

Ejercicios de planificación de Carlos Tutor

Resultado de los ejercicios propuestos en este interesante y riguroso libro sobre planificación. Incluye ejercicios que parten de grafos PERT, ROY y lista de precedencias, incluyendo algunos sobre criticidad inversa, con y sin rotura de actividades, y dobles enlaces.

Carlos Tutor Larrosa, *Planificación técnica*. Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, Madrid, 2009



PLANIFICACION TECNICA
Carlos Tutor Larrosa

Detalles del libro

Editorial: Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos

Páginas: 344

Dimensiones: 24x17 cm

Idioma: Español

ISBN: **9788438004128**

ISBN-10: 8438004121

Encuadernación: Cartoné

Colección: Seignor, 32

www.agapea.com

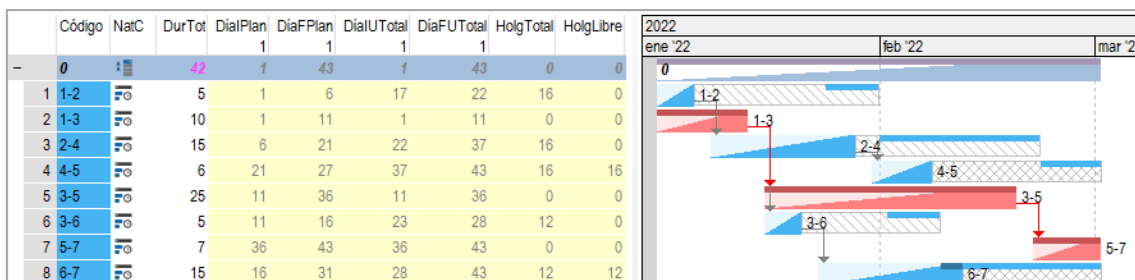
En el documento solo se muestra el resultado en Presto. Los grafos y las explicaciones completas deben consultarse en el libro, aunque los ejemplos pueden reconstruirse a partir de los datos de duraciones y enlaces de las imágenes.

Las fechas naturales del libro están en base 0 por lo que hay que sumar una unidad para obtener las mismas fechas calculadas en Presto.

Hay algunas diferencias en los resultados, probablemente debidas a la transcripción al libro de los valores.

Grafo CPM

Ejercicio propuesto en la forma tradicional de flechas y nodos para explorar la forma de calcular las fechas, las holguras y el camino crítico.



Duraciones, fechas, holguras y barras del diagrama de la página 69

CodAntecesor	ResAntecesor	CodSucesor	ResSucesor	Tipo	Solape	SolapeTras	CríticoC	Nota
1-2	1-2	2-4	2-4	Fin-Comienzo				
1-3	1-3	3-5	3-5	Fin-Comienzo			Por detrás	
1-3	1-3	3-6	3-6	Fin-Comienzo				
2-4	2-4	4-5	4-5	Fin-Comienzo				
3-5	3-5	5-7	5-7	Fin-Comienzo			Por detrás	
3-6	3-6	6-7	6-7	Fin-Comienzo				

Tabla de precedencias y enlaces críticos

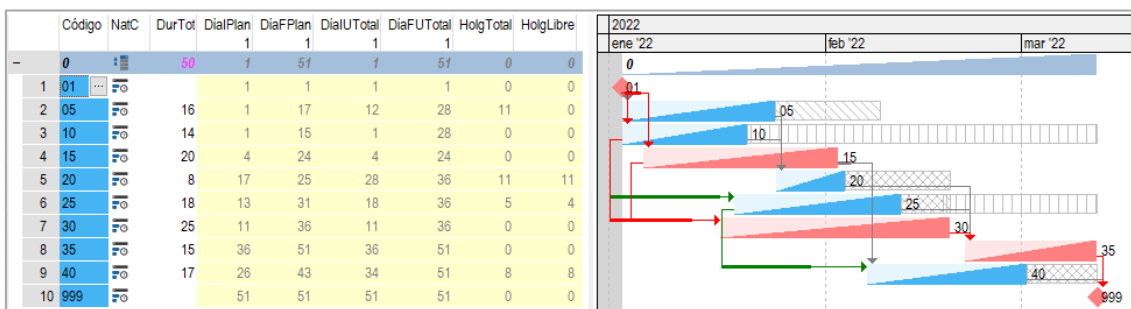
El color de las barras críticas se ha obtenido eligiendo el número de color en el selector de Windows y operando el campo "Color" con la expresión:

8421631 * (Relaciones.FeciPlan == Relaciones.FeciUTotal && Relaciones.FecFPlan == Relaciones.FecFUTotal)

Como se insiste en el libro, no solo pueden ser críticas las actividades, sino los enlaces, que aparecen en rojo en el diagrama y en la tabla de precedencias.

Método de ROY

Las actividades son los nodos y permite establecer enlaces a puntos intermedios de una actividad, lo que generalmente se resuelve con enlaces al inicio y solapes.



Duraciones, fechas, holguras y barras del diagrama de la página 89

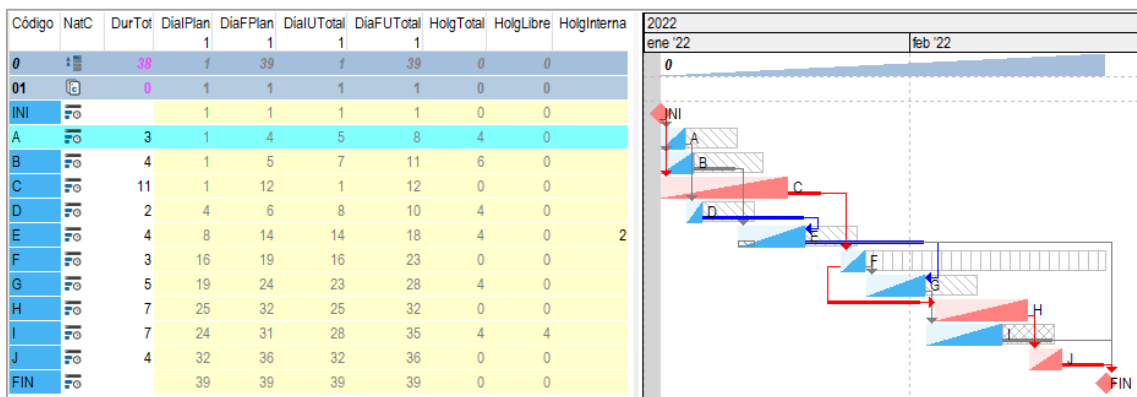
CodAntecesor	ResAntecesor	CodSucesor	ResSucesor	Tipo	Solape	SolapeTras	CríticoC	Nota
01	INICIO	05	05	Fin-Comienzo				
01	INICIO	10	10	Fin-Comienzo			Por detrás	
01	INICIO	15	15	Fin-Comienzo	3		Por detrás	
05	05	20	20	Fin-Comienzo				
10	10	20	20	Fin-Comienzo				
10	10	25	25	Comienzo-Comienzo	12			
10	10	30	30	Comienzo-Comienzo	10		Por delante	
15	15	30	30	Comienzo-Comienzo	7		Por delante	35% 15
20	20	35	35	Fin-Comienzo				
25	25	35	35	Fin-Comienzo				
30	30	35	35	Fin-Comienzo			Por detrás	
15	15	40	40	Fin-Comienzo	2			
25	25	40	40	Comienzo-Comienzo	9			50% 25
35	35	999	FIN	Fin-Comienzo			Por detrás	
40	40	999	FIN	Fin-Comienzo				

Tabla de precedencias y condiciones de los enlaces

En este caso es interesante ver los dos caminos críticos.

Método de ROY (2)

Un ejemplo que permite ver la diferencia entre la criticidad de las actividades y de los enlaces, especialmente en las actividades F y H.



Fechas, holguras y barras del diagrama de la página 96

CodAntecesor	ResAntecesor	CodSucesor	ResSucesor	Tipo	Solape	SolapeTras	CríticoC	Nota
INI	INI	A	A	Fin-Comienzo				
INI	INI	B	B	Fin-Comienzo				
INI	INI	C	C	Fin-Comienzo				Por detrás
A	A	D	D	Fin-Comienzo				
B	B	E	E	Fin-Comienzo	3			
D	D	E	E	Fin-Fin		8		
C	C	F	F	Fin-Comienzo	4			Por detrás
I	I	FIN	FIN	Fin-Comienzo	4			
J	J	FIN	FIN	Fin-Comienzo	3			Por detrás
E	E	FIN	FIN	Fin-Comienzo				
E	E	G	G	Fin-Fin		10		
F	F	G	G	Fin-Comienzo				
F	F	H	H	Comienzo-Comienzo	9			Por delante
G	G	I	I	Fin-Comienzo				
H	H	J	J	Fin-Comienzo				Por detrás

Tabla de precedencias, solapes y enlaces críticos

Precedencia única sin rotura

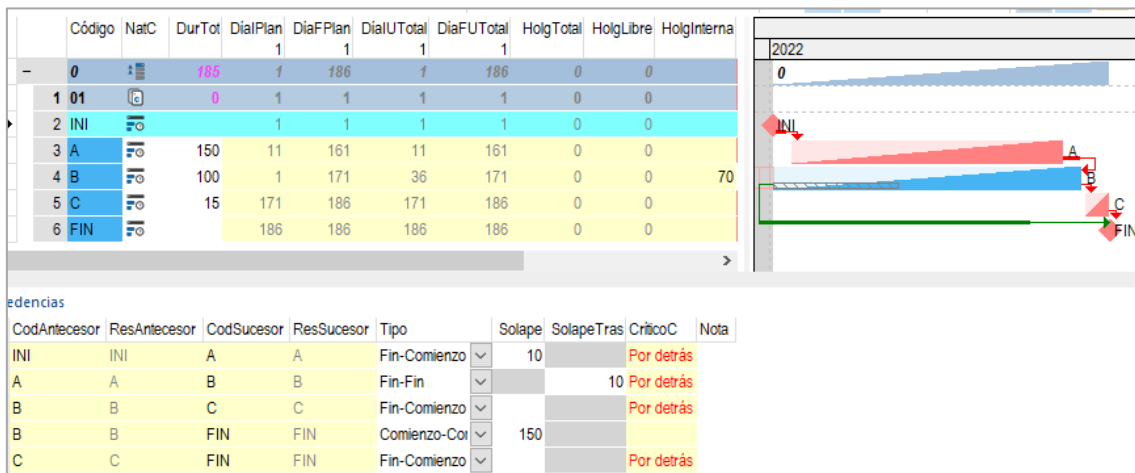
Analiza el caso de programas informáticos que no admiten más que un enlace entre dos actividades y que además no admiten rotura de barras, es decir, holguras intermedias.

En estos programas, cuando dos actividades tienen enlace solo por el final y la consecuente está enlazada por el comienzo con otra, esa actividad intermedia se acorta la obra paradójicamente se alarga.

Ver la nota técnica "Criticidad inversa: Una paradoja de la planificación resuelta con Presto: cuando una actividad se acorta y la obra se alarga".

En el ejercicio, si la actividad B se acorta 25 días la duración de la obra se alarga esos mismos 25 días.

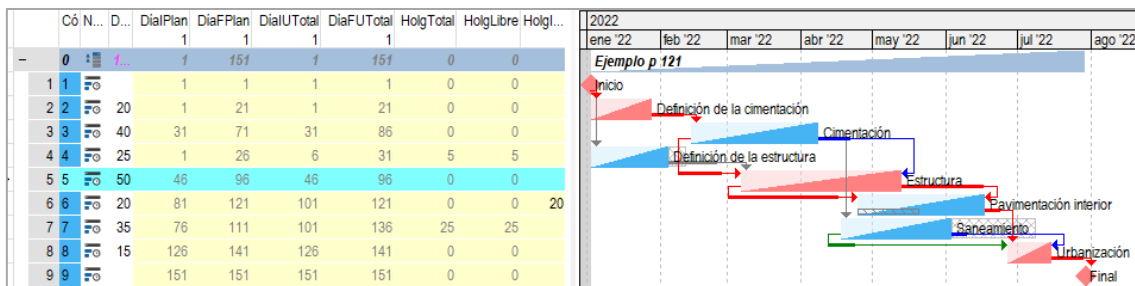
Este efecto no se da en Presto, ya que inserta una holgura interna, en este caso, de 70 días, ya que la actividad se puede iniciar en cualquier momento, al no tener una antecesora.



Datos y resultados el ejemplo de la página 107, con la holgura interna

Métodos de precedencias múltiples

Considera la existencia de más de un enlace entre dos actividades, que en la práctica se limita a la creación de un enlace doble inicio-inicio y final-final.



Duraciones, fechas, holguras y barras del ejemplo de la página 121

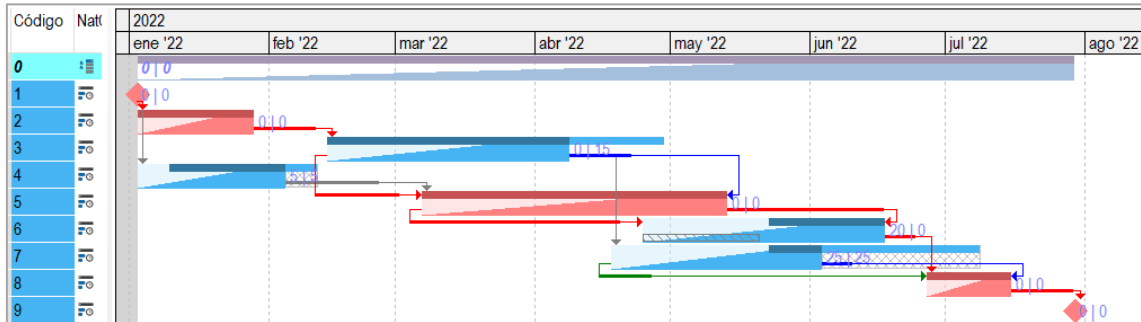
CodA	ResAntecesor	CodI	ResSucesor	Tipo	Solape	SolapeTras	CriticoC	Nota
1	Inicio	2	Definición de la cimentación	Fin-Comienzo				Por detrás
2	Definición de la cimentación	3	Cimentación	Fin-Comienzo	10			Por detrás
1	Inicio	4	Definición de la estructura	Fin-Comienzo				
3	Cimentación	5	Estructura	Com-Com/Fin-Fin	15	10		Por delante
4	Definición de la estructura	5	Estructura	Fin-Comienzo	15			
5	Estructura	6	Pavimentación interior	Com-Com/Fin-Fin	35	25		Ambas
3	Cimentación	7	Saneamiento	Fin-Comienzo	5			
6	Pavimentación interior	8	Urbanización	Fin-Comienzo	5			Por detrás
7	Saneamiento	8	Urbanización	Com-Com/Fin-Fin	10	5		
8	Urbanización	9	Final	Fin-Comienzo	10			Por detrás

Tabla de precedencias, solapes y enlaces críticos

El libro define los cuatro tipos de holguras más importantes. Las holguras total y libre se calculan directamente por Presto. Las holguras delantera, o inicial, y trasera, o final, se pueden calcular con estas expresiones, que restan los días laborables de inicio y final, respectivamente, para no tener en cuenta los festivos.

[Relaciones.DíaUTotal-Relaciones.DíaPlan](#)

[Relaciones.DíaFUTotal-Relaciones.DíaFPlan](#)



Holguras delantera y trasera

El texto a la derecha de la barra se obtiene creando un campo de usuario con la expresión:

`str(Relaciones.DíaUTotal - Relaciones.DíaPlan)+" | " + str(Relaciones.DíaFUTotal - Relaciones.DíaFPlan)`

Análisis de actividades

Se trata de analizar ocho situaciones en un mismo ejemplo, que se pueden conseguir a partir del ejemplo inicial, modificando las duraciones o los enlaces. Se estudian las condiciones de criticidad y los distintos casos de rotura o interrupción de actividades debidos a holguras internas.

	Cód N.	Dur...	DíaPlan	DíaFPlan	DíaUTotal	DíaFUTotal	HolgTotal	HolgLibre	HolgIni	HolgFin	HolgInterna
-	0	140	1	141	1	141	0	0	0	0	0
1	01		1	1	1	1	0	0	0	0	0
2	02	50	11	61	11	61	0	0	0	0	0
3	03	15	31	71	46	101	0	0	15	30	25
4	04	40	71	111	101	141	30	30	30	30	0
5	05		141	141	141	141	0	0	0	0	0

CodAntecesor	ResAntecesor	CodSucesor	ResSucesor	Tipo	Solape	SolapeTras	CriticoC	Nota
01	01	03	03	Fin-Comienzo	30			Por detrás
02	02	03	03	Fin-Fin		10		Por detrás
03	03	04	04	Fin-Comienzo				
03	03	05	05	Comienzo-Comienzo	95			

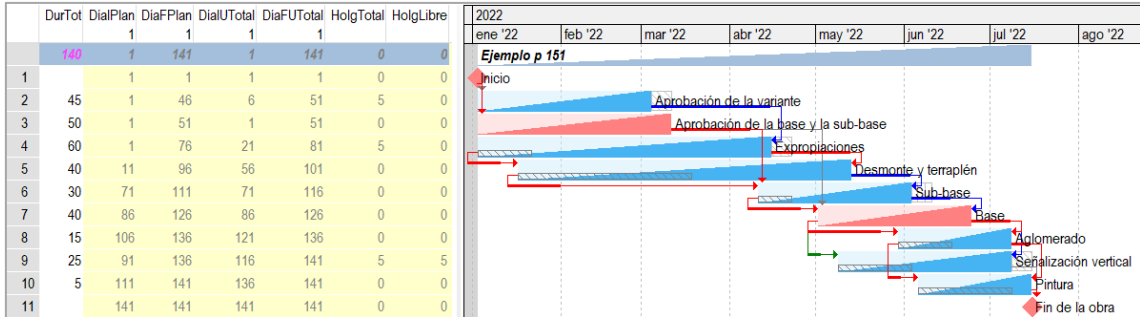
Datos y resultados del ejemplo de la página 134, estado inicial

En Presto la holgura interna incluye la holgura delantera, por lo que para comparar con el resultado del libro hay que restarlas:

[Holgura interna de la actividad 3] = 25 - 15 = 10

Ejemplo completo

Es un ejemplo que resume todo lo visto anteriormente.



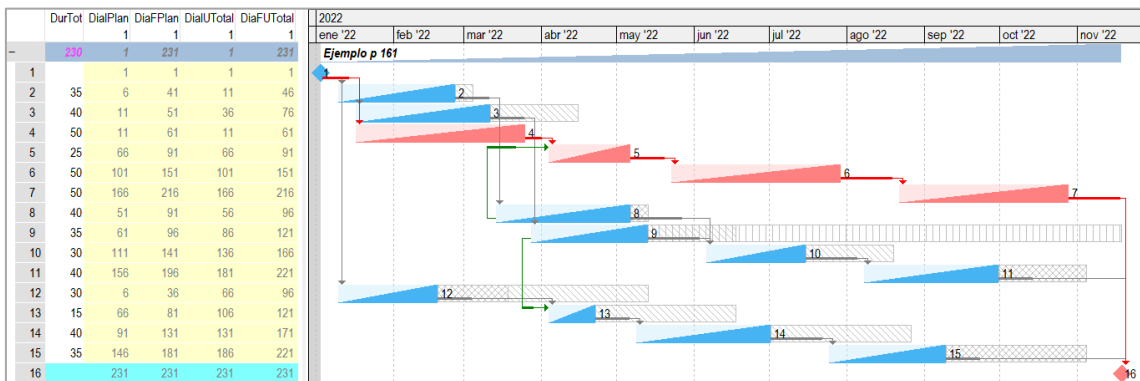
Resultados del ejemplo de la página 151

CodAntecesor	ResAntecesor	CodSucesor	ResSucesor	Tipo	Solape	SolapeTras	CriticoC	Nota
01	Inicio	02	Aprobación de la variante	Fin-Comienzo				
01	Inicio	03	Aprobación de la base y la sub-base	Fin-Comienzo				Por detrás
02	Aprobación de la variante	04	Expropiaciones	Fin-Fin			30	
04	Expropiaciones	05	Desmonte y terraplén	Com-Com/Fin-Fin	10	20		Ambas
03	Aprobación de la base y la sub-base	06	Sub-base	Fin-Comienzo		20		Por detrás
05	Desmonte y terraplén	06	Sub-base	Com-Com/Fin-Fin	15	15		Por detrás
03	Aprobación de la base y la sub-base	07	Base	Fin-Comienzo		20		
06	Sub-base	07	Base	Com-Com/Fin-Fin	15	10		Por delante
07	Base	08	Aglomerado	Com-Com/Fin-Fin	20	10		Ambas
07	Base	09	Señalización vertical	Com-Com/Fin-Fin	5	10		
08	Aglomerado	10	Pintura	Com-Com/Fin-Fin	5	5		Ambas
09	Señalización vertical	11	Fin de la obra	Fin-Comienzo				
10	Pintura	11	Fin de la obra	Fin-Comienzo				Por detrás

Precedencias, tipos de enlaces, solapes y criticidad

Hitos (restricciones)

El término "hitos" suele reservarse para actividades de duración nula y es mejor utilizar "restricciones" o "avisos", ya que se refiere a fechas límite de inicio o final que no afectan al cálculo del diagrama pero avisan de su incumplimiento.



Ejemplo base de la página 160

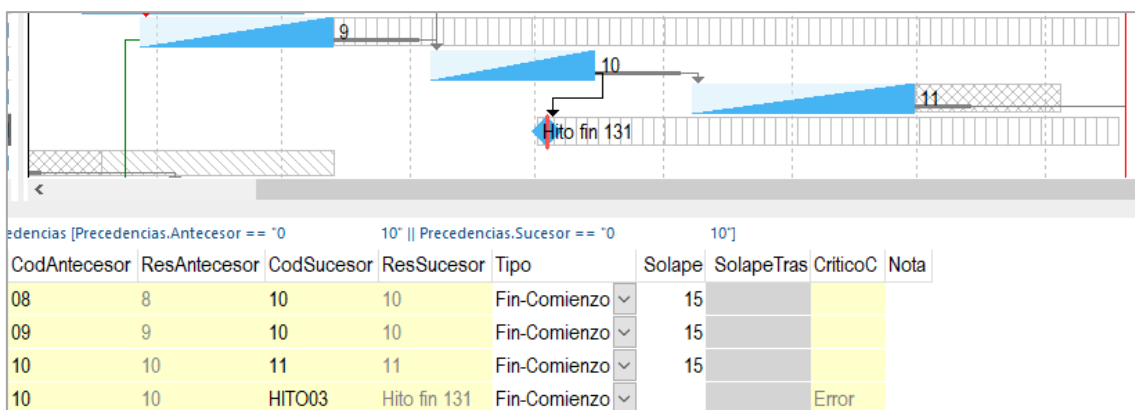
CodAntecesor	ResAntecesor	CodSucesor	ResSucesor	Tipo	Solape	SolapeTras	CriticoC	Nota
01	1	02	2	Fin-Comienzo	5			
01	1	03	3	Fin-Comienzo	10			
01	1	04	4	Fin-Comienzo	10		Por detrás	
04	4	05	5	Fin-Comienzo	5		Por detrás	
08	8	05	5	Comienzo-Comienzo	10			
05	5	06	6	Fin-Comienzo	10		Por detrás	
06	6	07	7	Fin-Comienzo	15		Por detrás	
02	2	08	8	Fin-Comienzo	10			
03	3	09	9	Fin-Comienzo	10			
08	8	10	10	Fin-Comienzo	15			
09	9	10	10	Fin-Comienzo	15			
10	10	11	11	Fin-Comienzo	15			
01	1	12	12	Fin-Comienzo	5			
12	12	13	13	Fin-Comienzo	10			
09	9	13	13	Comienzo-Comienzo	5			
13	13	14	14	Fin-Comienzo	10			
14	14	15	15	Fin-Comienzo	15			
07	7	16	16	Fin-Comienzo	15		Por detrás	
11	11	16	16	Fin-Comienzo	10			
15	15	16	16	Fin-Comienzo	10			

Precedencias, tipos de enlaces, solapes y enlaces críticos

El ejercicio consiste en introducir restricciones en distintas fechas y vincularlas a la actividad 10.

En Presto se realiza creando actividades de duración nula y fecha bloqueada que se enlazan al extremo de la actividad que se desea restringir.

Al introducir una restricción en el extremo final de una actividad con una fecha anterior a su fecha temprana o ASAP de finalización el enlace muestra el tipo "Error", ya que es imposible cumplirla.

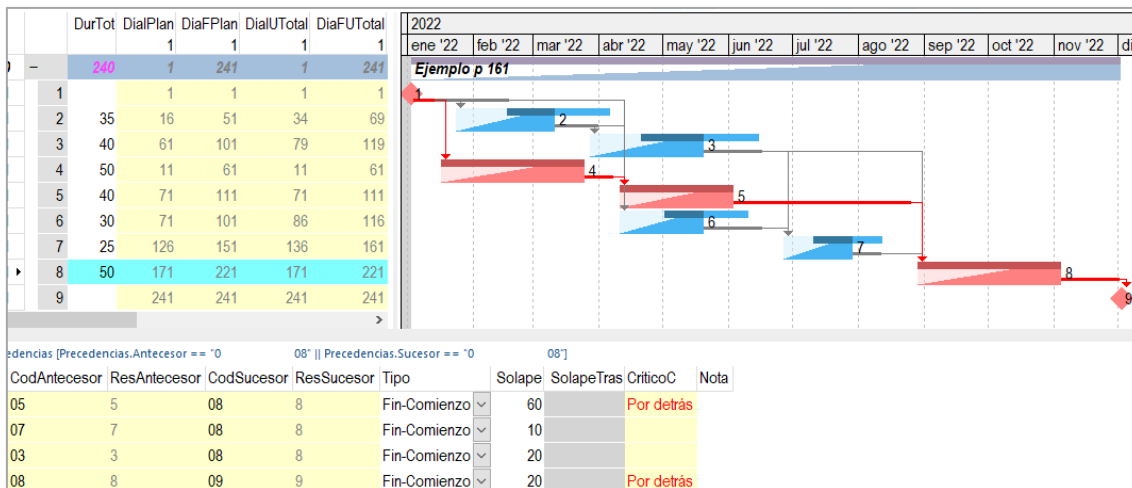


Restricción anterior a la fecha de finalización ASAP

Se procede de la misma manera para analizar los hitos o restricciones de inicio.

Caminos parciales

El camino crítico más largo no es el único que condiciona la obra, ya que hay otros caminos parciales, así como actividades que están cerca de la criticidad, que hay que analizar porque pequeñas variaciones pueden alterar la situación general.



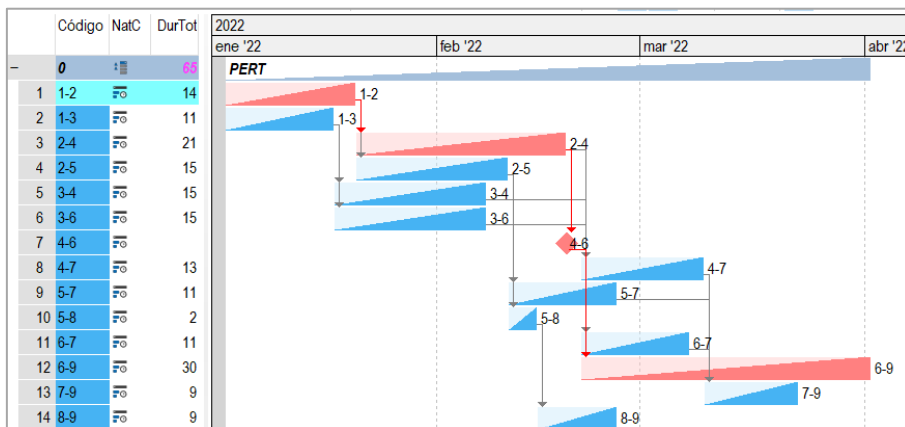
Datos y resultados del ejemplo de la página 182

La representación gráfica de Presto, con las barras ASAP y ALAP superpuestas mediante transparencias, detecta visualmente qué otras actividades o secuencias de actividades tienen más facilidad para convertirse en críticas.

Método PERT o probabilístico

Este método establece tres duraciones como dato de partida para obtener la duración media o estimada de cada actividad y su desviación estándar mediante dos expresiones bien conocidas.

Tanto la duración media de las actividades del camino crítico como su varianza, que es el cuadrado de la desviación estándar, se pueden sumar para obtener la duración media y la desviación estándar de la obra.



Resultados del ejemplo de la página 214

CodAntecesor	ResAntecesor	CodSucesor	ResSucesor	Tipo	Solape	SolapeTras	CriticoC	Nota
1-2	1-2	2-4	2-4	Fin-Comienzo			Por detrás	
1-2	1-2	2-5	2-5	Fin-Comienzo				
1-3	1-3	3-4	3-4	Fin-Comienzo				
1-3	1-3	3-6	3-6	Fin-Comienzo				
3-4	3-4	4-6	4-6	Fin-Comienzo				
2-4	2-4	4-6	4-6	Fin-Comienzo			Por detrás	
3-4	3-4	4-7	4-7	Fin-Comienzo				
2-4	2-4	4-7	4-7	Fin-Comienzo				
2-5	2-5	5-7	5-7	Fin-Comienzo				
2-5	2-5	5-8	5-8	Fin-Comienzo				
4-6	4-6	6-7	6-7	Fin-Comienzo				
3-6	3-6	6-7	6-7	Fin-Comienzo				
4-6	4-6	6-9	6-9	Fin-Comienzo			Por detrás	
3-6	3-6	6-9	6-9	Fin-Comienzo				
4-7	4-7	7-9	7-9	Fin-Comienzo				
5-7	5-7	7-9	7-9	Fin-Comienzo				
6-7	6-7	7-9	7-9	Fin-Comienzo				
5-8	5-8	8-9	8-9	Fin-Comienzo				

Tabla de precedencias y enlaces críticos

Los valores se han obtenido con las duraciones medias del ejercicio, que están redondeadas hacia abajo.

Los cálculos de las duraciones medias y la suma para el camino crítico se pueden realizar en Presto mediante variables de usuario.

Variable	Tipo	Descripción	TipoCálculo	Dec	Expresión	Condición
Tp	Integer	Duración pesimista	No			
To	Integer	Duración optimista	No			
Tm	Integer	Duración media	No			
Te	Real	Duración estimada	No		$2 \text{ (Conceptos.}\$("To").\text{Valor} + 4 * \text{Conceptos.}\$("Tm").\text{Valor} + \text{Conceptos.}\$("Tp").\text{Valor}) / 6$	
SumaTe	Real	Suma Duración estimada	Suma		$2 \text{ (Conceptos.}\$("To").\text{Valor} + 4 * \text{Conceptos.}\$("Tm").\text{Valor} + \text{Conceptos.}\$("Tp").\text{Valor}) / 6$	(Relacione
SumaS	Real	Suma Sigma	Suma		$2 \text{ ((Conceptos.}\$("To").\text{Valor} - \text{Conceptos.}\$("Tp").\text{Valor}) / 6)^2$	(Relacione
S	Real	Sigma	No		$2 \text{ (Conceptos.}\$("To").\text{Valor} - \text{Conceptos.}\$("Tp").\text{Valor}) / 6$	

Variables de usuario para calcular el camino crítico probabilista

- Las variables "Tp", "To" y "Tm" permiten que el usuario introduzca los datos en cada actividad para calcular las demás variables.
- Las variables "Te" y "S" calculan la duración media y la desviación estándar aplicando las expresiones del método PERT.
- La variable "SumaTe" calcula y suma las duraciones medias pero sólo de las actividades del camino crítico, con la misma condición que se usó para colorear sus actividades:
(Relaciones.FecIPlan == Relaciones.FecIUTotal &&
Relaciones.FecFPlan == Relaciones.FecFUTotal)
- De la misma manera, la variable "SumaS" calcula y suma su varianza, que es el cuadrado de la desviación estándar.

Las variables se insertan en el esquema "VARIABLES" de la ventana árbol como variables de conceptos, que es como se han definido las expresiones.

Las actividades deben ser de tipo "Partida" para que las variables sumen hacia arriba.

	Código	NatC	lh	Resumen	[c] Tp	[c] Tm	[c] To	[c] Te	[c] SumaTe	[c] S	[c] SumaS
-	0			PERT					66,00		60,28
1	1-2	▣		1-2	30	12	6	14,00	14,00	4,00	16,00
2	1-3	▣		1-3	20	10	8	11,33		2,00	
3	2-4	▣		2-4	40	21	3	21,17	21,17	6,17	38,03
4	2-5	▣		2-5	40	11	6	15,00		5,67	
5	3-4	▣		3-4	20	15	12	15,33		1,33	
6	3-6	▣		3-6	21	17	6	15,83		2,50	
7	4-6	▣		4-6							
8	4-7	▣		4-7	25	12	6	13,17		3,17	
9	5-7	▣		5-7	16	12	3	11,17		2,17	
10	5-8	▣		5-8	4	2	1	2,17		0,50	
11	6-7	▣		6-7	21	10	5	11,00		2,67	
12	6-9	▣		6-9	40	30	25	30,83	30,83	2,50	6,25
13	7-9	▣		7-9	12	9	7	9,17		0,83	
14	8-9	▣		8-9	12	9	6	9,00		1,00	

Media y varianza del camino crítico en el esquema "VARIABLES"

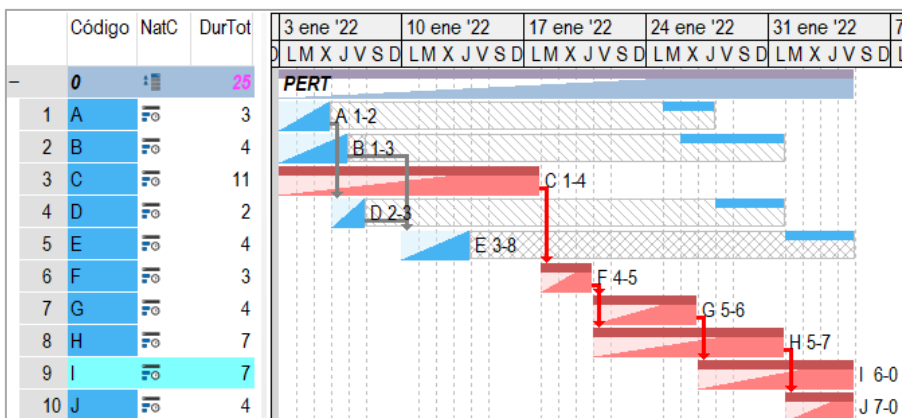
La desviación estándar del camino crítico es, como se obtiene en el libro:

$\text{Sigma} = \text{RAIZ}(60,28) = 7,76$ días

Si cambia el camino crítico los resultados se actualizan automáticamente.

Varios caminos críticos

Un ejercicio en el que hay más de un camino crítico principal.



Resultados del ejemplo de la página 220 con las barras ASAP y ALAP

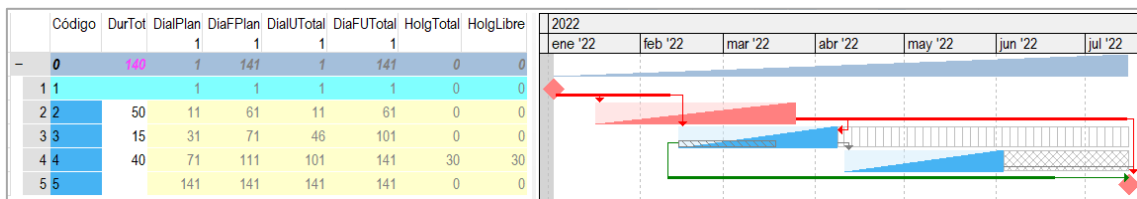
CodAntecesor	ResAntecesor	CodSucesor	ResSucesor	Tipo	Solape	SolapeTras	CriticoC	Nota
A	A 1-2	D	D 2-3	Fin-Comienzo	▼			
D	D 2-3	E	E 3-8	Fin-Comienzo	▼			
B	B 1-3	E	E 3-8	Fin-Comienzo	▼			
C	C 1-4	F	F 4-5	Fin-Comienzo	▼		Por detrás	
F	F 4-5	G	G 5-6	Fin-Comienzo	▼		Por detrás	
F	F 4-5	H	H 5-7	Fin-Comienzo	▼		Por detrás	
G	G 5-6	I	I 6-0	Fin-Comienzo	▼		Por detrás	
H	H 5-7	J	J 7-0	Fin-Comienzo	▼		Por detrás	

Tabla de enlaces

Comparación de sistemas

Ocho variantes de la utilización de programas informáticos que solo soportan un enlace entre dos actividades.

En Presto no se pueden ver los casos en los que no se admite rotura de actividades.

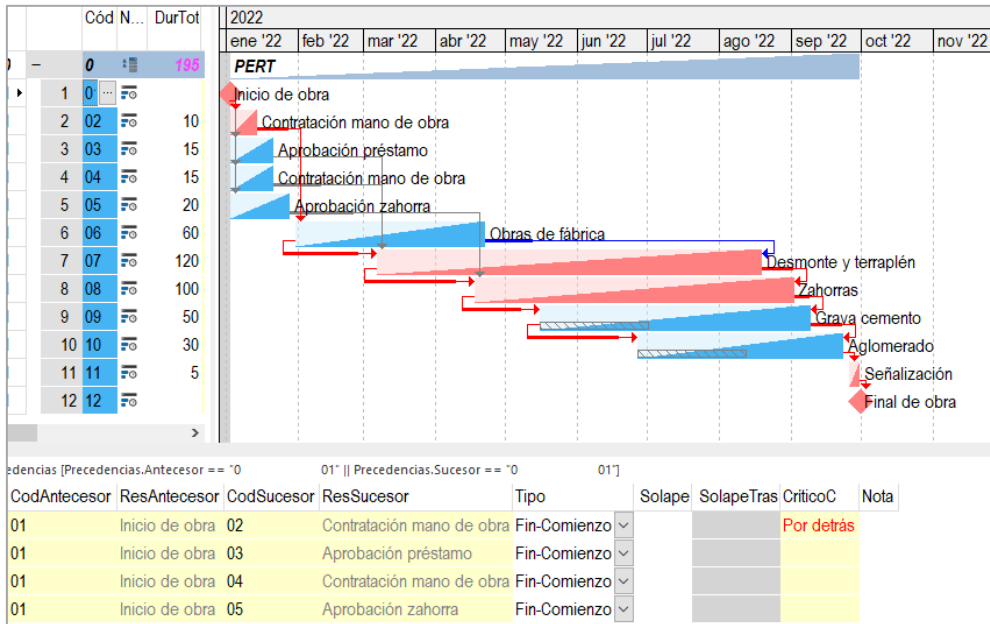


Resultados del ejemplo de la página 249

CodAntecesor	ResAntecesor	CodSucesor	ResSucesor	Tipo	Solape	SolapeTras	CriticoC	Nota
1	1	2	2	Fin-Comienzo	▼	10	Por detrás	
1	1	3	3	Fin-Comienzo	▼	30	Por detrás	
2	2	3	3	Fin-Fin	▼		10	Por detrás
3	3	4	4	Fin-Comienzo	▼			
2	2	5	5	Fin-Comienzo	▼	80	Por detrás	
3	3	5	5	Comienzo-Comienzo	▼	95		
4	4	5	5	Fin-Comienzo	▼			

Enlaces y solapes

Grafo con precedencias múltiples



Datos y resultados del ejemplo de la página 268

Grafo de una obra

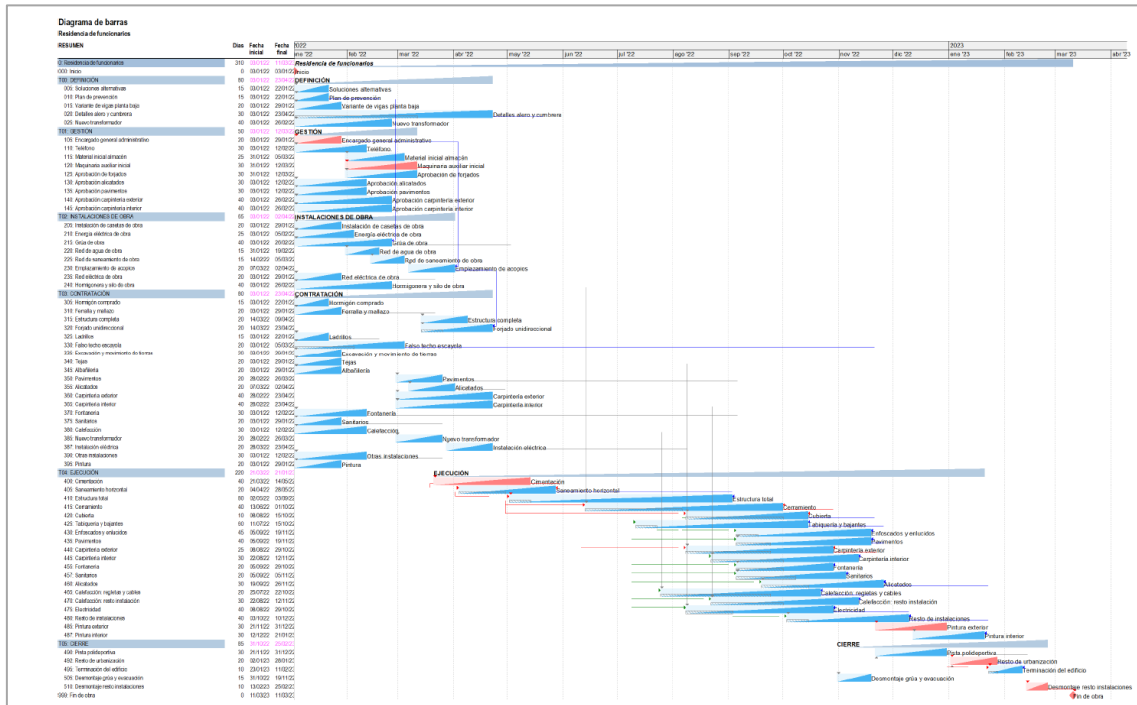


Diagrama de barras completo de una obra de edificación de la página 297