AVANCES EN INVESTIGACION FORMATIVA

Memorias del I Encuentro de Investigación Formativa, 2010

Universidad Pontificia Bolivariana

Escuela de Ingenierías

Facultad de Ingeniería Industrial

Grupo de Investigación en Sistemas Aplicados en la Industria (GISAI)

2010

PRÓLOGO

Hablar de la investigación formativa en el entorno académico implica necesariamente hacer un ejercicio de reflexión e interiorización acerca de nuestro quehacer docente en aras de construir los pilares básicos del proceso investigativo desde el aula, es si se quiere, la posibilidad manifiesta del encuentro y desencuentro con el alumno y el docente en un permanente dialogo de saberes acerca de los múltiples objetos de estudio que tanto la realidad como la ciencia y la técnica nos convocan a problematizar desde nuestro claustro académico, es entonces, una imperiosa necesidad de abordar desde las pequeñas dudas hasta los complejos problemas la voluntad inquebrantable de la academia por formar en el hacer y en el pensar para servir a una sociedad ávida de soluciones que nos demanda día a día ingentes esfuerzos por vincularnos estrechamente a sus cotidianidades, es entonces hablar sobre el cómo volvernos y volver al otro y a lo otro con la clara vocación de seguirnos sorprendiendo, extrañando y curioseando en nuestra permanente búsqueda de la verdad histórica que nos convoca hoy y siempre.

Siendo así, la Dirección de la Facultad de Ingeniería industrial a través de su **Grupo de Investigación Sistemas Aplicados en la Industria (GISAI)** de la Universidad Pontificia Bolivariana considerando importante y necesario dar a conocer ante la comunidad académica de nuestra universidad los resultados parciales y finales de los proyectos de aula en el marco del desarrollo de nuestro proceso de investigación formativa que actualmente adelanta la Escuela de Ingenierías y en especifico la Facultad de Ingeniería Industrial, han realizado este nuestro **I ENCUENTRO DE INVESTIGACION FORMATIVA EN INGENIERIA INDUSTRIAL**.

Evento que conto con la participación activa de docentes, investigadores, estudiantes, egresados y comunidad en general para generar un diálogo de saberes donde se permita visualizar el quehacer investigativo desde nuestra aulas, donde tuvo asidero el debate, la sana critica y la confrontación respetuosa y dignificante de las ideas propias del fundamento investigativo y del espíritu crítico y científico de nuestra Universidad.

Colocamos entonces hoy a consideración de los lectores el resultado del trabajo en equipo y las publicaciones derivadas en forma de ponencias que fueron enviadas y presentadas en este **I ENCUENTRO DE INVESTIGACION FORMATIVA EN INGENIERIA INDUSTRIAL**.

Msc. Javier Darío Fernández Ledesma

Director Grupo de Investigación GISAI

Universidad Pontificia Bolivariana, Facultad de Ingeniería Industrial

COMPARACION DE PROBLEMAS EN DOS HERRAMIENTAS DE PROGRAMACION LINEAL ENTERA

Sandra Londoño Velez

Ana Maria Lotero

Docente: Javier Darío Fernández Ledesma

Área: Optimización

RESUMEN

En el presente artículo se mostrara la solución a diferentes problemas de Programación Lineal entera aplicando Solver, Winqsb, y Lingo, Para luego comparar los resultados obtenidos y así concluir cual es la mejor herramienta a implementar en los ejercicios de programación lineal entera.

INTRODUCCION

Cuando las variables de decisión en los problemas de Programación Lineal son restringidas asumiendo solo valores enteros, estamos en presencia de problemas de Programación Lineal entera.

Muchas situaciones que se presentan en las industrias necesitan soluciones enteras como es el caso de asignación de personal.

Actualmente se cuenta con la ayuda de herramientas informáticas que simplifican el método de solución a los problemas de programación lineal como Winqsb, solver, lingo, gams, lindo entre otros.

Algunos de estos paquetes presentan un mejor modelo de solución y una forma sencilla de introducir los problemas, así mismo llegan a la solución óptima en menor tiempo.

MARCO CONCEPTUAL

[1] Lingo es un lenguaje de programación que lleva incorporado Macromedia Director, un programa de autoría. Permite integrar con relativa facilidad texto, imágenes, sonidos y video digital, siendo una alternativa a lenguajes más tradicionales, como el C/C++, porque el desarrollo de la aplicación es mucho más rápido y flexible.

[2] WinQSB es un sistema interactivo de ayuda a la toma de decisiones que contiene herramientas muy útiles para resolver distintos tipos de problemas en el campo de la investigación operativa.

Utiliza los mecanismos típicos de la interface de Windows, es decir, ventanas, menús desplegables, barras de herramientas, etc. Por lo tanto el manejo del programa es similar a cualquier otro que utilice el entorno Windows.

[3] Solver es una herramienta para resolver y optimizar ecuaciones mediante el uso de métodos numéricos.

Solver se puede utilizar para optimizar funciones de una o más variables, sin o con restricciones. Microsoft Excel Solver utiliza diversos métodos de solución, dependiendo de las opciones que se seleccionen. Para los problemas de programación lineal utiliza el método Simples, para problemas lineales enteros utiliza "Branch and Bound y para problemas no lineales utiliza el código de optimización no lineal

METODO Y RESULTADOS

La metodología utilizada para la solución de problemas de variables enteras, variables binarias y la gran M fue desarrollada en herramientas como solver, Winqsb y Lingo.

Se tiene un problema de asignación de personal en una compañía dedicada a la recepción y distribución de encomiendas en EEUU, esta tiene varios centros de operación en los aeropuertos de la mayoría de las ciudades, donde se reciben las encomiendas para luego ser llevadas a su destino final; se pretende encontrar la asignación más efectiva de los trabajadores con el fin de reducir costos.

Función objetivo:

MIN Z=680x1+705x2+705x3+705x4+ 705x5+680x6+655x7

Sujeto a:

Trabajadores requeridos para el domingo

(0*X1)+ (1*X2)+ (1*x3)+ (1*x4)+ (1*x5)+ (1*x6)+ (0*x7)>=18

Trabajadores requeridos para el lunes

(0*X1)+ (0*X2)+ (1*x3)+ (1*x4)+ (1*x5)+ (1*x6)+ (1*x7)>=27

Trabajadores requeridos para el martes

(1*X1)+ (0*X2)+ (0*x3)+ (1*x4)+ (1*x5)+ (1*x6)+ (1*x7)>=22

Trabajadores requeridos para el miércoles

(1*X1)+ (1*X2)+ (0*x3)+ (0*x4)+ (1*x5)+ (1*x6)+ (1*x7)>=26

Trabajadores requeridos para el jueves

(1*X1)+ (1*X2)+ (1*x3)+ (0*x4)+ (0*x5)+ (1*x6)+ (1*x7)>=25

Trabajadores requeridos para el viernes

(1*X1)+ (1*X2)+ (1*x3)+ (1*x4)+ (0*x5)+ (0*x6)+ (1*x7)>=21

Trabajadores requeridos para el sábado

(1*X1)+ (1*X2)+ (1*x3)+ (1*x4)+ (1*x5)+ (0*x6)+ (0*x7)>=19

X1, x2, x3, x4, x5, x6, x7 >=0

Todas las Xi deben ser enteras.

Analizando el problema con Solver se obtuvo el siguiente resultado:

turno	D	L	M	W	J	V	S	trabajadores asignados a cadaturno	Costo
1	0	0	1	1	1	1	1	1	$ 680
2	1	0	0	1	1	1	1	4	$ 705
3	1	1	0	0	1	1	1	6	$ 705
4	1	1	1	0	0	1	1	0	$ 705
5	1	1	1	1	0	0	1	8	$ 705
6	1	1	1	1	1	0	0	0	$ 680
7	0	1	1	1	1	1	0	14	$ 655
disponible	18	28	23	27	25	25	19	total	$ 22.540
requerido	18	27	22	26	25	21	19		

Imagen 1. Asignación de personal solver. Fuente propia

En la imagen 1 se puede observar la asignación de personal de cada turno durante todos los días de la semana, con 0 representando que no fue asignado personal para el día, y 1 que si se asigna personal para el día de la semana.

Con esta asignación se llega a la solución óptima, mostrando que el costo mínimo alcanzado es de $22540.

Al analizar el problema con Winqsb se obtiene el siguiente resultado:

- Iteration 33

	05-11-2010 10:45:48	Decision Variable	Lower Bound	Upper Bound	Solution Value	Variable Type	Status
	1	X1	0	5,0000	5,0000	Integer	Yes
	2	X2	0	0	0	Integer	Yes
	3	X3	0	6,0000	6,0000	Integer	Yes
	4	X4	0	M	0	Integer	Yes
	5	X5	0	M	8,0000	Integer	Yes
	6	X6	0	M	4,0000	Integer	Yes
	7	X7	0	M	10,0000	Integer	Yes
		Current	OBJ(Minimize)	= 22.540,0000	>= ZU =	22.540,0000	Not better!!

Imagen 2. Ultima iteración (33) Winqsb. Fuente propia

Al solucionar el problema usando Winqsb se debe hacer iteración a iteración para observar el desarrollo del problema hasta llegar a la solución optima, en este caso especifico se necesitaron 33 iteraciones para encontrar el valor que minimiza los costos.

	10:37:08		Tuesday	May	11	2010
	Decision Variable	Solution Value	Unit Cost or Profit c(j)	Total Contribution	Reduced Cost	Basis Status
1	X1	5,0000	680,0000	3.400,0000	655,0000	at bound
2	X2	1,0000	705,0000	705,0000	655,0000	at bound
3	X3	5,0000	705,0000	3.525,0000	0	basic
4	X4	0	705,0000	0	0	basic
5	X5	8,0000	705,0000	5.640,0000	0	basic
6	X6	4,0000	680,0000	2.720,0000	0	basic
7	X7	10,0000	655,0000	6.550,0000	0	basic
	Objective	Function	(Min.) =	22.540,0000		
	Constraint	Left Hand Side	Direction	Right Hand Side	Slack or Surplus	Shadow Price
1	C1	18,0000	>=	18,0000	0	25,0000
2	C2	27,0000	>=	27,0000	0	655,0000
3	C3	27,0000	>=	22,0000	5,0000	0
4	C4	28,0000	>=	26,0000	2,0000	0
5	C5	25,0000	>=	25,0000	0	0
6	C6	21,0000	>=	21,0000	0	0
7	C7	19,0000	>=	19,0000	0	25,0000

Imagen 3. Solución final Winqsb. Fuente propia

La asignación optima del personal requiere 5 personas en el turno 1, 1 persona en el turno 2, 5 personas en el turno 3, 0 personas en el tuno 4, 8 personas en el turno 5, 4 personas en el turno 6, y 10 personas en el turno 7; reduciendo los costos a $22540

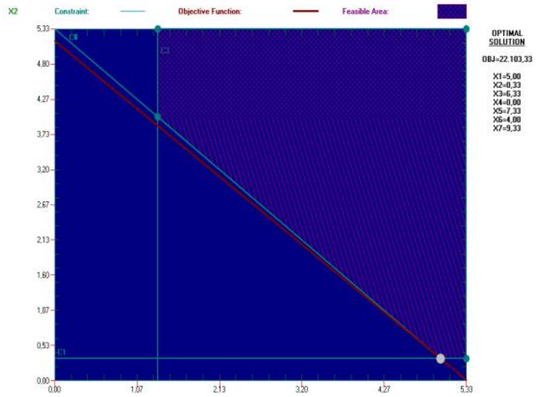


Imagen 4. Solución grafica Winqsb. Fuente propia

La imagen 4 muestra la región factible en la cual se encuentra el punto óptimo que minimiza los costos.

Posteriormente se utilizo Lingo para analizar el problema de asignación de personal y se obtuvo el siguiente resultado:

```
!Costos a Minimizar;
MIN= (680*x1)+(705*x2)+(705*x3)+(705*x4)+(705*x5)+(680*x6)+(655*x7);
!sujeto a;
!Trabajadores requeridos para el domingo;
(0*x1)+(1*x2)+(1*x3)+(1*x4)+(1*x5)+(1*x6)+(0*x7)>=18;
!Trabajadores requeridos para el lunes;
(0*x1)+(0*x2)+(1*x3)+(1*x4)+(1*x5)+(1*x6)+(1*x7)>=27;
!Trabajadores requeridos para el martes;
(1*x1)+(0*x2)+(0*x3)+(1*x4)+(1*x5)+(1*x6)+(1*x7)>=22;
!Trabajadores requeridos para el miercoles;
(1*x1)+(1*x2)+(0*x3)+(0*x4)+(1*x5)+(1*x6)+(1*x7)>=26;
!Trabajadores requeridos para el jueves;
(1*x1)+(1*x2)+(1*x3)+(0*x4)+(0*x5)+(1*x6)+(1*x7)>=25;
!Trabajadores requeridos para el viernes;
(1*x1)+(1*x2)+(1*x3)+(1*x4)+(0*x5)+(0*x6)+(1*x7)>=21;
!Trabajadores requeridos para el sabado;
(1*x1)+(1*x2)+(1*x3)+(1*x4)+(1*x5)+(0*x6)+(0*x7)>=19;

@gin(x1);
@gin(x2);
@gIN(x3);
@gIN(x4);
@gIN(x5);
@gIN(x6);
@gIN(x7);
```

Imagen 5. Planteamiento problema Lingo. Fuente propia

```
Solution Report - asigancion personal entetro
  Global optimal solution found.
  Objective value:                              22540.00
  Objective bound:                              22540.00
  Infeasibilities:                              0.000000
  Extended solver steps:                               0
  Total solver iterations:                            66


                       Variable           Value        Reduced Cost
                             X1        2.000000            680.0000
                             X2        4.000000            705.0000
                             X3        6.000000            705.0000
                             X4        0.000000            705.0000
                             X5        7.000000            705.0000
                             X6        1.000000            680.0000
                             X7        13.00000            655.0000

                            Row    Slack or Surplus      Dual Price
                              1        22540.00           -1.000000
                              2        0.000000            0.000000
                              3        0.000000            0.000000
                              4        1.000000            0.000000
                              5        1.000000            0.000000
                              6        1.000000            0.000000
                              7        4.000000            0.000000
                              8        0.000000            0.000000
```

Imagen 6. Solución optima Lingo. Fuente propia

Con esta herramienta se llego a la solución óptima de una manera rápida, encontrando que el valor mínimo que alcanzan los costos es de $22540

Cuando se presenta un problema de inversión de capital pueden ocurrir varios casos, en el siguiente ejemplo se quiere determinar cuál de los proyectos de inversión se debe seleccionar para alcanzar el máximo VPN.

La compañía recibió 18 propuestas de ingenieros e identifico 6 proyectos potenciales, sin embargo la compañía no tiene los fondos suficientes para llevar a cabo los 6 proyectos es por esto que debe escoger aquellos proyectos que le generen la máxima utilidad.

Función objetivo:

MAX

Z=141X1+187X2+121X3+83X4+ 265X5+127X6

Sujeto a:

CAPITAL DE INVERSION AÑO 1

(75*X1)+ (90*X2)+ (60*X3)+ (30*X4)+ (100*X5)+ (50*X6) <=250

CAPITAL DE INVERSION AÑO 2

(25*X1)+ (35*X2)+ (15*X3)+ (20*X4)+ (25*X5)+ (20*X6) <=75

CAPITAL DE INVERSION AÑO 3

(20*X1)+ (0*X2)+ (15*X3)+ (10*X4)+ (20*X5)+ (10*X6) <=50

CAPITAL DE INVERSION AÑO 4

(15*X1)+ (0*X2)+ (15*X3)+ (5*X4)+ (20*X5)+ (30*X6) <=50

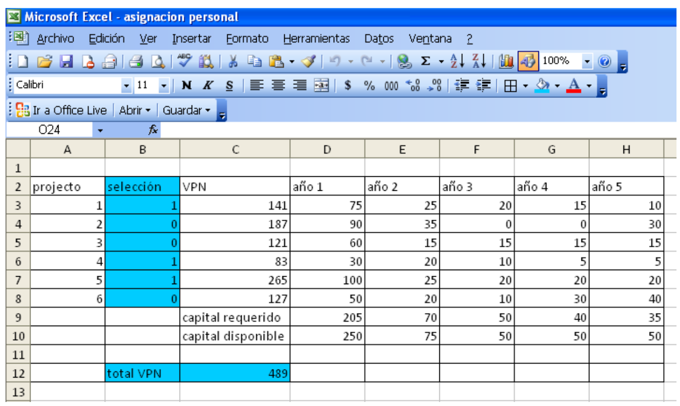
CAPITAL DE INVERSION AÑO 5

(10*X1)+ (30*X2)+ (15*X3)+ (5*X4)+ (20*X5)+ (40*X6) <=50

Xi=1 si el proyecto es seleccionado

Xi=0 si el proyecto no es seleccionado

Analizando el problema con solver se obtuvo el siguiente resultado:



projecto	selección	VPN	año 1	año 2	año 3	año 4	año 5
1	1	141	75	25	20	15	10
2	0	187	90	35	0	0	30
3	0	121	60	15	15	15	15
4	1	83	30	20	10	5	5
5	1	265	100	25	20	20	20
6	0	127	50	20	10	30	40
		capital requerido	205	70	50	40	35
		capital disponible	250	75	50	50	50
	total VPN	489					

Imagen 7.Inversión de capital Solver.

Fuente propia.

Los proyectos en los cuales invertiría la compañía serian el 1, 4, 5 para alcanzar un valor presente neto de $489.

Al escoger estos proyectos de inversión se requiere menos capital del que se dispone generando una utilidad máxima.

Cuando se analiza el problema con Winqsb se obtiene el siguiente resultado:

Variable -->	X1	X2	X3	X4	X5	X6	Direction	R. H. S.
Maximize	141	187	121	83	265	127		
C1	75	90	60	30	100	50	<=	250
C2	25	35	15	20	25	20	<=	75
C3	20	0	15	10	20	10	<=	50
C4	15	0	15	5	20	30	<=	50
C5	10	30	15	5	20	40	<=	50
LowerBound	0	0	0	0	0	0		
UpperBound	1	1	1	1	1	1		
VariableType	Binary	Binary	Binary	Binary	Binary	Binary		

Imagen 8. Planteamiento problema Winqsb.

Fuente propia.

	19:21:15		Wednesday	May	19	2010
	Decision Variable	Solution Value	Unit Cost or Profit c(j)	Total Contribution	Reduced Cost	Basis Status
1	X1	1,0000	141,0000	141,0000	141,0000	at bound
2	X2	0	187,0000	0	187,0000	at bound
3	X3	0	121,0000	0	-77,7500	at bound
4	X4	1,0000	83,0000	83,0000	83,0000	at bound
5	X5	1,0000	265,0000	265,0000	0	basic
6	X6	0	127,0000	0	-5,5000	at bound
	Objective	Function	(Max.) =	489,0000		
	Constraint	Left Hand Side	Direction	Right Hand Side	Slack or Surplus	Shadow Price
1	C1	205,0000	<=	250,0000	45,0000	0
2	C2	70,0000	<=	75,0000	5,0000	0
3	C3	50,0000	<=	50,0000	0	13,2500
4	C4	40,0000	<=	50,0000	10,0000	0
5	C5	35,0000	<=	50,0000	15,0000	0

Imagen 9. Solución final Winqsb. Fuente propia

Con esta herramienta se encontró que en los proyectos en los cuales se debe invertir son el 1, 4,5 obteniendo una utilidad máxima de $489.

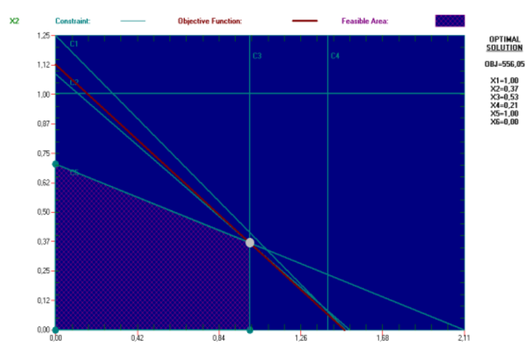


Imagen 10. Solución Grafica Winqsb. Fuente propia

La imagen 10 muestra la región factible en la cual se encuentra el punto óptimo que maximiza la utilidad.

Cuando se utiliza Lingo se obtiene el siguiente resultado:

```
!FUNCION OBJETIVO QUE MAXIMIZA LA INVERSION;
MAX=(141*X1)+(187*X2)+(121*X3)+(83*X4)+(265*X5)+(127*X6);
!SUJETO A;
!CAPITAL DE INVERSION AÑO 1;
(75*X1)+(90*X2)+(60*X3)+(30*X4)+(100*X5)+(50*X6)<=250;
!CAPITAL DE INVERSION AÑO 2;
(25*X1)+(35*X2)+(15*X3)+(20*X4)+(25*X5)+(20*X6)<=75;
!CAPITAL DE INVERSION AÑO 3;
(20*X1)+(0*X2)+(15*X3)+(10*X4)+(20*X5)+(10*X6)<=50;
!CAPITAL DE INVERSION AÑO 4;
(15*X1)+(0*X2)+(15*X3)+(5*X4)+(20*X5)+(30*X6)<=50;
!CAPITAL DE INVERSION AÑO 5;
(10*X1)+(30*X2)+(15*X3)+(5*X4)+(20*X5)+(40*X6)<=50;
@BIN (X1);
@BIN (X2);
@BIN (X3);
@BIN (X4);
@BIN (X5);
@BIN (X6);
```

Imagen 11. Planteamiento problema Lingo. Fuente propia

Para obtener la solución de este tipo de problemas se hace necesario definir las variables como binarias y esto se logra dando la connotación “@BIN” a cada variable de decisión.

```
Global optimal solution found.
Objective value:                          489.0000
Objective bound:                          489.0000
Infeasibilities:                          0.000000
Extended solver steps:                           0
Total solver iterations:                        33


                      Variable           Value        Reduced Cost
                            X1        1.000000           -141.0000
                            X2        0.000000           -187.0000
                            X3        0.000000           -121.0000
                            X4        1.000000           -83.00000
                            X5        1.000000           -265.0000
                            X6        0.000000           -127.0000

                           Row    Slack or Surplus      Dual Price
                             1        489.0000            1.000000
                             2        45.00000            0.000000
                             3        5.000000            0.000000
                             4        0.000000            0.000000
                             5        10.00000            0.000000
                             6        15.00000            0.000000
```

Imagen12. Solución optima Lingo. Fuente propia

La solución optima para este ejercicio de inversión de capital es tomar los proyectos 1, 4,5 obteniendo una utilidad máxima de $489.

Otro tipo de problemas de programación lineal entera se pueden resolver por el método de la gran M, facilitando llegar a la solución cuando se trabaja con cantidades colosales.

En el siguiente problema se pretende encontrar el número de unidades a producir teniendo restricciones de capacidad

Función objetivo:

MAX= (48*x1)+(55*x2)+(50*x3)-(1000*Y1)-(800*Y2)-(900*Y3)

Sujeto a:

Restricción de Producción

(2*x1)+(3*x2)+(6*x3)<=600;

Restricción de Molienda

(6*x1)+(3*x2)+(4*x3)<=300;

Restricción de Ensamblado

(5*x1)+(6*x2)+(2*x3)<=400;

Restricciones de Enlace

(x1)-(50*Y1)<=0;

(x2)-(67*Y2)<=0;

(x3)-(75*Y3)<=0;

Yi deben ser binarias.

Xi>=0, i=1,2,3

Analizando el problema con solver se obtuvo el siguiente resultado:

A	B	C	D	E	F	G
	Producto 1	Producto 2	Producto 3			
Unidades a producir	0	56	32			
Costo unitario	48	55	50			
Costo	1000	800	900	Total	2980	
Recursos		Horas requeridas			Usado	Disponible
Produccion		2	3	6	360	600
Molienda		6	3	4	296	300
Ensamble		5	6	2	400	400
Variables binarias	1,8222E-12	1	1			
Restricciones de enlace	-9,1108E-11	-10,6666667	-43			

Imagen 13.Gran M Solver.

Fuente propia

La planeación de la producción optima se da al producir 0 unidades del producto 1, 56 unidades del producto 2 y 32 unidades del producto 3, alcanzando una utilidad máxima de $2980

Cuando se analiza el problema con Winqsb se obtiene el siguiente resultado:

	16:02:30		Saturday	May	22	2010
	Decision Variable	Solution Value	Unit Cost or Profit c(j)	Total Contribution	Reduced Cost	Basis Status
1	X1	0	48,0000	0	-77,0000	at bound
2	X2	56,0000	55,0000	3.080,0000	-95,0000	at bound
3	X3	32,0000	50,0000	1.600,0000	0	basic
4	X4	0	-1.000,0000	0	-1.000,0000	at bound
5	X5	1,0000	-800,0000	-800,0000	-800,0000	at bound
6	X6	1,0000	-900,0000	-900,0000	-900,0000	at bound
	Objective	Function	(Max.) =	2.980,0000		
	Constraint	Left Hand Side	Direction	Right Hand Side	Slack or Surplus	Shadow Price
1	C1	360,0000	<=	600,0000	240,0000	0
2	C2	296,0000	<=	300,0000	4,0000	0
3	C3	400,0000	<=	400,0000	0	25,0000
4	C4	0	<=	0	0	0
5	C5	-11,0000	<=	0	11,0000	0
6	C6	-43,0000	<=	0	43,0000	0

Imagen 14.Gran M Winqsb.

Fuente propia

Se deben producir 56 unidades del producto 2 y 32 unidades del producto 3, para obtener una ganancia de $2980.

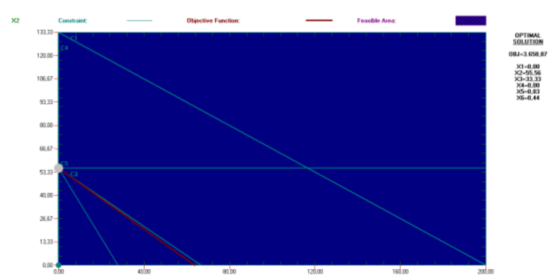


Imagen 15. Solución grafica Gran M Winqsb.

Fuente propia.

La imagen 15 muestra la región factible en la cual se encuentra el punto óptimo que maximiza las ganancias.

En la solución grafica no se tiene en cuenta que las variables deben tomar valores enteros, por lo que la solución optima es $3658, se debe tener en cuenta que esta no es la solución más optima del problema.

Al aplicar la herramienta Lingo se obtiene el siguiente resultado:

```
!Funcion objetivo a maximizar;
MAX=(48*x1)+(55*x2)+(50*x3)-(1000*Y1)-(800*Y2)-(900*Y3);
!sujeto a;
!restriccion de Produccion;
(2*x1)+(3*x2)+(6*x3)<=600;
!Restriccion de Molienda;
(6*x1)+(3*x2)+(4*x3)<=300;
!restriccion de Ensamblado;
(5*x1)+(6*x2)+(2*x3)<=400;
!Restricciones de Enlace;
(x1)-(50*Y1)<=0;
(x2)-(67*Y2)<=0;
(x3)-(75*Y3)<=0;
@BIN (Y1);
@BIN (Y2);
@BIN (Y3);
@GIN(x1);
@GIN(x2);
@GIN(x3);
```

Imagen 16. Planteamiento problema Lingo. Fuente propia

Para la solución del problema es necesario definir las variables binarias Yi con la connotación @BIN, Y las variables enteras Xi como @GIN.

```
Global optimal solution found.
Objective value:                              2980.000
Objective bound:                              2980.000
Infeasibilities:                              0.000000
Extended solver steps:                               0
Total solver iterations:                            32

                       Variable           Value        Reduced Cost
                             X1        0.000000           -48.00000
                             X2        56.00000           -55.00000
                             X3        32.00000           -50.00000
                             Y1        0.000000            1000.000
                             Y2        1.000000            800.0000
                             Y3        1.000000            900.0000

                            Row    Slack or Surplus      Dual Price
                              1        2980.000            1.000000
                              2        240.0000            0.000000
                              3        4.000000            0.000000
                              4        0.000000            0.000000
                              5        0.000000            0.000000
                              6        11.00000            0.000000
                              7        43.00000            0.000000
```

Imagen17. Solución optima Lingo. Fuente propia

Se deben producir 56 unidades del producto 2 y 32 unidades del producto 3, para obtener una ganancia óptima de $2980.

CONCLUSIONES

Al utilizar las diferentes herramientas se encontró que las soluciones a problemas de programación lineal se dan de una manera efectiva y rápida.

Cuando se utilizó solver se encontró que ingresar los datos iniciales al sistema es fácil pero se torna arduo cuando los problemas que se presentan son muy grandes, aunque la solución que da es acertada y precisa; dependiendo del tipo de problema y numero de restricciones que se tengan se aumenta la dificultad al ejecutar el programa, ya que hay que programar las celdas en Excel para que la utilización del solver sea exitosa.

Aplicando Lingo se encuentra una solución rápida y precisa, esta herramienta tiene una interfaz fácil de manejar pero la introducción del problema a esta es algo tediosa y toma mucho tiempo, además al definir el tipo de variables con las que se trabaja debe tenerse un conocimiento previo acerca del comando a utilizar,

Cabe resaltar que siendo Lingo un lenguaje de programación no se necesita un conocimiento avanzado para tener acceso a esta herramienta y poder utilizarla.

Al emplear Winqsb se encontró que es una herramienta fácil de manejar, solo basta con digitar el numero de variables y restricciones, el tipo de problema se está trabajando y los datos numéricos del ejercicio para obtener la solución.

Esta herramienta cuenta con la opción de desarrollar el problema iteración a iteración, dando la posibilidad de analizar los cambios que se presentan para llegar a la solución óptima; además tiene la opción de una solución grafica en la cual se pueden observar las restricciones y la región factible del problema a solucionar.

Cuando se trabaja programación lineal entera se facilita el proceso de solución empleando la herramienta Winqsb por la facilidad de ingreso de los datos y no solo la solución analítica que presenta sino también su solución grafica y la posibilidad de ver iteración a iteración la evolución del problema.

Cuando se requiere de una solución inmediata WinQSB cuenta también con la opción de llegar de una forma veloz utilizando una de las opciones de la barra de herramientas obteniendo una tabla resumen de los valores que toman las variables y de la solución optima general.

BIBLIOGRAFIA

[1] **http://es.wikipedia.org/wiki/Lingo** [Citado mayo 22 de 2010, en línea]

[2]**http://www.uv.es/martinek/material/WinQSB2.0.pdf** [Citado mayo 22 de 2010, en línea]

[3]**http://www2.ubu.es/econapli/profesores/jfalegre/archivos/textos/uso%20de%20solver.pdf** [Citado mayo 22 de 2010, en línea]