Universidad del Caribe

2000 CANCUN, QUINTANA ROO, MÉXICO

CONOCIMIENTO Y CULTURA PARA EL DESARROLLO HUMANO

Investigación/Reporte/Resumen:

solver

Asignatura:

Cómputo

Caamal Carreño Fernando Gabriel

MATRÍCULA: **250300436**

PROGRAMA EDUCATIVO: **LIC/ING EN Negocios Internacionales**

Presentado a:

PROF. Ismael

Cancún, Quintana Roo Abril XX, 2023

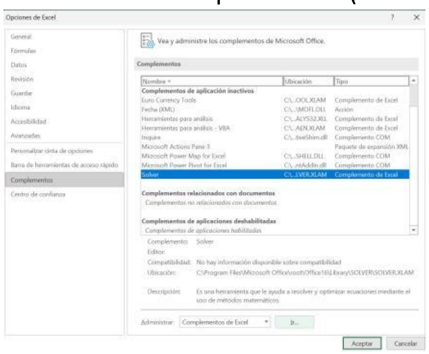
EJERCICIO 1 SOLVER EN EXCEL

Excel incluye una herramienta llamada Solver que utiliza técnicas de investigación de operaciones (operations research), un campo centrado en optimizar decisiones, para resolver todo tipo de problemas.

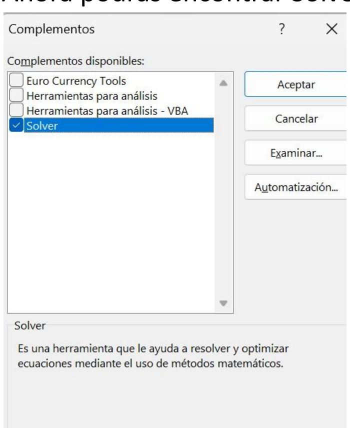
Cargar el complemento Solver

Para habilitar Solver, haz lo siguiente:

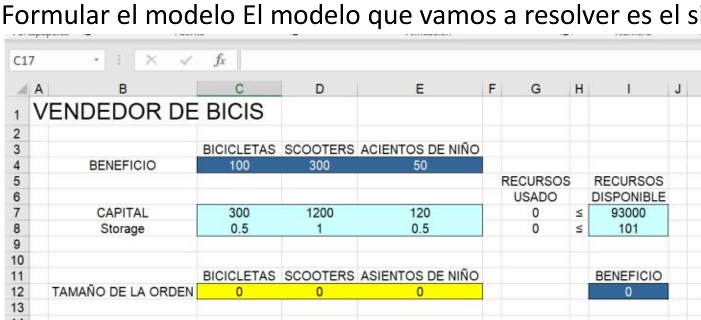
1. En la pestaña Archivo, haz clic en Opciones.
2. En la sección Complementos (Add-ins), selecciona Solver Add-in y haz clic en el botón Ir (Go).



3. Marca la casilla Solver Add-in y haz clic en Aceptar (OK).
4. Ahora podrás encontrar Solver en la pestaña Datos (Data), dentro del grupo Analizar (Analyze).



Formular el modelo El modelo que vamos a resolver es el siguiente:



	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	VENDEDOR DE BICIS									
2										
3			BICICLETAS	SCOOTERS	ACIENTOS DE NIÑO					
4		BENEFICIO	100	300	50					
5							RECURSOS		RECURSOS	
6							USADO		DISPONIBLE	
7		CAPITAL	300	1200	120		0	≤	93000	
8		Storage	0.5	1	0.5		0	≤	101	
9										
10										
11			BICICLETAS	SCOOTERS	ASIENTOS DE NIÑO				BENEFICIO	
12		TAMAÑO DE LA ORDEN	0	0	0				0	
13										
14										

1. Para formular este modelo de programación lineal, responde tres preguntas:
   a. ¿Qué decisiones hay que tomar? → En este caso, Excel debe averiguar cuánto pedir de cada producto (bicicletas, ciclomotores y asientos para niños).
   b. ¿Cuáles son las restricciones de estas decisiones? → Las restricciones son que el capital disponible y el espacio de almacenamiento no pueden excederse. Por ejemplo, cada bicicleta usa 300 unidades de capital y 0.5 unidades de almacenamiento.
   c. ¿Cuál es la medida general de desempeño? → El rendimiento que queremos maximizar es la ganancia total de los tres productos.

2. Para que el modelo sea más claro, crea estos rangos con nombre (“named ranges”):

Nombre del rango	Células
Beneficio unitario	C4:E4
Tamaño del pedido	C12:E12
Recursos utilizados	G7:G8
Recursos disponibles	17:18
Beneficio total	I12

3. Inserta las siguientes funciones SUMPRODUCT para modelar el uso de recursos y la ganancia total:

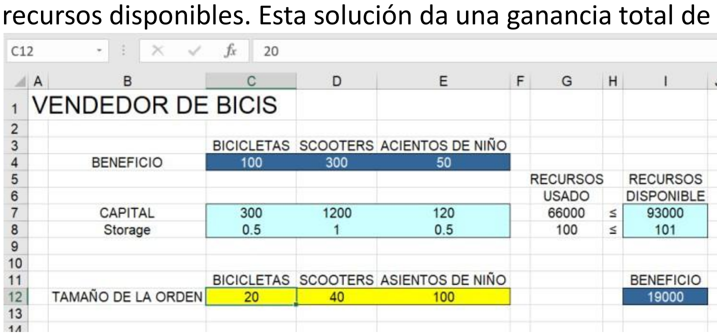
	B	C	D	E	F	G	H	I
3		BICICLETAS	SCOOTERS	ACIENTOS DE NIÑO				
4	BENEFICIO	100	300	50				
5						RECURSOS		RECURSOS
6						USADO		DISPONIBLE
7	CAPITAL	300	1200	120		0	≤	93000
8	Storage	0.5	1	0.5		0	≤	101
11		BICICLETAS	SCOOTERS	ASIENTOS DE NIÑO				BENEFICIO
12	TAMAÑO DE LA ORDEN	0	0	0				OrderSize)

El capital usado es la suma producto entre los recursos por unidad (C7:E7) y la cantidad que se pide (OrderSize). El espacio usado es la suma producto entre el espacio por unidad (C8:E8) y el OrderSize. La ganancia total (TotalProfit) es la suma producto entre UnitProfit y OrderSize.

Prueba manual (Trial and Error)

Con esta formulación, es fácil probar soluciones manuales:

Por ejemplo: si pides 20 bicicletas, 40 ciclomotores y 100 asientos para niños, no se exceden los recursos disponibles. Esta solución da una ganancia total de 19,000.



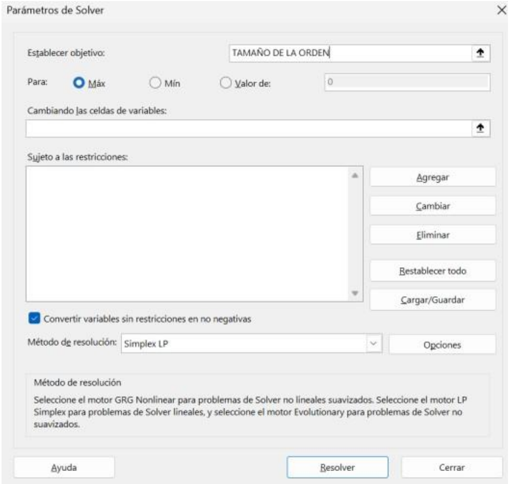
	B	C	D	E	F	G	H	I
3		BICICLETAS	SCOOTERS	ACIENTOS DE NIÑO				
4	BENEFICIO	100	300	50				
5						RECURSOS		RECURSOS
6						USADO		DISPONIBLE
7	CAPITAL	300	1200	120		66000	≤	93000
8	Storage	0.5	1	0.5		100	≤	101
11		BICICLETAS	SCOOTERS	ASIENTOS DE NIÑO				BENEFICIO
12	TAMAÑO DE LA ORDEN	20	40	100				19000

Pero no es necesario usar ensayo y error para encontrar la mejor solución: Solver lo puede hacer automáticamente.

Resolver el modelo con Solver

Para que Solver encuentre la solución óptima, sigue estos pasos:

1. En la pestaña Datos, dentro del grupo Analizar, haz clic en Solver.



2. En los parámetros de Solver:

   Para el Objetivo (Objective), escribe TotalProfit. Haz clic en Max (maximizar). Para las celdas cambiantes (Changing Variable Cells), selecciona OrderSize.

3. Haz clic en Agregar (Add) para introducir las restricciones necesarias.
4. Marca la opción Make Unconstrained Variables Non-Negative ("Hacer que las variables sin restricciones sean no negativas") y selecciona el método Simplex LP.
5. Finalmente, haz clic en Solve (Resolver).

Resultado esperado:

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	Cycle Trader									
2										
3			Bicycles	Mopeds	Child Seats					
4		Unit Profit	100	300	50					
5							Resources		Resources	
6							Used		Available	
7		Capital	300	1200	120		93000	≤	93000	
8		Storage	0.5	1	0.5		101	≤	101	
9										
10										
11			Bicycles	Mopeds	Child Seats				Total Profit	
12		Order Size	94	54	0				25600	
13										

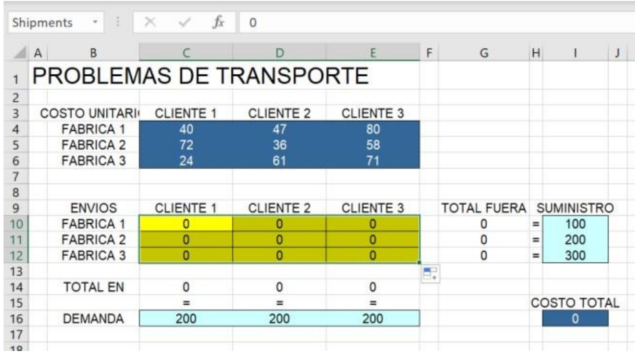
La solución óptima es ordenar 94 bicicletas y 54 ciclomotores. Con esa combinación se alcanza una ganancia máxima de 25,600. Además, se usan todos los recursos disponibles exactamente.
Te invitan a probar tú mismo: puedes descargar el archivo de Excel y verificar la solución óptima.

EJERCICIO 2 PROBLEMA DE TRANSPORTE EN EXCEL

Usa el *Solver* en Excel para encontrar cuántas unidades enviar desde cada fábrica a cada cliente de forma que se minimice el costo total.

Formular el modelo

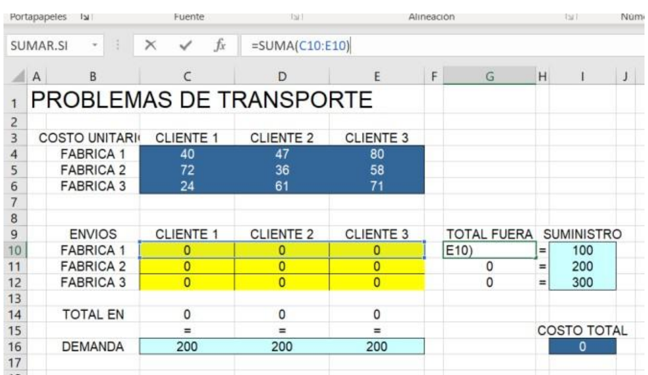
El modelo que vamos a resolver es el siguiente:



1. Para formular este problema de transporte, responde las siguientes tres preguntas:
   a. ¿Qué decisiones deben tomarse? → En este problema, Excel debe averiguar cuántas unidades enviar desde cada fábrica a cada cliente.
   b. ¿Cuáles son las restricciones de estas decisiones? → Cada fábrica tiene una oferta fija y cada cliente una demanda fija.
   c. ¿Cuál es la medida global de desempeño para estas decisiones? → La medida de desempeño es el costo total de los envíos, por lo que el objetivo es minimizar esa cantidad.
2. Para que el modelo sea más claro, crea los siguientes rangos con nombre (“named ranges”):

Range Name	Cells
UnitCost	C4:E6
Shipments	C10:E12
TotalIn	C14:E14
Demand	C16:E16
TotalOut	G10:G12
Supply	I10:I12
TotalCost	I16

3. Inserta las siguientes funciones:



Las funciones SUM calculan el total enviado desde cada fábrica (Total Out) y a cada cliente (Total In). El costo total (Total Cost) es la suma producto (*SUMPRODUCT*) entre UnitCost y Shipments.

Prueba por ensayo y error (Trial and Error)

Con esta formulación, es fácil analizar una solución de prueba:

Por ejemplo: si enviamos 100 unidades de la Fábrica 1 al Cliente 1, 200 unidades de la Fábrica 2 al Cliente 2, 100 unidades de la Fábrica 3 al Cliente 1 y 200 unidades de la Fábrica 3 al Cliente 3, entonces *Total Out* iguala a *Supply* y *Total In* iguala a *Demand*. Esa solución tiene un costo total de 27,800. Pero no es necesario usar solo ensayo y error: podemos usar Solver para encontrar automáticamente la mejor solución.

C13

PROBLEMAS DE TRANSPORTE

COSTO UNITARI	CLIENTE 1	CLIENTE 2	CLIENTE 3
FABRICA 1	40	47	80
FABRICA 2	72	36	58
FABRICA 3	24	61	71

ENVIOS	CLIENTE 1	CLIENTE 2	CLIENTE 3	TOTAL FUERA		SUMINISTRO
FABRICA 1	100	0	0	100	=	100
FABRICA 2	0	200	0	200	=	200
FABRICA 3	100	0	200	300	=	300
TOTAL EN	200	200	200			
	=	=	=			COSTO TOTAL
DEMANDA	200	200	200			27800

Resolver el modelo con Solver

Para que Solver encuentre la solución óptima, sigue estos pasos:

1. En la pestaña Datos (Data), en el grupo Analizar (Analyze), haz clic en Solver.
2. En los parámetros de Solver:

Para el Objetivo, escribe TotalCost. Selecciona Min (mínimo). Para las celdas variables, ingresa Shipments.

3. Haz clic en Agregar (Add) para introducir las restricciones:

(Aquí habría que agregar las restricciones de oferta, demanda, etc., según el modelo)

4. Marca la opción Make Unconstrained Variables Non-Negative (“Hacer que las variables sin restricciones sean no negativas”) y selecciona el método Simplex LP.
5. Finalmente, haz clic en Solve (Resolver).

Resultado (solución óptima):

TotalCost =SUMAPRODUCTO(UnitCost,Shipments)

PROBLEMAS DE TRANSPORTE

COSTO UNITARI	CLIENTE 1	CLIENTE 2	CLIENTE 3
FABRICA 1	40	47	80
FABRICA 2	72	36	58
FABRICA 3	24	61	71

ENVIOS	CLIENTE 1	CLIENTE 2	CLIENTE 3	TOTAL FUERA		SUMINISTRO
FABRICA 1	0	100	0	100	=	100
FABRICA 2	0	100	100	200	=	200
FABRICA 3	200	0	100	300	=	300
TOTAL EN	200	200	200			
	=	=	=			COSTO TOTAL
DEMANDA	200	200	200			26000

La solución óptima es: enviar 100 unidades de la Fábrica 1 → Cliente 2, 100 unidades de la Fábrica 2 → Cliente 2, 100 unidades de la Fábrica 2 → Cliente 3, 200 unidades de la Fábrica 3 → Cliente 1, y 100 unidades de la Fábrica 3 → Cliente 3. Este envío da el costo mínimo de 26,000. Todas las restricciones se satisfacen con esta solución.

EJERCICIO 3 PROBLEMA DE ASIGNACION EN EXCEL

Usa el *Solver* en Excel para encontrar la asignación de personas a tareas que minimice el costo total.

Formular el modelo

El modelo que vamos a resolver se ve así en Excel.

1. Para formular este problema de asignación, responde estas tres preguntas.

a. ¿Qué decisiones deben tomarse? → En este problema, Excel debe averiguar qué persona asignar a qué tarea (Sí = 1, No = 0). Por ejemplo, si asignamos a la Persona 1 la Tarea 1, la celda C10 vale 1. Si no, la celda C10 vale 0.

b. ¿Cuáles son las restricciones de estas decisiones? → Cada persona solo puede hacer una tarea (Supply = 1). Cada tarea solo necesita una persona (Demand = 1).

c. ¿Cuál es la medida general de desempeño para estas decisiones? → La medida de desempeño es el costo total de la asignación, por lo que el objetivo es minimizar esa cantidad.

2. Para que el modelo sea más claro, crea los siguientes rangos con nombre ("named ranges"):

Nombre del rango	Células
Costo	C4:E6
Asignación	C10:E12
Personas asignadas	C14:E14
Demanda	C16:E16
Tareas asignadas	G10:G12
Suministrar	I10:I12
Costo total	I16

3. Inserta las siguientes funciones:

Las funciones SUM calculan el número de tareas asignadas a una persona y el número de personas asignadas a una tarea. El costo total (Total Cost) es la suma producto (*SUMPRODUCT*) entre *Cost* y *Assignment*.

Prueba por ensayo y error

Con esta formulación, es fácil analizar una solución tentativa.

Por ejemplo, si asignamos a la Persona 1 la Tarea 1, Persona 2 la Tarea 2 y Persona 3 la Tarea 3, *Tasks Assigned* iguala *Supply* y *Persons Assigned* iguala *Demand*. Esta solución tiene un costo total de 147. Pero no es necesario usar solo ensayo y error: usaremos Solver para encontrar automáticamente la mejor solución.

TotalCost | =SUMAPRODUCTO(Cost,Assignment)

PROBLEMAS DE ASIGNACION

COSTO	TAREA 1	TAREA 2	TAREA 3
PERSONA 1	40	47	80
PERSONA 2	72	36	58
PERSONA 3	24	61	71

ASIGNACION	TAREA 1	TAREA 2	TAREA 3	TAREAS ASIGNADAS		SUPLEMENTE
PERSONA 1	1	0	0	1	=	1
PERSONA 2	0	1	0	1	=	1
PERSONA 3	0	0	1	1	=	1
PERSONAS ASIGNADAS	1	1	1			
	=	=	=			COSTO TOTAL
DEMANDA	1	1	1			147

Resolver el modelo con Solver

Para que Solver encuentre la solución óptima, sigue estos pasos:

1. En la pestaña Datos (Data), en el grupo Analizar (Analyze), haz clic en Solver.

Nota: si no encuentras el botón Solver, necesitas cargar el complemento Solver.

2. Ingresa los parámetros de Solver:

Para el Objetivo, escribe TotalCost. Haz clic en Min (mínimo). Para las celdas variables, ingresa Assignment.

3. Haz clic en Agregar (Add) para introducir las restricciones:

Debes definir las restricciones de suministro (“Supply”), demanda (“Demand”) y el carácter binario de las variables (0 o 1).

4. Marca la opción Make Unconstrained Variables Non-Negative (“Hacer que las variables sin restricciones sean no negativas”) y selecciona el método Simplex LP.
5. Finalmente, haz clic en Solve (Resolver).

Resultado (solución óptima):

TotalCost | =SUMAPRODUCTO(Cost,Assignment)

PROBLEMAS DE ASIGNACION

COSTO	TAREA 1	TAREA 2	TAREA 3
PERSONA 1	40	47	80
PERSONA 2	72	36	58
PERSONA 3	24	61	71

ASIGNACION	TAREA 1	TAREA 2	TAREA 3	TAREAS ASIGNADAS		SUPLEMENTE
PERSONA 1	0	1	0	1	=	1
PERSONA 2	0	0	1	1	=	1
PERSONA 3	1	0	0	1	=	1
PERSONAS ASIGNADAS	1	1	1			
	=	=	=			COSTO TOTAL
DEMANDA	1	1	1			129

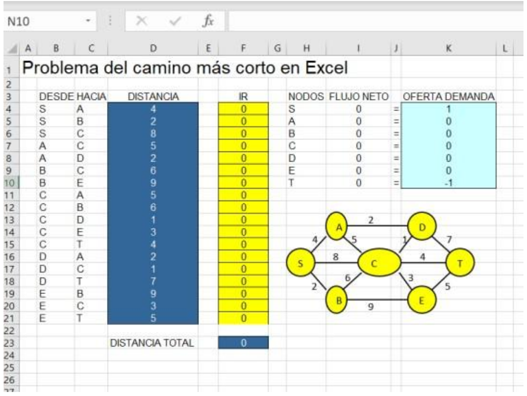
La solución óptima: asignar Persona 1 a Tarea 2, Persona 2 a Tarea 3 y Persona 3 a Tarea 1. Esto da el costo mínimo de 129. Todas las restricciones se satisfacen.

EJERCICIO 4 PROBLEMA DEL CAMINO MAS CORTO EN EXCEL

Usa el Solver en Excel para encontrar el camino más corto desde el nodo S hasta el nodo T en una red no dirigida. Los puntos de una red se llaman *nodos* (S, A, B, C, D, E y T). Las líneas (conexiones) en la red se llaman *arcos* (SA, SB, SC, AC, etc.).

Formular el modelo

El modelo que vamos a resolver se ve así en Excel:



1. Para plantear este problema del camino más corto, responde las siguientes tres preguntas:

   a. ¿Qué decisiones deben tomarse? → En este problema, Excel debe determinar si un arco forma parte del camino más corto o no (Sí = 1, No = 0). Por ejemplo, si el arco SB está en el camino más corto, la celda F5 vale 1; si no, vale 0.

   b. ¿Cuáles son las restricciones sobre estas decisiones? → El flujo neto (Flow Out – Flow In) de cada nodo debe ser igual a su oferta/demanda:

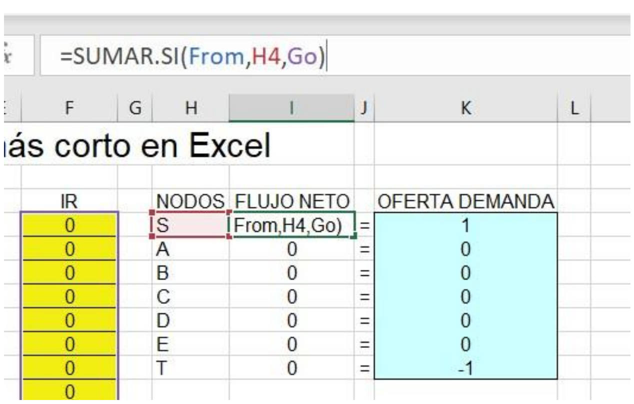
      - El nodo S debe tener solo un arco saliente (flujo neto = 1).
      - El nodo T debe tener solo un arco entrante (flujo neto = –1).
      - Todos los demás nodos deben tener un arco saliente y uno entrante si forman parte del camino (flujo neto = 0), o ningún flujo si no están en el camino (también flujo neto = 0).

   c. ¿Cuál es la medida general de desempeño para estas decisiones? → La medida es la distancia total del camino más corto, por lo que el objetivo es minimizar esa distancia.

2. Para que el modelo sea más claro, crea los siguientes rangos con nombre ("named ranges"):

Range Name	Cells
From	B4:B21
To	C4:C21
Distance	D4:D21
Go	F4:F21
NetFlow	I4:I10
SupplyDemand	K4:K10
TotalDistance	F23

3. Inserta las siguientes funciones:

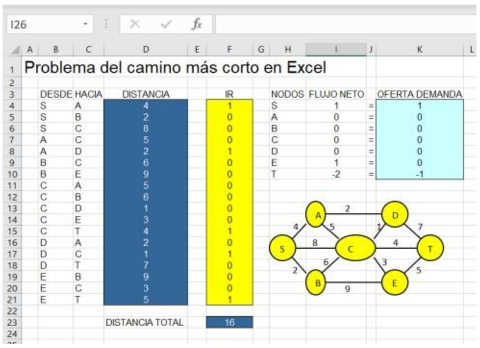


- Usa SUMIF para calcular el flujo neto de cada nodo:

- Por ejemplo, para el nodo S, la función SUMIF suma los valores de la columna *Go* cuando la columna *From* es "S". Esto asegura que solo un arco saliente de S esté activo (valor 1).
- Para el nodo T, SUMIF suma valores de *Go* cuando la columna *To* es "T", de forma que solo un arco entrante sea 1.
- Para los otros nodos, se hace una versión combinada para revisar tanto la columna *From* como *To*, para asegurar el flujo correcto.
- Para la distancia total, usa SUMPRODUCT entre *Distance* y *Go*. Esto multiplica la distancia de cada arco por si está activo o no, y suma todo para dar la distancia total que recorre el camino seleccionado.

Ensayo y error (Trial and Error)

Con esa formulación, puedes probar soluciones manualmente para ver qué tan largas son:


Problema del camino más corto en Excel

DESDE	HACIA	DISTANCIA	IR
S	A	4	1
S	B	2	0
S	C	8	0
A	C	5	0
A	D	2	1
B	C	6	0
B	E	9	0
C	A	5	0
C	B	6	0
C	D	1	0
C	E	3	0
C	T	4	1
D	A	2	0
D	C	1	1
D	T	7	0
E	B	9	0
E	C	3	0
E	T	5	1
	DISTANCIA TOTAL		16

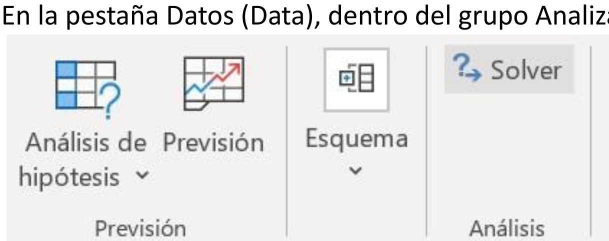
NODOS	FLUJO NETO		OFERTA DEMANDA
S	1	=	1
A	0	=	0
B	0	=	0
C	0	=	0
D	0	=	0
E	1	=	0
T	-2	=	-1

- Por ejemplo, el camino SBET (S → B → E → T) tiene una distancia total de 16.
- Sin embargo, no necesitas depender solo de ensayo y error: el Solver puede encontrar la solución óptima automáticamente.

Resolver el modelo con Solver

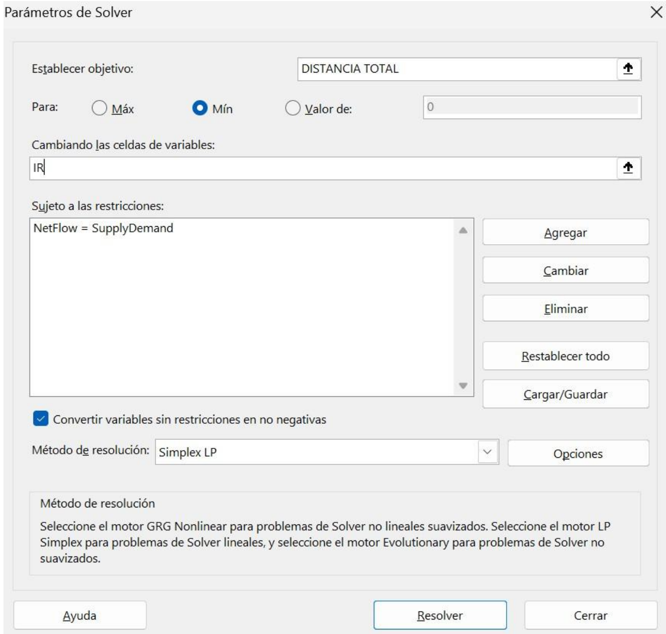
Para que Solver encuentre la solución óptima, sigue estos pasos:

1. En la pestaña Datos (Data), dentro del grupo Analizar (Analyze), haz clic en Solver.



   - Si no ves el botón de Solver, significa que necesitas activar el complemento Solver primero.

2. Ingresa los parámetros del Solver:



- Para el Objetivo (Objective), escribe TotalDistance.
- Selecciona la opción Min (minimizar).
- Para las celdas variables, selecciona Go.

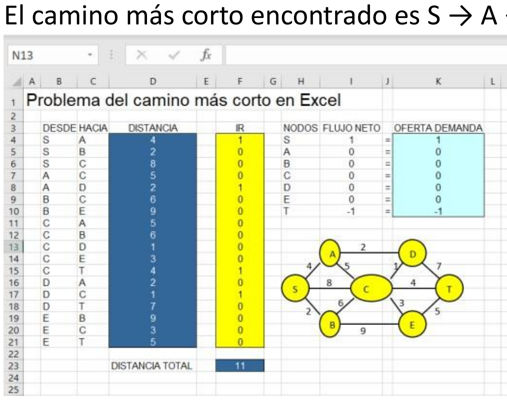
3. Haz clic en Agregar (Add) para definir las restricciones:

    - Aquí agregas las restricciones de flujo neto para cada nodo según su oferta/demanda (S = salida, T = entrada, otros = 0).

4. Marca la casilla Make Unconstrained Variables Non-Negative (“Hacer que las variables sin restricciones sean no negativas”).
5. Selecciona el método Simplex LP.
6. Finalmente, haz clic en Solve (Resolver).

Resultado esperado / solución óptima:

- El camino más corto encontrado es S → A → D → C → T, con una distancia total de 11.



Problema del camino más corto en Excel

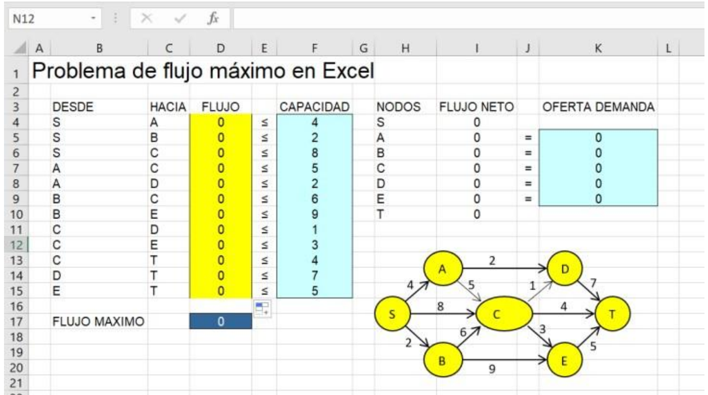
DESDE	HACIA	DISTANCIA	IR	NODOS	FLUJO NETO		OFERTA DEMANDA
S	A	4	1	S	1	=	1
S	B	2	0	A	0	=	0
S	C	8	0	B	0	=	0
A	C	5	0	C	0	=	0
A	D	2	1	D	0	=	0
B	C	6	0	E	0	=	0
B	E	9	0	T	-1	=	-1
C	A	5	0				
C	B	6	0				
C	D	1	0				
C	E	3	0				
C	T	4	1				
D	A	2	0				
D	C	1	1				
D	T	7	0				
E	B	9	0				
E	C	3	0				
E	T	5	0				
		DISTANCIA TOTAL	11				

EJERCICIO 5 PROBLEMA DE FLUJO MAXIMO EN EXCEL

Usa el Solver en Excel para encontrar el flujo máximo desde el nodo S hasta el nodo T en una red dirigida. Los puntos de la red se llaman *nodos* (S, A, B, C, D, E y T). Las líneas (conexiones) en la red se llaman *arcos* (SA, SB, SC, AC, etc.).

Formular el modelo

El modelo que vamos a resolver es así en Excel:



Problema de flujo máximo en Excel

DESDE	HACIA	FLUJO		CAPACIDAD	NODOS	FLUJO NETO		OFERTA DEMANDA
S	A	0	≤	4	S	0		
S	B	0	≤	2	A	0	=	0
S	C	0	≤	8	B	0	=	0
A	C	0	≤	5	C	0	=	0
A	D	0	≤	2	D	0	=	0
B	C	0	≤	6	E	0	=	0
B	E	0	≤	9	T	0		
C	D	0	≤	1				
C	E	0	≤	3				
C	T	0	≤	4				
D	T	0	≤	7				
E	T	0	≤	5				
FLUJO MAXIMO		0						

1. Para plantear este problema de flujo máximo, responde estas tres preguntas:
   a. ¿Qué decisiones deben tomarse? → En este problema, Excel debe averiguar el flujo en cada arco. Por ejemplo, si el flujo en SB es 2, la celda D5 vale 2.

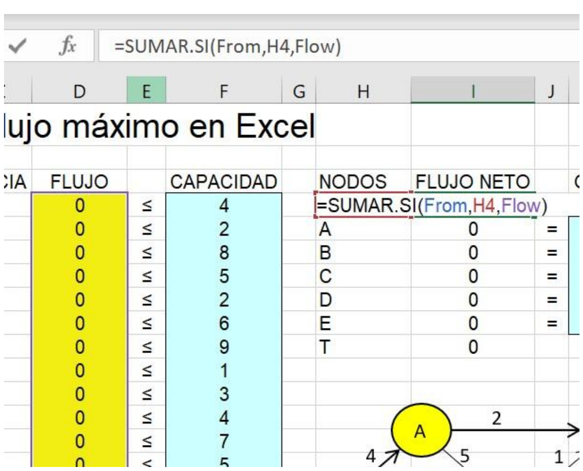
   b. ¿Cuáles son las restricciones sobre estas decisiones? → El flujo neto (Flow Out – Flow In) de los nodos A, B, C, D y E debe ser igual a 0; es decir, el flujo que sale de cada uno debe ser igual al flujo que entra. Además, cada arco tiene una capacidad fija. El flujo en cada arco debe ser menor (o igual) a esa capacidad.

   c. ¿Cuál es la medida global de desempeño para estas decisiones? → La medida es el flujo máximo, por lo que el objetivo es maximizar esa cantidad. El flujo máximo equivale al flujo que sale del nodo S.

2. Para que el modelo sea más claro, crea los siguientes rangos con nombre (“named ranges”):

Range Name	Cells
From	B4:B15
To	C4:C15
Flow	D4:D15
Capacity	F4:F15
SupplyDemand	K5:K9
MaximumFlow	D17

3. Inserta las siguientes funciones:



=SUMAR.SI(From,H4,Flow)

lujo máximo en Excel

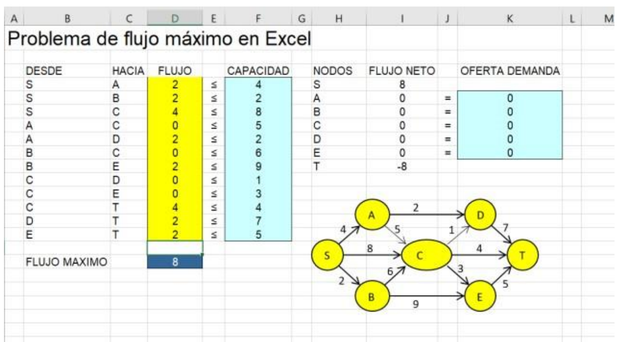
FLUJO		CAPACIDAD	NODOS	FLUJO NETO	
0	≤	4	=SUMAR.SI(From,H4,Flow)		
0	≤	2	A	0	=
0	≤	8	B	0	=
0	≤	5	C	0	=
0	≤	2	D	0	=
0	≤	6	E	0	=
0	≤	9	T	0	
0	≤	1			
0	≤	3			
0	≤	4			
0	≤	7			

- Usa funciones SUMIF para calcular el flujo neto de cada nodo: por ejemplo, para el nodo A, una SUMIF suma los valores en la columna *Flow* donde *From* es “A” (flujo que sale), y otra SUMIF suma donde *To* es “A” (flujo que entra).
- El flujo máximo es igual al valor en la celda que representa el flujo de salida del nodo S (MaximumFlow). Dado que los nodos intermedios tienen flujo neto = 0, el flujo que sale de S es igual al flujo que entra en T.

Prueba por ensayo y error (Trial and Error)

Con esta formulación, es fácil analizar una solución tentativa manualmente:

- Por ejemplo: el camino S → A → D → T con un flujo de 2, el camino S → C → T con flujo 4, y el camino S → B → E → T con flujo 2, juntos dan un flujo total de 8.
- Pero no es necesario depender solo del ensayo y error: se puede usar Solver para encontrar la solución óptima automáticamente.



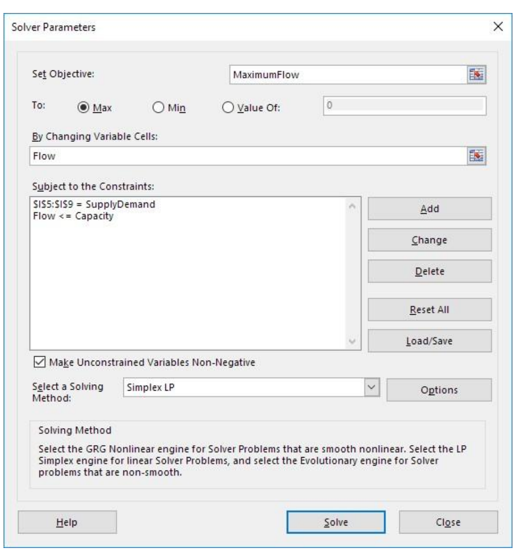
Resolver el modelo con Solver

Para que Solver encuentre la solución óptima, sigue estos pasos:

1. En la pestaña Datos (Data), en el grupo Analizar (Analyze), haz clic en Solver.

    - Si no ves el botón Solver, significa que necesitas activar el complemento Solver.

2. Ingresa los parámetros de Solver:



- Para el Objetivo, escribe MaximumFlow.
- Selecciona Max (maximizar).
- Para las celdas variables, selecciona Flow.

3. Haz clic en Agregar (Add) para definir las restricciones:

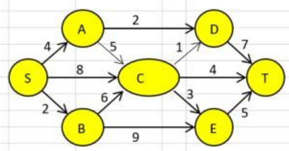
    - Añade la restricción de que para cada arco, *Flow ≤ Capacity*.
    - Y también agrega las restricciones para el flujo neto de cada nodo, de acuerdo con *SupplyDemand*.

4. Marca la opción Make Unconstrained Variables Non-Negative (“Hacer que las variables sin restricciones sean no negativas”) y selecciona el método Simplex LP.
5. Finalmente, haz clic en Solve (Resolver).

Resultado esperado / solución óptima:

Problema de flujo máximo en Excel

DESDE	HACIA	FLUJO		CAPACIDAD	NODOS	FLUJO NETO		OFERTA DEMANDA
S	A	4	≤	4	S	12		
S	B	2	≤	2	A	0	=	0
S	C	6	≤	8	B	0	=	0
A	C	2	≤	5	C	0	=	0
A	D	2	≤	2	D	0	=	0
B	C	0	≤	6	E	0	=	0
B	E	2	≤	9	T	-12		
C	D	1	≤	1				
C	E	3	≤	3				
C	T	4	≤	4				
D	T	3	≤	7				
E	T	5	≤	5				
FLUJO MAXIMO		12						



- Las rutas óptimas son:

- S → A → D → T con flujo = 2
- S → C → T con flujo = 4
- S → B → E → T con flujo = 2
- S → C → E → T con flujo = 2
- S → A → C → E → T con flujo = 1 • S → A → C → D → T con flujo = 1

- Todo esto da un flujo máximo de 12.

EJERICICIO 6 INVERSION DE CAPITAL EN EXCEL

Usa el Solver en Excel para encontrar la combinación de inversiones de capital que maximiza la ganancia total.

Formular el modelo

El modelo que vamos a resolver se ve así en Excel:

capital invertido

inversion	uno	dos	tres	cuatro	cinco	seis	siete			
ganancia	42	47	21	36	18	33	45			
capital	12	10	15	7	14	18	16	0	≤	50
uno o dos	1	1	0	0	0	0	0	0	≤	1
tres o cuatro	0	0	1	1	0	0	0	0	≤	1
solo seis, siete y si cinco	0	0	0	0	-2	1	1	0	≤	0
										ganacia total
si o no	0	0	0	0	0	0	0			0

1. ¿Qué decisiones se deben tomar? → En este problema, Excel debe averiguar cuáles inversiones de capital realizar (Sí = 1, No = 0).
2. ¿Cuáles son las restricciones en estas decisiones? →

- La cantidad de capital usada por las inversiones no puede exceder el capital disponible (50).
- Solo se puede hacer la Inversión Uno o la Inversión Dos.
- Solo se puede hacer la Inversión Tres o la Inversión Cuatro.
- Las inversiones Seis y Siete solo se pueden hacer si se hace la Inversión Cinco.

3. ¿Cuál es la medida de desempeño general? → Es la ganancia total de las inversiones, por lo que el objetivo es maximizar esa cantidad.

Para facilitar el modelo, se definen los siguientes rangos con nombre ("named ranges"):

Range Name	Cells
Profit	C5:I5
YesNo	C13:I13
TotalProfit	M13

- Profit: celdas con las ganancias por inversión.
- YesNo: celdas binarias (0 o 1) que indican si se hace o no cada inversión.
- TotalProfit: celda que sumará la ganancia total.

Luego, se insertan varias funciones SUMPRODUCT para modelar esto:

cuatro	cinco	seis	siete			
36	18	33	45			
7	14	=SUMAPRODUCTO(C7:I7,YesNo)				
0	0	SUMAPRODUCTO(matriz1, [matriz2], [matriz3], [matriz4], ...)				
1	0	0	0	0	≤	1
0	-2	1	1	0	≤	0

- Capital usado = SUMPRODUCT entre capital de cada opción y la variable binaria YesNo.
- Para las restricciones (como "Uno o Dos", "Tres o Cuatro", "Seis y Siete solo si Cinco"), también se usan SUMPRODUCT para imponer esas condiciones.
- TotalProfit = SUMPRODUCT entre el vector de ganancias y YesNo.

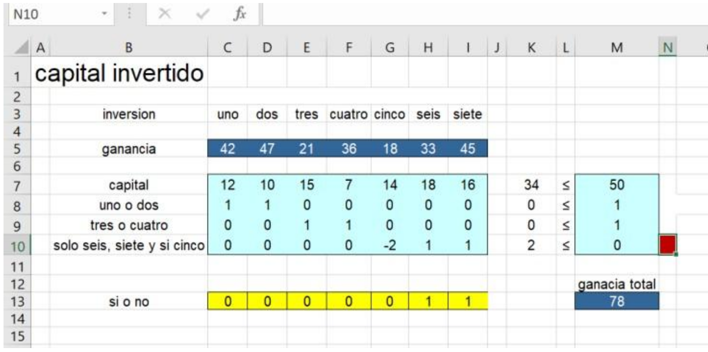
Prueba por ensayo y error ("Trial and Error")

Con esta formulación es fácil probar soluciones manuales:

- Por ejemplo: si seleccionas la Inversión Uno y Dos, puede violarse la restricción "Uno o Dos".

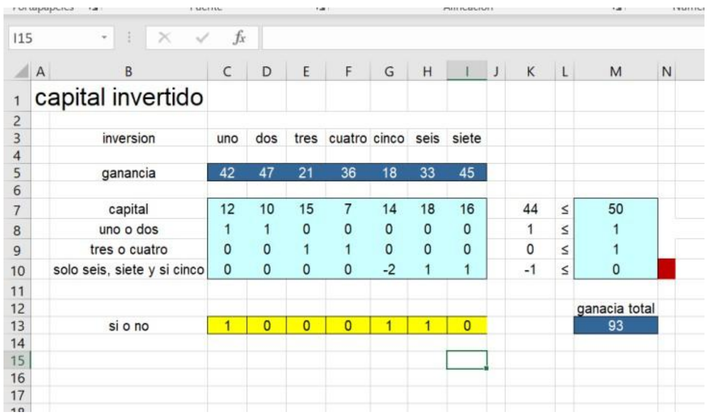
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
1	capital invertido													
2														
3		inversion	uno	dos	tres	cuatro	cinco	seis	siete					
4														
5		ganancia	42	47	21	36	18	33	45					
6														
7		capital	12	10	15	7	14	18	16		22	≤	50	
8		uno o dos	1	1	0	0	0	0	0		2	≤	1	
9		tres o cuatro	0	0	1	1	0	0	0		0	≤	1	
10		solo seis, siete y si cinco	0	0	0	0	-2	1	1		0	≤	0	
11														
12													ganacia total	
13		si o no	1	1	0	0	0	0	0				89	
14														
15														

- Si seleccionas la Seis y la Siete sin haber elegido la Cinco, también viola una restricción.



	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1	capital invertido											
3	inversion	uno	dos	tres	cuatro	cinco	seis	siete				
5	ganancia	42	47	21	36	18	33	45				
7	capital	12	10	15	7	14	18	16		34	≤	50
8	uno o dos	1	1	0	0	0	0	0		0	≤	1
9	tres o cuatro	0	0	1	1	0	0	0		0	≤	1
10	solo seis, siete y si cinco	0	0	0	0	-2	1	1		2	≤	0
12												ganacia total
13	si o no	0	0	0	0	0	1	1				78

- Pero, por ejemplo, sí es válido hacer la Inversión Uno, Cinco y Seis (si cumple las restricciones de capital y dependencias).

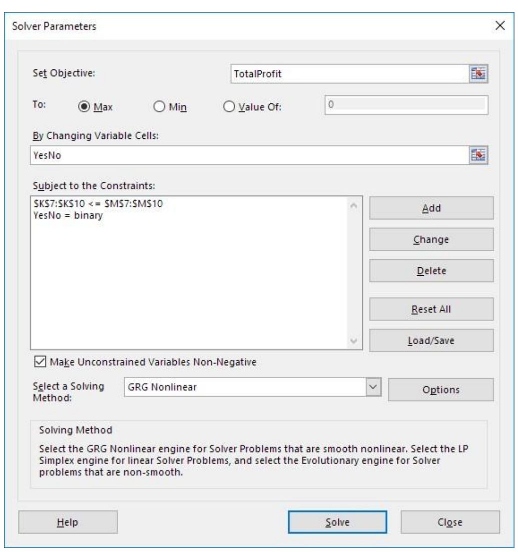


	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1	capital invertido											
3	inversion	uno	dos	tres	cuatro	cinco	seis	siete				
5	ganancia	42	47	21	36	18	33	45				
7	capital	12	10	15	7	14	18	16		44	≤	50
8	uno o dos	1	1	0	0	0	0	0		1	≤	1
9	tres o cuatro	0	0	1	1	0	0	0		0	≤	1
10	solo seis, siete y si cinco	0	0	0	0	-2	1	1		-1	≤	0
12												ganacia total
13	si o no	1	0	0	0	1	1	0				93

Resolver el modelo con Solver

Para que Solver encuentre la solución óptima, se hacen estos pasos:

1. Ve a la pestaña Datos (Data) → grupo Analizar → haz clic en Solver.
2. Parámetros del Solver:

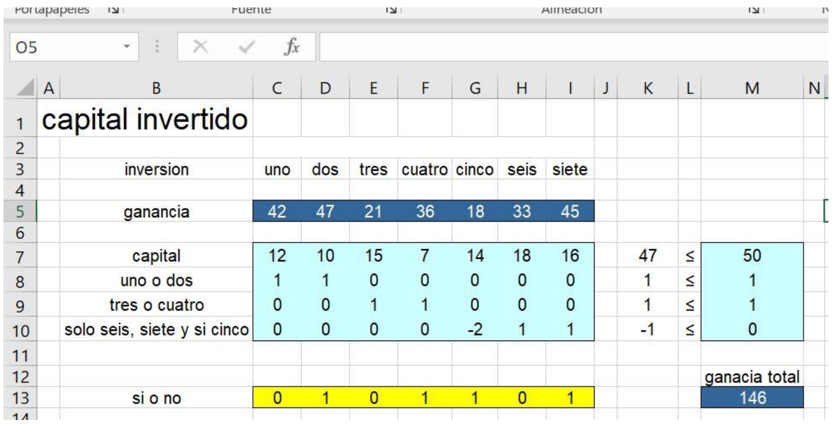


- Objetivo: TotalProfit.
- Tipo: Max (maximizar).
- Celdas variables: YesNo (las decisiones 0-1).

3. Añadir restricciones:

- Capital usado ≤ 50.
- “Uno o Dos” ≤ 1 (es decir, no pueden hacerse ambas).
- “Tres o Cuatro” ≤ 1.
- Si seleccionas Seis o Siete (YesNo = 1), entonces la inversión Cinco también debe estar seleccionada.

4. Marcar Make Unconstrained Variables Non-Negative (“Hacer que variables sin restricción sean no negativas”).
5. Usar el método Simplex LP.
6. Hacer clic en Solve.



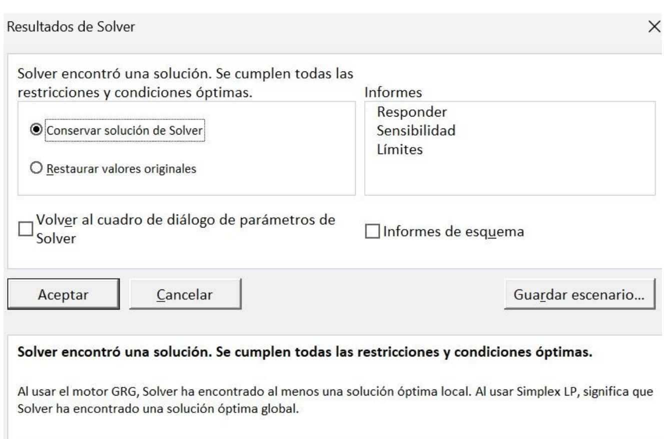
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
1	capital invertido													
2														
3		inversion	uno	dos	tres	cuatro	cinco	seis	siete					
4														
5		ganancia	42	47	21	36	18	33	45					
6														
7		capital	12	10	15	7	14	18	16		47	≤	50	
8		uno o dos	1	1	0	0	0	0	0		1	≤	1	
9		tres o cuatro	0	0	1	1	0	0	0		1	≤	1	
10		solo seis, siete y si cinco	0	0	0	0	-2	1	1		-1	≤	0	
11														
12													ganacia total	
13		si o no	0	1	0	1	1	0	1				146	

Resultado esperado: Excel devolverá la combinación de inversiones (Yes/No) que maximiza la ganancia sin violar las restricciones definidas.

EJERCICIO 7 ANALISIS DE SENSIBILIDAD EN EXCEL

El análisis de sensibilidad te da una visión de cómo cambia la solución óptima cuando modificas los coeficientes del modelo. Después de que Solver encuentra una solución, puedes crear un informe de sensibilidad.

1. Antes de hacer clic en OK, selecciona Sensitivity (“Sensibilidad”) en la sección *Reports* (“Informes”).



2. Luego verás la solución óptima y el informe de sensibilidad.

D17 fx S

vendedor de bicis

	Bicicletas	scooters	acientos infantil			
beneficio total	100	300	50			
				recursos usados		recursos disponibles
capital	300	1200	120	93000	≤	93000
almacen	0.5	1	0.5	101	≤	101
	Bicycles	Mopeds	Child Seats			beneficio total
tamaño	94	54	0			25600

Microsoft Excel 16.0 Sensitivity Report
Worksheet: [sensitivity-analysis.xlsx]Sheet1
Report Created: 1/24/2020 10:34:47 AM

Variable Cells

Cell	Name	Final Value	Reduced Cost	Objective Coefficient	Allowable Increase	Allowable Decrease
\$C\$12	Order Size Bicycles	94	0	100	50	12.5
\$D\$12	Order Size Mopeds	54	0	300	66.66666667	100
\$E\$12	Order Size Child Seats	0	-20	50	20	1E+30

Constraints

Cell	Name	Final Value	Shadow Price	Constraint R.H. Side	Allowable Increase	Allowable Decrease
\$G\$7	Capital Used	93000	0.166666667	93000	28200	32400
\$G\$8	Storage Used	101	100	101	54	23.5

Coste reducido (*Reduced Cost*)

- Los costes reducidos te dicen cuánto pueden aumentar o disminuir los coeficientes del objetivo (por ejemplo, las ganancias por unidad) antes de que la solución óptima cambie.
- En el ejemplo, si aumentas la ganancia por unidad de los asientos para niños (Child Seats) en 20 unidades o más, la solución óptima cambia.
- Con una ganancia por unidad de 69, sigue siendo óptimo pedir 94 bicicletas y 54 ciclomotores.

vendedor de bicis

	Bicicletas	scooters	acientos infantil			
beneficio total	100	300	69			
				recursos usados		recursos disponibles
capital	300	1200	120	93000	≤	93000
almacen	0.5	1	0.5	101	≤	101
	Bicycles	Mopeds	Child Seats			beneficio total
tamaño	94	54	0			25600

- Pero con una ganancia por unidad de 71, la solución óptima cambia.

E4 fx 71

vendedor de bicis

	Bicicletas	scooters	acientos infantil			
beneficio total	100	300	71			
				recursos usados		recursos disponibles
capital	300	1200	120	93000	≤	93000
almacen	0.5	1	0.5	101	≤	101
	Bicycles	Mopeds	Child Seats			beneficio total
tamaño	0	71.625	58.75			25658.75

- Conclusión: solo es rentable pedir asientos para niños si puedes venderlos por al menos 70 unidades.

Precio sombra (*Shadow Price*)

- El precio sombra te dice cuánto puede cambiar el valor óptimo si aumentas o disminuyes el lado derecho (los recursos disponibles) en una unidad.
- En el ejemplo: con 101 unidades de almacenamiento (“storage”) disponibles, la ganancia total óptima es 25 600.

	B	C	D	E	G	H	I
1	vendedor de bicis						
3		Bicicletas	scooters	acientos infantil			
4	beneficio total	100	300	50			
5					recursos		recursos
6					usados		disponibles
7	capital	300	1200	120	93000	≤	93000
8	almacen	0.5	1	0.5	101	≤	101
11		Bicycles	Mopeds	Child Seats			beneficio total
12	tamaño	94	54	0			25600

- Si aumentas las unidades de almacenamiento a 102, la ganancia pasa a 25 700 (+100).

D17

	B	C	D	E	G	H	I
1	vendedor de bicis						
3		Bicicletas	scooters	acientos infantil			
4	beneficio total	100	300	50			
5					recursos		recursos
6					usados		disponibles
7	capital	300	1200	120	93000	≤	93000
8	almacen	0.5	1	0.5	102	≤	101
11		Bicycles	Mopeds	Child Seats			beneficio total
12	tamaño	98	53	0			25700

- Nota: el precio sombra para este recurso es 100, lo cual tiene sentido según el informe de sensibilidad.
- Esa valoración (precio sombra) solo es válida para un rango: desde 101 – 23.5 hasta 101 + 54, según el informe.

EJERCICIO 8 SISTEMA DE ECUACIONES LINEALES EN EXCEL

Este ejemplo te muestra cómo resolver un sistema de ecuaciones lineales en Excel.

Por ejemplo, tenemos el siguiente sistema de ecuaciones:

$5x + 1y + 8z = 46$

$4x - 2y + 0z = 12$

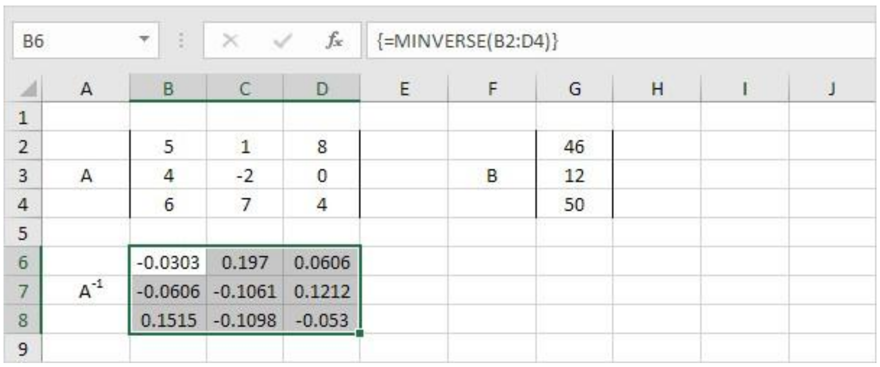
$6x + 7y + 4z = 50$

with $A = \begin{bmatrix} 5 & 1 & 8 \\ 4 & -2 & 0 \\ 6 & 7 & 4 \end{bmatrix}$, $X = \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix}$, $B = \begin{bmatrix} 46 \\ 12 \\ 50 \end{bmatrix}$

Si existe A^{-1} (la inversa de A), podemos multiplicar ambos lados por A^{-1} para obtener $X = A^{-1} B$.

Para resolver este sistema en Excel, haz lo siguiente:

1. Usa la función MINVERSE para obtener la matriz inversa de A. Primero, selecciona el rango B6:D8. Luego, inserta la función MINVERSE y presiona CTRL + SHIFT + ENTER.

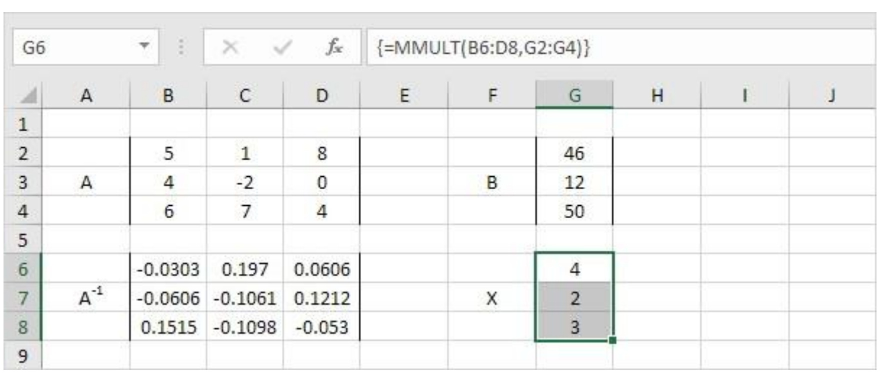


B6 | {=MINVERSE(B2:D4)}

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1										
2		5	1	8			46			
3	A	4	-2	0		B	12			
4		6	7	4			50			
5										
6		-0.0303	0.197	0.0606						
7	A^{-1}	-0.0606	-0.1061	0.1212						
8		0.1515	-0.1098	-0.053						
9										

- Nota: la barra de fórmulas mostrará que las celdas contienen una fórmula de matriz ("array formula"), por lo que no puedes borrar un solo resultado. Si quieres borrar los resultados, selecciona todo el rango B6:D8 y presiona *Delete*.

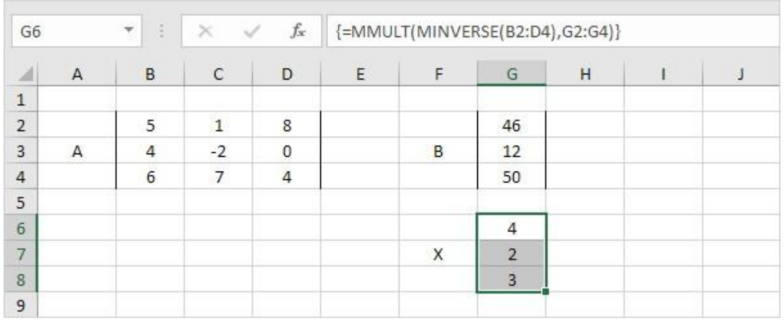
2. Usa la función MMULT para multiplicar la matriz A^{-1} por la matriz B. Primero selecciona el rango G6:G8, luego inserta la función MMULT con los argumentos correspondientes, y presiona CTRL + SHIFT + ENTER.



G6 | {=MMULT(B6:D8,G2:G4)}

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1										
2		5	1	8			46			
3	A	4	-2	0		B	12			
4		6	7	4			50			
5										
6		-0.0303	0.197	0.0606			4			
7	A^{-1}	-0.0606	-0.1061	0.1212		X	2			
8		0.1515	-0.1098	-0.053			3			
9										

3. Combina todo en una sola fórmula: selecciona nuevamente G6:G8, mete la fórmula (inversa por B) y presiona CTRL + SHIFT + ENTER.



4. Si tienes Excel 365 o Excel 2021, puedes simplemente seleccionar la celda G6, escribir la fórmula y presionar Enter (no necesitas CTRL + SHIFT + ENTER). Esto se debe a que usa fórmulas de matriz dinámica ("dynamic array"), y Excel hará "spilling" automáticamente.