

## ENUNCIADO EJERCICIO N°1

### TEMA A:

Considere la siguiente formulación asociada a un problema de Programación Lineal:

Una empresa de aberturas de aluminio, dedicada a la fabricación de puertas (X) y ventanas (Y), está previendo la cantidad óptima a producir de éstos dos productos, de forma de maximizar sus ganancias, sujeto a la disponibilidad de recursos y compromisos de entrega que posee. Por lo tanto, se ha planteado el siguiente Problema de Programación Lineal:

Función objetivo:  $MAX Z = 25X + 40Y$  (Representa la maximización de las ganancias asociadas a la venta de puertas y ventanas.)

Sujeto a:

$$3X + Y \leq 200 \text{ (Metros cuadrados de aluminio disponible)}$$

$$X + Y = 120 \text{ (Horas de mano de obra disponibles.)}$$

$$X \geq 15 \text{ (Compromisos de entrega de puertas.)}$$

$$Y \geq 20 \text{ (Compromisos de entrega de ventanas.)}$$

$$X, Y \geq 0$$

Dada la información anterior resuelva:

A) Plantee el problema dual asociado. Indique claramente el procedimiento y las operaciones algebraicas que utiliza para efectuar la transformación (desde el problema primal al problema dual).

B) Resuelva el problema dual. Indique e interprete el valor óptimo de las variables duales directas.

## ENUNCIADO EJERCICIO N°1

### TEMA B:

Considere la siguiente formulación asociada a un problema de Programación Lineal:

Una empresa alimenticia, ha puesto en marcha un nuevo sector dedicado a la realización de pizzas (X) y panes (Y) aptos para el consumo celíaco. Se desea saber cuál es la combinación óptima a producir, de manera de obtener el mayor beneficio posible, sujeto a las disponibilidades de recursos y compromisos de entrega que posee. Por lo tanto, se ha planteado el siguiente Problema de Programación Lineal:

Función objetivo:  $\text{MAX } Z = 30X + 50Y$  (Representa la maximización de las ganancias asociadas a la venta de pizzas y panes.)

Sujeto a:

$$X + 3Y \leq 200 \text{ (Kilogramos de harina disponibles para la realización de pizzas y panes.)}$$

$$X + Y = 100 \text{ (Horas rentadas de horno panadero.)}$$

$$X \geq 20 \text{ (Compromiso de entrega de pizzas.)}$$

$$Y \geq 10 \text{ (Compromiso de entrega de panes.)}$$

$$X, Y \geq 0$$

Dada la información anterior resuelva:

- Plantee el problema dual asociado. Indique claramente el procedimiento y las operaciones algebraicas que utiliza para efectuar la transformación (desde el problema primal al problema dual).
- Resuelva el problema dual. Indique e interprete el valor óptimo de las variables duales directas.

## ENUNCIADO EJERCICIO N°1

### TEMA C:

Considere la siguiente formulación asociada a un problema de Programación Lineal:

En una empresa textil se desean maximizar las ganancias asociadas a la venta de chaquetas (X) y pantalones (Y). Las cantidades a producir están sujetas tanto a la disponibilidad de recursos como a los compromisos de entrega con clientes. Por lo tanto, se ha planteado el siguiente Problema de Programación Lineal:

Función objetivo:  $MAX Z = 35X + 20Y$  (Representa la maximización de las ganancias asociadas a la venta de chaquetas y pantalones.)

Sujeto a:

$$3X + 2Y \leq 350 \text{ (Metros de tela disponibles para la realización de chaquetas y pantalones.)}$$

$$X + Y = 150 \text{ (Horas de utilización pactadas en la máquina bordadora.)}$$

$$X \geq 25 \text{ (Compromiso de entrega de chaquetas.)}$$

$$Y \geq 30 \text{ (Compromiso de entrega de pantalones.)}$$

$$X, Y \geq 0$$

Dada la información anterior resuelva:

A) Plantee el problema dual asociado. Indique claramente el procedimiento y las operaciones algebraicas que utiliza para efectuar la transformación (desde el problema primal al problema dual).

B) Resuelva el problema dual. Indique e interprete el valor óptimo de las variables duales directas.

## ENUNCIADO EJERCICIO N°2

### TEMA A:

**IMPORTANTE: Copie y pegue todas las pantallas de resolución del software que haya utilizado para la resolución o que considere necesarias para justificar los enunciados. La resolución debe demostrar conocimientos de Análisis de Sensibilidad.**

Softtek SRL es una consultora multinacional dedicada a la realización de tres tipos de proyectos: Consultoría (C), Implementación (I) y Mantenimiento Correctivo (M). Los tres servicios requieren de tres tipos de profesionales con distintas categorías y cierta cantidad de personal administrativo. La cantidad de cada personal utilizada por cada tipo de servicio se muestra en la siguiente tabla:

	Consultoría	Implementación	Mant. Correctivo	Disponibilidad
Consultor Tipo A	8	6	12	16000
Consultor Tipo B	4	4	6	14400
Consultor Tipo C	8	4	10	20800
Personal Administrativo	12	18	10	17200

La empresa tiene el compromiso de contratar, al menos, a 500 consultores de categoría A, 250 de categoría B y 400 de categoría C. Cada Consultoría (C) produce a la compañía una ganancia de 14\$, cada Implementación (I) una ganancia de 14\$ y Mantenimiento Correctivo (M) una ganancia de \$12.

Como Ingeniero Industrial a cargo de la planificación del personal, se le solicitó determinar un Plan de Servicio Óptimo para la semana siguiente. Usted armó la siguiente formulación matemática:

$$\begin{aligned} \text{MAX } Z &= 14C + 14I + 12M \\ \text{S.T.} \\ 8C + 6I + 12M &\leq 16000 && \text{(recurso consultor A)} \\ 4C + 4I + 6M &\leq 14400 && \text{(recurso consultor B)} \\ 8C + 4I + 10M &\leq 20800 && \text{(recurso consultor C)} \\ 12C + 18I + 10M &\leq 17200 && \text{(personal administrativo)} \\ C &\geq 500 && \text{(demanda de consultores A)} \\ I &\geq 250 && \text{(demanda de consultores B)} \\ M &\geq 400 && \text{(demanda de consultores C)} \\ C, I, M &\geq 0 && \text{(restricciones lógicas)} \end{aligned}$$

- Determine si la formulación matemática indicada es correcta o si debe corregirse. Luego, resuelva el problema mediante el uso de SOLVER o LINDO. ¿Cuál es el Plan de Servicios Óptimo de la empresa para la próxima semana?
- ¿Es posible calcular el valor del funcional ante una disminución de 200 unidades del recurso consultores C y el aumento del 5% de la demanda de consultores C? De ser así, demuéstrela con las herramientas propuestas por la cátedra.
- Interprete el precio dual del recurso consultor A. ¿La empresa estaría dispuesta a conseguir en el mercado un consultor A adicional por 5\$/u? ¿Cuál sería el valor del funcional si la cantidad se redujera en 35 unidades?
- Su supervisor le solicita averiguar si el Plan de Servicios actual es viable si se decide aumentar la ganancia de los Servicios de Implementación (I) un 40%. ¿Qué podría indicar en base al Análisis de Sensibilidad?

## ENUNCIADO EJERCICIO N°2

### TEMA B:

**IMPORTANTE: Copie y pegue todas las pantallas de resolución del software que haya utilizado para la resolución o que considere necesarias para justificar los enunciados. La resolución debe demostrar conocimientos de Análisis de Sensibilidad.**

Sticlkey Furniture es fabricante de muebles finos hechos a mano. Para el siguiente periodo de producción, la administración está considerando producir mesas de comedor, sillas de comedor y/o libreros. El tiempo que se necesita para que cada artículo atraviese por las dos etapas de producción (ensamblado y terminado), la cantidad de madera que se requiere (madera fina de cerezo) y las correspondientes ganancias unitarias se dan en la tabla que sigue, junto con la cantidad de cada recurso disponible en el siguiente periodo de producción.

	Mesas	Sillas	Libreros	Disponibles
Ensamble (minutos)	80	40	50	8 100
Terminado (minutos)	30	20	30	4 500
Madera (libras)	80	10	50	9 000
<hr/>				
Ganancia unitaria	\$360	\$125	\$300	

Como el único Ingeniero Industrial con conocimientos de Investigación Operativa en la empresa, su Supervisor le solicitó que formule un modelo de Programación Lineal para determinar los niveles de producción que maximizarían las ganancias. Luego de formular y resolver el problema por SOLVER, armó el siguiente reporte de Sensibilidad:

Celdas ajustables						
Celda	Nombre	Valor final	Costo reducido	Coficiente objetivo	Aumento permitido	Disminución permitida
\$C\$12	Producción de mesas	20	0	360	120	60
\$D\$12	Producción de sillas	0	-88.333	125	88.333	1E+30
\$E\$12	Producción de libreros	130	0	300	60	75
Restricciones						
Celda	Nombre	Valor final	Precio sombra	Restricción del lado derecho	Aumento permitido	Disminución permitida
\$F\$7	Ensamble (minutos)	8 100	2	8 100	900	600
\$F\$8	Acabado (minutos)	4 500	6.67	4 500	360	1 462.5
\$F\$9	Madera (libras)	8 100	0	9 000	1E+30	900

- ¿Cuál es el Plan de Producción Óptimo de la empresa? ¿Cuál es el valor del funcional?
- Suponga que la ganancia por mesa aumenta 50 dólares y la ganancia por librero se reduce 30. ¿Este cambio modificará las cantidades óptimas de producción? ¿Qué se puede decir acerca de la ganancia total? ¿Conviene esta modificación de precios? Demuéstrelo con las herramientas propuestas por la cátedra.
- Su supervisor observó el reporte y no entiende por qué el precio sombra para la restricción de la madera es cero. ¿Cómo podría explicárselo? ¿Qué ocurriría con el valor del funcional si la madera se redujera en un 5%?
- A la empresa le preocupa que el modelo indique que no conviene fabricar sillas. Está considerando aumentar el margen de ganancia de las mismas a 180\$. ¿Considera que esto haría que valga la pena su fabricación?

## ENUNCIADO EJERCICIO N°2

### TEMA C:

**IMPORTANTE: Copie y pegue todas las pantallas de resolución del software que haya utilizado para la resolución o que considere necesarias para justificar los enunciados. La resolución debe demostrar conocimientos de Análisis de Sensibilidad.**

Como Ingeniero Industrial de una empresa productora de lácteos, se le ha encomendado minimizar el costo en la elaboración de las raciones para vacas lecheras. Del análisis, se sabe que existen dos alimentos: un concentrado (C) y un forraje (F). Hay tres tipos de nutrientes: proteína cruda, energía neta de lactancia y fibra cruda. Se conoce el precio por kilogramo de cada uno de los alimentos y las necesidades nutritivas de las vacas lecheras.

Con dicha información, fue posible armar un modelo de Programación Lineal:

$$\text{MIN } Z = 110 C + 50 F$$

S.T.

$$120 C + 200 F \geq 1500 \text{ (requerimiento mínimo de proteína cruda)}$$

$$2 C + 1.3 F \geq 16.5 \text{ (requerimiento mínimo de energía neta de lactancia)}$$

$$100 C + 280 F \leq 2000 \text{ (requerimiento máximo de fibra cruda)}$$

$$100 C + 280 F \geq 1300 \text{ (requerimiento mínimo de fibra cruda)}$$

$$C, F \geq 0$$

Genere un informe de sensibilidad mediante LINDO y responda a los siguientes incisos en base a la solución obtenida:

- ¿Qué sucedería con el plan de elaboración de raciones actual si el requerimiento mínimo de proteína cruda aumentara a un valor de 1600 unidades? ¿Y si aumentara a 1700 unidades? Indique la ganancia óptima en ambos casos haciendo uso de las herramientas brindadas por la cátedra.
- ¿Qué sucedería con el plan de elaboración de raciones actual si los requerimientos mínimos y máximo de fibra cruda se estrecharan adquiriendo los valores de 1400 y 1900 respectivamente? En caso de ser posible, halle el nuevo valor del funcional.
- Observando el reporte, su supervisor no puede entender qué significa el precio dual asociado a la restricción de requerimiento mínimo de energía neta de lactancia. ¿Cómo podría explicárselo claramente?
- Recientemente el proveedor del insumo concentrado (C) ha comunicado que piensa elevar el precio en que comercializa su producto en un 5%. Como el único Ingeniero Industrial de la empresa, se le solicita analizar si se debe cambiar el plan de elaboración de raciones actual.

## ENUNCIADO EJERCICIO N°3

### TEMA A:

La Texago Corporation cuenta con cuatro campos petroleros, cuatro refinerías y cuatro centros de refinación. Una huelga muy importante que involucra a la industria del transporte ha reducido mucho la capacidad de Texago de embarcar petróleo de las cuatro refinerías y productos petroleros a los centros de distribución. Las Tablas que siguen muestran el costo en miles de unidades monetarias (u.m.) por cada mil barriles embarcados diariamente desde cada campo petrolero a cada refinería y desde cada refinería a cada centro de distribución.

Refinería				
Campo petrolero	Nueva Orleáns	Charleston	Seattle	San Luis
Texas	11	7	2	8
California	5	4	8	7
Alaska	7	3	12	6
Este medio	8	9	4	15

Centro de distribución				
Refinería	Pittsburgh	Atlanta	Kansas City	San Francisco
Nueva Orleáns	5	9	6	4
Charleston	8	7	9	5
Seattle	4	6	7	8
San Louis	12	11	9	7

Las capacidades de producción diarias de los campos petroleros de Texas, California, Alaska y Este medio son de 20, 28, 29 y 30 miles de barriles respectivamente. La cantidad máxima que puede ser enviada a través de las cañerías que existen entre cada campo de petróleo y cada refinería es de 7 mil de barriles por día. Asimismo, a través de las cañerías que unen las refinerías y los centros de distribución pueden enviarse hasta 10 mil barriles por día.

La Texago Management ahora quiere determinar un plan para saber cuántas unidades debe enviar de cada campo petrolero a cada refinería y de cada refinería a cada centro de distribución para suplir la demanda de cada centro de distribución. La demanda de los centros de distribución es de 18, 20, 14 y 20 unidades de miles de barriles para Pittsburg, Atlanta, Kansas City y San Francisco respectivamente.

A) Formule el modelo de optimización que permite resolver el problema planteado definiendo claramente el significado de los conjuntos, parámetros y variables utilizadas. Además, explique el significado de la función objetivo y las restricciones.

B) Encuentre e interprete la solución óptima al problema formulado mediante MS Excel. En la entrega de este enunciado debe adjuntar la planilla de cálculo de MS Excel utilizada para resolver.

## ENUNCIADO EJERCICIO N°3

### TEMA B:

En un aeropuerto pequeño pero creciente, la empresa local de aviación ha comprado un tractor nuevo para un tren de tractor-remolque para llevar el equipaje de ida y vuelta a los aviones. En tres años se instalará un nuevo sistema mecanizado para el manejo de equipaje, de modo que el tractor no será necesario después. Sin embargo, como va a recibir un uso pesado, los costos de operación y mantenimiento se incrementarán con rapidez a medida que envejezca, por lo que pudiera ser más económico sustituir el tractor después de uno o dos años. En la siguiente tabla se da el costo neto total descontado asociado a la compra del tractor (precio de compra menos precio de canje más costos de operación y mantenimiento) al final del año  $i$  y su canje al final del año  $j$ . Actualmente es el año 0.

	$j$		
	1	2	3
$i$			
0	\$8 000	\$18 000	\$31 000
1		10 000	21 000
2			12 000

La administración desea determinar en qué momento (si se hace) debe reemplazarse el tractor para minimizar el costo total de los tractores durante tres años.

A) Formule el modelo de optimización que permite resolver el problema planteado definiendo claramente el significado de los conjuntos, parámetros y variables utilizadas. Además, explique el significado de la función objetivo y las restricciones.

B) Encuentre e interprete la solución óptima al problema formulado mediante MS Excel. En la entrega de este enunciado debe adjuntar la planilla de cálculo de MS Excel utilizada para resolver.

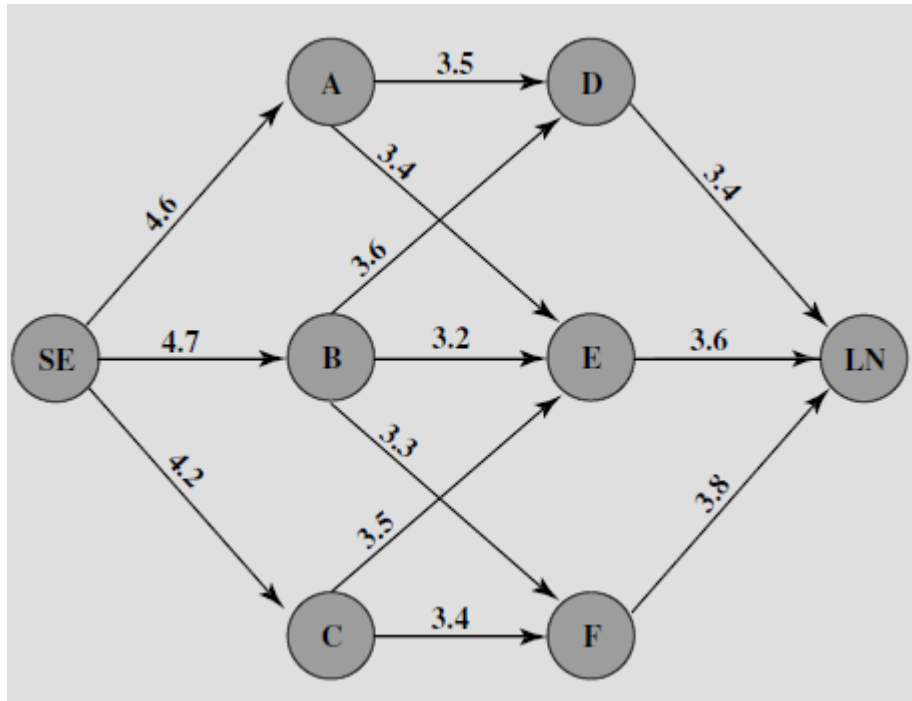
C) ¿Puede aplicarse el algoritmo Simplex para resolver el problema formulado en A? En caso de ser posible, ¿conviene aplicarlo o recomendaría algún otro? Justifique su respuesta.



## ENUNCIADO EJERCICIO N°3

### TEMA C:

Está a punto de despegar de Seattle uno de los aviones de Speedy Airlines en un vuelo sin escalas a Londres. Dependiendo de las condiciones del clima, existe alguna flexibilidad para elegir la ruta precisa, donde SE y LN son, respectivamente, Seattle y Londres, y los otros nodos representan diversas ubicaciones intermedias. Los vientos a lo largo de cada una de ellas afectan mucho el tiempo de vuelo (y por ende, el consumo de combustible). De acuerdo con los informes meteorológicos actuales, en los arcos anteriores se muestran los tiempos de vuelo (en horas) para este vuelo en especial. Debido a que el combustible que se consume es muy costoso, la administración de Speedy Airlines ha establecido la política de optar por la ruta que minimice el tiempo total de vuelo.



- A) Formule el modelo de optimización que permite resolver el problema planteado definiendo claramente el significado de los conjuntos, parámetros y variables utilizadas. Además, explique el significado de la función objetivo y las restricciones.
- B) Encuentre e interprete la solución óptima al problema formulado mediante MS Excel. En la entrega de este enunciado debe adjuntar la planilla de cálculo de MS Excel utilizada para resolver.
- C) ¿La naturaleza de las variables del problema formulado en A) son continuas o enteras? En caso de poder ser ambas, ¿qué opción sería más eficiente? Justifique sus respuestas.

## ENUNCIADO EJERCICIO N°4

### TEMA A:

La empresa Castell S.A dedicada a la producción de lápices ha decidido lanzar al mercado un producto innovador. Por esto ha diseñado un programa de tareas cuyas actividades se describen a continuación.

ID	TAREA	PREDECESORA	DURACIÓN (minutos)	RECURSO (Personal)
1	A		30	10
2	B	1	6	5
3	C	2;7	4	8
4	D	1	5	12
5	E	4	10	20
6	F	5	8	4
7	G	1	14	10
8	H	3;6	2	5

- Construir el diagrama de red correspondiente al proyecto (puede ser una imagen o el formato que usted desee, pero lo pedimos que sea claro legible y prolijo).
- Calcule la duración total del proyecto. ¿Cuales son actividades críticas? ¿Por qué reciben ese nombre?
- Calcule los márgenes totales y libres, e intérprete su significado.
- Realice el diagrama calendario en fechas tempranas.
- Realice el diagrama de carga recurso y calcule el porcentaje de aprovechamiento. Determine si es posible mejorar en alguna medida ese porcentaje. Justifique su respuesta (puede ser una imagen o el formato que usted desee, pero lo pedimos que sea claro legible y prolijo).

## ENUNCIADO EJERCICIO N°4

### TEMA C:

1) Para ensanchar un tramo de la ruta provincial 73 se requiere reubicar 1900 metros de una línea de cableado de transmisión eléctrica. La siguiente tabla resume las actividades de las fases 2 y 3 del proyecto.

Fase		Actividad	Predecesoras	Duración (días)
2	H	Recepción del material del almacén	-	1
	I	Hacer agujeros	-	2
	J	Estacar postes	H	4
	K	Tendido eléctrico	I, H	4
	L	Energizar la nueva línea	J	2
3	M	Limpieza general	H	2
	N	Quitar postes no utilizados	J	1
	O	Regresar material no utilizado al almacén	K	1

- I. Construir el diagrama de red correspondiente al proyecto (puede ser una imagen o el formato que usted desee, pero lo pedimos que sea claro legible y prolijo).
- II. Calcule la duración total del proyecto. ¿Cuáles son actividades críticas? ¿Por qué reciben ese nombre?
- III. Dibuje el diagrama de Gantt para fechas tempranas. Calcule los márgenes totales y libres e intérprete su significado.

2) Para la misma situación del inciso 1, se plantea un escenario más real, estimando los tiempos optimistas, más probable y pesimistas de cada actividad, como muestra la siguiente tabla.

	Actividad	Tiempo optimista	Tiempo más probable	Tiempo Pesimista
H	Recepción del material del almacén	0.5	1	1.5
I	Hacer agujeros	1.5	2	4
J	Estacar postes	3	4	7
K	Tendido eléctrico	3	4	8
L	Energizar la nueva línea	1	2	3
M	Limpieza general	1.5	2	4
N	Quitar postes no utilizados	0.75	1	2
O	Regresar material no utilizado al almacén	0.5	1	1.5

- I. ¿Cuál es duración esperada del proyecto?
- II. ¿Cuál es la probabilidad de terminar el proyecto antes de 7 días?