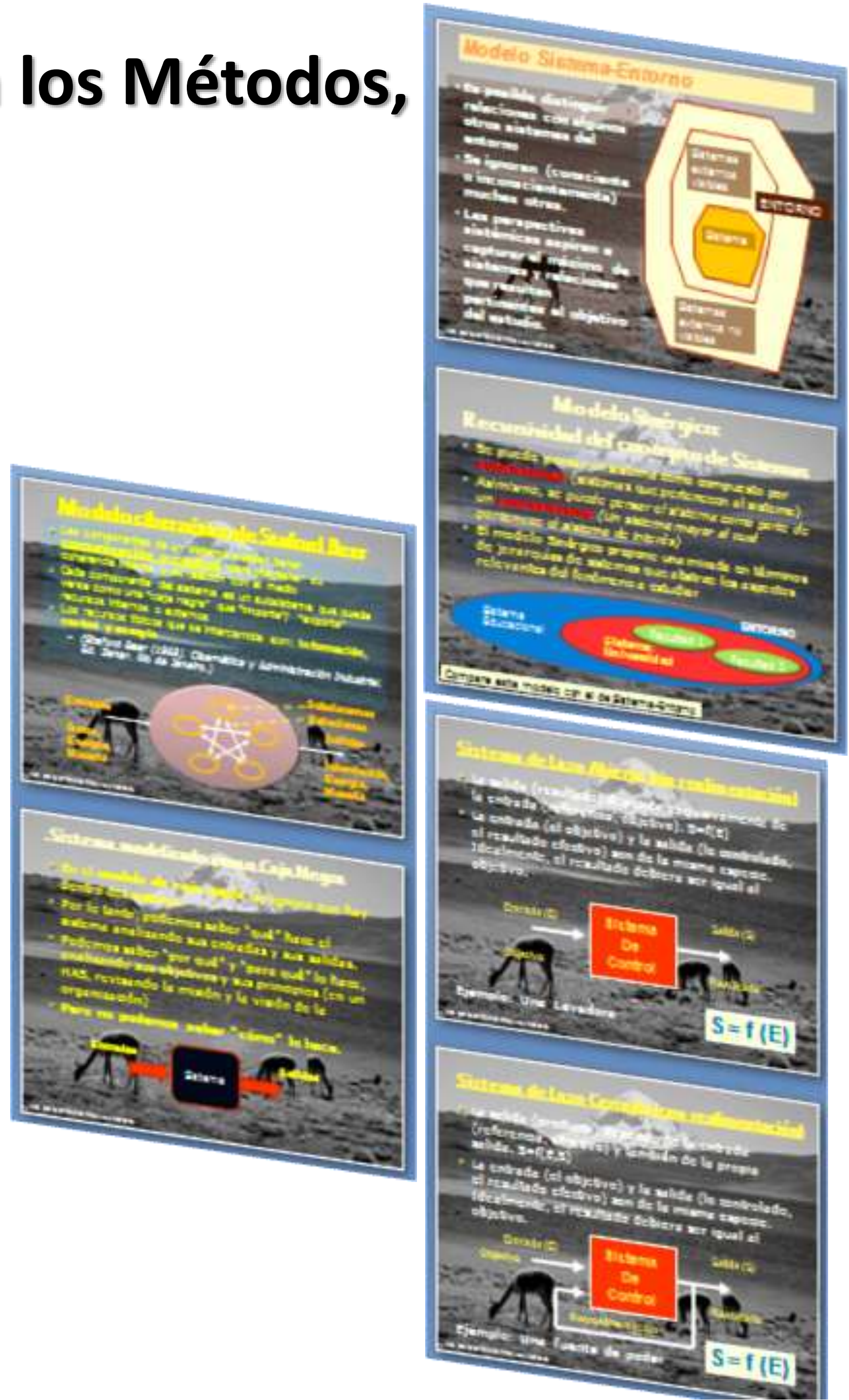
Ingeniería de Sistemas con Enfoque Sistémico

Método Científico y Métodos-Metodologías específicos de la Ingeniería

Desde los Modelos de Sistemas a los Métodos, Metodologías y Técnicas

- ***Modelos de Sistemas:*** **Proporcionan la representación de un sistema que interpreta un fenómeno ("*territorio*") de interés.**
- **El modelo es un "mapa" mediante el cual se intenta *comprender* e *intervenir* la "realidad percibida", con el fin de enfrentar una problemática.**
- **El modelo se acomoda a la sensibilidad y habilidad del sujeto que lo aplica (así, es una expresión de la subjetividad de éste) y, por lo tanto, *no aporta una estrategia para abordar el fenómeno.***



Métodos, Metodologías y Técnicas

- **Todos estos procesos intentan guiar la subjetividad del sujeto que las aplica, con el fin de que pueda enfrentar de mejor forma la problemática que le afecta.**
  - ***Métodos:*** **Proponen un camino general o estrategia global (Descartes, Edgard Morin, etc.)**
  - **Metodologías*:*** **proporcionan un camino o estrategia específica para comprender e intervenir sobre un fenómeno (*territorio*) particular. Durante su ejecución, la metodología propone y guía el uso de sus propios modelos (*mapas*) (Ejs.: DS, SSM, MC).**
  - **Técnicas: Procedimientos con reglas estrictas, con la idea de eliminar la subjetividad del ejecutante (Obtener la Transformada de Laplace, Derivar, etc.)**

Introducción a los Métodos de Resolución de Problemas (MRP) en Ingeniería inspirados en el Método Científico

INGESIS – Prof. José Muñoz Gamboa

El científico busca dar explicaciones comprobables y predicciones sobre el mundo.

Visión sobre un Método de Resolución de Problemas en ingeniería inspirado en el ciclo positivista de investigación (Adaptación libre de Checkland 1991)

3. Especifica los requisitos y concibe diferentes alternativas de solución.
Realiza estudio de factibilidad y Selección de la mejor alternativa

→ ***reducción***

1. **(Observa** y) "Define" un problema en un área de Interés A

2. Reúne los antecedentes para la aplicación de una Metodología (un método estandarizado) aplicable a problemas que conciernen a A

Ingeniero

Que permite …

4. **Realiza especificación técnica (de las características) de la solución** y construye un prototipo

repetitividad

De donde se obtiene …

5. refutación

☒ Resultado No esperado

☑ Comunicar los resultados

6. Revisar diseño, reunir más antecedentes, cambiar requisitos, etc.

Que conduce a …

6. Construcción y puesta en marcha de la solución.

LA INVESTIGACIÓN DE OPERACIONES

Un repositorio de herramientas para resolver problemas de ingeniería

Introducción a la Investigación de Operaciones (IO)

- Como su nombre lo indica, el objetivo de la IO es "investigar sobre las operaciones"; esto es, hacerse cargo de la problemáticas relacionadas con:
  - La conducción y la coordinación de *actividades* en una organización y
  - La asignación de los recursos disponibles a las diferentes actividades de la manera más eficaz.
- En la Industria, en la medida que aumentan la complejidad y la especialización, este tipo de problemas típicos y la necesidad de <u>encontrar la mejor forma de resolverlos</u> presentan el ambiente propicio para la aplicación de la **investigación de operaciones (IO)**.

Introducción

- La **Investigación Operativa** aplica fundamentalmente a *problemas tácticos* (se espera resultados en el corto plazo y su solución tiene efecto local en la organización), en contraste con la planificación de una empresa u organización, cuyas metas y objetivos representan *problemas estratégicos de efecto transversal*.
- La naturaleza de la organización es irrelevante. Cubre áreas tan diversas como: ***manufactura, transporte, construcción, telecomunicaciones, planeación financiera, cuidado de la salud, fuerzas armadas y servicios públicos, etc.***
- Ejemplos de problemas tipo: asignación de recursos escasos; ordenamiento, secuenciación y coordinación de tareas; líneas de espera; mantenimiento y reemplazo de equipos; inventarios; costos y tiempos; gestión de proyectos, etc.

iMetro: Subway best route calculator (http://www.iit.comillas.edu/imetro/)

Programación diaria de la generación

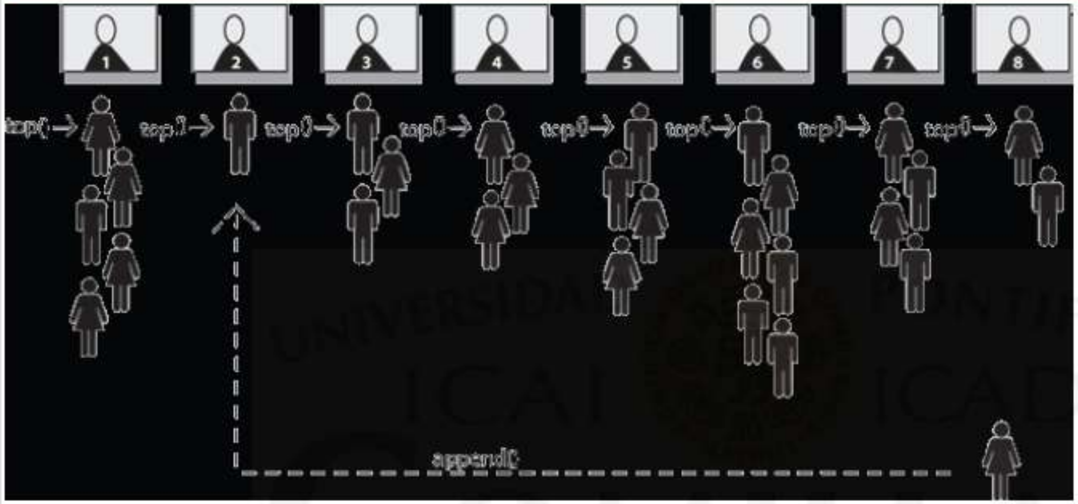
- S. Cerisola, A. Baillo, J.M. Fernandez-Lopez, A. Ramos, R. Gollmer *Stochastic Power Generation Unit Commitment in Electricity Markets: A Novel Formulation and A Comparison of Solution Methods* Operations Research 57 (1): 32-46 Jan-Feb 2009 (http://or.journal.informs.org/cgi/content/abstract/57/1/32)

Train timetabling. EcoDriving

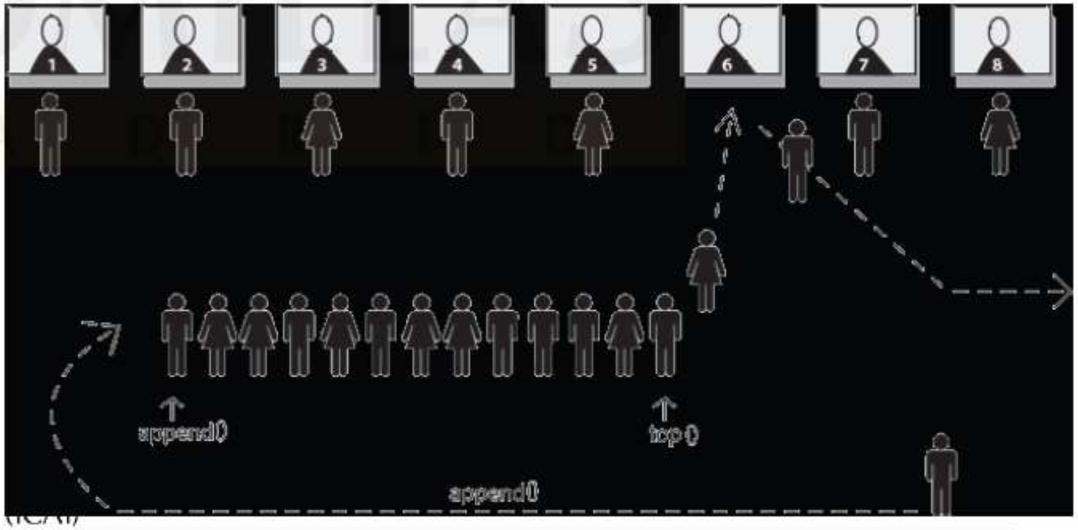
- A. Ramos, M.T. Peña, A. Fernández, P. Cucala *Mathematical programming approach to underground timetabling problem for maximizing time synchronization* Revista de Dirección, Organización y Administración de Empresas CEPADE 35: 88-95 Junio 2008 (http://www.revistadyo.com/index.php/dyo/article/view/60/60)

http://www.antena3.com/noticias/economia/madrid-presenta-metrolinera-estacion-carga-coches-electricos-que-aprovecha-frenada-metro_2014031400210.html

¿Qué sistema de colas es más efectivo?



- 8 colas
- 8 servidores



- 1 cola
- 8 servidores

En Resumen…:

- La IO ofrece un conjunto de métodos de modelización matemática, cuyo objetivo es producir soluciones que mejor sirvan a los objetivos de la organización.
- En particular, como parte de un sector económico, una organización busca ***la optimización de sus recursos*** y la ***maximización de sus beneficios*** (minimización de los costos).
- Dentro de estos métodos tiene especial importancia el **modelo de programación lineal**, en el que las funciones matemáticas que aparecen, tanto en la función objetivo como en las restricciones, son funciones lineales en la búsqueda de una **solución óptima.**

Introducción a la Programación Lineal

Herramientas de la INVESTIGACIÓN DE OPERACIONES

¿Qué es la programación Lineal?

- La programación Lineal (PL) es una forma determinista de análisis para elegir la mejor de muchas alternativas.
- La programación lineal (PL) involucra la ***programación (planeación) de actividades*** para obtener un ***resultado óptimo (máximo o mínimo)***, utilizando un ***modelo matemático que involucra sólo funciones lineales***.*
- Éste se denomina el ***MODELO ESTÁNDAR de PL***
  - El problema general es asignar de forma *óptima recursos limitados a actividades que compiten entre* sí por ellos.
  - La limitación de los recursos significa la presencia de restricciones para la realización de las actividades.

* Texto de referencia: Hillier y Lieberman. *Introducción a la Investigación de Operaciones*)

Estructura del Modelo estándar de PL para un problema de Maximización

Función Objetivo: **Maximizar** $Z = c_1x_1 + c_2x_2 + . . . + c_nx_n,$

Sujeta a las **restricciones**:

$$a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + . . . + a_{1n}x_n \leq b_1$$

$$a_{21}x1 + a_{22}x2 + . . . + a_{2n}x_n \leq b_2$$

$$\ldots$$

$$a_{m1}x_1 + a_{m2}x_2 + . . . + a_{mn}x_n \leq b_m,$$

y

$$x_1 \geq 0, x_2 \geq 0, . . . , x_n \geq 0.$$

- *Z = valor de la medida global de desempeño (Por ejemplo, Ganancia expresada en $).*
- *xj = nivel de la actividad j (para j = 1, 2, . . . , n). (Ej.: Cantidad de objetos fabricados)*
- *cj = incremento en Z que se obtiene al aumentar una unidad en el nivel de la actividad j.*
- *bi = cantidad de recurso i disponible para asignarse a las actividades (para i = 1, 2, . . . , m).*
- *aij = cantidad del recurso i consumido por cada unidad de la actividad j (Ej: # de horas).*

La resolución de un problema de programación Lineal

- Para problemas de PL simples (*pocas variables*), se puede obtener la solución directamente en forma algebraica.
  - **En particular, para el caso de PL con dos variables, se puede utilizar la solución gráfica.**
- Para problemas de PL de mayor "complicación" (*muchas variables*) se utiliza el **método SIMPLEX.**
  - Diversas herramientas de software implementan el método Simplex (p.e.: "R")

* Texto de referencia: Gallagher y Watson. Métodos cuantitativos para la toma de decisiones en administración)

La resolución de un problema de programación Lineal (cont.)

- Algunos autores consideran que la parte más difícil de la PL es reconocer cuándo ésta puede aplicarse y realizar el planteamiento de la forma estándar (para maximizar o minimizar) del problema. Hecho esto, resolver el problema se reduce a una ***sistematización de pasos***, con más o menos complicación.*

* Texto de referencia: Gallagher y Watson. Métodos cuantitativos para la toma de decisiones en administración)

Ejemplo de "formulación de un problema de programación lineal"

- WYNDOR GLASS produce: 1. ventanas y 2. puertas
- Tiene tres plantas: Planta 1: fabrica marcos y molduras de las ventanas; Planta 2: fabrica marcos y molduras de las puertas; Planta 3: Ensambla los productos.
- ¿Cuántas ventanas y cuántas puertas producir para obtener máxima rentabilidad si se gana $ 3M por cada ventana y $ 5M por cada puerta.

TABLA 3.1 Datos del problema de la Wyndor Glass Co.

	Tiempo de producción por lote, horas		
	Artículo		
Planta	**1**	**2**	**Tiempo de producción disponible a la semana, horas**
1	1	0	4
2	0	2	12
3	3	2	18
Ganancia por lote	$3 000	$5 000	

Presentación problema en forma estándar

TABLA 3.1 Datos del problema de la Wyndor Glass Co.

Planta	Tiempo de producción por lote, horas		Tiempo de producción disponible a la semana, horas
	Producto		
	x_i 1	2	
1	a_{ij} 1	0	4 b_i
2	0	2	12
3	3	2	18
Ganancia por lote	c_j \$3 000	\$5 000	

Forma estándar

$$\begin{aligned}
&\text{Maximizar } Z = c_1x_1 + c_2x_2\\
&\text{sujeta a}\\
&\qquad a_{11}x_1 + a_{12}x_2 \leq b_1\\
&\qquad a_{21}x_1 + a_{22}x_2 \leq b_2\\
&\qquad a_{31}x_1 + a_{32}x_2 \leq b_3\\
&y\\
&\qquad x_1 \geq 0, x_2 \geq 0
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&\text{Maximizar } Z = 3x_1 + 5x_2\\
&\text{sujeta a}\\
&\qquad 1x_1 + 0x_2 \leq 4\\
&\qquad 0x_1 + 2x_2 \leq 12\\
&\qquad 3x_1 + 2x_2 \leq 18\\
&y\\
&\qquad x_1 \geq 0, x_2 \geq 0
\end{aligned}$$

Presentación problema en forma estándar

TABLA 3.1 Datos del problema de la Wyndor Glass Co.

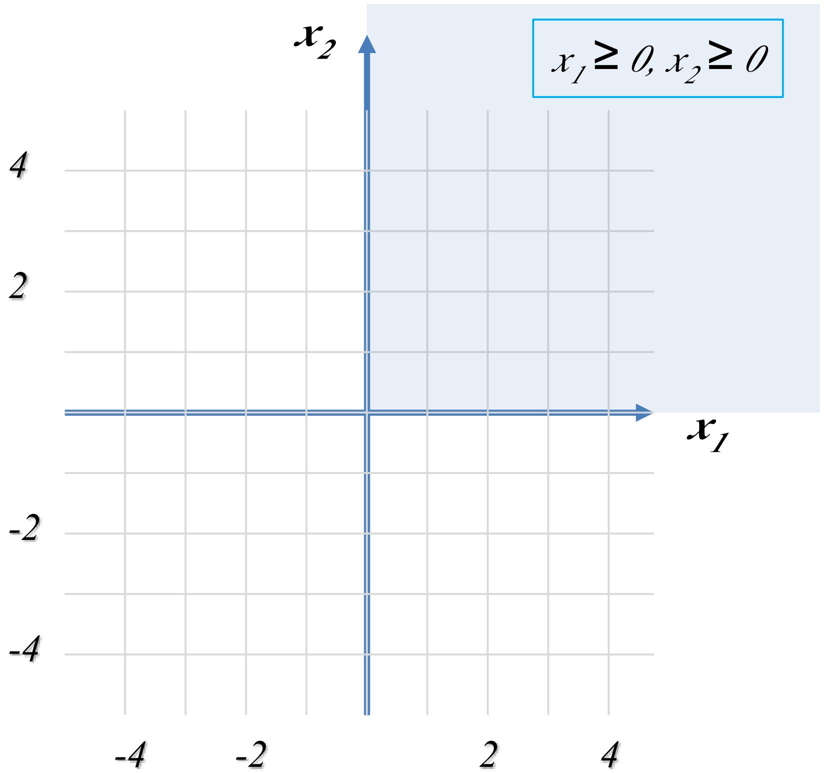
Planta	Tiempo de producción por lote, horas Producto x_i 1	2	Tiempo de producción disponible a la semana, horas
1	a_{ij} 1	0	4 b_i
2	0	2	12
3	3	2	18
Ganancia por lote	c_j \$3 000	\$5 000	

$$
\begin{aligned}
&\text{Maximizar } Z = 3x_1 + 5x_2,\\
&\text{sujeta a}\\
&\qquad x_1 \qquad\quad \leq 4\\
&\qquad\qquad 2x_2 \leq 12\\
&\qquad 3x_1 + 2x_2 \leq 18\\
&\text{y}\\
&\quad x_1 \geq 0, \quad x_2 \geq 0
\end{aligned}
$$

Ejercicio: Resolver el problema de la WYNDOR GLASS CO.

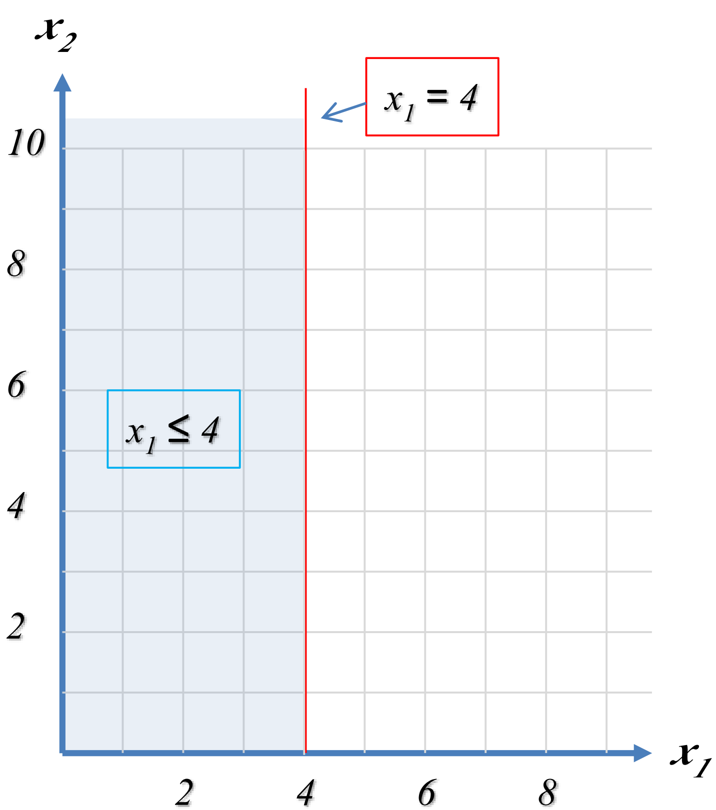
I.- Solución por método gráfico

Restricciones de <u>no negatividad</u>



$$
\begin{aligned}
&\text{Maximizar } Z = 3x_1 + 5x_2,\\
&\text{sujeta a}\\
&\quad x_1 \qquad\qquad \leq 4\\
&\qquad\quad 2x_2 \leq 12\\
&\quad 3x_1 + 2x_2 \leq 18\\
&\text{y}\\
&\quad x_1 \geq 0, \quad x_2 \geq 0
\end{aligned}
$$

1era restricción



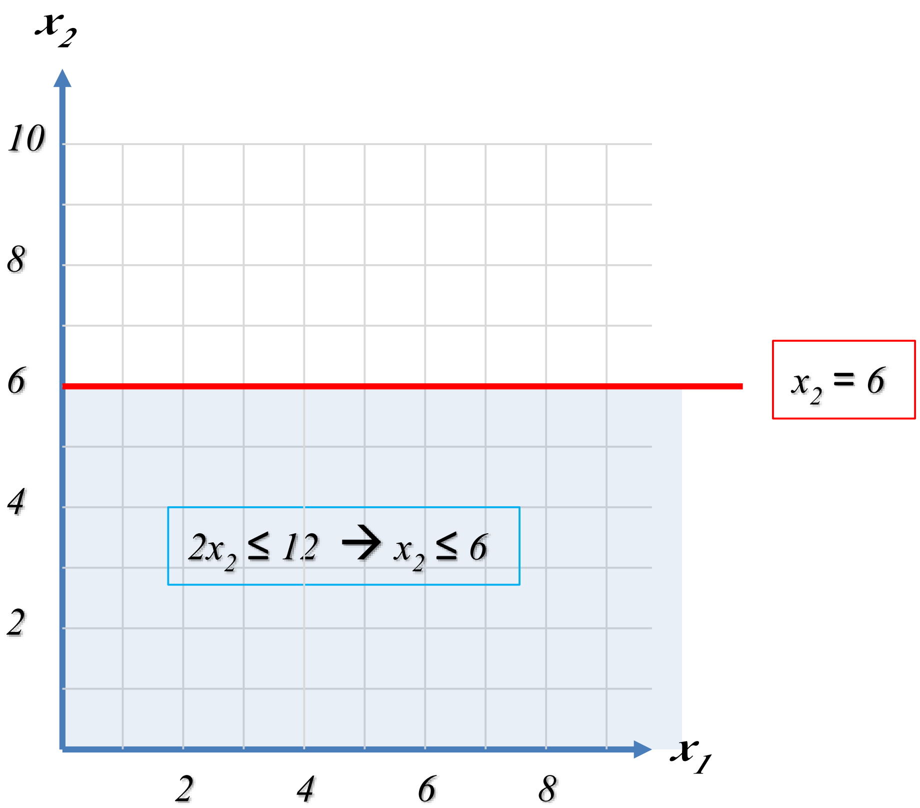
Maximizar $Z = 3x_1 + 5x_2$,
sujeta a

$$\begin{aligned} x_1 \quad\quad\quad &\leq 4 \\ 2x_2 &\leq 12 \\ 3x_1 + 2x_2 &\leq 18 \end{aligned}$$

y

$$x_1 \geq 0, \quad x_2 \geq 0$$

2a restricción



Maximizar $Z = 3x_1 + 5x_2,$

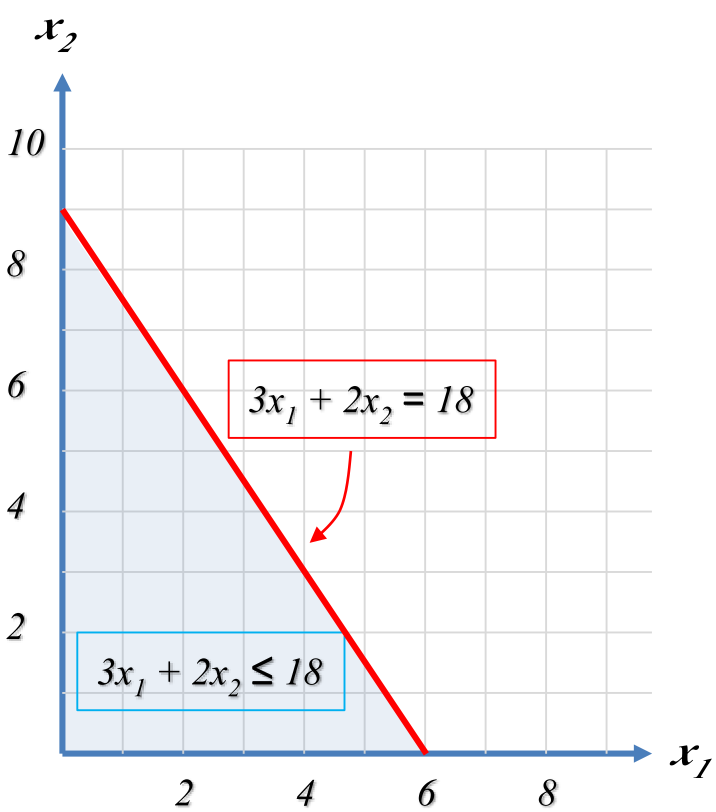
sujeta a

$$
\begin{aligned}
x_1 \qquad\quad &\leq 4 \\
2x_2 &\leq 12 \\
3x_1 + 2x_2 &\leq 18
\end{aligned}
$$

y

$$x_1 \geq 0, \quad x_2 \geq 0$$

3era restricción



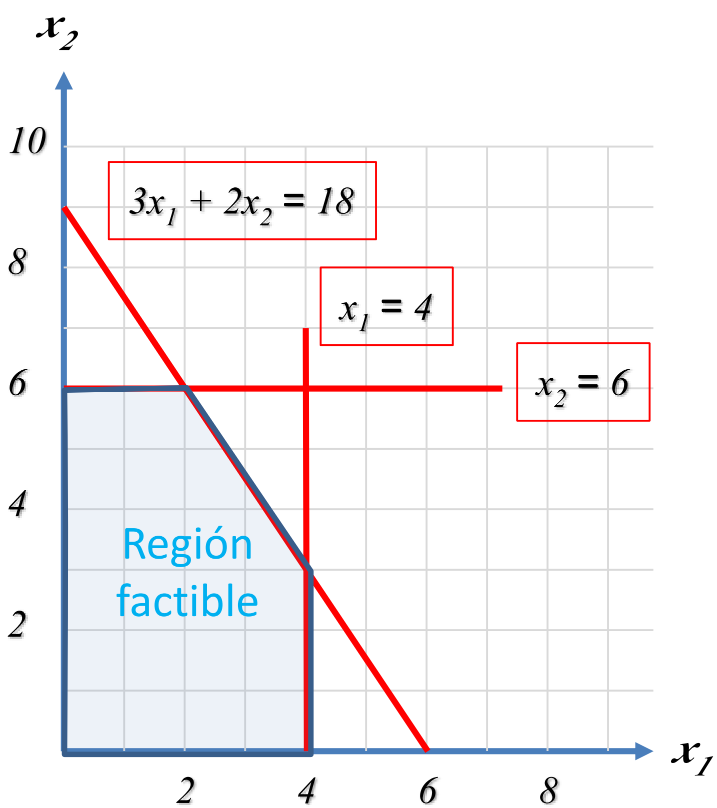
Maximizar $Z = 3x_1 + 5x_2$,
sujeta a

$$
\begin{aligned}
x_1 \quad\quad\quad & \leq 4 \\
2x_2 & \leq 12 \\
3x_1 + 2x_2 & \leq 18
\end{aligned}
$$

y

$$x_1 \geq 0, \quad x_2 \geq 0$$

Determinación de la región factible



Maximizar $Z = 3x_1 + 5x_2$,

sujeta a

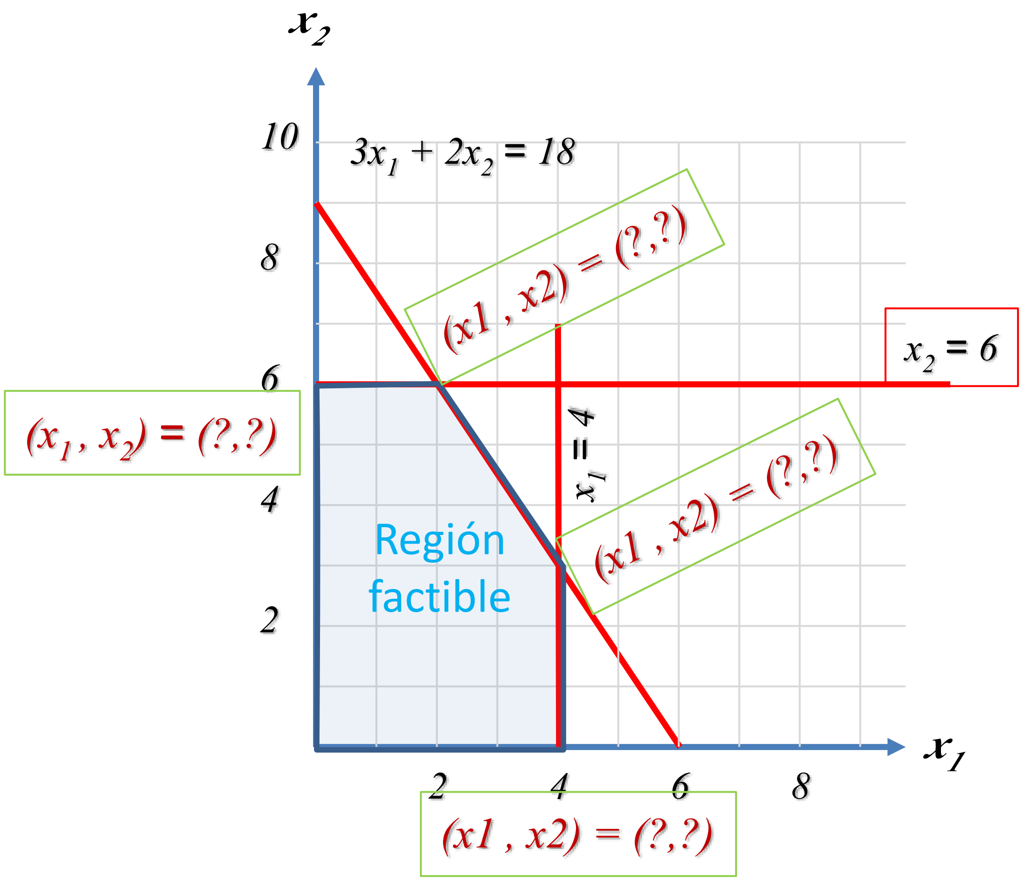
$$\begin{aligned} x_1 \quad\quad\quad &\leq 4 \\ 2x_2 &\leq 12 \\ 3x_1 + 2x_2 &\leq 18 \end{aligned}$$

y

$$x_1 \geq 0, \quad x_2 \geq 0$$

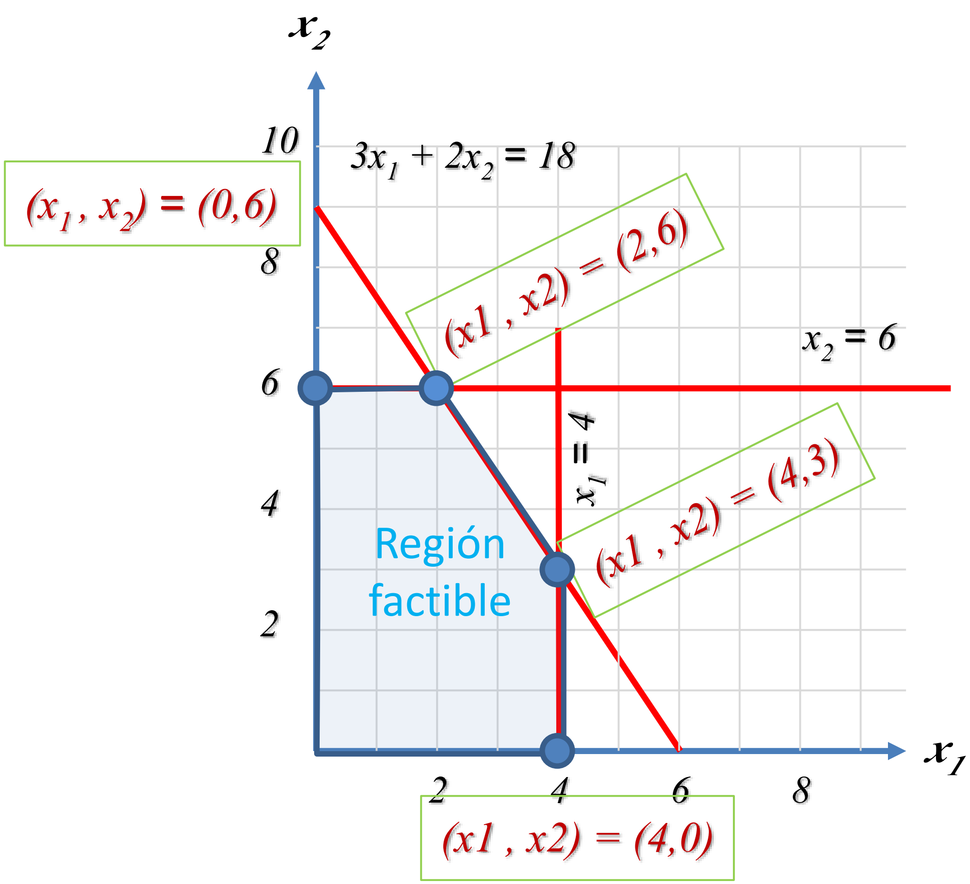
Obtención de la Solución Óptima

Método de Prueba y Error: *CRITERIO: En un problema de PL, por lo menos uno de los puntos de intersección de la frontera extrema será una solución óptima*



Obtención de la Solución Óptima

***Método de Prueba y Error**: Calculando la función objetivo para cada par (x_1, x_2) se encuentra el valor Z máximo (solución óptima)*

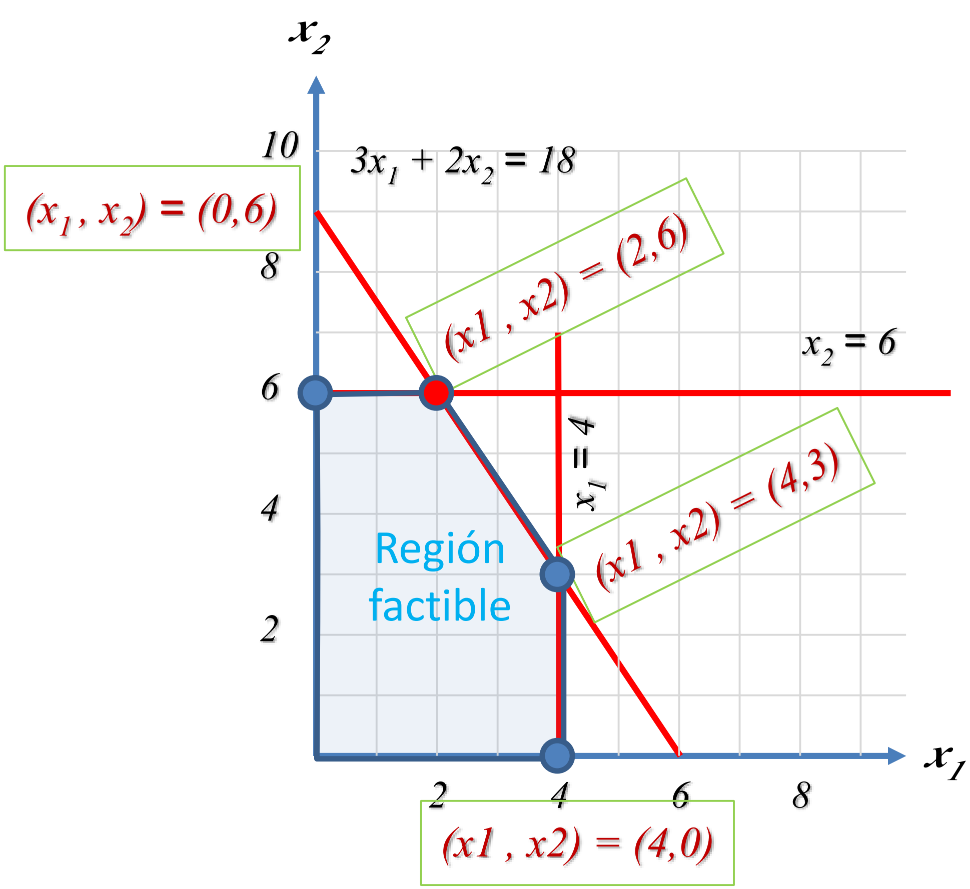


$$Z = 3x_1 + 5x_2$$

(x_1, x_2)	$3x_1$	$5x_2$	Z
(0,6)			
(2,6)			
(4,3)			
(4,0)			

Obtención de la Solución Óptima

***Método de Prueba y Error**: Calculando la función objetivo para cada par (x_1, x_2) se encuentra el valor Z máximo (solución óptima)*



$$Z = 3x_1 + 5x_2$$

(x_1, x_2)	$3x_1$	$5x_2$	Z
(0,6)	0	30	30
(2,6)	6	30	**36**
(4,3)	12	15	27
(4,0)	12	0	12

Resolución con R

- > library(boot)
- > a<-c(3,5)
- > coef.men.ig<-c(1,0,0,2,3,2)
- > A1<-matrix(coef.men.ig,nrow=3,byrow=T)
- > A1
- [,1] [,2]
- [1,] 1 0
- [2,] 0 2
- [3,] 3 2
- > b1<-c(4,12,18)
- > simplex(a,A1,b1,maxi=T)
- Linear Programming Results
- Call : simplex(a = a, A1 = A1, b1 = b1, maxi = T)
- Maximization Problem with Objective Function Coefficients
- x1 x2
- 3 5
- Optimal solution has the following values
- x1 x2
- 2 6
- **The optimal value of the objective function is 36.**
- >

Maximizar $Z = 3x_1 + 5x_2$

sujeta a

$$1x_1 + 0x_2 \leq 4$$
$$0x_1 + 2x_2 \leq 12$$
$$3x_1 + 2x_2 \leq 18$$

y

$$x_1 \geq 0,\ x_2 \geq 0$$

Maximizar $Z = 3x_1 + 5x_2$,

sujeta a

$$\begin{aligned} x_1 \quad\quad\quad &\leq 4 \\ 2x_2 &\leq 12 \\ 3x_1 + 2x_2 &\leq 18 \end{aligned}$$

y

$$x_1 \geq 0, \quad x_2 \geq 0$$

PROG. LINEAL

FIN