

**EAN**

Escuela de  
Administración de  
Negocios



# Programación Lineal

Aplicaciones de la programación lineal



# Programación Lineal

Es un medio matemático para determinar la mejor manera de distribuir una cantidad de recursos limitados en pos de un objetivo.



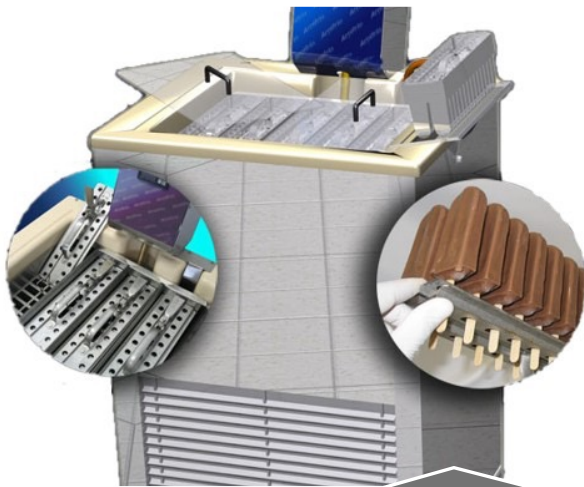
# Programación Lineal

Es un método determinístico de análisis para elegir la mejor entre muchas alternativas.



# Restricciones

---

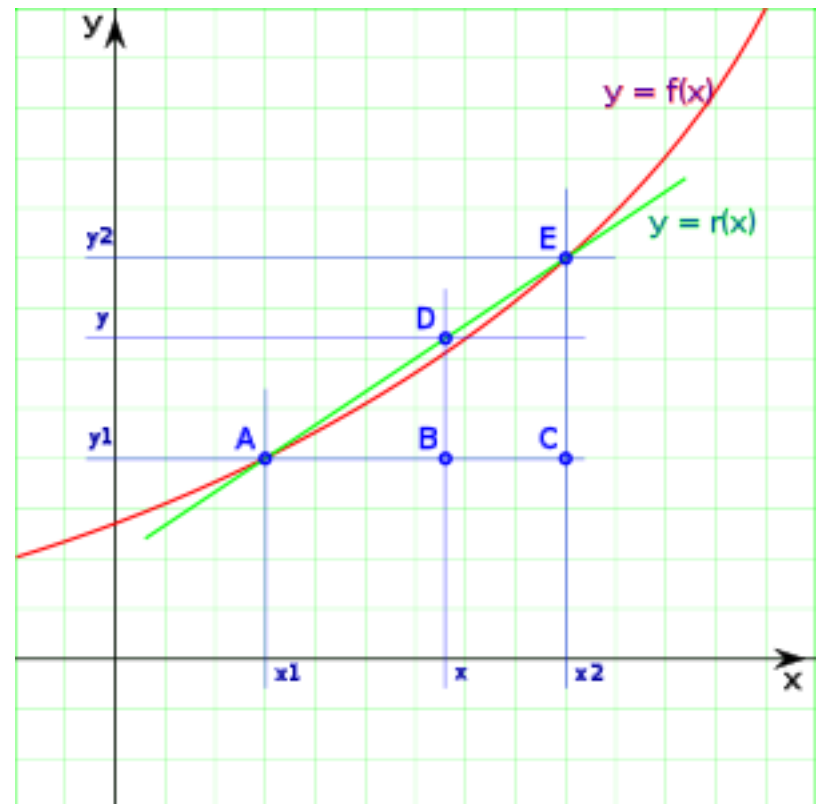
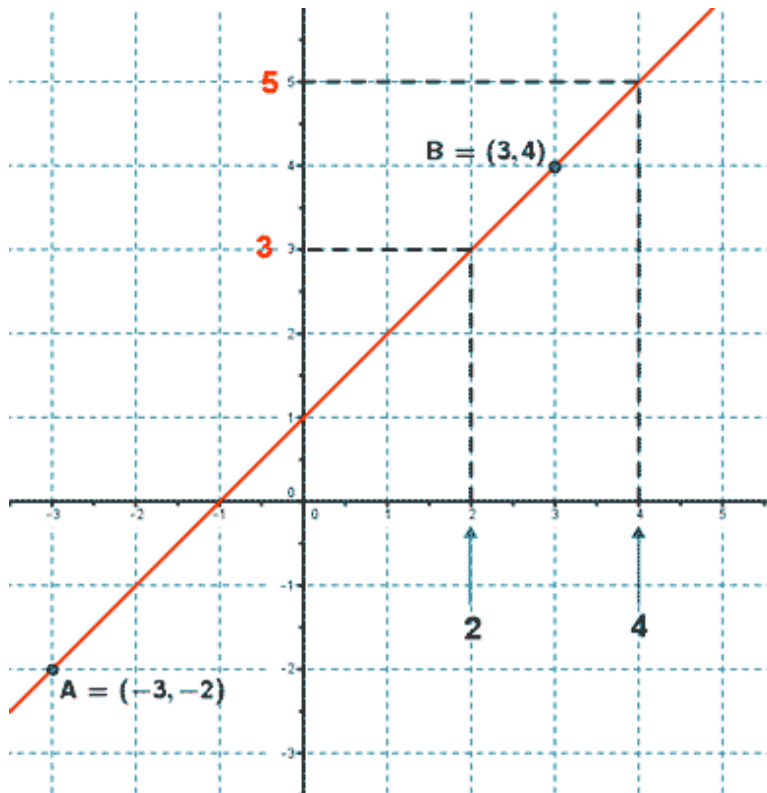


Limitaciones



Requerimientos

# Proporcionalidad



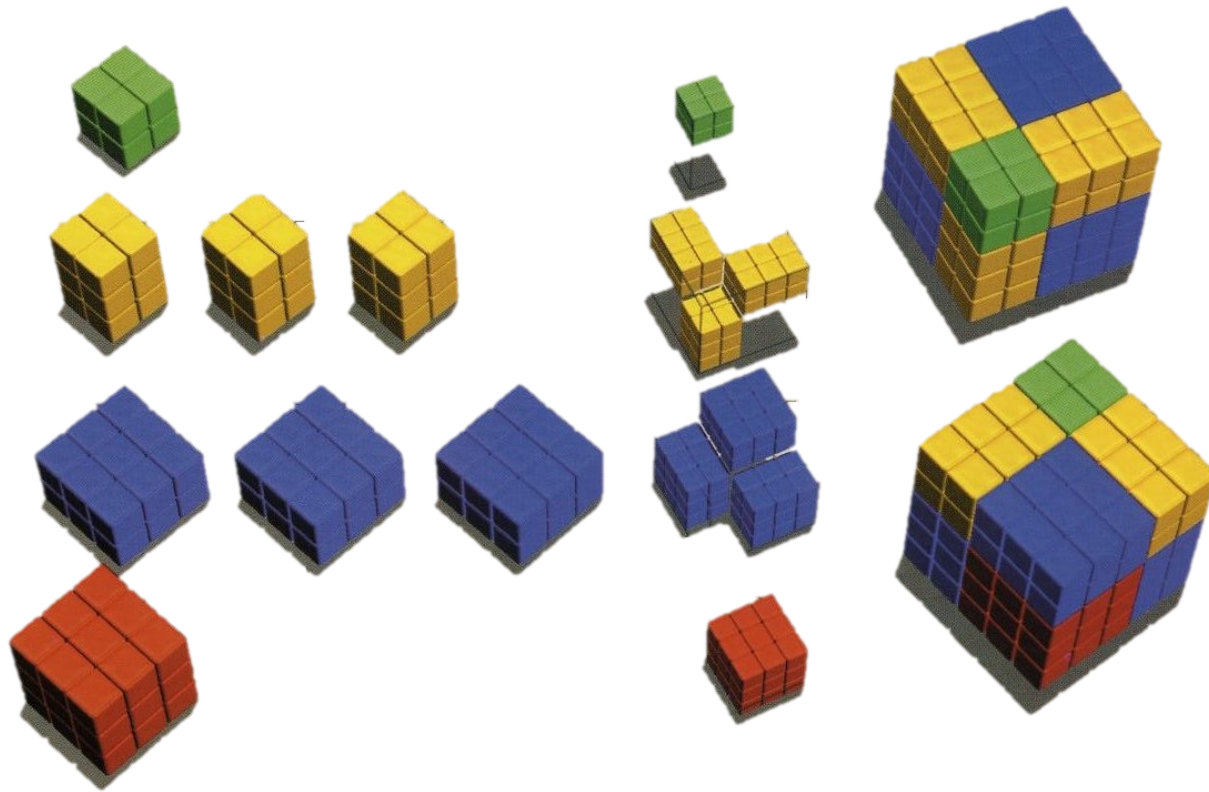
# Divisibilidad

---



# Aditividad

---



# No negatividad

---



$$5 - 3 = 2$$



$$3 - 4 = -1$$



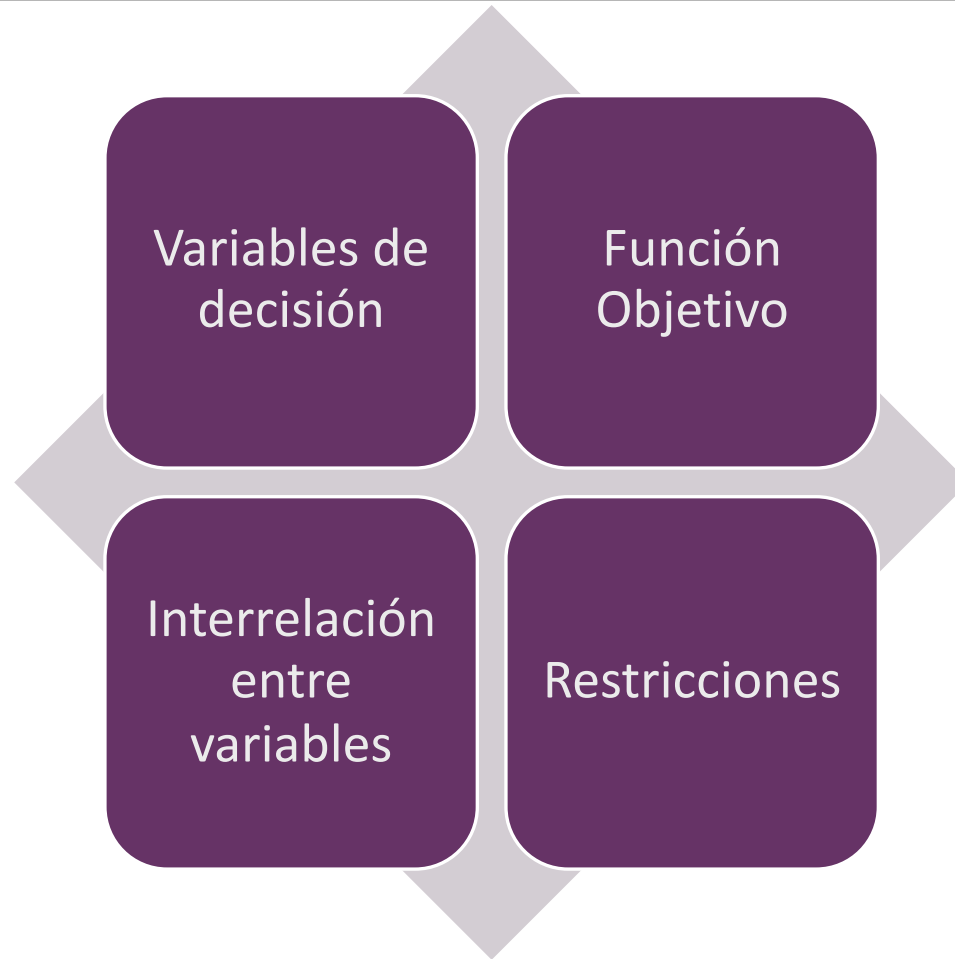
# Planteo de Problemas

---

La habilidad para transformar un problema del mundo real en un modelo de programación lineal es un arte que se mejora con **paciencia, una estructura apropiada para abordarlos y mucha pero muchísima PRÁCTICA**

# Estructura General Básica

---



# Procedimiento útil

---

Debe concentrarse la atención en identificar el objetivo general.

Debe plantearse el objetivo en forma verbal y buscar las variables necesarias para alcanzar dicho objetivo

Identificar y plantear en forma verbal cada restricción.



# Formulación de problemas de PL

---

- Para formular un problema en forma numérica, deben expresarse afirmaciones lógicas en términos matemáticos.
- Cada restricción debe ser una suma de variables con exponente 1.
- Los cuadrados, las raíces cuadradas, ni los productos de variables son aceptables.



X1 = galones de helados de vainilla fabricar  
 X2 = galones de helados de fresa a fabricar  
 X3 = galones de helados de chocolate fabricar

# El Modelo de P.L.

<b>Maximizar o Mínimizar</b>	<b>Z</b>	<b>=</b>	<b>CX1</b>	<b>+</b>	<b>CX2</b>	<b>+</b>	<b>CX3</b>
<b>Sujeto a</b>	<b>AX1</b>	<b>+</b>	<b>AX2</b>	<b>+</b>	<b>AX3</b>	<b>≤</b>	<b>B1</b>
	<b>LiX1</b>	<b>+</b>	<b>LiX2</b>	<b>+</b>	<b>LiX3</b>	<b>≤</b>	<b>B2</b>
	<b>CIX1</b>	<b>+</b>	<b>CIX2</b>	<b>+</b>	<b>CIX3</b>	<b>≤</b>	<b>B3</b>
<b>A es azúcar</b>					<b>X1</b>	<b>≥</b>	<b>B4</b>
<b>Li es leche íntegra</b>					<b>Xi</b>	<b>≥</b>	<b>0</b>
<b>Cl es crema láctea</b>							

# Problemas de Un solo Periodo

---

- ❑ Se refiere a modelos estáticos de programación lineal en donde se aborda el problema en un punto o intervalo fijo de tiempo y en el cual las condiciones del problema permanecen constantes.
- ❑ La decisión o curso de acción óptimo para estos problemas se determina sin tomar en consideración el curso de acción que se seguirá en periodos futuros.



# Programación Lineal con Excel

En [www.ucreanop.com](http://www.ucreanop.com), en ejercicios de clase está el archivo de excel con el nombre: Sesión 10 ejercicios de programación lineal 1

# Ejercicio 1

## Aplicación de Manufactura

---

Una fábrica produce cuatro artículos: A, B, C, D. Cada unidad requiere los siguientes procesos de maquinaria, montaje e inventario en proceso. Un resumen de los estándares de producción se presenta a continuación:

	ARTICULOS				Disponible
	A	B	C	D	
Maquinaria (hrs./ unidad)	2	1	2.5	5	120,000
Montaje (hrs./ unidad)	1	3	2.5	0	160,000
Inventario en Proceso (\$ /unidad)	10	5	2	12	1,000,000
Utilidad (\$ / unidad)	40	24	36	23	



No se pueden vender más de 20,000 unidades del producto A; 16,000 del producto C; y pueden venderse la cantidad que se quiera de los productos B y D. Sin embargo, deben de producir y vender por lo menos 10,000 unidades del producto D para cumplir con los requerimientos de un contrato.

Sobre estas condiciones plantee y resuelva el problema de PL. para maximizar la utilidad resultante de las ventas de los cuatro productos. Indique los resultados y el consumo de los recursos disponibles.

$X_1$  – cantidad unidades tipo A

$X_2$  – cantidad unidades tipo B

$X_3$  – cantidad unidades tipo C

$X_4$  – cantidad unidades tipo D

$$\text{F.O. } Z = 40 X_1 + 24 X_2 + 36 X_3 + 23 X_4$$

$$2 X_1 + X_2 + 2.5 X_3 + 5 X_4 \leq 120.000 \text{ Maquinaria}$$

$$X_1 + 3 X_2 + 2.5 X_3 + 0 X_4 \leq 160.000 \text{ Montaje}$$

$$10 X_1 + 5 X_2 + 2 X_3 + 12 X_4 \leq 1.000.000 \text{ Inventario}$$

$$X_1 \leq 20.000$$

$$X_3 \leq 16.000$$

$$X_4 \geq 10.000$$

$$X_i \geq 0$$







## Cuarto paso: Calcular el resultado de la FO.

Ejercicios de clase PL copy [Modo de compatibilidad]

ARCHIVO INICIO INSERTAR **FÓRMULAS** DATOS REVISAR VISTA DESARROLLADOR

F4

	A	B	C	D	E	F	G
1				<b>Aplicación de Manufactura</b>			
2	Producto	X1	X2	X3	X4		
3	Cantidad	0	0	0	0	Ganancia	
4	M Contribucion	40	24	36	23		
5	<b>Restricciones</b>	<b>Tasa Física de Utilización</b>					
6	Maquinaria						
7	Montaje						
8	Inventario en Proceso						
9	Producto A						
10	Producto C						
11	Producto D						

## Insertar función

Aplicación de Manufactura



Buscar una función:

Escriba una breve descripción de lo que desea hacer y, a continuación, haga clic en Ir

Ir

O seleccionar una categoría: Todo

Seleccionar una función:

SUMA.SERIES  
SUMAPRODUCTO  
SUMAR.SI  
SUMAR.SI.CONJUNTO  
SUMAX2MASY2  
SUMAX2MENOSY2  
SUMAXMENOSY2

**SUMAPRODUCTO(matriz1;matriz2;matriz3;...)**

Devuelve la suma de los productos de rangos o matrices correspondientes.

[Ayuda sobre esta función](#)

Aceptar

Cancelar

## Argumentos de función

SUMAPRODUCTO

**Matriz1**

\$B\$3:\$E\$3



= {0\0\0\0}

Matriz2

B4:E4



= {40\24\36\23}

Matriz3



= matriz

= 0

Devuelve la suma de los productos de rangos o matrices correspondientes.

**Matriz2:** matriz1;matriz2;... son de 2 a 255 matrices cuyos componentes se desea multiplicar y después sumar. Todas las matrices deben tener las mismas dimensiones.

Resultado de la fórmula = \$0,00

[Ayuda sobre esta función](#)

Aceptar

Cancelar







# Sexto paso: Copiamos la fórmula de la utilidad en las celdas de utilización de las restricciones

Ejercicios de clase PL copy [Modo de compatibilid

ARCHIVO INICIO INSERTAR DISEÑO DE PÁGINA FÓRMULAS DATOS REVISAR VISTA DESARROLLADOR

Pegar Fuente Alineación Número Form condici

Portapapeles Fuente Alineación Número

3 C Copiar (Ctrl+C)

4 M Coloca una copia de la selección en el portapapeles para que se pueda pegar en otro sitio.

		0	0	0	Ganancia	
		24	36	23	\$0,00	
		<b>Tasa Física de Utilización</b>				D
6		1,00	2,50	5,00		
7	Montaje	1,00	3,00	2,50	0	
8	Inventario en Proceso	10,00	5,00	2,00	12,00	
9	Producto A	1	0	0	0	
10	Producto C	0	0	1	0	
11	Producto D	0	0	0	1	
12						

Clipboard icon, Paste (Pegar) dropdown, Font settings (Arial, 10), Paragraph settings (Align, Indent), Number settings (Número, %), Conditional formatting (Formato condicional), and other icons.

Pegar menu options: Pegar, Pegar valores, Otras opciones de pegado, Pegado especial...

	Fuente	Alineación				Número	Es
	0	0	0	0	0	<b>Ganancia</b>	
	40	24	36	23	\$0,00		
<b>iones</b>	<b>Tasa Física de Utilización</b>						<b>Disponibi</b>
	2,00	1,00	2,50	5,00			
	1,00	3,00	2,50	0			
<b>Proceso</b>	10,00	5,00	2,00	12,00			
	1	0	0	0			
	0	0	1	0			
	0	0	0	1			
12							
13							

# Sétimo paso: Agregar las desigualdades y la disponibilidad de recursos



	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	<b>Aplicación de Manufactura</b>									
2	Producto	X1	X2	X3	X4					
3	Cantidad	0	0	0	0	Ganancia				
4	M Contribucion	40	24	36	23	\$0,00				
5	<b>Restricciones</b>	<b>Tasa Física de Utilización</b>						Disponibilidad	Holgura	
6	Maquinaria	2,00	1,00	2,50	5,00	0,00				
7	Montaje	1,00	3,00	2,50	0	0,00				
8	Inventario en Proceso	10,00	5,00	2,00	12,00	0,00				
9	Producto A	1	0	0	0	0,00				
10	Producto C	0	0	1	0	0,00				
11	Producto D	0	0	0	1	0,00				
12										
13										

**Símbolo**  
 Agrega símbolos que no  
 Permite elegir entre muchos  
 incluyendo símbolos matemáticos  
 y símbolos de copyright.





ARCHIVO

INICIO

INSERTAR

DISEÑO DE PÁGINA

FÓRMULAS

DATOS

REVISAR

VISTA

DESARROLLADOR

Arial

10

A

A

≡

≡

≡

↗

Ajustar texto

General



Formato condicional

Dar formato como tabla

Estilos de celda

Insertar

Pegar

N

K

S

≡

↶

A

≡

≡

≡

↶

↷

Combinar y centrar

%

,

↶

.00

↷

.0

Portapapeles

Fuente

Alineación

Número

Estilos

G15

✕

✓

fx

A

B

C

D

E

F

G

H

I

1

**Aplicación de Manufactura**

2

Producto

X1

X2

X3

X4

3

Cantidad

0

0

0

0

Ganancia

4

M Contribucion

40

24

36

23

\$0,00

5

**Restricciones****Tasa Física de Utilización**

Disponibilidad

Holgura

6

Maquinaria

2,00

1,00

2,50

5,00

0,00

≤

120.000,00

7

Montaje

1,00

3,00

2,50

0

0,00

≤

160.000,00

8

Inventario en Proceso

10,00

5,00

2,00

12,00

0,00

≤

1.000.000,00

9

Producto A

1

0

0

0

0,00

≤

20.000,00

10

Producto C

0

0

1

0

0,00

≤

16.000,00

11

Producto D

0

0

0

1

0,00

≥

10.000,00

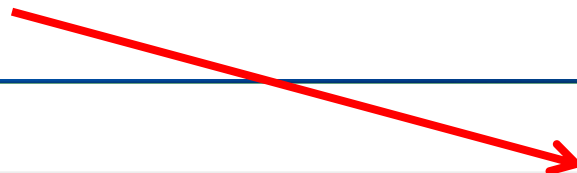
12







# En el extremo derecho del menú de Datos encontramos la herramienta de Solver



Ejercicios de PL Clase - Excel

ARCHIVO INICIO INSERTAR DISEÑO DE PÁGINA FÓRMULAS DATOS REVISAR VISTA DESARROLLADOR

Desde Access Desde web Desde texto De otras fuentes existentes Conexiones Propiedades Editar vínculos Actualizar todo

Ordenar Filtro Ordenar y filtrar

Relleno rápido Consolidar Texto en columnas Validación de datos Herramientas de datos

Quitar duplicados Análisis de hipótesis Relaciones

Agrupar Desagrupar Subtotal Esquema Análisis

Análisis de datos Solver

J14

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1										
2	Producto	X1	X2	X3	X4					
3	Cantidad	0	0	0	0	Ganancia				
4	M Contribucion	40	24	36	23	\$0,00				
5	<b>Restricciones</b>							<b>Disponibilidad</b>	<b>Holgura</b>	
6	Maquinaria	2,00	1,00	2,50	5,00	0,00	≤	120.000,00	120.000,00	
7	Montaje	1,00	3,00	2,50	0	0,00	≤	160.000,00	160.000,00	
8	Inventario en Proceso	10,00	5,00	2,00	12,00	0,00	≤	1.000.000,00	1.000.000,00	
9	Producto A	1	0	0	0	0,00	≤	20.000,00	--	
10	Producto C	0	0	1	0	0,00	≤	16.000,00	--	
11	Producto D	0	0	0	1	0,00	≥	10.000,00	--	
12										
13										
14										
15										
16										
17										
18										
19										
20										
21										
22										
23										
24										
25										
26										

Solver  
Herramienta de análisis de hipótesis que busca el valor óptimo de una celda objetivo cambiando los valores de las celdas usadas para calcular la celda objetivo.  
SOLVER  
Más información

A,B,C,D ABCD Hoja4 Hoja5

LISTO

Inic. ses.



Compartir



Mostrar detalle



Ocultar detalle

total



Análisis de datos



Solver

ema



Análisis



### Solver

Herramienta de análisis de hipótesis que busca el valor óptimo de una celda objetivo cambiando los valores de las celdas usadas para calcular la celda objetivo.

## Parámetros de Solver

Establecer objetivo:

Para:

Máx

Mín

Valor de:

0

Cambiando las celdas de variables:

Sujeto a las restricciones:

Agregar

Cambiar

Eliminar

Restablecer todo

Cargar/Guardar

Convertir variables sin restricciones en no negativas

Método de resolución:

GRG Nonlinear

Opciones

### Método de resolución

Seleccione el motor GRG Nonlinear para problemas de Solver no lineales suavizados. Seleccione el motor LP Simplex para problemas de Solver lineales, y seleccione el motor Evolutionary para problemas de Solver no suavizados.

Ayuda

Resolver

Cerrar

externos

Conexiones

Ordenar y filtrar

He

x ✓ fx

A

Parámetros de Solver

B

C

D

E

F

G

\$F\$4

X1

X2

X3

X4

0

0

0

0

Ganancia

ion

40

24

36

23

\$0,00

Restricciones

Tasa Física de Utilización

Material

2,00

1,00

2,50

5,00

0,00

≤

Mano de obra

1,00

3,00

2,50

0

0,00

≤

Capacidad en Proceso

10,00

5,00

2,00

12,00

0,00

≤

Producto A

1

0

0

0

0,00

≤

Parámetros de Solver

Establecer objetivo:

\$F\$4



Para:

Máx

Mín

Valor de:

0

Cambiando las celdas de variables:



Sujeto a las restricciones:

Agregar

Cambiar

Eliminar

Restablecer todo

Cargar/Guardar

Convertir variables sin restricciones en no negativas

Método de resolución:

GRG Nonlinear

Opciones

Método de resolución

Seleccione el motor GRG Nonlinear para problemas de Solver no lineales suavizados. Seleccione el motor LP Simplex para problemas de Solver lineales, y seleccione el motor Evolutionary para problemas de Solver no suavizados.

Ayuda

Resolver

Cerrar

existentes

todo ▾

Editar vínculos

A↓

Avanzadas

columnas

Validación de da

Conexiones

Ordenar y filtrar

Herramientas

Parámetros de Solver

X

\$B\$3:\$E\$3



### Aplicación de Manufactura

	X1	X2	X3	X4				
	0	0	0	0	Ganancia			
	40	24	36	23	\$0,00			
<b>nes</b>	<b>Tasa Física de Utilización</b>							Di
	2,00	1,00	2,50	5,00	0,00	≤		



## Parámetros de Solver

Establecer objetivo:

\$F\$4



Para:

Máx

Mín

Valor de:

0

Cambiando las celdas de variables:

\$B\$3:\$E\$3



Sujeto a las restricciones:

Agregar

Cambiar

Eliminar

Restablecer todo

Cargar/Guardar

Convertir variables sin restricciones en no negativas

Método de resolución:

GRG Nonlinear



Opciones

Método de resolución

Seleccione el motor GRG Nonlinear para problemas de Solver no lineales suavizados. Seleccione el motor LP Simplex para problemas de Solver lineales, y seleccione el motor Evolutionary para problemas de Solver no suavizados.

Ayuda

Resolver

Cerrar



## Agregar restricción



Referencia de celda

\$F\$6:\$F\$10



<=



Restricción:

=\$H\$6:\$H\$10



Aceptar

Agregar

Cancelar

## Agregar restricción



Referencia de celda

\$F\$11



>=



Restricción:

=\$H\$11



Aceptar

Agregar

Cancelar

## Parámetros de Solver

Ordenar y filtrar



Establecer objetivo:

\$F\$4



Para:

Máx

Mín

Valor de:

0

Cambiando las celdas de variables:

\$B\$3:\$E\$3



Sujeto a las restricciones:

\$F\$11 >= \$H\$11

\$F\$6:\$F\$10 <= \$H\$6:\$H\$10

Agregar

Cambiar

Eliminar

Restablecer todo

Cargar/Guardar

Convertir variables sin restricciones en no negativas

Método de resolución:

GRG Nonlinear

Opciones

Método de resolución

Seleccione el motor GRG Nonlinear para problemas de Solver no lineales suavizados. Seleccione el motor LP Simplex para problemas de Solver lineales, y seleccione el motor Evolutionary para problemas de Solver no suavizados.

Ayuda

Resolver

Cerrar

## Resultados de Solver

Solver encontró una solución. Se cumplen todas las restricciones y condiciones óptimas.

- Conservar solución de Solver
- Restaurar valores originales

Volver al cuadro de diálogo de parámetros de Solver

### Informes

- Responder
- Confidencialidad
- Límites

Informes de esquema

Aceptar

Cancelar

Guardar escenario...

### Informes

Crea el tipo de informe que se especifique y coloca cada informe en una hoja separada del libro



ARCHIVO INICIO INSERTAR DISEÑO DE PÁGINA FÓRMULAS DATOS REVISAR VISTA DESARROLLADOR

J15

1 Microsoft Excel 15.0 Informe de respuestas

2 Hoja de cálculo: [Ejercicios de PL Clase.xlsx]ABCD

3 Informe creado: 14/04/2015 09:18:16 p.m.

4 Resultado: Solver encontró una solución. Se cumplen todas las restricciones y condiciones óptimas.

5 Motor de Solver

6 Motor: GRG Nonlinear

7 Tiempo de la solución: 0,016 segundos.

8 Iteraciones: 7 Subproblemas: 0

9 Opciones de Solver

10 Tiempo máximo Ilimitado, Iteraciones Ilimitado, Precision 0,000001

11 Convergencia 0,0001, Tamaño de población 100, Valor de inicialización aleatorio 0, Central de derivados

12 Máximo de subproblemas Ilimitado, Máximo de soluciones de enteros Ilimitado, Tolerancia de enteros 1%, Asumir no negativo

13 Celda objetivo (Máx)

Celda	Nombre	Valor original	Valor final
\$F\$4	M Contribucion Ganancia	€0,00	€1.830.000,00

14 Celdas de variables

Celda	Nombre	Valor original	Valor final	Entero
\$B\$3	Cantidad X1	0	10000	Continuar
\$C\$3	Cantidad X2	0	50000	Continuar
\$D\$3	Cantidad X3	0	0	Continuar
\$E\$3	Cantidad X4	0	10000	Continuar

15 Restricciones

Celda	Nombre	Valor de la celda	Fórmula	Estado	Demora
\$F\$11	Producto D Ganancia	10.000,00	\$F\$11>=\$H\$11	Vinculante	0,00
\$F\$6	Maquinaria Ganancia	120.000,00	\$F\$6<=\$H\$6	Vinculante	0
\$F\$7	Montaje Ganancia	160.000,00	\$F\$7<=\$H\$7	Vinculante	0
\$F\$8	Inventario en Proceso Ganancia	470.000,00	\$F\$8<=\$H\$8	No vinculante	530000
\$F\$9	Producto A Ganancia	10.000,00	\$F\$9<=\$H\$9	No vinculante	10000
\$F\$10	Producto C Ganancia	0,00	\$F\$10<=\$H\$10	No vinculante	16000

AB,C,D Informe de respuestas 1 Informe de confidencialidad 1 Informe de límites 1 ABCD Hoja4 Hoja5

LISTO



J15

1 Microsoft Excel 15.0 Informe de confidencialidad  
 2 Hoja de cálculo: [Ejercicios de PL Clase.xlsx]ABCD  
 3 Informe creado: 14/04/2015 09:18:16 p.m.

## Celdas de variables

Celda	Nombre	Final Valor	Reducido Degradado
\$B\$3 Cantidad X1		10000	0
\$C\$3 Cantidad X2		50000	0
\$D\$3 Cantidad X3		0	-16,00002899
\$E\$3 Cantidad X4		10000	0

## Restricciones

Celda	Nombre	Final Valor	Lagrange Multiplicador
\$F\$11 Producto D Ganancia		10000	-73
\$F\$6 Maquinaria Ganancia		120000	19,2
\$F\$7 Montaje Ganancia		160000	1,6
\$F\$8 Inventario en Proceso Ganancia		470000	0
\$F\$9 Producto A Ganancia		10000	0
\$F\$10 Producto C Ganancia		0	0



J15 1830000

A B C D E F G H I J K L M N O P Q R S T U V

1 Microsoft Excel 15.0 Informe de límites  
 2 Hoja de cálculo: [Ejercicios de PL Clase.xlsx]ABCD  
 3 Informe creado: 14/04/2015 09:18:16 p.m.

**Objetivo****Celda Nombre Valor**

\$F\$4 M Contrit #####

**Variable****Celda Nombre Valor**

\$B\$3 Cantidad #####

\$C\$3 Cantidad #####

\$D\$3 Cantidad 0

\$E\$3 Cantidad #####

**Inferior Objetivo****Límite Resultado**

0 1430000

0 630000

0 1830000

10000 1830000

**Superior Objetivo****Límite Resultado**

10000 1830000

50000 1830000

0 1830000

10000 1830000

A,B,C,D Informe de respuestas 1 Informe de confidencialidad 1 Informe de límites 1 ABCD Hoja4 Hoja5

LISTO

100%



# Ejercicio 2

## Asignación de Recursos Financieros

---

El BNCR está en proceso de formular su política de préstamos que incluye un máximo de \$120MM. La siguiente tabla proporciona los datos pertinentes acerca de los diferentes tipos de préstamos que ofrece el banco:

<b>Tipo</b>	<b>Tasa de Interés</b>	<b>Probabilidad de un mal crédito</b>
Personal	28%	0.10
Automóvil	30%	0.07
Vivienda	20%	0.03
Agrícola	18%	0.05
Comercial	24%	0.02

Los malos créditos son irrecuperables y, por tanto, no producen ningún ingreso por intereses. La competencia con otras instituciones financieras obliga a asignar cuando menos el 40% de los fondos totales a préstamos de agricultura y comercio. Para dar asistencia a la industria de la habitación, los préstamos para casas deben ser igual cuando menos al 50% de los préstamos personales y para automóviles, además los préstamos para automóviles tienen que ser al menos el 20% de los fondos totales. El banco tiene como política que la relación global de pagos no recuperables no puede ser superior al 4%.

Plantee el problema para ser resuelto por medio de P.L.

# Ejercicio 3

## Aplicación en Industria de la Vivienda

---

Real Estate Co. es propietaria de 800 acres de terreno no urbanizado a orillas de un lago panorámico en el corazón de las montañas de Monteverde. En el pasado se aplicaban muy pocas regulaciones, o ninguna, a las nuevas urbanizaciones alrededor del lago. En la actualidad las playas del lago están salpicadas de casas de vacacionistas. Debido a la carencia de servicios de aguas negras, se utilizan extensamente las fosas sépticas, que se instalan en forma por demás inapropiada. A lo largo de los años las filtraciones de las fosas sépticas han dado por resultado un grave problema de contaminación del agua.

Para frenar una mayor degradación en la calidad del agua, los funcionarios de la municipalidad aprobaron reglamentos muy estrictos, aplicables a todas las futuras urbanizaciones.

1. Solo se pueden construir viviendas familiares individuales, dobles y triples; y las viviendas de una sola familia deben sumar por lo menos 50% del total.
2. Para limitar el número de fosas sépticas, se requieren lotes de una superficie mínima de 2, 3 y 4 acres para las viviendas familiares individuales, dobles y triples respectivamente.
3. Se deben de establecer áreas recreativas de un acre cada una, en una proporción de un área por cada 200 familias.
4. Para preservar la rentabilidad del proyecto se desea que al menos 120 familias habiten entre condominios dobles o triples.

El presidente de la empresa está estudiando la posibilidad de urbanizar los 800 acres del proyecto. La nueva urbanización incluirá viviendas familiares individuales, dobles y triples. Se calcula que 15% de la superficie se consumirá en abrir calles y en instalaciones para servicios públicos. La compañía calcula las utilidades netas por unidad habitacional en \$10.000, \$12.000 y \$15.000 respectivamente.

El costo de conectar el servicio de agua al área es proporcional al número de unidades construidas. Sin embargo, la municipalidad estipula que se debe cobrar un mínimo de \$100.000 para que el proyecto sea económicamente factible. Además, la expansión del sistema de agua, más allá de su capacidad actual, está limitada a 200.000 galones al día durante los periodos pico.

Los siguientes datos resumen el costo de la conexión del servicio de agua, así como el consumo de agua, suponiendo una familia promedio:

<b>Unidad Habitacional</b>	<b>Individual</b>	<b>Doble</b>	<b>Triple</b>	<b>Área Recreativa</b>
Costo del servicio de agua por unidad en \$	1000	1200	1400	800
Consumo de agua por unidad en galones por día	400	600	840	450

La compañía debe decidir el número de viviendas que va a construir junto con el número de áreas recreativas que satisfaga los reglamentos de la municipalidad. Plante el problema para ser resuelto por medio de programación lineal.

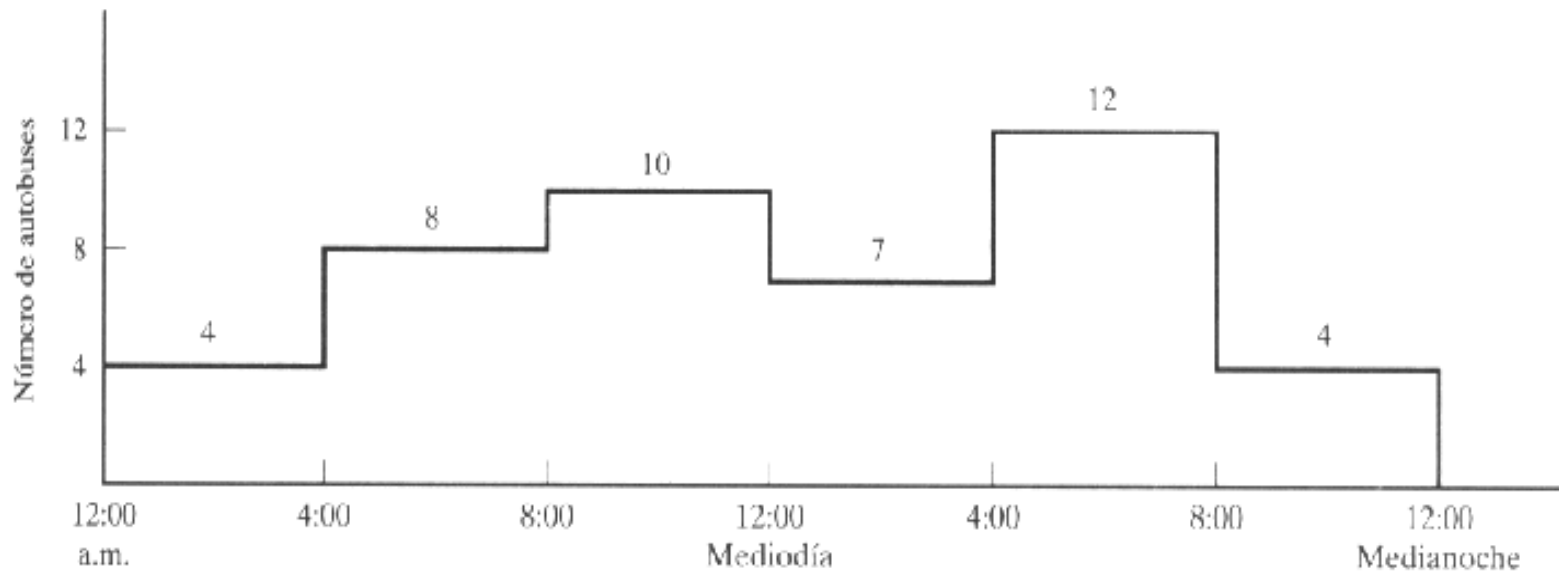


# Ejercicio 4

## Aplicación en Programación de Horarios

---

Una ciudad está estudiando la factibilidad de introducir un sistema de autobuses eléctricos de tránsito masivo que disminuya el problema del smog, reduciendo el número de vehículos que circulan en la ciudad. El estudio inicial busca la determinación del número mínimo de autobuses que pueda manejar las necesidades de transporte. Después de recopilar la información necesaria, el ingeniero de la ciudad observó que el número mínimo de autobuses fluctuaba según la hora del día. Al estudiar más a fondo los datos, fue evidente que era posible hacer una aproximación del número de autobuses mediante valores constantes sobre intervalos sucesivos de 4 horas cada uno. La siguiente figura resume los descubrimientos del ingeniero:



Para llevar a cabo el mantenimiento diario requerido, cada autobus podía operar solo 8 horas sucesivas al día. Se requiere determinar el número de autobuses que van a operar durante los diferentes turnos.

# Ejercicio 5

## Aplicación en producción Reducción de Desperdicios

---

Pacific Paper Company produce rollos de papel con un ancho estándar de 20 pies cada uno. Los pedidos especiales de los clientes, con diferentes anchos, se producen recortando los rollos estándar. A continuación se presenta un pedido especial de su cliente más importante:

Pedido	Ancho deseado	Número de rollos deseado
1	5	150
2	7	200
3	9	300

En la práctica un pedido se prepara fijando las cuchillas de corte en el ancho deseado. Por lo común hay cierto número de formas en las cuales se puede cortar un rollo estándar para satisfacer un pedido determinado.

¿Cuántos rollos de papel debe cortar la empresa? Plantee el problema para ser resuelto por medio de P.L.

# Ejercicio 6

## Aplicación en logística. Problema de abastecimiento

---

Una empresa dedicada a la pesca y enlatado de atún, produce cuatro tipos de lata: Atún Blanco lomitos, Atún Blanco corriente, Atún Azul lomitos y Atún Azul corriente. Ha descubierto dos cardúmenes de atún: el primero tiene un 70% de atún blanco y un 30% de atún azul, el segundo tiene un 40% de atún blanco y 60% de atún azul.

La empresa cuenta con dos barcos pesqueros, uno con capacidad para 75 toneladas y otro con capacidad para 150 toneladas. Cualquiera de los dos barcos que vaya al primer cardumen puede hacer 3 viajes por mes y si se dirigen al segundo cardumen pueden hacer 5 viajes por mes. En promedio cada atún pesa una tonelada y de ahí sale un 20% de lomito.

Un 50% de otras carnes y un 30% de desperdicio. Todas las latas tienen un peso neto de 250 gramos y las utilidades en colones por lata son:

- Lomito Blanco ¢ 50      Lomito Azul ¢ 40
- Corriente Blanco ¢ 45      Corriente Azul ¢ 35

La planta tiene capacidad para empacar 25.000.000 de latas al mes. Plantee el problema para maximizar las ganancias por medio de programación lineal.

# Problemas de Períodos Múltiples

---

- ❑ Existen numerosas situaciones en las que los administradores deben de tomar en consideración cambios que pueden ocurrir en periodos futuros, por ejemplo, tendencias en las demandas, costos inflacionarios o variaciones estacionales.
- ❑ Este tipo de problemas de PL optimizan los resultados esperados a lo largo de un periodo de tiempo en el cual las variables no permanecen constantes.

# Ejercicio 1

## Aplicación en productos perecederos

Una cafetería ubicada en el Mall conocido como Multi Plaza tiene problemas para manejar la cantidad de pasteles que debe producir para atender la demanda que existe por ellos. El administrador cuenta con las siguientes estimaciones de demanda: para el primer trimestre 30 unidades, para el segundo trimestre 20 unidades y para el tercer trimestre 40 unidades. Se pueden producir hasta 27 unidades con trabajo normal, a un costo de ₡400 por pastel. Durante cada trimestre, se puede producir un número ilimitado de pasteles con trabajo de tiempo extra, a un costo de ₡600 la unidad. De todas las unidades producidas, el 20% se pierde y no puede ser utilizado para cumplir con las demandas. Al final de cada trimestre, el 10% de todas las unidades se dañan; por lo tanto, no se pueden utilizar para satisfacer las demandas posteriores. Después de satisfacer la demanda trimestral y de tomar en cuenta los desechos, se aplica un costo de mantenimiento del inventario de ₡50 por unidad. Plantee el problema para ser resuelto por medio de PL. Suponga que al inicio del primer trimestre ya se descontaron los pasteles en mal estado del trimestre anterior y se dispone de 20 pasteles en buen estado.



# Ejercicio 2

## Aplicación en Asignación de Mano de Obra

INTEL es un fabricante de microprocesadores, que construye una planta en un país de América Latina para probar y certificar su producción. Para determinado proceso el número de horas de supervisión especializada que requiere la empresa durante los primeros cinco meses del año 2015 son 6.000, 7.000, 8.000, 9.500 y 11.000 horas respectivamente. Al principio de enero se dispondrán de 50 técnicos especializados, que serán entrenados durante el 2014. Cada técnico especializado puede trabajar hasta 160 horas al mes. Para satisfacer la demanda, hay que capacitar nuevos técnicos. La capacitación de un nuevo técnico dura un mes. Un técnico especializado tiene que supervisar al aprendiz durante 50 horas del mes de entrenamiento. A cada técnico experimentado se le paga mensualmente 2000 dólares aunque no trabaje las 160 horas. Durante un mes de entrenamiento, se paga al aprendiz un sueldo que necesita un aumento del 50% para equiparar el sueldo por hora del técnico especializado; sin embargo, el sueldo del aprendiz durante el período de capacitación es inferior en un 25% a su salario regular. Al final de cada mes, 5% de los técnicos experimentados, cambian de trabajo, para irse con AMD Computer que también planea operar en ese país. Plantee el problema con P.L.