



Los Libertadores  
Fundación Universitaria



## **DEPARTAMENTO DE CIENCIAS BASICAS AREA DE MATEMATICAS**

### **INVESTIGACION DE OPERACIONES**

**AUTOR:** OSCAR A. ROMERO CARDENAS  
INGENIERO INDUSTRIAL  
ESPECIALISTA EN INFORMATICA Y MULTIMEDIA  
ESPECIALISTA EN ESTADISTICA APLICADA

**TEMA:** METODO DE LA RUTA CRÍTICA (CPM)  
Y MODELO DE CHOQUE

#### **OBJETIVOS:**

##### **GENERAL:**

Utilizar el computador como una herramienta para la solución de proyectos CPM utilizando para ello: el programa de computador EXCEL, su herramienta SOLVER y WinQSB.

##### **ESPECIFICOS**

1. Aplicar la metodología del CPM o de la Ruta Crítica.
2. Familiarizar al estudiante con el uso del computador como una herramienta para el manejo de proyectos.
3. Brindar al estudiante nuevas posibilidades en el manejo de la herramienta SOLVER de EXCEL.
4. Aplicar la herramienta PERT/CPM de WinQSB

**TIEMPO:** CUATRO (4) HORAS

#### **CONDUCTA DE ENTRADA:**

Se tiene la siguiente información de un determinado Proyecto:

*¡Toma el camino de los mejores, toma el camino de los Libertadores!*



ACTIVIDAD	PREDECESORAS	TIEMPO NORMAL	TIEMPO OPTIMISTA	COSTO NORMAL	COSTO DE CHOQUE
A	NINGUNA	6	2	10	50
B	NINGUNA	9	5	20	100
C	A – B	8	3	15	30
D	A – B	7	1	20	200
E	D	10	8	20	100
F	C - E	12	9	50	200

Determine:

1. Las actividades que conforman la Ruta Crítica.
2. La duración del Proyecto, en Unidades de Tiempo (UT).
3. El Costo del proyecto en Unidades Monetarias (UM).
4. Costo del proyecto en Unidades Monetarias (UM) si se decide disminuir el mismo en dos (2) Unidades de Tiempo (UT).

## TEMATICA

### GENERALIDADES DE SOLVER

SOLVER es un paquete agregado para EXCEL que optimiza numéricamente los modelos sujetos a restricciones, como modelos de Programación Lineal. SOLVER emplea una técnica llamada algoritmo matemático de programación, con la cual encuentra las decisiones óptimas para un modelo determinado en una hoja de cálculo.

### PROBLEMA (ver bibliografía)

La gerencia de una aerolínea desea determinar la cantidad mínima de tiempo necesaria para que un avión de la vuelta, desde el momento en que alcanza la puerta hasta que se encuentra listo para salir por ella. Para tal efecto, el administrador de vuelo ha identificado las tareas que se indican más adelante que necesitan llevar a cabo entre la llegada y la partida:

Las comidas no pueden ser subidas a bordo ni la limpieza del interior puede efectuarse hasta que han bajado los pasajeros. El equipaje de los pasajeros que parten no puede ser cargado hasta que se ha



descargado el equipaje de los que llegan. Los pasajeros no pueden abordar la nave hasta que el interior este limpio. La prueba de seguridad puede realizarse solamente después de que los motores han sido abastecidos de combustible y las comidas, los equipajes y los pasajeros ya están a bordo.

1. Identifique los predecesores inmediatos de cada tarea
2. Trace la red del proyecto
3. Halle la Ruta Crítica
4. Formule un modelo de apropiado para lograr un tiempo de terminación de 55 minutos.

### Solución

1. De acuerdo con la información suministrada, la siguiente sería la tabla de precedencia:

**TABLA DE PRECEDENCIA**

TAREA	DESCRIPCION	PREDECESORES
A	Desalojar Pasajeros	Ninguna
B	Descargar equipaje	Ninguna
C	Reabastecer motores	Ninguna
D	Limpiar interior	A
E	Cargar comidas	A
F	Cargar equipajes	B
G	Abordaje de pasajeros	D
H	Revisión de seguridad	C,E,F,G,

2. Ahora procederemos a elaborar la red del proyecto con base en la siguiente información (por favor tenga en cuenta que los tiempos están dados en minutos):

TAREA	DESCRIPCIÓN	TN	CN	TC	CC	TO	T+P	TP
A	Desalojar pasajeros	15	50	12	80	12	15	20
B	Descargar equipaje	25	90	20	125	20	25	35
C	Reabastecer motores	30	100	26	120	27	30	40
D	Limpiar interior	15	50	12	71	12	15	20
E	Cargar comidas	15	50	13	62	12	15	20
F	Cargar equipajes	20	80	18	104	15	20	30
G	Abordaje de pasajeros	20	80	14	92	15	20	30
H	Revisión de seguridad	10	40	8	46	10	10	10

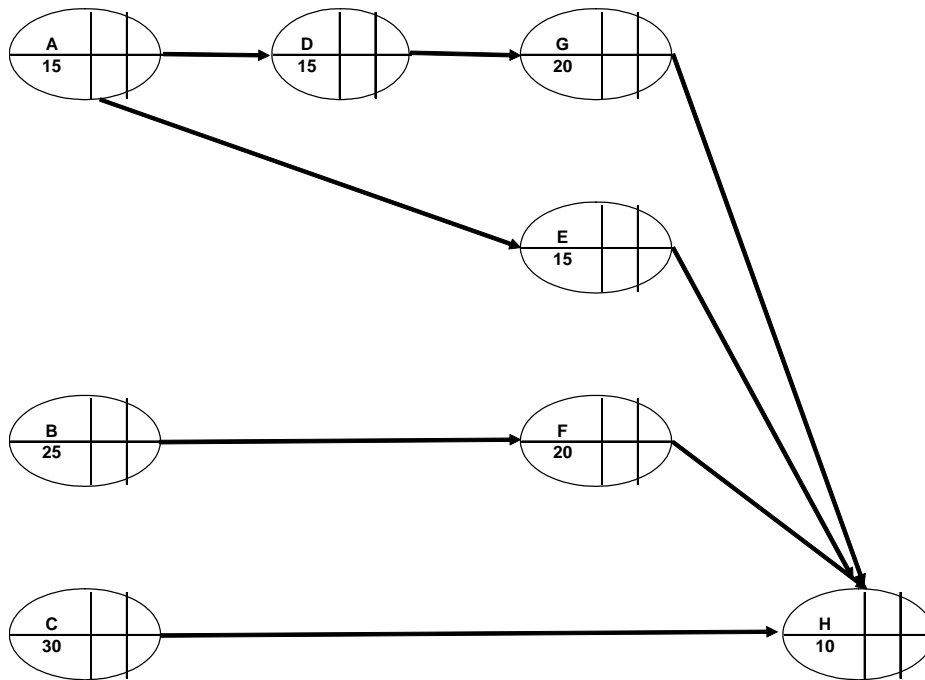
Abreviaturas: TN = Tiempo Normal, CN = Costo Normal, TC = Tiempo de Choque, CC = Costo de Choque, TO = Tiempo Optimista, T+P = Tiempo más Probable, TP = Tiempo Pesimista.

¡Toma el camino de los mejores, toma el camino de los Libertadores!



De acuerdo con esta información, la red del proyecto deberá lucir como se muestra a continuación. Tenga en cuenta que en cada nodo se están identificando las actividades y el tiempo normal de duración de cada una.

### RED DEL PROYECTO



3. Para hallar la Ruta Crítica realizaremos el siguiente procedimiento:

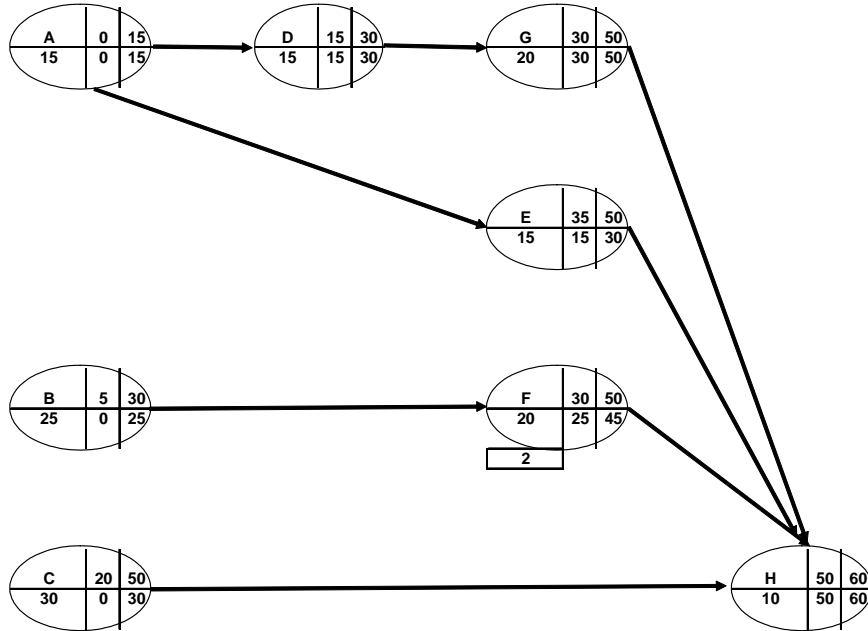
- Hallar los tiempos de inicio y terminación más pronto (TI y TT respectivamente).
- Establecer el calendario de actividades
- Hallar los últimos tiempos de inicio y de terminación (UI y UT respectivamente)
- Establecer el calendario de actividades

Ahora por favor indíqueme a su profesor ¿cuál es la ruta crítica y cuál es su duración?

La información anterior deberá corresponder a lo siguiente:



### RED DEL PROYECTO



### CALENDARIO DE ACTIVIDADES

TAREA	PRED.	T	TI	TT	UI	UT	M
A	Ninguno	15	0	15	0	15	0
B	Ninguno	25	0	25	5	30	5
C	Ninguno	30	0	30	20	50	20
D	A	15	15	30	15	30	0
E	A	15	15	30	35	50	20
F	B	20	25	45	30	50	5
G	D	20	30	50	30	50	0
H	C,E,F,G	10	50	60	50	60	0

Donde:

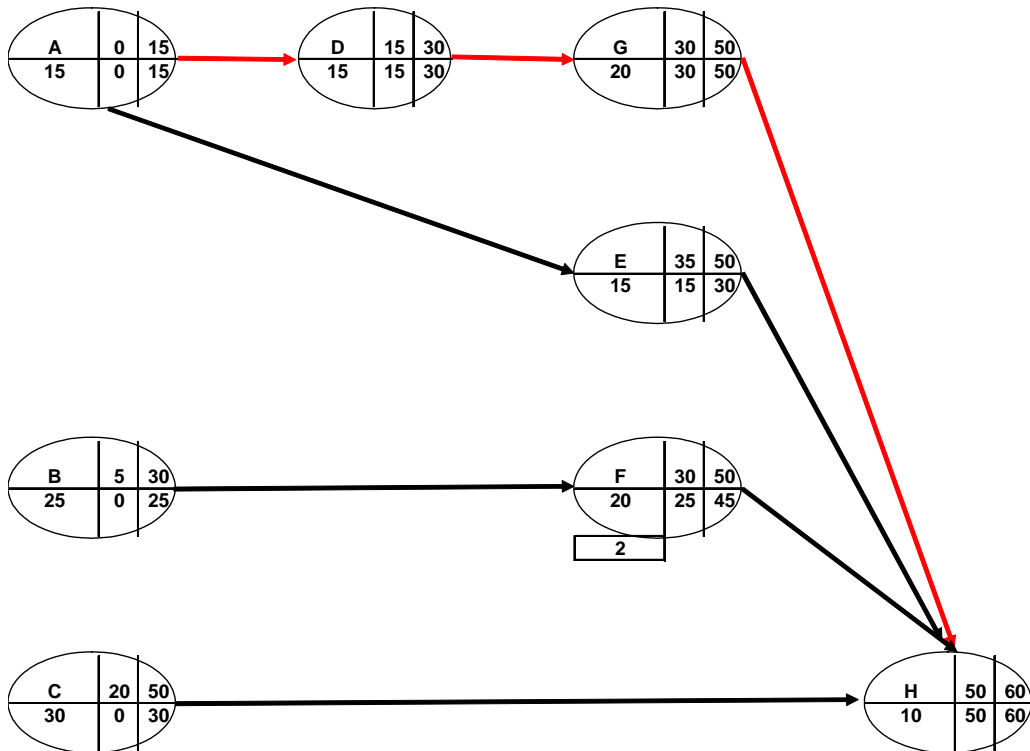
- T = Tiempo de duración de la actividad*
- TI = Tiempo inicial más próximo*
- TT = Tiempo de terminación más próximo*
- UI = Tiempo más lejano para iniciar la actividad*
- UT = Tiempo más lejano para terminar la actividad*
- M = Margen de tiempo ó tiempo disponible.*

*¡Toma el camino de los mejores, toma el camino de los Libertadores!*



Por lo tanto, la ruta crítica será aquella cuyos márgenes de tiempo sean cero (0), es decir, A-D-G-H:

### RED DEL PROYECTO



4. Para formular un modelo de choque apropiado para lograr un tiempo de terminación de 55 minutos, deberemos realizar el siguiente procedimiento:

- Elaborar un diagrama del modelo de choque
- Con base en la información de tiempos suministrada en 2. definir la función objetivo y las restricciones de límite, de nodo, de terminación y lógicas.

Como se observa, se han definido las siguientes variables:

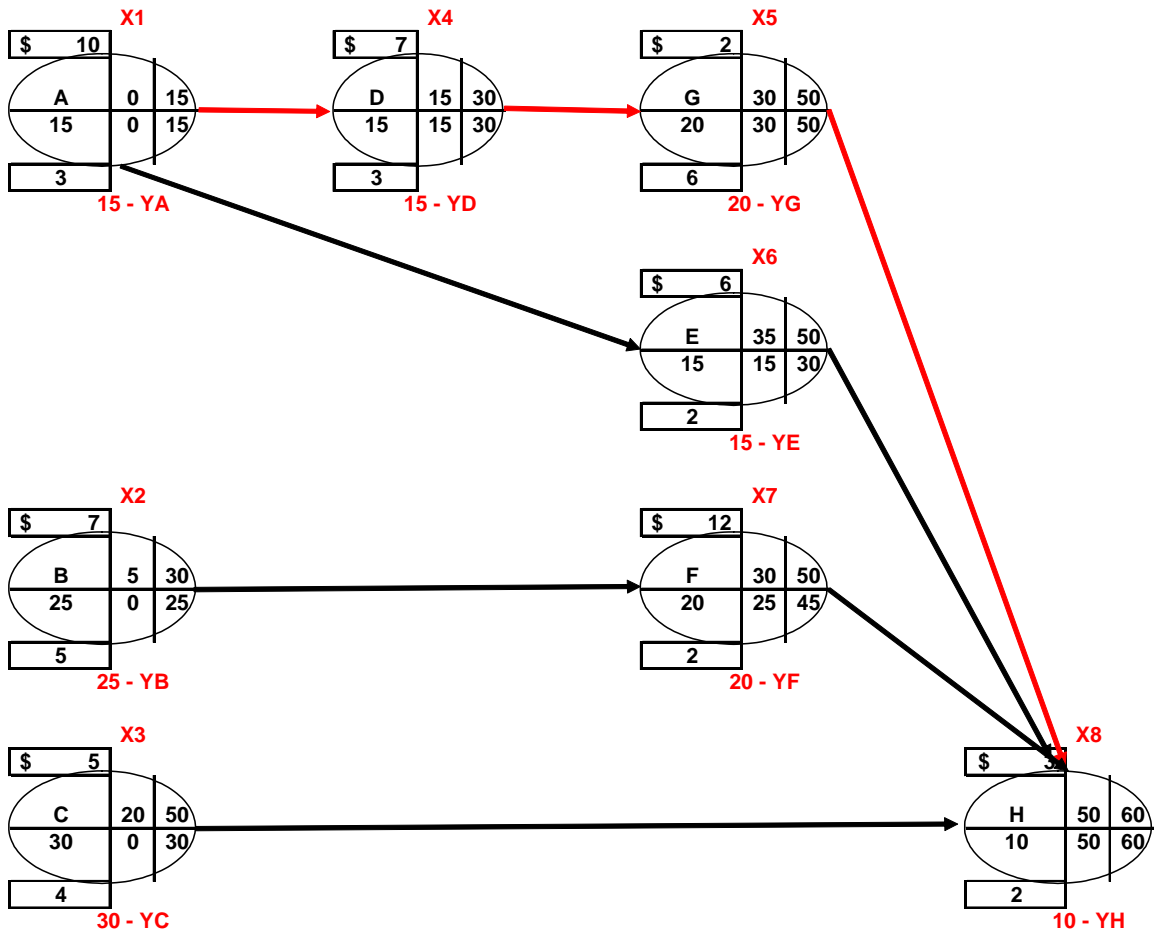
X1 que representa el tiempo de terminación de la actividad A,  
X2 que representa el tiempo de terminación de la actividad B,  
etc.

*¡Toma el camino de los mejores, toma el camino de los Libertadores!*



YA que representa el tiempo en el cual se disminuirá la actividad A,  
YB que representa el tiempo en el cual se disminuirá la actividad B,  
etc.

### RED DEL PROYECTO



Para establecer la función objetivo, deberán calcular los mayores costos que se generan por reducir una unidad de tiempo para cada actividad, debiendo quedar como se indica a continuación:

$$\text{MINIMIZAR } 10Y_A + 7Y_B + 5Y_C + 7Y_D + 6Y_E + 12Y_F + 2Y_G + 3Y_H$$

Donde los coeficientes de cada variable, se obtuvieron de la siguiente tabla:

¡Toma el camino de los mejores, toma el camino de los Libertadores!



ACTIVIDAD	TIEMPO NORMAL TN	TIEMPO DE CHOQUE TC	COSTO NORMAL CN	COSTO DE CHOQUE CC	REDUCCION EN TIEMPO TC-TN	MAYOR COSTO CC-CN	COSTO/ UNIDAD DE TIEMPO (CC-CN)/(TC-TN)
A	15	12	50	80	3	30	10
B	25	20	90	125	5	35	7
C	30	26	100	120	4	20	5
D	15	12	50	71	3	21	7
E	15	13	50	62	2	12	6
F	20	18	80	104	2	24	12
G	20	14	80	92	6	12	2
H	10	8	40	46	2	6	3

Así las cosas cada unidad de tiempo que se reduzca A tendrá un sobre costo de 10, cada unidad que se reduzca B tendrá un sobre costo de 7, etc.

RESTRICCIONES (R)		
<b>INICIO:</b>		
NO SE REQUIERE		
<b>TERMINACION:</b>		
X8 <= 55		
<b>LIMITE:</b>		
0 <= YA <= 3		
0 <= YB <= 5		
0 <= YC <= 4		
0 <= YD <= 3		
0 <= YE <= 2		
0 <= YF <= 2		
0 <= YG <= 6		
0 <= YH <= 2		
<b>NODO:</b>		
X1 >= (15 - YA)	==>	X1 + YA >= 15
X2 >= (25 - YB)	==>	X2 + YB >= 25
X3 >= (30 - YC)	==>	X3 + YC >= 30
X4 >= X1 + (15 - YD)	==>	-X1 + X4 + YD >= 15
X5 >= X4 + (20 - YG)	==>	-X4 + X5 + YG >= 20
X6 >= X1 + (15 - YE)	==>	-X1 + X6 + YE >= 15
X7 >= X2 + (20 - YF)	==>	-X2 + X7 + YF >= 20
X8 >= X5 + (10 - YH)	==>	-X5 + X8 + YH >= 10
X8 >= X6 + (10 - YH)	==>	-X6 + X8 + YH >= 10
X8 >= X7 + (10 - YH)	==>	-X7 + X8 + YH >= 10
X8 >= X3 + (10 - YH)	==>	-X3 + X8 + YH >= 10
<b>LOGICAS:</b>		
Xi >= 0		
Yj >= 0		

Del mismo modo es necesario plantear y ordenar las restricciones de límite, de nodo, de terminación y lógicas.

Según se puede ver en el recuadro, las inecuaciones deben ordenarse (variables al costado izquierdo y constante en el costado derecho), para poder hacer uso de la herramienta SOLVER.





A continuación debe procederse a utilizar el computador. Por lo tanto:

- Ingresar la información a EXCEL y utilizar SOLVER teniendo en cuenta lo siguiente:

- ✓ Deberá existir una columna para cada variable
- ✓ Debajo de cada variable se capturarán los coeficientes de cada ecuación dependiendo si es Función Objetivo o Restricción
- ✓ En la fila 5 no se ingresará información. SOLVER lo hará

	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X		
4	VARIABLES																					
5		YA	YB	YC	YD	YE	YF	YG	YH	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8					
6	FUNCION OBJETIVO	10	7	5	7	6	12	2	3									0				
7	RESTRICCION 1																	1	0	<= 55		
8	RESTRICCION 2		1																0	<= 3		
9	RESTRICCION 3			1															0	<= 5		
10	RESTRICCION 4				1														0	<= 4		
11	RESTRICCION 5					1													0	<= 3		
12	RESTRICCION 6						1												0	<= 2		
13	RESTRICCION 7							1											0	<= 2		
14	RESTRICCION 8								1										0	<= 6		
15	RESTRICCION 9									1									0	<= 2		
16	RESTRICCION 10		1								1								0	>= 15		
17	RESTRICCION 11			1								1							0	>= 25		
18	RESTRICCION 12				1								1						0	>= 30		
19	RESTRICCION 13					1					-1			1					0	>= 15		
20	RESTRICCION 14						1							-1	1				0	>= 20		
21	RESTRICCION 15							1			-1					1			0	>= 15		
22	RESTRICCION 16								1			-1					1		0	>= 20		
23	RESTRICCION 17									1				-1				1	0	>= 10		
24	RESTRICCION 18										1				-1				1	0	>= 10	
25	RESTRICCION 19											1					-1		1	0	>= 10	
26	RESTRICCION 20												1		-1					1	0	>= 10
27																						

Donde:

- SOLVER trabajará en las celdas comprendidas entre F5 y U5
- El resultado de la función objetivo estará en la celda V6, en la cual se deberá ingresar la siguiente fórmula:

$$=+F6*F$5+G6*G$5+H6*H$5+I6*I$5+J6*J$5+K6*K$5+L6*L$5+M6*M$5+N6*N$5+O6*O$5+P6*P$5+Q6*Q$5+R6*R$5+S6*S$5+T6*T$5+U6*U$5$$

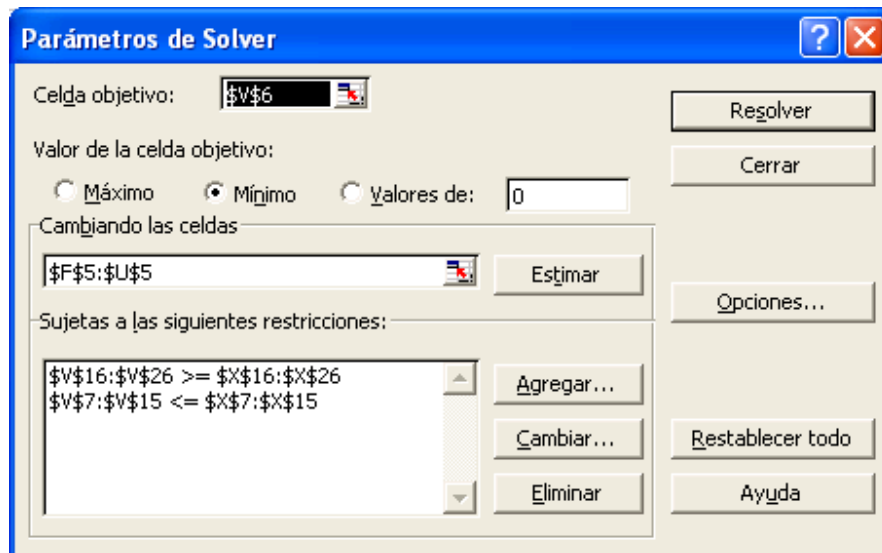


Teniendo cuidado de dejar constantes las celdas de F5 a U5 (precedidas por el signo \$), por cuanto esta misma fórmula se deberá copiar en las celdas desde V6 hasta V26.

- SOLVER comparará los resultados de la columna V, con las restricciones de las columnas W y X para establecer una solución factible.
- Del menú herramientas seleccione SOLVER e ingrese la información como se indica a continuación:

CELDA OBJETIVO: V6  
VALOR DE LA CELDA OBJETIVO: MINIMO  
CAMBIANDO LAS CELDAS: \$F\$5:\$U\$5

- Cada una de las restricciones se ingresarán teniendo cuidado de comparar las celdas de las columnas V y X de acuerdo con la condición establecida en la columna W. Para ello utilice AGREGAR y CAMBIAR o ELIMINAR según sea el caso.
- No olvide en opciones seleccionar ADOPTAR MODELO LINEAL y ASUMIR NO NEGATIVOS.
- Una vez realizados los pasos anteriores, la ventana de SOLVER deberá aparecer así:





- Finalmente de clic en resolver (en la siguiente ventana que le aparezca de ACEPTAR) y su hoja de cálculo deberá mostrarse como se indica en la siguiente página. Por favor dibuje una nueva Red del Proyecto y analice con su profesor los resultados, de manera particular los siguientes:

¿Qué significado tienen los valores de las celdas F5 a U5?

¿Qué significado tiene el valor de 10 en la celda V6?

¿Qué significado tienen los valores que aparecen en las celdas V7 a V26?

¿Qué significado tienen los valores que aparecen en las celdas X7 a X26?

¿Se cumplen todas las restricciones?

¿Qué información deberá suministrarse al computador para lograr un tiempo igual al de la Ruta Crítica?

	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y
4	VARIABLES	YA	YB	YC	YD	YE	YF	YG	YH	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8				
5		0	0	0	0	0	0	5	0	15	25	45	30	45	30	45	55				
6	FUNCION OBJETIVO	10	7	5	7	6	12	2	3									10			
7	RESTRICCION 1																	1	55	<=	55
8	RESTRICCION 2		1																0	<=	3
9	RESTRICCION 3			1															0	<=	5
10	RESTRICCION 4				1														0	<=	4
11	RESTRICCION 5					1													0	<=	3
12	RESTRICCION 6						1												0	<=	2
13	RESTRICCION 7							1											0	<=	2
14	RESTRICCION 8								1										5	<=	6
15	RESTRICCION 9									1									0	<=	2
16	RESTRICCION 10		1								1								15	>=	15
17	RESTRICCION 11			1								1							25	>=	25
18	RESTRICCION 12				1								1						45	>=	30
19	RESTRICCION 13					1					-1			1					15	>=	15
20	RESTRICCION 14							1							-1	1			20	>=	20
21	RESTRICCION 15						1				-1					1			15	>=	15
22	RESTRICCION 16							1				-1					1		20	>=	20
23	RESTRICCION 17								1					-1			1		10	>=	10
24	RESTRICCION 18									1						-1		1	25	>=	10
25	RESTRICCION 19										1						-1	1	10	>=	10
26	RESTRICCION 20											1		-1				1	10	>=	10

RESULTADOS DE SOLVER PARA CADA VARIABLE

SOBRECOSTO POR REDUCIR EL TIEMPO DE DURACIÓN DEL PROYECTO

RESTRICCIONES



## GENERALIDADES DE WINQSB <sup>(1)</sup>

(1) Tomado de <http://fernaning.blogspot.com>

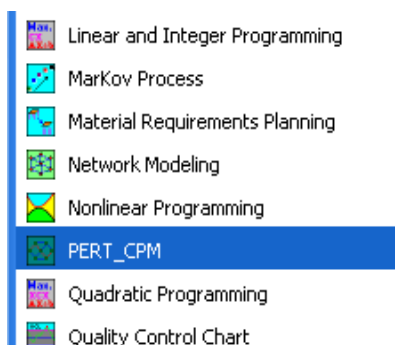
WinQSB es un sistema interactivo de ayuda a la toma de decisiones que contiene herramientas muy útiles para resolver distintos tipos de problemas en el campo de la investigación operativa. El sistema está formado por distintos módulos, uno para cada tipo de modelo o problema. Entre ellos destacaremos los siguientes:

- *Linear programming (LP) and integer linear programming (ILP):* este módulo incluye los programas necesarios para resolver el problema de programación lineal gráficamente o utilizando el algoritmo del Simplex; también permite resolver los problemas de programación lineal entera utilizando el procedimiento de Ramificación y Acotación (Branch&Bound).
- *Network modeling (NET):* incluye programas específicos para resolver el problema del transbordo, el problema del transporte, el de asignación, el problema del camino más corto, flujo máximo, árbol generador, y problema del agente viajero.
- *PERT/CPM:* módulo de gestión de proyectos en los que hay que realizar varias actividades con relaciones de precedencia.

En resumen es una excelente herramienta muy fácil de usar y muy potente, está en idioma Inglés.

Para nuestro ejemplo, procederemos de la siguiente forma:

### 1. Abrir el módulo PERT/CPM de WinQSB



*¡Toma el camino de los mejores, toma el camino de los Libertadores!*

2. Dar FILE – NEW PROBLEM, para que aparezca la siguiente ventana (Especificación del Problema):

**Problem Specification**

**Problem Title** [ ]

**Number of Activities:** [ ]

**Time Unit:** week

**Problem Type**

Deterministic CPM

Probabilistic PERT

**Select CPM Data Field**

Normal Time

Crash Time

Normal Cost

Crash Cost

Actual Cost

Percent Complete

**Data Entry Format**

Spreadsheet

Graphic Model

**Activity Time Distribution:**

Choose Activity Time Distribution

OK Cancel Help

3. Ingrese la información correspondiente donde:

*Problem Title: Título del Problema*

*Number of Activities: Número de Actividades*

*Time Unit: Unidad de Tiempo*

*Problem Type: Tipo de Problema Determinístico CPM*

*Probabilístico PERT*

*Select CPM Data Field: Seleccione los campos de datos para CPM*

*Normal Time: Tiempo Normal*

*Crash Time: Tiempo de Choque*

*Normal Cost: Costo Normal*

*Crash Cost: Costo de Choque*

*Tomando la información de nuestro ejercicio, la ventana de Especificación del Problema, quedará como se indica a continuación:*

*¡Toma el camino de los mejores, toma el camino de los Libertadores!*

**Problem Specification**

**Problem Title:** AEROLINEA

**Number of Activities:** 8

**Time Unit:** MINUTE

**Problem Type:**  
 Deterministic CPM  
 Probabilistic PERT

**Select CPM Data Field:**  
 Normal Time  
 Crash Time  
 Normal Cost  
 Crash Cost  
 Actual Cost  
 Percent Complete

**Data Entry Format:**  
 Spreadsheet  
 Graphic Model

**Activity Time Distribution:**  
 Choose Activity Time Distribution

OK Cancel Help

4. De clic en OK y aparecerá la siguiente ventana:

PERT/CPM

File Edit Format Solve and Analyze Results Utilities Window WinQSB Help

AEROLINEA

Activity Number	Activity Name	Immediate Predecessor (list number/name, separated by ',')	Normal Time	Crash Time	Normal Cost	Crash Cost
1	A				0	0
2	B				0	0
3	C				0	0
4	D				0	0
5	E				0	0
6	F				0	0
7	G				0	0
8	H				0	0

Complete la información para cada actividad de:

- ✓ Predecesoras inmediatas
- ✓ Tiempo Normal
- ✓ Tiempo de Choque
- ✓ Costo Normal
- ✓ Costo de Choque

¡Toma el camino de los mejores, toma el camino de los Libertadores!



Debiendo quedar así:

Activity Number	Activity Name	Immediate Predecessor (list number/name, separated by ',')	Normal Time	Crash Time	Normal Cost	Crash Cost
1	A		15	12	50	80
2	B		25	20	90	125
3	C		30	26	100	120
4	D	A	15	12	50	71
5	E	A	15	13	50	62
6	F	B	20	18	80	104
7	G	D	20	14	80	92
8	H	C,E,F,G	10	8	40	46

5. A continuación seleccione en el menú Solve and Analyze (Resolver y Analizar) y allí la opción Solve Critical Path Using Normal Time (Resuelva la Ruta Crítica Utilizando el Tiempo Normal),

Activity Number	Activity Name	Immediate Predecessor (list number/name, separated by ',')	Normal Time	Crash Time	Normal Cost	Crash Cost
1	A		15	12	50	80
2	B		25	20	90	125
3	C		30	26	100	120
4	D	A	15	12	50	71
5	E	A	15	13	50	62
6	F	B	20	18	80	104
7	G	D	20	14	80	92
8	H	C,E,F,G	10	8	40	46

donde aparecerá que el tiempo de ejecución es de 60 minutos con un costo de \$220.

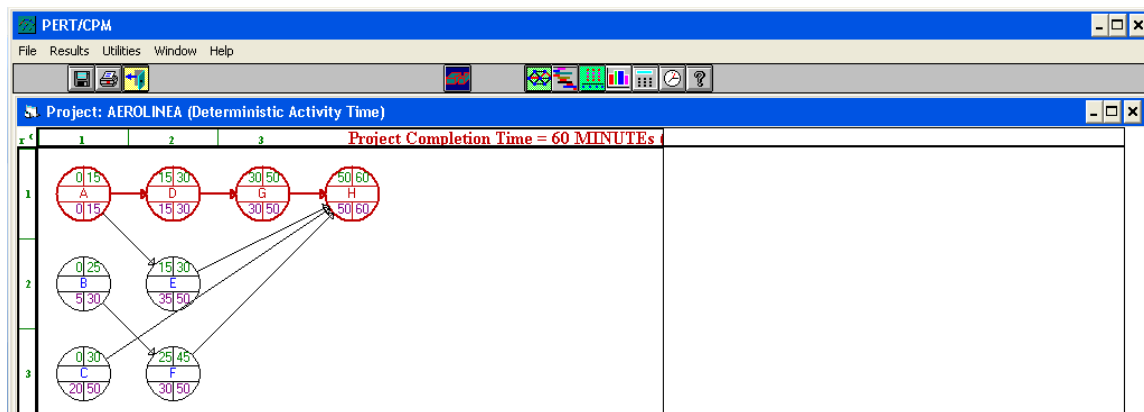
Activity Number	Activity Name	On Critical Path	Activity Time	Earliest Start	Earliest Finish	Latest Start	Latest Finish	Slack (LS-ES)
1	A	Yes	15	0	15	0	15	0
2	B	no	25	0	25	5	30	5
3	C	no	30	0	30	20	50	20
4	D	Yes	15	15	30	15	30	0
5	E	no	15	15	30	35	50	20
6	F	no	20	25	45	30	50	5
7	G	Yes	20	30	50	30	50	0
8	H	Yes	10	50	60	50	60	0
Project Completion Time			=	60		MINUTES		
Total Cost of Project			=	\$540		(Cost on CP = \$220)		
Number of Critical Path(s)			=	1				

¡Toma el camino de los mejores, toma el camino de los Libertadores!

6. Del menú Results (Resultados), seleccione Graphic Activity Analysis (Análisis Gráfico de las Actividades)

Predecessor (list se, separated by ',')	Normal Time	Crash Time	Normal Cost	Crash Cost
	15	12	50	80
	25	20	90	125
	30	26	100	120
A	15	12	50	71
A	15	13	50	62
B	20	18	80	104
D	20	14	80	92
C,E,F,G	10	8	40	46

Apareciendo la Gráfica de CPM con su respectiva Ruta Crítica.



7. Para realizar el correspondiente análisis de Choque, regrese al punto 5 y seleccione Solve Critical Path Using Crash Time (Resuelva la Ruta Crítica Utilizando el Tiempo de Choque),

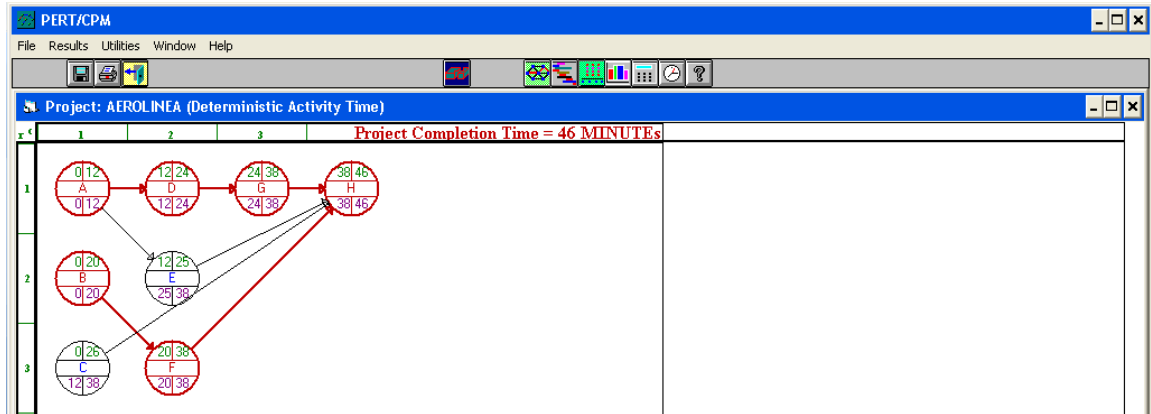
Activity Name	On Critical Path	Activity Time	Earliest Start	Earliest Finish	Latest Start	Latest Finish	Slack (LS-ES)
1 A	Yes	12	0	12	0	12	0
2 B	Yes	20	0	20	0	20	0
3 C	no	26	0	26	12	38	12
4 D	Yes	12	12	24	12	24	0
5 E	no	13	12	25	25	38	13
6 F	Yes	18	20	38	20	38	0
7 G	Yes	14	24	38	24	38	0
8 H	Yes	8	38	46	38	46	0
Project Completion Time	=	46	MINUTES				
Total Cost of Project	=	\$700	[Cost on CP = \$518]				
Number of Critical Path(s)	=	2					

¡Toma el camino de los mejores, toma el camino de los Libertadores!

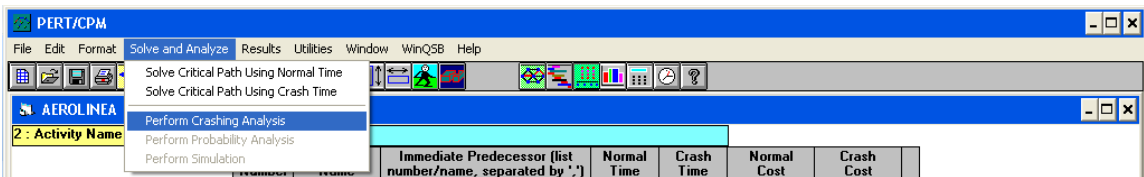




Donde aparecerá que el mínimo tiempo posible para desarrollar este proyecto será de 46 minutos con un costo total de \$700 y la red con sus correspondientes rutas críticas será:



8. Si, como en la parte inicial de esta guía, se desea conocer el resultado para lograr un tiempo de terminación de 55 minuto, en la ventana de actividades, en el menú Solve and Analyze, seleccione Perform Crashing Analysis (Ejecutar Análisis de Choque),



apareciendo la siguiente pantalla y digitando 55 en el Tiempo deseado

**Crashing Analysis**

**Crashing Option**

- Meeting the desired completion time
- Meeting the desired budget cost
- Finding the minimum cost schedule

Project completion time and cost based on normal time: **60 MINUTEs** / **\$540**

Project completion time and cost based on crash time: **46 MINUTEs** / **\$700**

Desired completion time: **55**

Late penalty per MINUTE:

Early reward per MINUTE:

Buttons: OK, Cancel, Help

¡Toma el camino de los mejores, toma el camino de los Libertadores!



Después de dar OK aparecerá el análisis correspondiente, indicando que el costo adicional será de \$10, que coincide con nuestro resultado de SOLVER.

11-07-2009 20:07:48	Activity Name	Critical Path	Normal Time	Crash Time	Suggested Time	Additional Cost	Normal Cost	Suggested Cost
1	A	Yes	15	12	15	0	\$50	\$50
2	B	Yes	25	20	25	0	\$90	\$90
3	C	no	30	26	30	0	\$100	\$100
4	D	Yes	15	12	15	0	\$50	\$50
5	E	no	15	13	15	0	\$50	\$50
6	F	Yes	20	18	20	0	\$80	\$80
7	G	Yes	20	14	15	\$10	\$80	\$90
8	H	Yes	10	8	10	0	\$40	\$40
	Overall Project:				55	\$10	\$540	\$550

### EJERCICIO (ver bibliografía)

- ✓ Considere la siguiente información correspondiente a las instrucciones de ensamble de un gabinete:

Las ruedas se montan después de ser preparadas. La base no puede unirse hasta que se ensamblen los costados y las ruedas estén montadas. La parte superior no puede unirse ni insertarse las ménsulas hasta que estén ensamblados los costados. Las repisas se colocan después de haber colocado las ménsulas. El panel posterior se une después de que la base y la cubierta superior son colocadas. Las puertas se colocan después de que se instalan las repisas, la base y la cubierta superior. La unidad se pinta después de haber sido colocadas la base y la cubierta superior.

- ✓ Los tiempos de duración de cada actividad se muestran a continuación:

TAREA	DESCRIPCION	TIEMPO (MIN)
A	Preparar las ruedas	10
B	Montar las ruedas	5
C	Ensamblar los costados	15
D	Colocar la cubierta superior	11

¡Toma el camino de los mejores, toma el camino de los Libertadores!



E	Colocar la base	10
F	Insertar las ménsulas	5
G	Insertar las repisas	5
H	Colocar las puertas	10
I	Colocar el panel posterior	10
J	Pintar la unidad	15

- ✓ Los costos relacionados se detallan en la siguiente tabla en donde el costo adicional equivale a costo choque - costo normal.

TAREA	NORMAL	DE CHOQUE	ADICIONAL
A	10	5	5
B	5	4	2
C	15	10	5
D	11	6	5
E	10	7	3
F	5	4	2
G	5	4	2
H	10	8	6
I	10	8	6
J	15	10	20

- ✓ Los tiempos optimista, más probable y pesimista, son:

TAREA	TIEMPO DE TAREA (MIN)		
	OPTIMISTA	MAS PROBABLE	PESIMISTA
A	5	10	18
B	4	5	8
C	10	15	32
D	6	11	25
E	7	10	15
F	4	5	8
G	4	5	8
H	8	10	25
I	8	10	25
J	10	15	40



✓ *Determine:*

- a. *Identifique los predecesores inmediatos de cada tarea*
- b. *Trace la red del proyecto*
- c. *Formule un modelo de choque apropiado para lograr un tiempo de terminación de 48 minutos.*
- d. *Cuánto costará lograr un tiempo de ensamblado de 48 minutos? Que tarea debe acortarse para lograr este objetivo?, En cuanto?*
- e. *Cuál es el costo de ensamblado más corto que puede lograrse con un gasto adicional de \$19?*
- f. *Encuentre el tiempo más breve de terminación, las tareas y las trayectorias críticas y la varianza del tiempo de terminación del proyecto.*
- g. *Cuál es la probabilidad de terminar un gabinete en un lapso de 65 minutos?*
- h. *Cuál es la probabilidad de terminar el gabinete en 130 minutos?*

## **CONSULTA**

*Visite el siguiente link para una breve introducción de WinQSB:*

<http://www.uv.es/martinek/material/WinQSB2.0.pdf>

*Si desea descargar WinQSB, de clic en el siguiente link:*

<http://www.4shared.com/file/65270801/4351b860/WinQSB20.html?s=1>

## **BIBLIOGRAFÍA**

ANDERSON, David; SWEENEY, Dennis y WILLIAMS Thomas  
*Métodos cuantitativos para los negocios*  
Thomson, 2005

**<<Del cual se tomaron los ejercicios resuelto y planteado en la presente Guía>>**

BONINI y HAUSMAN  
*Análisis Cuantitativo para los negocios*  
McGraw Hill, 2001.

*¡Toma el camino de los mejores, toma el camino de los Libertadores!*



Los Libertadores  
Fundación Universitaria



*EPPEN, G; GOULD, F y SCHMIDT, C.  
Investigación de operaciones en la Ciencia Administrativa  
Pearson, 2003.*

*KAMLES, H.  
Investigación de Operaciones, el arte de la toma de decisiones  
Prentice Hall, 2002*

*TAHA, Hamdy A.  
Investigación de Operaciones  
Alfaomega, 2004*

*¡Toma el camino de los mejores, toma el camino de los Libertadores!*