

Auxiliar 6 *Calidad, Programación de proyectos*

Pregunta 1

Parte I

Considere el siguiente proyecto..

Activity	Predecessor	Normal		Crash		Crashing Cost (\$/day)
		Duration (day)	Cost (\$)	Duration (day)	Cost (\$)	
A	-	4	100	2	200	
B	-	2	50	1	150	
C	A-B	1	200	1	200	
D	A-C	3	100	2	140	
E	B	5	200	3	300	
F	D-E	4	50	3	130	
G	F	1	120	1	120	
H	F	2	100	1	250	
Normal Cost =			920			

a) Complete la columna derecha (Crashing cost) de la tabla.

b) Dibuje la red del proyecto (actividad – en – el- nodo) y complete la tabla de tiempos de holgura (slack).Cuál es la **duración normal** de este proyecto? Qué actividades son críticas? Identifique **TODAS** las rutas críticas. Use una doble línea para identificar el(los) camino(s) critic(s) de su red.

Activity	Early		Late		Slack
	ES	EF	LS	LF	
A					
B					
C					
D					
E					
F					
G					
H					

c) Suponga que el proyecto comienza con un retraso de 3 días y el castigo por terminar el proyecto tarde es de \$90 por día. Esta multa es basada en la duración normal que usted calculó en la parte b). Determine la estrategia óptima (crashing) que minimice el costo total de este proyecto (incluyendo crashing y costos por multa). (Asuma que el algoritmo greedy es óptimo).

Parte II

Considere nuevamente el proyecto de la parte I. Suponga ahora que hay incertidumbre en la duración real de cada actividad. La siguiente tabla resume su mejor estimación de la duración esperada y la desviación estándar para cada actividad. Usted puede asumir que la duración de cada actividad se distribuye de forma normal e independiente unas de otras.

Activity	Predecessor	Expected Duration	Standard Deviation
A	-	4	1
B	-	2	0.8
C	A-B	1	0.5
D	A-C	3	1
E	B	5	2
F	D-E	4	1
G	F	1	0.5
H	F	2	1

a) ¿Cuál es el valor esperado y desviación estándar de la duración del proyecto?

b) Si este proyecto comienza con un atraso de 3 días, ¿cuál es la probabilidad de que usted aún pueda terminar al tiempo, es decir, dentro de la duración esperada calculada en a)?

SOLUCION

Considere el siguiente proyecto.

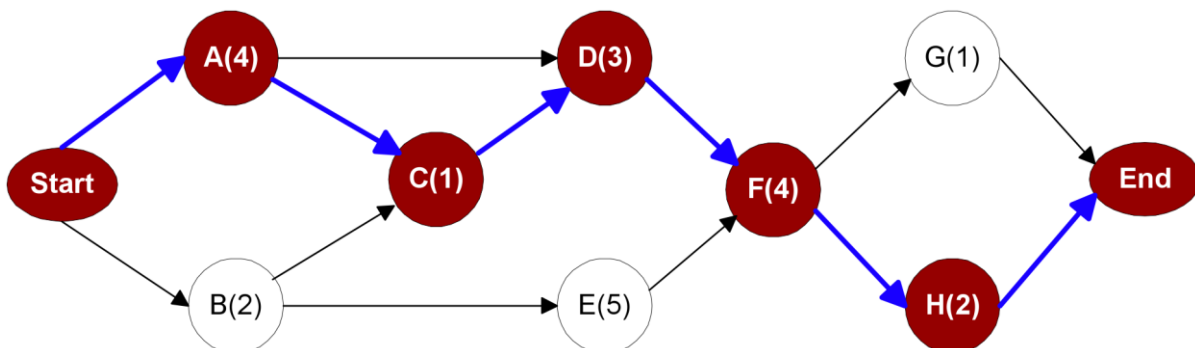
Activity	Predecessor	Normal		Crash		Crashing Cost (\$/day)
		Duration (day)	Cost (\$)	Duration (day)	Cost (\$)	
A	-	4	100	2	200	50
B	-	2	50	1	150	100
C	A-B	1	200	1	200	-
D	A-C	3	100	2	140	40
E	B	5	200	3	300	50
F	D-E	4	50	3	130	80
G	F	1	120	1	120	-
H	F	2	100	1	250	150
Normal Cost =		920				

a) Complete la columna de la derecha (costo de Crashing) en la tabla.

b) Draw the network for this project (activity-on-the-node) and complete the table of slack times. What is the project normal duration? What activities are critical? Identify ALL critical paths. Use a double line to identify the critical path(s) on your network.

Activity	Early		Late		Slack
	ES	EF	LS	LF	
A	0	4	0	4	0
B	0	2	1	3	1
C	4	5	4	5	0
D	5	8	5	8	0
E	2	7	3	8	1
F	8	12	8	12	0
G	12	13	13	14	1
H	12	14	12	14	0

The Normal Duration of the project is 14 days.



The project has a single critical path {A – C – D – F – H }.

c) Suppose the project starts with a three-day delay and the penalty cost for finishing the project late is \$90 per day. This penalty is based on the normal duration that you computed in part b).

Determine the optimal (crashing) strategy that minimizes the overall cost of this project (including crashing and penalty costs). (Assume the greedy algorithm is optimal).

Do Nothing: If we do not crash any activity the project will be three days late and the penalty cost is \$270.

Crash One Day: Given that there is a single critical path we can decrease the project duration one day by crashing the cheapest activity in this path. This is activity D at a cost of \$40. Since the penalty per day (\$90) exceeds this \$40 we conclude that is convenient to crash D. After crashing D the cost of crashing plus penalties is \$180 + \$40 = \$220. Note that after crashing D, activities B and D become critical and the project has two critical paths: {A – C – D – F – H } and {B – E – F – H }

Crash A Second Day: Given the two critical paths the possible crashing combinations that are most cost effective are {A,E} at a cost of \$100, {F} at a cost of \$80 and {H} at a cost of \$150. The best choice is to crash F for \$80 which is still below the \$90 in penalties. The resulting cost of crashing plus penalties is equal to \$90+\$40+\$80 = \$210. Note that after crashing F, the project has still the same two critical paths {A – C – D – F – H } and {B – E – F – H }.

Crash A Third Day: Given these two critical paths and the fact that F cannot be crashed again, the most cost effective alternative to crash are {A,E} at a cost of \$100 and {H} at a cost of \$150. We conclude that is not optimal to crash this third day.

In summary, we crash the project only two days, the project will be late one day and the overall cost is the nominal execution \$920 plus the crashing plus penalty costs of \$210. The overall cost is \$1,130.

Part II Consider again the project in Part I. Suppose now that there is uncertainty on the actual duration that it takes to execute each activity. The following table summarizes your best estimate of the expected duration and standard deviation for each activity. You may assume that the duration of every activity is normally distributed and independent of each other.

Activity	Predecessor	Expected Duration	Standard Deviation
A	-	4	1
B	-	2	0.8
C	A-B	1	0.5
D	A-C	3	1
E	B	5	2
F	D-E	4	1
G	F	1	0.5
H	F	2	1

a) What are the expected value and standard deviation of the project duration?

From Part I-(b) the critical path is {A – C – D – F – H }. The expect duration is 14 days and the variance is equal to $1+(0.5)^2+1+1+1=4.25$ (day²). The Standard deviation is 2.06 days

b) If the project starts with a three-day delay, what is the probability that you will still be able to finish on time, that is, by the (expected) time computed in part a)?

Given the three-day delay, the project will finish by day 14 if the project duration is below 11 days:

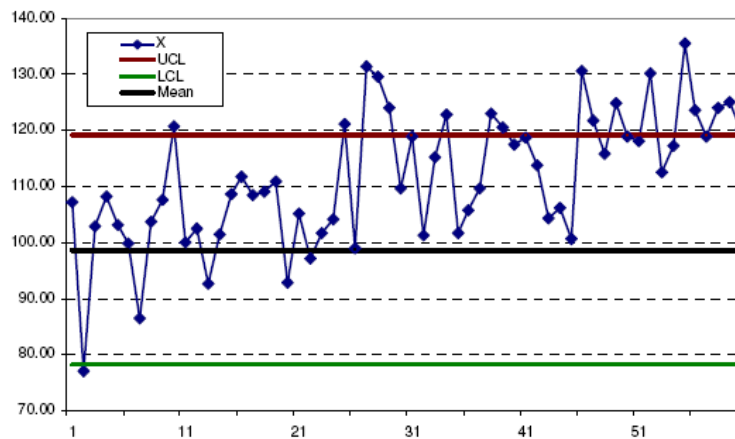
$$\Pr ob(D \leq 11) = \Pr ob\left(\frac{D - 14}{2.06} \leq \frac{11 - 14}{2.06}\right) = \Pr ob(Z \leq -1.46) \cong 0.073 = 7.3\%$$

Pregunta 2

Parte I

El siguiente es un diagrama de control estadístico (o X-chart) para un proceso con media (mean) 98 y desviación estándar de 20. En el diagrama el límite de control superior (UCL) está ubicado en 118 y el límite de control inferior (LCL) está ubicado en 78.

En función de la información proporcionada, en cual muestra detendría usted el proceso por primera vez. Claramente justifique su respuesta usando argumentos estadísticos.



Parte II

Para Frito-Lay una de las dimensiones críticas de calidad es la cantidad de sal en las papas fritas que produce. De acuerdo a estudios de mercados, los clientes quieren sus papas fritas con una composición entre 0.8% y 1.2%.

Suponga que la compañía está planificando abrir una nueva planta productora y está evaluando tres procesos de producción con las siguientes características:

	Proceso 1	Proceso 2	Proceso 3
Costo Inversión (\$)	300000	500000	400000
Costo Prod. (\$/Kg)	0.7	0.8	0.9
Cont. Promedio Sal	1%	1%	0.90%
Desv. Estand. Sal	0.20%	0.15%	0.10%

Cuál tecnología es la más apropiada para la empresa si la demanda que espera satisfacer con esta planta es de 3.000 toneladas?

Solución

Parte I

Se observa que hay una diferencia de un sigma arriba y debajo de la media, lo que implica que la probabilidad de estar dentro del rango aceptado es de un 68% (16% de esta abajo y 16% de estar arriba el mismo). Lo importante es que se debe detener el proceso cuando se tiene suficiente información estadística. Si responden que se debe salir en el punto 2, 10 o cualquier punto que caiga fuera del rango aceptado, se le da la mitad del puntaje, porque ello ocurre con una probabilidad de 16% que es bastante razonable y no evidencia un problema. Pero si determinan salir, por ejemplo, en el punto 5 dado que ya ahí hay 4 puntos por sobre la media, lo que pasa con una probabilidad $1/16$ (6.25%), o algún otro punto del gráfico en el cual se evidencie que es un fenómeno con bajas probabilidades de ocurrir, se considera bueno si se argumenta como ya se describió (puntaje completo).

Parte II

The first step is to compute the yield of every process. For this, we use the following relationship:

$$\text{Yield of Process } i = \text{Prob}(0.8\% \leq \text{Salt Content in Process } i \leq 1.2\%).$$

If we assume that the "Salt Content in Process i " is normally distributed with mean and standard deviation given in the table, we can compute this probability using standard z-score analysis. We can compute this yield using the table for the normal distribution

	mean	St. Dev.	Yield	Production Cost	
	μ_i	σ_i	%	Nominal (\$/units)	Effective (\$/units)
Process 1	1%	0.20%	68.3%	0.7	1.025
Process 2	1%	0.15%	81.8%	0.8	0.979
Process 3	0.90%	0.10%	84.0%	0.9	1.071

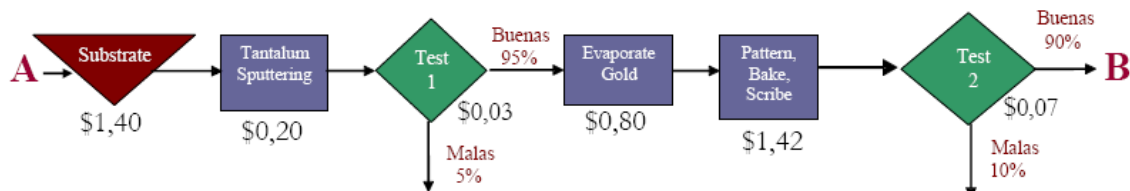
Note that the effective cost is the nominal cost divided by the yield.

Note that Process 1 dominates Process 3 (smaller investment and smaller effective production cost). Now, the choice between Process 1 and Process 2 will depend of the actual volume of production. If the volume is small then Process 1 will dominate but if the volume is high then Process 2 will dominate. The break-even point between these two Processes is $Q=4.268.405$ Kgs. Hence, for a production of 3.000 tons, the best choice is Process 1.

Pregunta 3

Parte I

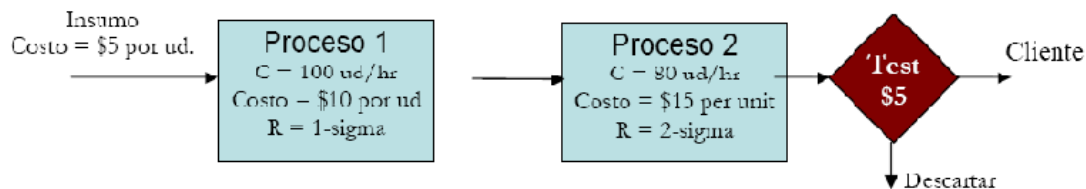
Considere la siguiente porción dentro proceso de producción de circuitos integrados. La materia prima (Substrate) pasa por tres procesos de producción (Tantalum Sputtering, Evaporate Gold y Pattern Bake Scribe) los cuales generan productos defectuosos los que actualmente son eliminados usando dos Test de calidad. El Test 1 tiene un rendimiento de 95% (es decir, 5% de las unidades inspeccionadas son defectuosas y eliminadas) mientras que el Test 2 tiene un rendimiento de 90%. Los costos unitarios de la materia prima, los procesos y los test son los indicados en la figura.



En base a la información proporcionada, recomendaría usted eliminar el Test 1? Justifique su respuesta. Asuma que los Tests son capaces de detectar todo tipo de fallas.

Parte II

Considere el siguiente proceso de manufactura. Para el proceso 1 y 2, C representa la capacidad de producción (en unidades por hora) y R mide el rendimiento en términos del número de unidades BUENAS que produce el proceso como función del número que procesa.



Los insumos son comprados a un proveedor con amplia capacidad de producción. Este proveedor, acaba de implementar un programa six-sigma y como resultado el 100% de su producción satisface los requerimientos de calidad del proceso de manufactura. Por otra parte, los procesos 1 y 2 son menos confiables. Basado en experiencias pasadas, el proceso 1 opera como 1-sigma mientras que el proceso 2 opera como 2-sigma.

Actualmente, calidad es garantizada al final de la línea de producción con usando el Test que aparece en la figura. Este Test permite remover todas las unidades defectuosas antes que lleguen al cliente final

- Usando el modelo de producción actual, ¿qué fracción de las unidades que son testeadas en el Test final son BUENAS? ¿Cuál es la capacidad de producción del sistema (máximo número de unidades Buenas producidas por hora)? ¿Qué proceso es el cuello de botella? Cuál es el costo de una unidad buena? (Asuma que el Test final toma un tiempo despreciable en realizarse).
- El gerente de la línea de producción está contemplando la posibilidad de agregar un Test adicional después de Proceso 1. ¿Cuál es la nueva capacidad de producción del sistema (máximo número de unidades Buenas producidas por hora)? ¿Qué proceso es el cuello de botella? Cuánto es lo máximo que está dispuesto a pagar (en \$ por unidad) por este nuevo test?

Solución

Parte I

Con la configuración actual de operación, el costo de una unidad Buena en el punto B del proceso es igual a

$$\frac{\text{Costo Unitario Configuración Actual}}{\frac{1,4 + 0,2 + 0,03}{95\%} + 0,8 + 1,42 + 0,07} = 4,45 (\$/\text{unidad})$$

Si se elimina el primer test, entonces el rendimiento del Test 2 cambia a $90\% * 95\% = 85,5\%$. El nuevo costo unitario de una unidad Buena en el punto B es de

$$\text{Costo Unitario Configuración Nueva} = \frac{1,4 + 0,2 + 0,8 + 1,42 + 0,07}{85,5\%} = 4,55 (\$/\text{unidad})$$

Concluimos que conviene mantener la configuración actual con los dos tests.

Parte 2)

a) Number of non-defectives produces in process (1-sigma) = 68.3 % yield

Number of non-defectives produces in process (2-sigma) = 95.4% yield

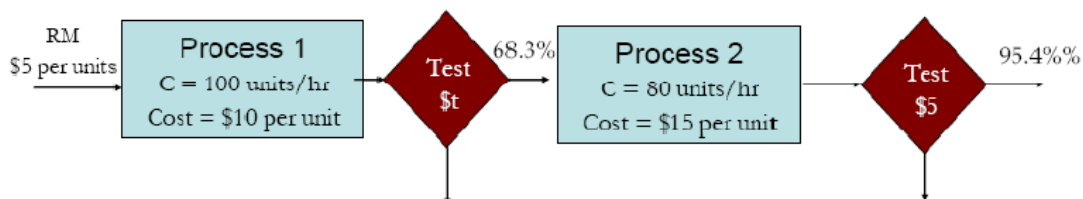
The overall yield of the entire process is $68,3\% * 95,4\% = 65,2\%$

Station 2 is the Bottleneck because Process 1 can only push 80 units per hour which is the maximum that Process 2 can process.

The capacity of the entire system is then $80 * 65,2 = 52,1$ units/hr

$$\text{Cost of a Good Component} = \frac{5 + 10 + 15 + 5}{65,2\%} = 53,4 (\$/\text{unit})$$

b)



In this case, Station 1 is the Bottleneck since at most there are 68.3 units per hour that can reach station 2. So, station 2 is running underutilized.

The capacity of the entire system is then System Capacity = $68,3 * 95,4\% = 65,2$ units/hr.

Keep the same cost per unit as in part a). Here t solves:

$$\frac{\left(\frac{5+10+t}{68.3\%}\right)+15+5}{95.4\%} = 53.4$$

In this case t=\$6.33 per unit.