



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO



Facultad de Estudios Superiores

Acatlán

OPTIMIZACIÓN LINEAL **“MÉTODO SIMPLEX”**

INTEGRANTES:

Loe Urtes Cinthya Alicia
Morales Deloya Miguel Angel
Santana Valle Gerardo

GRUPO:

2404

Abril, 2012

ÍNDICE

1. CONCEPTOS BÁSICOS

1.1 Método Simplex

1.2 Forma Estándar

1.3 Solución Básica

1.4 Solución Básica Factible

1.5 Solución Óptima

Observando con Tablas:

1.6 Variables Básicas

1.7 Variables no Básicas

1.8 Variable de Entrada

1.9 Variable de Salida

1.10 Variable Degenerada

1.11 Variable Artificial

1.12 Modelo Ampliado

2. EJEMPLO

2.1 Problema

2.2 Planteamiento del Problema

2.3 Explicación del Modelo

2.4 Solución

2.5 Explicación de los Resultados

3. REFERENCIAS

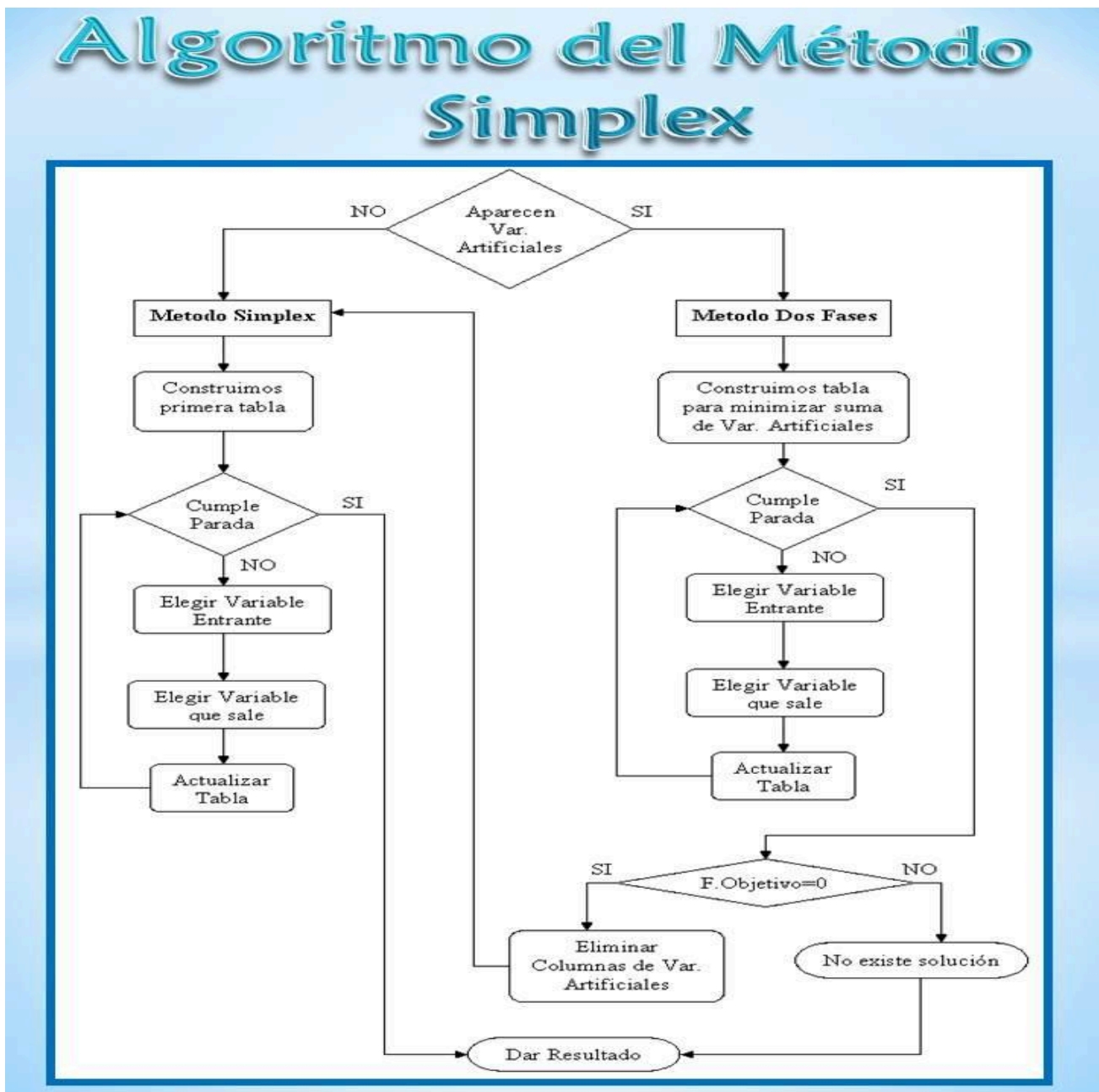
1. CONCEPTOS BÁSICOS

1.1 Método Simplex

Es un proceso iterativo que siempre inicia en un punto extremo de la región factible, que normalmente es el origen y sistemáticamente se mueve a otro punto extremo adyacente hasta llegar a la solución óptima.

A continuación se muestra un enlace de interés en donde se da una explicación más amplia del Método Simplex, características, criterios y algoritmos:

http://www.phpsimplex.com/teoria_metodo_simplex.htm. En consecuencia podemos **ejemplificar** el Método Simplex en el siguiente diagrama de Flujo:



1.2 Forma Estándar

Reduce el modelo lineal a un conjunto de m ecuaciones con n incógnitas (incluyendo las variables de holgura y de exceso) en el cual las desigualdades se cambian a igualdades.

A continuación en las siguientes imágenes se muestra un modelo y la forma estándar de este modelo:

*EJEMPLO

$$\begin{aligned} \text{Max } z &= 4x_1 + 3x_2 \\ 2x_1 + 3x_2 &\leq 6 \\ -3x_1 + 2x_2 &\leq 3 \\ 2x_2 &\leq 5 \\ 2x_1 + x_2 &\leq 4 \\ x_i &\geq 0 \end{aligned}$$

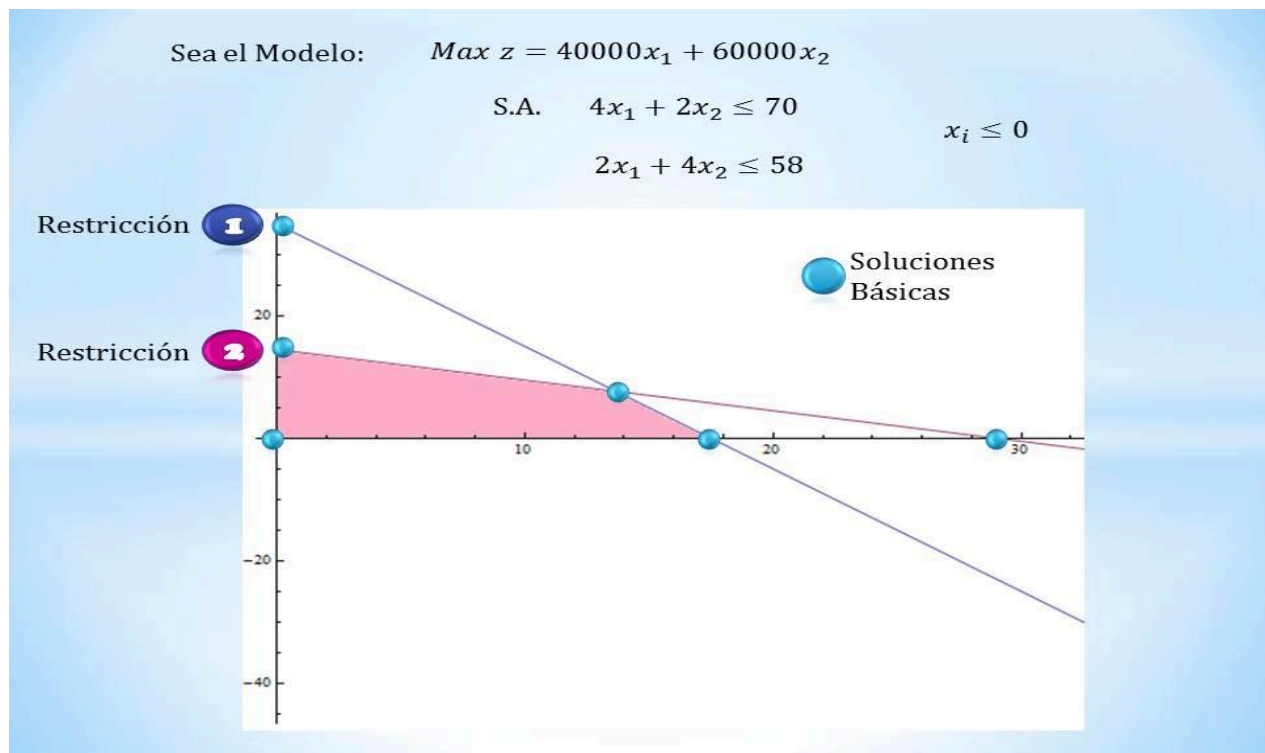
FORMA ESTANDAR

$$\begin{aligned} \text{Max } z &= 4x_1 + 3x_2 \\ 2x_1 + 3x_2 + x_3 &= 6 \\ -3x_1 + 2x_2 + x_4 &= 3 \\ 2x_2 + x_5 &= 5 \\ 2x_1 + x_2 + x_6 &= 4 \\ x_i &\geq 0 \end{aligned}$$

1.3 Solución Básica

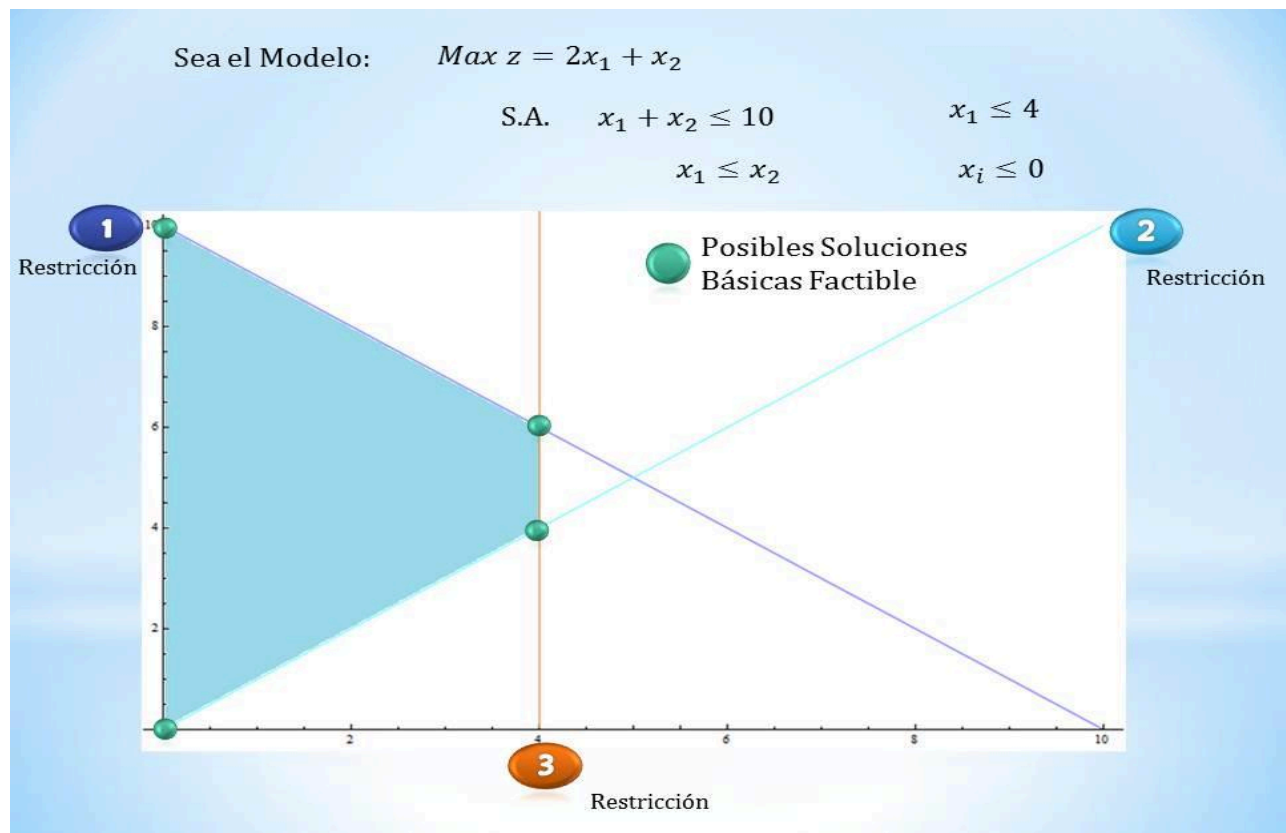
Una solución es básica si $n-m$ variables valen cero. Cualquier punto de intersección en la gráfica será una solución básica, se incluye a los puntos extremos de la región factible. En otras palabras es la intersección de cualquiera de las restricciones.

Ejemplo: En la siguiente imagen se muestran todos los puntos que serían las soluciones básicas de ese modelo.



1.4 Solución Básica Factible

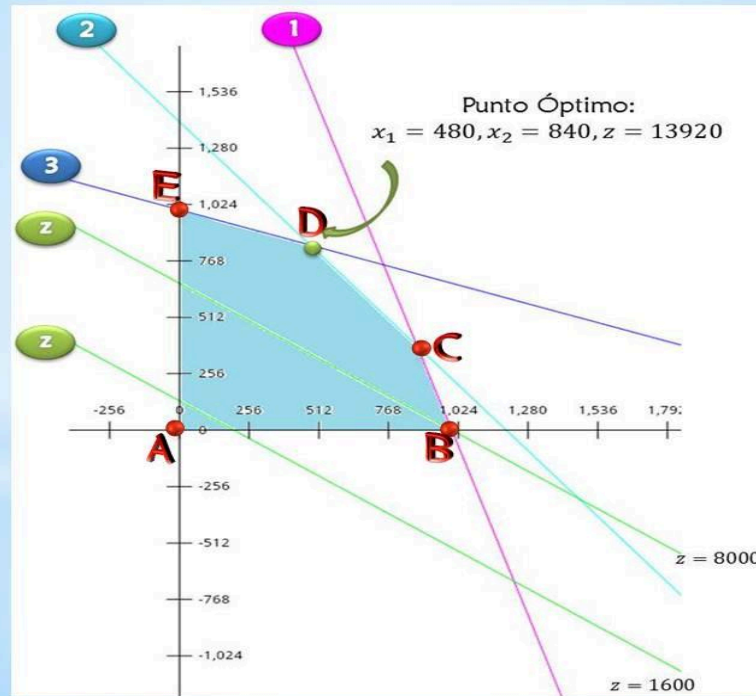
Es solución básica factible si todos sus valores son mayores iguales a cero, es una solución básica que se encuentra dentro de la región factible. En la siguiente imagen- **ejemplo**, se puede observar que son los puntos de intersección de las restricciones y son los puntos extremos de la región factible:



1.5 Solución Óptima

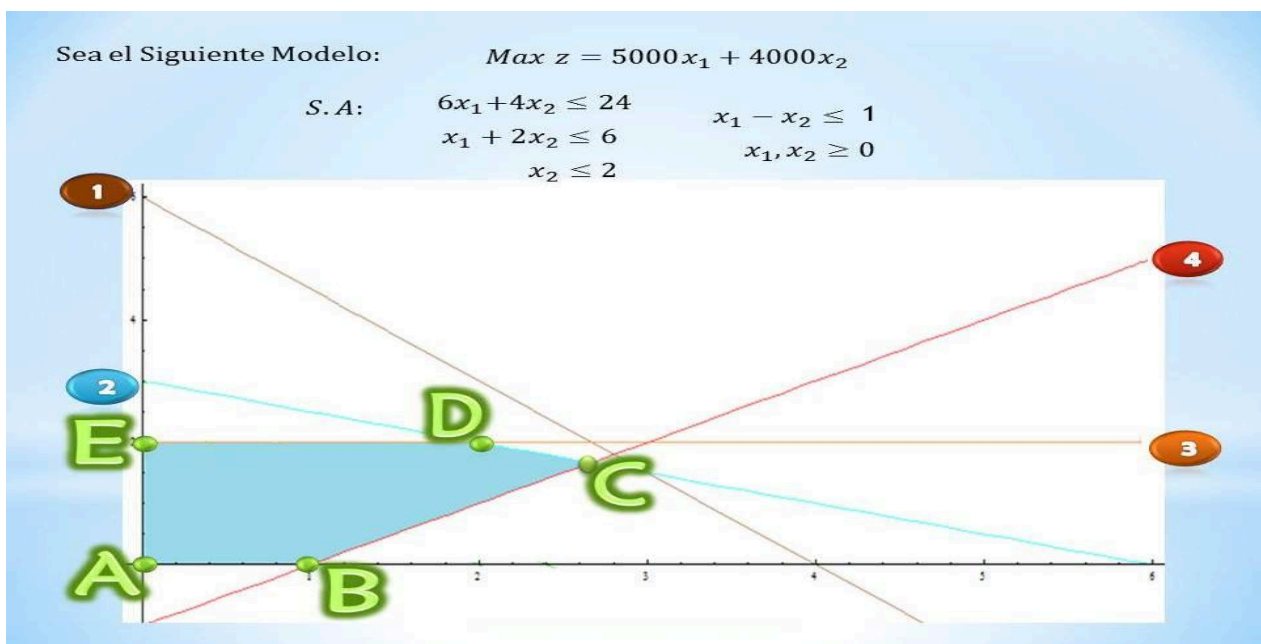
Siempre esta asociada a un punto extremo de la región factible y satisface todas las restricciones si se evalúa en ellas así como es el punto que en el caso de Maximización hace que el valor de z sea el máximo(mas grande) y en el caso de Minimización sea el mínimo (mas pequeño). **Ejemplo** para caso de maximización:

Sea el Modelo: F.O: $Max\ x = 8x_1 + 12x_2$
 S.A.: $20x_1 + 60x_2 \leq 60000$
 $70x_1 + 60x_2 \leq 84000$
 $12x_1 + 4x_2 \leq 12000$
 $x_1, x_2 \geq 0$



Analizando con el Método gráfico, en la imagen anterior se detecta la región factible delimitada por los puntos, A,B,C,D, E, asimismo las rectas verdes, correspondientes a z, observamos que aumenta su valor hacia la parte superior de la región, y como es caso de maximización el último punto que tocaría z es el D (color verde), al cual da a la función objetivo la solución óptima cumpliendo todas las restricciones.

Para los siguientes cuatro conceptos, hagamos un análisis Gráfico y con Simplex:



El Modelo en su Forma Estándar:

$$\text{Max } z = 5000x_1 + 4000x_2$$

S. A:

$$6x_1 + 4x_2 + x_3 = 24$$

$$x_1 + 2x_2 + x_4 = 6$$

$$x_2 + x_5 = 2$$

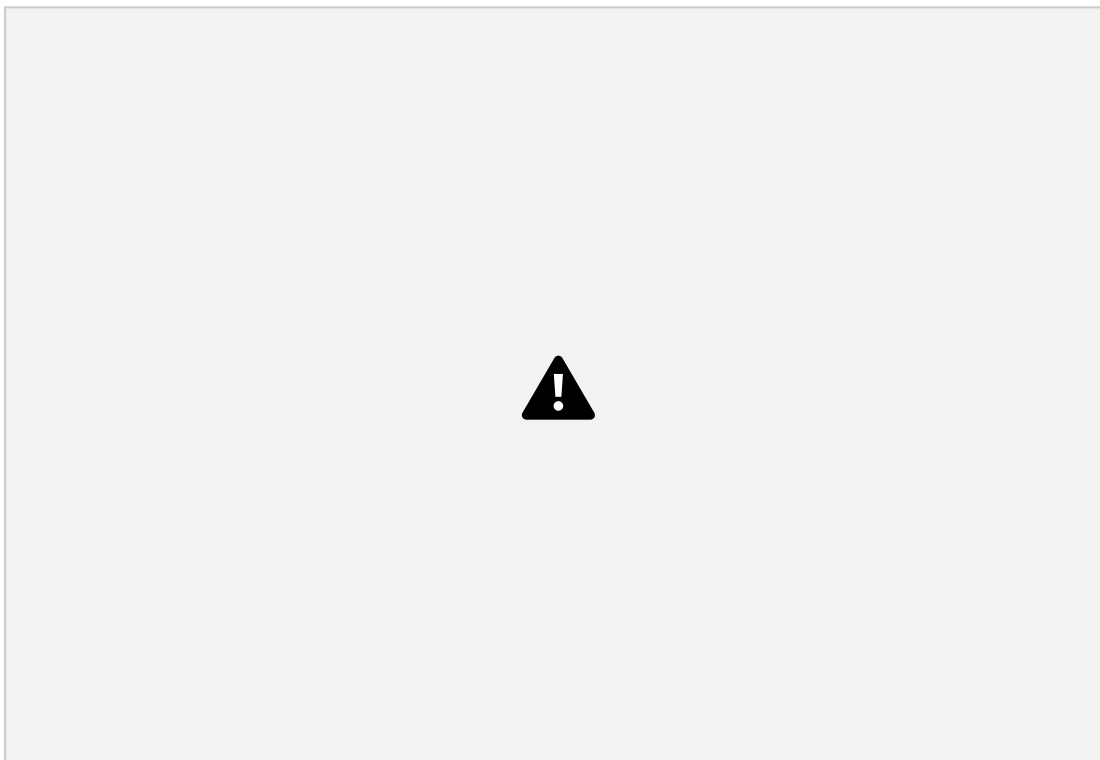
$$x_1 - x_2 + x_6 = 1$$

$$x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6 \geq 0$$

Acotaciones: Para identificar más rápido las variables de intersección en la gráfica:

-  Variable de holgura correspondiente a su línea en la gráfica x_3
-  Variable de holgura correspondiente a su línea en la gráfica x_4
-  Variable de holgura correspondiente a su línea en la gráfica x_5
-  Variable de holgura correspondiente a su línea en la gráfica x_6

De acuerdo a los puntos de la Gráfica, se elabora la siguiente tabla:



Como se ve en la gráfica, los puntos extremos de la región factible son la intersección de las rectas de las inecuaciones, siendo así que, como ya sabemos, en la intersección de dos líneas, las variables de holgura correspondientes a las líneas de intersecciones, son las variables NO básicas que valen cero, y por lo tanto, como tenemos m variables básicas, las demás variables son Básicas.

Observando con Tablas:

Primera Tabla (Sol. Inicial)

	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	Sol.
$z_j - c_j$	-5000	-4000	0	0	0	0	0
x_3	6	4	1	0	0	0	24
x_4	1	2	0	1	0	0	6
x_5	0	1	0	0	1	0	2
x_6	1	-1	0	0	0	1	1

1.6 Variables Básicas

Son las m variables que se utilizan para dar solución al sistema.

Variables Básicas (de la Primera Tabla)

	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	Sol.
$z_j - c_j$	-5000	-4000	0	0	0	0	0
x_3	6	4	1	0	0	0	24
x_4	1	2	0	1	0	0	6
x_5	0	1	0	0	1	0	2
x_6	1	-1	0	0	0	1	1

x_3

x_4

x_5

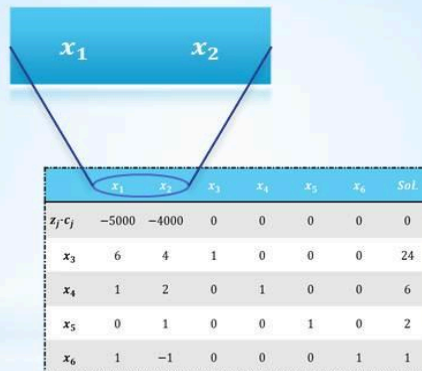
x_6

Tenemos 4 variables básicas, Correspondientes a las 4 restricciones que tiene el modelo. Además son en esa sección de la tabla encontramos los resultados de las variables después de iterar n veces hasta llegar a la solución óptima.

1.7 Variables no Básicas

A las $n-m$ variables que sus valores son igual con cero.

Variables NO Básicas (de la Primera Tabla)



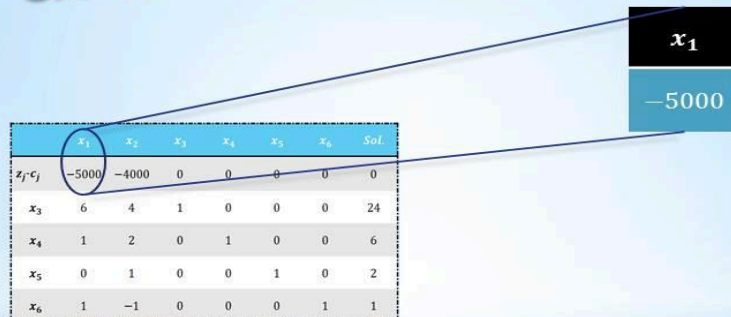
	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	Sol.
$z_j - c_j$	-5000	-4000	0	0	0	0	0
x_3	6	4	1	0	0	0	24
x_4	1	2	0	1	0	0	6
x_5	0	1	0	0	1	0	2
x_6	1	-1	0	0	0	1	1

2 Variables NO Básicas: Como lo dice la Definición , las $n - m$ variables (6 variables - 4 restricciones = 2). Y esto efectivamente se puede comprobar en la solución inicial donde el valor de $x_1 = x_2 = 0$

1.8 Variable de Entrada

Es una variable no básica en un punto extremo que en el siguiente punto extremo adyacente es variable básica.

Variable de Entrada



	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	Sol.
$z_j - c_j$	-5000	-4000	0	0	0	0	0
x_3	6	4	1	0	0	0	24
x_4	1	2	0	1	0	0	6
x_5	0	1	0	0	1	0	2
x_6	1	-1	0	0	0	1	1

x_1 Variable de Entrada: Primeramente recordando que esta cumple con ser del conjunto de las variables no básicas (x_1, x_2). En la Tabla la visualizamos porque en el $z_j - c_j$, es el valor más negativo. En la siguiente tabla, esta variable formara parte de las variables básicas.

1.9 Variable de Salida

Es una variable básica en un punto extremo que en el siguiente punto extremos adyacente es variable

no básica.

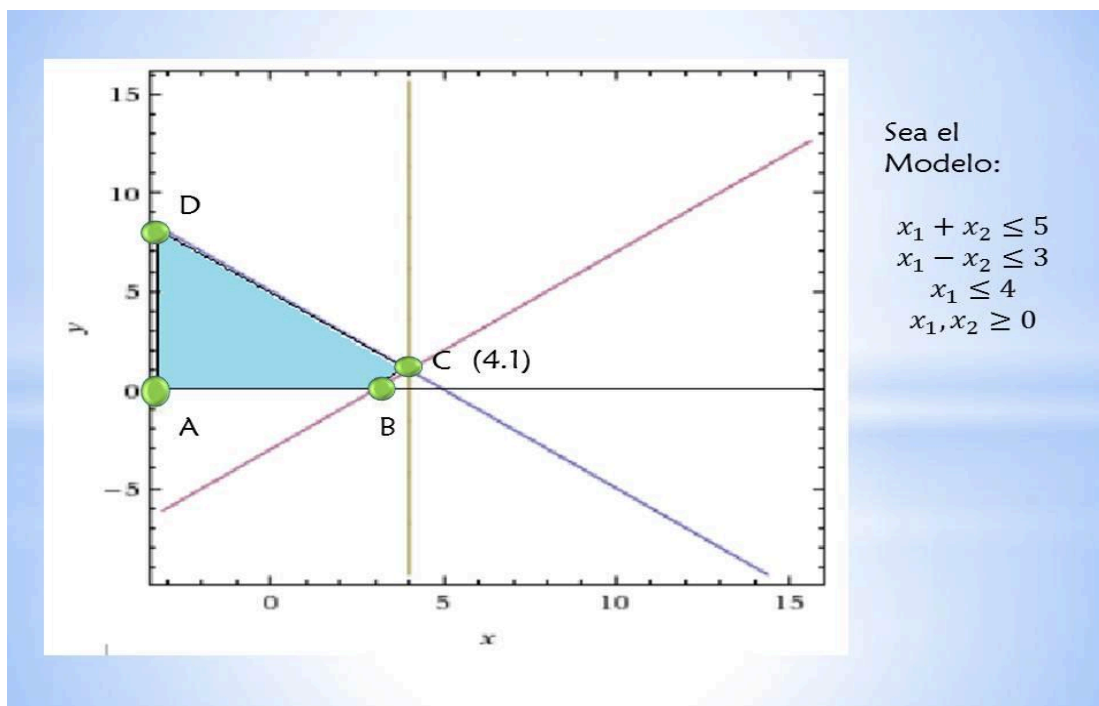
Variable de Salida

	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	Sol
$z_j - c_j$	-5000	-4000	0	0	0	0	0
x_3	6	4	1	0	0	0	24
x_4	1	2	0	1	0	0	6
x_5	0	1	0	0	1	0	2
x_6	1	-1	0	0	0	1	1

Variable de Salida x_6 . Como observamos, esta variable pertenece al conjunto de las variables básicas (x_3, x_4, x_5, x_6) que en la siguiente iteración será NO básicas. En la tabla no es fácil si percepción a simple vista, ya que como sabemos tenemos que calcular la razón y de ahí escoger el valor mínimo ($\frac{1}{1}$ correspondiente a x_6).

1.10 Variable Degenerada

Es una variable básica que vale cero, graficamente se representa cuando 3 o mas rectas se intersectan.



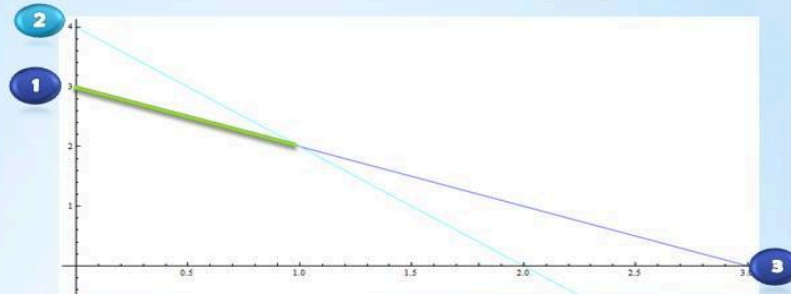
1.11 Variable Artificial

Se crea una variable artificial cuando las restricciones son "=" y " $\geq$ " aparece cuando el origen no se

encuentra dentro de la región factible, estas variables lo que tratan de hacer es llevar el modelo a otra “dimensión” en la cual el origen si exista en la región.

Sea el Siguiete Modelo: $\text{Min } z = 3x_1 + x_2$ S. A: $x_1 + x_2 \geq 3$
 $2x_1 + x_2 \leq 4$ $x_1, x_2 \geq 0$
 $x_1 + x_2 = 3$

Si obtenemos su gráfica:



Observamos que el origen no se encuentra dentro de la región factible (línea verde), por lo tanto este es un caso donde hay que agregar variable artificial en la primera y tercer restricción ya que tienen $\geq$ e $=$.

Entonces el Modelo con la variables artificiales queda de la siguiente manera:

$$\begin{array}{llll} \text{S. A:} & x_1 + x_2 - x_3 & + a_1 & = 3 & \text{Se agrega v. de exceso y v. artificial} \\ & 2x_1 + x_2 & + x_4 & = 4 & \text{Se agrega solo v. de holgura} \\ \text{Min } z = 3x_1 + x_2 & & & & \\ & x_1 + x_2 & & + a_2 = 3 & \text{Se agrega solo v. artificial} \\ & x_1, x_2, x_3, x_4 \geq 0 & & & a_1, a_2 \geq 0 \end{array}$$

1.12 Modelo Ampliado

Cuando se introduce en cada restricción una variable artificial que no contenga una variable de holgura.

MODELO AMPLIADO

$$\begin{array}{ll} \text{Max } z = 2x_1 + 3x_2 & \\ x_1 + 2x_2 + x_3 = 3 & \\ 4x_1 + 5x_2 - x_4 + a_1 = 6 & \\ 7x_1 + 8x_2 + a_2 = 15 & \end{array}$$

$x_i \geq 0 \quad i = 1, 4$
 $a_1, a_2 \geq 0$

$x_1 = x_2 = x_3 = x_4 = 0$
 $a_1 = 6 \quad a_2 = 15$

variables artificiales

2. EJEMPLO

2.1 Problema

Hay tres fábricas a las orillas de río Momiss (1,2,3). Cada una vierte dos tipos de contaminantes (1 y 2) al río. Si se procesarán los desechos de cada una de las fábricas entonces se reduciría la contaminación del río. Cuesta 15 dólares procesar una tonelada de desecho de la fábrica 1, y cada tonelada procesada reduce la cantidad de contaminante 1 en 0.10 tons y la cantidad del contaminante 2 en 0.45 toneladas. Cuesta 10 dólares procesar una tonelada de desecho de la fábrica 2 y cada tonelada procesada reduciría la cantidad del contaminante 1 en 0.20 ton y la cantidad del contaminante 2 en 0.25 toneladas. Cuesta 20 dólares procesar una tonelada de desecho de la fábrica 3 y cada tonelada procesada reduciría la cantidad del contaminante 1 en 0.40 tons. y la cantidad del contaminante 2 en 0.30 toneladas. El estado desea reducir la cantidad del contaminante 1 por lo menos en 30 toneladas y la cantidad del contaminante 2 en por lo menos 40 toneladas en el río. Plantear el modelo que minimice el costo de disminuir la contaminación en las cantidades deseadas.

2.2 Planteamiento del Problema

Variables de Decisión:

x_1 = Número de Toneladas de Desecho de la Fabrica 1

x_2 = Número de Toneladas de Desecho de la Fabrica 2

x_3 = Número de Toneladas de Desecho de la Fabrica 3

Función Objetivo:

$$F.O. \text{ Min } z = 15 x_1 + 10 x_2 + 20 x_3$$

Restricciones:

$$0.10 x_1 + 0.20 x_2 + 0.40 x_3 \geq 30$$

$$0.45 x_1 + 0.25 x_2 + 0.30 x_3 \geq 40$$

$$x_i \geq 0$$

2.3 Explicación del Modelo

Primeramente, para tener una visión más clara del problema expuesto en el enunciado, desglosemos la información en la siguiente tabla:

	Contaminante tipo 1 (Cada tonelada reducida a:)	Contaminante tipo 2 (Cada tonelada reducida a:)	Costo del Proceso (Por Tonelada)
Fabrica 1	0.10 tons.	0.45 tons.	15 Dólares
Fabrica 2	0.20 tons.	0.25 tons.	10 Dólares
Fabrica 3	0.40 tons.	0.30 tons.	20 Dólares
Mínimo requerido	30 tons.	40 tons.	

Para las Variables de Decisión:

Para las variables de decisión, nos hacemos la pregunta de ¿Qué es lo que se desea saber?, en tanto, razonando el enunciado, razonando podemos concluir que nos conviene saber que cantidad de toneladas de desecho se le puede atribuir A CADA FABRICA para que se reduzca la contaminación.

Para la Función Objetivo:

Primeramente en la tabla , en la columna de “Costos de Proceso” nos indica un valor monetario, por lo cual es ahí en donde localizamos los parámetros de la función objetivo, ya que recordando las bases de la mayoría de los planteamientos, la Función Objetivo (F.O.), está relacionada a este factor de dinero, y por ende, asociado a la variable de decisión correspondiente a cada fabrica nos conviene MINIMIZAR el costo de producción.

Para las Restricciones:

No.1: En esta restricción se hace referencia a lo los parámetros de contaminante 1, en la cual esta reflejado lo que dice el enunciado sobre que a lo mas se tiene que reducir en 30 tons y lo que las fabricas reducen de ese contaminante, la Fábrica 1 lo reduce en .10 toneladas, la Fábrica 2 reduce .20 toneladas, mientras que la Fábrica 3 lo reduce en .40 toneladas.

No.2: En esta restricción hacemos referencia a los parámetros del contaminante 2, que nos habla acerca de la reducción de 1 tonelada de desecho en una cantidad menor a esta. Primero nos dice que una tonelada del contaminante tipo 2, la Fábrica 1, la reduce en 0.45 toneladas, adicionado a que ese mismo tipo de contaminante la Fabrica 2 reduce una tonelada en 0.25 toneladas, mientras que es en 0.30 toneladas la reducción que hace la Fábrica 3.

No.3: Las variables de decisión tienen que cumplir con la condición de no negatividad.

2.4 Solución

Primeramente tenemos que poner el modelo en su forma estándar para poder aplicar el Método Simplex, esto me permitirá tener las restricciones en igualdades.

Forma Estándar:

$$F.O. \text{ Min } z = 15 x_1 + 10 x_2 + 20 x_3$$

$$0.10 x_1 + 0.20 x_2 + 0.40 x_3 - x_4 = 30$$

$$0.45 x_1 + 0.25 x_2 + 0.30 x_3 - x_5 = 40$$

$$x_i \geq 0$$

Como observamos, se agregaron variables de exceso ya que las dos restricciones se encontraban como $\geq$, por esta razón, nos dirigimos a agregar variables artificiales, llevando el modelo a su forma ampliada:

Forma Ampliada:

$$F.O. \text{ Min } z = 15 x_1 + 10 x_2 + 20 x_3$$

$$0.10 x_1 + 0.20 x_2 + 0.40 x_3 - x_4 + a_1 = 30$$

$$0.45 x_1 + 0.25 x_2 + 0.30 x_3 - x_5 + a_2 = 40$$

$$x_i \geq 0 \quad a_i \geq 0$$

Teniendo esta forma, tenemos la opción de aplicar una de las variantes del Método Simplex: Método de la M Grande ó Dos Fases. En esta ocasión decidiremos inclinarnos por el MÉTODO DE LAS DOS FASES.

Para la Primera Fase:

$$F.O. \text{ Min } w = a_1 + a_2$$

$$0.10 x_1 + 0.20 x_2 + 0.40 x_3 - x_4 + a_1 = 30$$

$$0.45 x_1 + 0.25 x_2 + 0.30 x_3 - x_5 + a_2 = 40$$

$$x_i \geq 0$$

$$a_i \geq 0$$

Haciendo el análisis de el modelo, tenemos 5 variables y 2 restricciones, por lo tanto, tenemos 2 variables básicas (a_1, a_2) y 3 variables no básicas (x_1, x_2, x_3, x_4, x_5).

Solución Inicial:

$$x_1 = 0, x_2 = 0, x_3 = 0, x_4 = 0, x_5 = 0, a_1 = 30, a_2 = 40, \\ w = 70$$

Para las tablas, podemos ir llevando la función objetivo de las dos fases ya que al terminar con la primera (la correspondiente al $w_j - c_j$), solo se eliminan las columnas y su correspondiente renglón.

	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	a_1	a_2	<i>Sol.</i>
$w_j - c_j$	0	0	0	0	0	-1	-1	0
$z_j - c_j$	-15	-10	-20	0	0	0	0	0
a_1	.10	.20	.40	-1	0	1	0	30
a_2	.45	.25	.30	0	-1	0	1	40

Como sabemos los vectores correspondientes a las variables básicas deben de ser vectores unitarios, por lo tanto, y en la tabla observamos que no se cumple dicha característica, además de que no coincide la solución inicial propuesta en el valor de w , pero podemos convertirlos en unitarios utilizando operaciones elementales de renglón (Gauss-Jordan) para que estos queden de la siguiente manera:

	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	a_1	a_2	<i>Sol.</i>
$w_j - c_j$	.55	.45	.70	-1	-1	0	0	70
$z_j - c_j$	-15	-10	-20	0	0	0	0	0
a_1	.10	.20	.40	-1	0	1	0	30
a_2	.45	.25	.30	0	-1	0	1	40

Una vez terminadas las operaciones de renglón ya se tienen los vectores unitarios y el valor correspondiente de w , con lo cual se procede a elegir la variable de entrada; dado que es una Minimización se toma el valor mas positivo y después de esto una vez que ya elegimos la variable de entrada, se procede a sacar la razón para poder elegir así la variable de salida.

$$\theta = \min \left\{ \frac{\text{valor de la variable } x_i}{y_i} \right\} \forall y_i > 0$$

Con lo que tenemos :

$$\theta = \min \left\{ \frac{30}{.40} = 75, \frac{40}{.30} = 133.333 \right\}$$

En tanto la variable de salida es a_1 tal como ya se indico en la tabla anterior. Iterando, se obtiene la siguiente tabla:

	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	a_1	a_2	<i>Sol.</i>
$w_j - c_j$	0.375	0.1	0	0.75	-1	-1.75	0	17.5
$z_j - c_j$	-10	0	0	-50	0	50	0	1500
x_3	0.25	0.5	1	-2.5	0	2.5	0	75
a_2	0.375	0.1	0	0.75	-1	-0.75	1	17.5

Actualizando la información se tiene esta tabla se continua con el algoritmo y para sacar la variable de entrada debido a que es minimización se toma el mas positivo, se eligió a x_4 , ya que elegimos la variable de entrada se procede a sacar la razón para poder escoger la variable de salida.

$$\theta = \min \left\{ \frac{\text{valor de la variable } x_i}{y_i} \right\} \forall y_i > 0$$

Con lo que se tiene:

$$\theta = \min \left\{ -, \frac{17.5}{.75} = 23.3333 = \frac{70}{3} \right\} \forall y_i > 0$$

En tanto la variable de salida es a_2 tal como ya se indico en la tabla anterior. Iterando, se obtiene la siguiente tabla:

	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	a_1	a_2	<i>Sol.</i>
$w_j - c_j$	0	0	0	0	0	-1	-1	0
$z_j - c_j$	15	20/3	0	0	-200/3	0	20/3	8000/3
x_3	3/2	5/6	1	0	-10/3	0	10/3	400/3
x_4	1/2	2/15	0	1	-4/3	-1	4/3	70/3

Como podemos observar en la Tabla las variables artificiales han salido de la base y el valor de w ya vale 0, y debido a que se cumplen estas condiciones, es tiempo de pasar a la fase dos, que como ya habíamos comentado anteriormente, solo se eliminará la columna correspondiente a las variables artificiales a_1 , a_2 y el renglón de $w_j - c_j$. quedando la tabla de la siguiente manera:

	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	Sol.
$z_j - c_j$	15	20/3	0	0	-200/3	8000/3
x_3	3/2	5/6	1	0	-10/3	400/3
x_4	1/2	2/15	0	1	-4/3	70/3

Como la función objetivo de la fase 2 y/o del Modelo original es Minimización nos corresponde aplicar el criterio de la variable de entrada para el caso de Minimización, que es el más positivo en el $z_j - c_j$.

Como ya hemos marcado la variable de entrada es el valor más positivo que corresponde al valor del $z_j - c_j$. de la variable x_1 . Ahora se calculará la Razón para la elegir a la variable de salida:

$$\theta = \min \left\{ \frac{\text{valor de la variable } x_i}{y_i} \right\} \forall y_i > 0$$

Con lo que se tiene:

$$\theta = \min \left\{ \frac{400/3}{3/2} = 88.8889, \frac{70/3}{1/2} = 46.6667 \right\} \forall y_i > 0$$

...y así marcamos a x_4 como la variable de Salida.

Operando con Gauss-Jordan se llego a la siguiente tabla:

	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	Sol.
$z_j - c_j$	0	2.666666667	0	-30	-26.66666667	1966.666667
x_3	0	0.4333333333	1	-3	0.666666667	63.33333333
x_1	1	0.2666666667	0	2	-2.666666667	46.66666666

En esta Tabla el valor más positivo en el $z_j - c_j$ es el correspondiente al de la variable x_2 lo tanto esta es la variable de entrada y la variable de salida se eligió mediante el calculo de la razón

$$\theta = \min \left\{ \frac{\text{valor de la variable } x_i}{y_i} \right\} \forall y_i > 0$$

Con lo que se tiene:

$$\theta = \min \left\{ \frac{63.33333331}{0.433333333} = 146.153846, \frac{46.66666666}{0.266666667} = 175 \right\} \forall y_i > 0$$

Por lo tanto la variable de salida es x_3 .

Aplicando Gauss-Jordan, se llega a la siguiente tabla:

	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	Sol.
$z_j - c_j$	0	0	-6.15384616	-11.5384615	-30.76923077	1576.923077
x_2	0	1	2.307692309	-6.92307693	1.53846154	146.1538462
x_1	1	0	-0.61538462	3.84615385	-3.076923078	7.692307621

Como podemos percibir, en la tabla ya no hay variable de entrada, ya que de acuerdo al criterio de la variable de entrada en el caso de Minimización buscamos el más positivo en el $z_j - c_j$, y en esta tabla ya solo nos quedan valores negativos. Ante tal situación se dice que el resultado lo contiene esta tabla óptima, y esta es:

Solución Óptima:

$x_1 = 7.6923$	$x_2 = 146.15384$	$x_3 = 0$	$x_4 = 0$	$x_5 = 0$
----------------	-------------------	-----------	-----------	-----------

Z=1576.923077

2.5 Explicación de los Resultados

La variable x_1 , tal como se definió en un principio la variable de decisión, nos dice que deben de ser 7.6 toneladas de desechos los que debe de procesar la Fabrica 1 así como la Fabrica 2 debe procesar 146.1538402 toneladas de desechos y con esto se tiene el costo mínimo de \$1576.92

Obtuvimos estos resultados por las siguientes razones lógicas, la fabrica 3 no debe de procesar desechos para su reducción debido a que su costo de producción es mas alto que los demás en varios

unidades (respecto de la fabrica 1 en 5 dolares y de la fabrica 2 en 10 dolares), además de que la reducción de una tonelada es la menor de todas ya que del contaminante 1 solo reduce el 60% de una tonelada y del contaminante 2 reduce el 70% (aunque en este contaminante es mejor la reducción que se hace, los otros dos factores son los que determinan el que la Fabrica 3 no procese desechos). Además de que la fabrica 2 se le da mayor cantidad de toneladas a reducir debido a que es la menos costosa y la que reduce en menor cantidad 1 tonelada de contaminante (del tipo 1 un 80% y del tipo 2 un 75%). A la fabrica 1 también se le asigna, aunque en menor cantidad que la fabrica 2, pero es mas viable que la 3.

3. REFERENCIAS

- Winston Wayne L. (2004). Investigación de Operaciones: Aplicaciones y Algoritmos. México:Thompson.
- Rodríguez, Guadalupe."Metodo Simplex"/[Apuntes]. Naucalpan Edo. Mex., México.Optimización Lineal. UNAM FES Acatlán: Licenciatura en MAC.
- Método Simplex [en línea]. Recuperdo de:
<http://www.phpsimplex.com/teoria_metodo_simplex.htm>. Consulta [13-Abril-2012].
- (Loé,Cinthya). (2012).Algoritmo del Método Simplex. [Imagen]. México. 12-Abril-2012.
- (Santana Gerardo). (2012).Forma Estándar [Imagen]. México. 12-Abril-2012.
- (Morales, Miguel). (2012).Solución Básica [Imagen]. México. 12-Abril-2012.
- (Morales, Miguel). (2012).Solución Básica Factible[Imagen]. México. 12-Abril-2012.
- (Santana, Gerardo). (2012).Solución Óptima [Imagen]. México. 12-Abril-2012.
- (Morales, Miguel). (2012).Puntos Extremos_Región Factible[Imagen]. México. 12-Abril-2012.

- (Loé, Cinthya). (2012).Forma Estándar de Puntos Extremos [Imagen]. México. 12-Abril-2012.
- (Loé, Cinthya). (2012).Tabla de Puntos y Variables [Imagen]. México. 12-Abril-2012.
- (Morales, Miguel). (2012).Tabla (Sol Inicial).[Imagen]. México. 12-Abril-2012.
- (Morales, Miguel). (2012).Variables Básicas[Imagen]. México. 12-Abril-2012.
- (Loé,Cinthya). (2012).Variables NO Básicas[Imagen]. México. 12-Abril-2012.
- (Santana, Gerardo). (2012).Variable de Entrada. [Imagen]. México. 12-Abril-2012.
- (Morales, Miguel). (2012).Variable de Salida. [Imagen]. México. 12-Abril-2012.
- (Morales, Miguel). (2012).Puntos Extremos_Región Factible[Imagen]. México. 12-Abril-2012.
- (Loé, Cinthya). (2012).Variable Degenerada [Imagen]. México. 12-Abril-2012.
- (Santana, Gerardo). (2012).Variable Artificial [Imagen]. México. 12-Abril-2012.
- (Santana, Gerardo). (2012).Modelo Ampliado [Imagen]. México. 12-Abril-2012.