.0000            0.000000
                  ASIG( FAB1, CLIENTE3)        200.0000            0.000000
                  ASIG( FAB2, CLIENTE1)        300.0000            0.000000
                  ASIG( FAB2, CLIENTE2)        0.000000            200.0000
                  ASIG( FAB2, CLIENTE3)        200.0000            0.000000
```

2. Metalco Company desea hacer una nueva aleación con 40% de aluminio, 35% de zinc y 25% de plomo a partir de varias aleaciones disponibles que tienen las siguientes propiedades:

PROPIEDAD	ALEACION				
	1	2	3	4	5
% de Aluminio	60	25	45	20	50
% de Zinc	10	15	45	50	40
% de Plomo	30	60	10	30	10
Costo ($/lb)	22	20	25	24	27

El objetivo es determinar las cantidades de estas aleaciones que deben mezclarse para producir 4000 lb de la nueva aleación a un costo mínimo.

a) Formule un modelo* de programación lineal.

$$x_j: \text{ Libras de aleación } j,\ j = 1, 2, \ldots, 5$$

$$Min\ Z = 22x_1 + 20x_2 + 25x_3 + 24x_4 + 27x_5$$

$$0.6x_1 + 0.25x_2 + 0.45x_3 + 0.2x_4 + 0.5x_5 = 0.4 * 4000$$

$$0.1x_1 + 0.15x_2 + 0.45x_3 + 0.5x_4 + 0.4x_5 = 0.35 * 4000$$

$$0.3x_1 + 0.6x_2 + 0.1x_3 + 0.3x_4 + 0.1x_5 = 0.25 * 4000$$

$$x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 = 4000$$
$$x_j \geq 0,\ j = 1, 2,..., 5$$

b) Desarrolle un programa en LINGO estructurado para resolver este problema.

```
SETS:
 METAL: SUPPLY;
 ALLOY: COST, LB;
 FORMULA(METAL, ALLOY) : OUNCES;
ENDSETS

DATA:
 METAL  = Al Zn Pb;
 SUPPLY  = 1600 1400 1000;
 COST   = 22 20 25 24 27;
 OUNCES = 0.6 0.25 0.45 0.2 0.5  ! Al;
          0.1 0.15 0.45 0.5 0.4  ! Zn;
          0.3 0.60 0.10 0.3 0.1; ! Pb;
ENDDATA

MIN = @SUM( ALLOY : COST * LB);

@FOR ( METAL(I):
       @SUM( ALLOY(J): OUNCES(I,J)*LB(J) ) = SUPPLY(I)
     );
```

MIN Z = 93826.09

$$X_1 = 173.9130$$
$$X_2 = 1130.435$$
$$X_3 = 2695.652$$
$$X_4 = 0$$
$$X_5 = 0$$

3. Un avión de carga tiene tres compartimientos para almacenar: delantero, central y posterior. Estos compartimientos tienen un límite de capacidad tanto de *peso* como de *espacio*. Los datos se resumen enseguida:

COMPARTIMIENTO	CAPACIDAD DE PESO (ton)	CAPACIDAD DE ESPACIO, ft3
Delantero	12	7000
Central	18	9000
Posterior	10	5000

Más aún, para mantener el avión balanceado, el peso de la carga en los respectivos compartimientos debe ser proporcional a su capacidad en volumen.
Se tienen ofertas para cuatro cargamentos en un vuelo próximo ya que se cuenta con espacio:

CARGA	PESO (ton)	VOLUMEN (ft3/ton)	GANANCIA ($/ton)
1	20	500	320
2	16	700	400
3	25	600	360
4	13	400	290

Se puede aceptar cualquier fracción de estas cargas. El objetivo es determinar qué cantidad de cada carga debe aceptarse y cómo distribuirla en los compartimientos para maximizar la ganancia del vuelo.

a) Formule un modelo* de programación lineal.

x_j: $toneladas\ de\ la\ carga\ i\ en\ el\ compartimiento\ j,\ i = 1, 2, 3, 4, j = 1, 2, 3$

$$Max\ Z = 320x_1 + 320x_2 + 320x_3 + 400x_4 + 400x_5$$
$$+ 400x_6 + 360x_7 + 360x_8 + 360x_9 + 290x_{10} + 290x_{11} + 290x_{12}$$

$x_1 + x_4 + x_7 + x_{10} \le 12$ (ton en D)

$x_2 + x_5 + x_8 + x_{11} \le 18$ (ton en C)

$x_3 + x_6 + x_9 + x_{12} \le 10$ (ton en T)

$500x_1 + 700x_4 + 600x_7 + 400x_{10} \le 7000$(volumen en D)

$500x_2 + 700x_5 + 600x_8 + 400x_{11} \le 9000$(volumen en C)

$500x_3 + 700x_6 + 600x_9 + 400x_{12} \le 5000$(volumen en T)

$x_1 + x_2 + x_3 \le 20$ (peso máximo de carga 1)

$x_4 + x_5 + x_6 \le 16$ (peso máximo de carga 2)

$x_7 + x_8 + x_9 \le 25$ (peso máximo de carga 3)

$$x_{10} + x_{11} + x_{12} \leq 13 \text{ (peso máximo de carga 4)}$$

El peso de las cargas en los respectivos compartimentos debe ser de la misma proporción que los limites de capacidad en volumen y entre sí:

$$\frac{1}{7000}(x_1 + x_4 + x_7 + x_{10}) = \frac{1}{9000}(x_2 + x_5 + x_8 + x_{11})$$

$$\frac{1}{7000}(x_1 + x_4 + x_7 + x_{10}) = \frac{1}{5000}(x_3 + x_6 + x_9 + x_{12})$$

b) Desarrolle un programa en LINGO estructurado para resolver este problema.

```
SETS:
 COMPARTIMIENTO: LIM_TN, LIM_FT3;
 CARGA: LIM_CTN, LIM_CV;
 FORMULA(CARGA, COMPARTIMIENTO): GANANCIA, TN;
ENDSETS

DATA:
CARGA = 1..4;
COMPARTIMIENTO = 1..3;
LIM_TN = 12 18 10;
LIM_FT3 = 7000 9000 5000;
LIM_CV = 500 700 600 400;
LIM_CTN = 20 16 25 13;
GANANCIA = 320 320 320
           400 400 400
           360 360 360
           290 290 290;
ENDDATA

MAX = @SUM(FORMULA(i,j): GANANCIA(i,j) * TN(i,j));

@FOR(COMPARTIMIENTO(j):
   @SUM(CARGA(i): TN(i,j)) <= LIM_TN(j));

@FOR(CARGA(i):
   @SUM(COMPARTIMIENTO(j): TN(i,j)) <= LIM_CTN(i));

@FOR(COMPARTIMIENTO(j):
   @SUM(CARGA(i): LIM_CV(i)*TN(i,j)) <= LIM_FT3(j));

@FOR(COMPARTIMIENTO(j):
     @SUM(CARGA(i): TN(i,1)) =
(LIM_FT3(1)/LIM_FT3(j))*@SUM(CARGA(i): TN(i,j))
   );
```

Objective value: 12830.00

Variable	Value	Reduced Cost
X1	0.000000	5.000000
X2	0.000000	5.000000
X3	0.000000	5.000000
X4	1.333333	0.000000
X5	9.428571	0.000000
X6	5.238095	0.000000
X7	9.000000	0.000000
X8	0.000000	0.000000
X9	0.000000	0.000000
X10	1.666667	0.000000
X11	6.000000	0.000000
X12	3.333333	0.000000

* Recuerde que, en la formulación de un modelo matemático de programación lineal, lo primero que debe hacer es dar una descripción de las variables que se utilizarán en el modelo, indicando con completa claridad, el significado de cada variable, unidades en que se expresan y cuántas participan. Se expresan enseguida la función objetivo, las restricciones estructurales y las restricciones de no negatividad.