



Pontificia Universidad Católica de Chile
Escuela de Ingeniería
Departamento de Ingeniería Industrial y de Sistemas

Interrogación 1

Pauta

ICS 3213 Gestión de Operaciones
Sección 1 y Sección 2 – 1^{er} semestre 2020
Prof. Martin Garcia
Prof. Alejandro Mac Cawley

Instrucciones:

- Responder en letra legible, en lápiz pasta o bolígrafo y poner nombre a todas las hojas.
- Responder las preguntas en orden e indicar claramente la Sección (I, II o III) y pregunta (a, b, c, d, etc.)
- Esta sección de la prueba tiene 90 puntos, dura 90 minutos y consta de 3 secciones.
- Se leerá la prueba al comienzo de clases y después se permitirán preguntas en voz alta. Posteriormente en la mitad de la prueba se volverá a permitir preguntas en voz alta. No se permitirán preguntas fuera de estos intervalos. Si su duda persiste indique el supuesto y continúe.
- Al final de la prueba los alumnos deberán mantener online y se dividirán los alumnos en distintos break rooms numeradas, cada una de las cuales tiene un ayudante o profesor a cargo. Dispondrán de 15 minutos para escanear pruebas hoja por hoja y subirlas. Para subir las pruebas, los alumnos deberán subir su prueba II en la web de canvas en la Tarea con el número de su break-room. Es decir, si fui asignado al break-room 1, debo subir mi II en la tarea que dice II Break-Room 1. Al final de los 15 minutos el ayudante o profesor revisara las pruebas en el sistema y indicara si están OK y se podrán desconectar. Si por alguna razón hay un problema al subir la prueba, podrán mandarla por mail al profesor.
- Este curso adscribe el Código de Honor establecido por la Escuela de Ingeniería el que es vinculante. Todo trabajo evaluado en este curso debe ser propio. En caso de que exista colaboración permitida con otros estudiantes, el trabajo deberá referenciar y atribuir correctamente dicha contribución a quien corresponda. Como estudiante es su deber conocer la versión en línea del Código de Honor (<http://ing.puc.cl/codigodehonor>).

¡Muy Buena Suerte!

PARTE I (20 puntos) Responda las siguientes tres preguntas relacionadas con el libro “La Meta”.

- a) (6 puntos) Alex se encuentra con su profesor de física Jonah y le cuenta que ha implementado robots en la fábrica ¿Por qué Jonah no estaba impresionado con los robots de Alex? ¿Cuáles preguntas le hizo a Alex? Indique al menos 3 y comente cual sería la respuesta y el objetivo detrás de las preguntas.

Jonah no está impresionado por los robots ya que sabe que lo único que han hecho es aumentar el inventario de trabajos en proceso.

La pregunta que le hizo después son:

¿han conseguido aumentar su productividad? NO. Solo ha aumentado la cantidad de inventario después de los robots.

¿Ha sido su fábrica capaz de terminar un solo producto más al día, por el mero hecho y consecuencia de los cambios producidos con la instalación de los robots? NO, no se aumentó la salida o el throughput del sistema

¿Despidieron a alguien? No, no se bajaron los costos operacionales.

¿redujeron sus inventarios? Al contrario se aumentaron.

El objetivo de las preguntas de Jonah es que Alex se de cuenta que no atacó el cuello de botella del proceso productivo y por ello no tiene un efecto en el proceso.

- b) (7 puntos) Jonah en un momento le dice a Alex “... una fábrica en la que todo el mundo produce ininterrumpidamente es muy poco productiva” ¿Por qué le dijo esto? ¿Cuál es la meta de la organización? ¿Sobre qué tres indicadores se debe tener impacto para lograr la meta y por qué? ¿Cuál es el impacto que tiene “una fábrica en la que todo el mundo produce ininterrumpidamente” sobre estos indicadores?

Le dice esto porque si todos producen ininterrumpidamente se generará inventario y no se aumentará el throughput del proceso.

La meta de la organización es ganar dinero y para lograr esto se debe impactar en: throughput, inventario o costo operaciones.

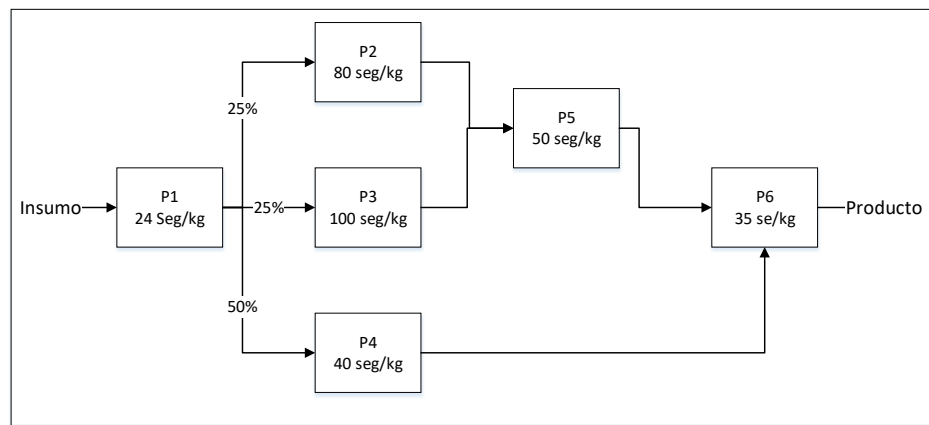
Si en una empresa todos producen ininterrumpidamente, no habrá cambio en el throughput del sistema, se aumentará el inventario en proceso en el sistema y finalmente, se aumentará el costo operacional. En general la empresa ganará menos dinero.

- c) (7 puntos) En la excursión que Alex realiza con su hijo Davey, al caminar con los niños se da cuenta de un problema ¿Cuál era ese problema? ¿Cómo lo soluciona? ¿Cómo puede aplicar esa solución a su empresa? ¿cómo relacionaría los conceptos de "hechos dependientes" y "fluctuaciones estadísticas" al throughput del proceso?

El problema es que Harvey (El niño más lento) se quedaba atrás y los niños más rápidos se distanciaban del resto y por ende el grupo quedaba muy distanciado. Alex lo solucionó colocando a Harvey adelante y no permitía que los niños lo saltasen, con ello logró que el grupo se mantuviera compacto. La enseñanza que obtuvo acá es que debe determinar el “cuello de botella” en el proceso y supeditar todo el proceso al cuello de botella (HARVEY) de esta forma todo el sistema se coordina y no generamos inventario de más. Los hechos dependientes se refieren a que los procesos se encuentran relacionados entre uno y otro y las fluctuaciones aleatorias se refieren a las variaciones del proceso. El efecto que esto tiene queda de manifiesto en el juego de los palitos de fósforos y el dado; la capacidad de producir depende de lo que haya sucedido en los procesos anteriores (hechos dependientes) y las fluctuaciones en la capacidad dadas por los dados, hacen que la capacidad del proceso se vea disminuida.

PARTE II (21 Puntos): Responda todas las siguientes preguntas cortas de ejercicio.

- a) (7 puntos) Usted está a cargo del siguiente sistema productivo que funciona de manera continua las 24 hrs. del día, los 365 días del año. El sistema consta de 6 procesos que funcionan en paralelo (Indicados del 1 al 6), con sus respectivas capacidades máximas en términos de kg/min de producto terminado. También se señalan los porcentajes de cada producto que se deben llevar a la siguiente fase del proceso:



Plantee un modelo de programación matemática u optimización que permita determinar los porcentajes óptimos del material posterior al P1 (Actualmente de 25% a P2, 25% a P3 y 50% a P4), la tasa de producción máxima y el proceso cuellos de botella.

Se establece como f_{ij} el flujo entre el proceso i y el j . F_{01} es el flujo de entrada F_{6S} es la salida. Se toma la variable de decisión $P2$, $P3$ y $P4$ como los porcentajes para cada Maquina

Función objetivo: Maximizar el flujo de salida: $\text{Max } F_{6S}$

Restricciones de Flujo

$$\begin{aligned} F_{01} \cdot P2 &= F_{12} \\ F_{01} \cdot P3 &= F_{13} \\ F_{01} \cdot P4 &= F_{14} \\ F_{12} + F_{13} &= F_{56} \\ F_{14} + F_{56} &= F_{6S} \end{aligned}$$

Restricciones de Capacidad, hay que llevar las capacidades a Kg/Seg:

$$\begin{aligned} F_{01} &\leq (1/24) \\ F_{12} &\leq (1/80) \\ F_{13} &\leq (1/100) \\ F_{14} &\leq (1/40) \\ F_{56} &\leq (1/50) \\ F_{6S} &\leq (1/35) \end{aligned}$$

Restricción de los porcentajes: $P2 + P3 + P4 = 1$
No negatividad en todas las variables de decisión.

- b) (7 puntos) Usted debe seleccionar el tipo de proceso productivo que desea implementar en su planta, si es por producto o por proceso. Para ello determina las funciones de costo de producción diario, las cuales son $CD_{pr} = 1000 + 50 \cdot X_d$ para el sistema productivo por proceso, donde CD_{pr} es el costo diario por proceso, y $CD_{po} = 4000 + 20 \cdot X_d$, donde CD_{po} el costo diario por producto y X_d la cantidad diaria demandada. Si para evaluar la decisión actualmente usted produce 30 unidades, y piensa que va a crecer linealmente hasta 200 unidades en el horizonte final de evaluación. ¿Qué sistema productivo (proceso o producto) prefiere? Demuestre su resultado matemáticamente.

Se obtiene el punto de intersección de las dos curvas de costos. El cual es de 100 unidades.

Se observa que a una cantidad de 50, el inicial el costo para proceso y producto es 2500 y 4600 Respectivamente.
Se observa que a una cantidad 200, el costo para proceso y producto es 11000 y 8000 Respectivamente.

Se determinan las áreas bajo las curvas:

$$\begin{aligned} \text{Beneficio por proceso: } 30 \text{ a } 100 \text{ unidades} &= (4600 - 2500) \cdot (100 - 30) / 2 = 73.500 \\ \text{Beneficio por producto: } 100 \text{ a } 200 \text{ unidades} &= (11000 - 8000) \cdot (200 - 100) / 2 = 150.000 \end{aligned}$$

Nombre: _____ email UC: _____ Sección: _____

Por ende el seleccionar el sistema por producto me genera un beneficio total de $(150000-73500)=76500$.

- c) (7 puntos) Para el modelo clásico de EOQ o de Wilson, usted tiene múltiples i productos distintos, cada uno con una demanda anual D_i , costos C_i de adquisición, H_i de inventario y S_i de despacho. Si usted tiene una restricción de espacio, en la cual no puede utilizar más de V espacio en total y cada artículo tiene un volumen de v_i . Plantee el modelo de optimización que permita determinar la cantidad optima a ordenar y resuelva el modelo, determinando una expresión matemática para cada cantidad optima Q_i a pedir de cada producto i . Interprete el resultado.

La función objetivo es la sumatoria de los costos totales de cada producto sujeto a la restricción de volumen:

$$\text{Max Sum}\{\text{para todo } i\} D_i \cdot C_i + (D_i/Q_i) \cdot S_i + (Q_i/2) \cdot H_i$$

Sujeto a;

$$\text{Sum}\{\text{para to } i\} Q_i \cdot v_i \leq V$$

Se plantea el lagrangeano de la ecuación:

$$L = \text{Max Sum}\{\text{para todo } i\} D_i \cdot C_i + (D_i/Q_i) \cdot S_i + (Q_i/2) \cdot H_i + \lambda \cdot (V - \text{Sum}\{\text{para to } i\} Q_i \cdot v_i)$$

Se deriva el lagrangeano por Q_i y por λ e igualamos a 0

$$L = 0 - ((D_i/Q_i^2) \cdot S_i + (1/2) \cdot H_i - \lambda \cdot v_i) = 0$$

Se obtiene $Q_i = \sqrt{(2D_i S_i) / (H_i + 2 \cdot \lambda \cdot v_i)}$

Se obtiene también la restricción de volumen.

La interpretación es la siguiente. Si no hay restricción de espacio, la restricción no es activa por lo que λ es igual a 0 y por ende la cantidad es igual al Q de Wilson original. El λ es el precio sobra de la restricción de espacio por lo que es el “costo” de la bodega. En la formula al aumentar el volumen del producto se “paga” un costo mayor por el bodegaje y por ende se disminuye la cantidad a pedir.

PARTE III (42 Puntos): Responda los siguientes ejercicios.

Pregunta 1 (27 Puntos): Usted el gerente de operaciones de GASMETRO y es de su conocimiento que la temperatura determina la cantidad gas que se consume en el invierno. Por ello decide recopilar los datos de 8 años hacia atrás de temperaturas promedio y consumos agregados de gas, los cuales se detallan a continuación:

Año	1	2	3	4	5	6	7	8
Consumo (Tons)	8	11	14	22	15	20	18	21
Temperatura (C)	12	15	16	21	16	19	17	19

También usted determina los siguientes valores de la tabla $\sum Consumo = 129$, $\sum Temperatura = 135$
 $\sum(consumo)^2 = 2255$, $\sum(temperatura)^2 = 2333$ y $\sum(consumo * temperatura) = 2272$

- a) (8 ptos.) Elabore un pronóstico de la temperatura y el consumo de gas para el año 9. Utilice un modelo de suavizamiento exponencial con un $\alpha = 0,4$ y para inicializar el modelo utilice un promedio móvil simple de los primeros 4 periodos. Determine el DMA y la SR cuando sea posible. Aproxime al tercer decimal.

Dado que existe una relación entre la temperatura y el consumo, debemos obtener primero la regresión lineal entre Temp y Consumo. Utilizamos las fórmulas:

$$b = \frac{n \sum xy - \sum x \sum y}{n \sum x^2 - (\sum x)^2} = \frac{8 * 2272 - 129 * 135}{8 * 2333 - 135^2} = 1,733$$
$$a = \frac{\sum y}{n} - b \frac{\sum x}{n} = \bar{y} - b \bar{x} = \frac{129}{8} - 1,733 \frac{135}{8} = -13,119$$

Después obtenemos el pronóstico de temperatura utilizando el promedio móvil y el suavizamiento exponencial:

Año	1	2	3	4	5	6	7	8	
Temperatura (C)	12	15	16	21	16	19	17	19	
Pronostico C					16,00	16,00	17,200	17,120	17,872

El pronostico de temperatura es 17,872 C y utilizando la regresión nos da $-13,119+17,872*1,733 = 17,853$

Calculamos el DMA y la SR para el pronóstico de la temperatura:

Año	1	2	3	4	5	6	7	8	
Temperatura (C)	12	15	16	21	16	19	17	19	
Pronostico C					16,00	16,00	17,20	17,12	17,87
Error					0,00	-3,00	0,20	-1,88	
DMA					0,00	1,5	1,0667	1,270	
SR					0,00	-2	-2,625	-3,685	

Del pronostico de Consumo no se obtiene SR y DMA ya que depende directamente de la temperatura

- b) (5 ptos) Elabore un intervalo de confianza de la temperatura y el consumo del año 9 al 80% de confianza.

$Z(0,9) = 1,28$

Utilizamos el intervalo de confianza Temp $X_{sup} = 17,872 + 1,28*1,25*1,27 = 19,904 \rightarrow Consumo = 21,376$
Utilizamos el intervalo de confianza Temp $X_{inf} = 17,872 - 1,28*1,25*1,27 = 15,84 \rightarrow Consumo = 14,331$

(7 ptos) Usted debe asegurar el abastecimiento de gas y la superintendencia le aplicara una multa fija de \$5000 si no cumple con entregar la cota inferior gas de un 90% de confianza del consumo. Por otro lado, usted tiene una capacidad máxima de acopiar el 90% de su gas, por lo que si su demanda es menor al 10% tiene que pagar un costo fijo anual de almacenaje de \$2500. Si usted tiene la posibilidad de contratar un servicio de pronósticos de Santiago Analítica que le permite reducir el DMA del consumo de gas en un 15% anual y este producto tiene un costo de \$200 por año. ¿Contrataría usted ese servicio? Realice un análisis cuantitativo. HINT: determine el valor esperado de la penalidad con y sin el servicio.

En esta pregunta se ocupa el intervalo anteriormente establecido para la temperatura [15,84; 19,904]

Lo que primero realizamos es determinar el nivel de confianza, dado los niveles anteriores establecidos, que obtendríamos si utilizamos Santiago Analítica

Por ende, tomamos la ecuación del limite superior o inferior, le disminuimos el DMA por 15% y despejamos el Z

$17,872 + Z * 1,25 * 1,27 * 0,85 = 19,904 \rightarrow Z=1,506$ Al ir a la Tabla de normalidad me indica que es 0.9332 o 93,32%

Calculamos entonces el valor esperado de la penalidad sin Santiago Analítica:

$5000 * 0,1 + 2500 * 0,1 = \750

Calculamos entonces el valor esperado de la penalidad CON Santiago Analítica:

$5000 * (1 - 0.9332) + 2500 * (1 - 0.9332) = \501

Por ende, el diferencial esperado sin SA y Con SA es $\$750 - \$501 = \$249$ lo cual es mayor que los \$200 que me cobra SA por ende me conviene contratar el servicio.

- c) (7 ptos) Si no puede cambiar el costo del servicio ¿Cuál sería la reducción porcentual del DMA que lo dejaría indiferente por el servicio de Santiago Analítica?

El diferencial máximo que puede haber es de \$200, por ende el máximo valor esperado de penalidad con información puede ser \$550. Lo introducimos en la formula y despejamos el P().

$5000 * (1 - P) + 2500 * (1 - P) = \$550 \rightarrow P= 0,9267$ Esto en Z es 1,45

Utilizamos la ecuación, obtenido X=0.883 y por ende el mínimo % de disminución del DMA debe ser 11,724%

$17,872 + 1,45 * 1,25 * 1,27 * X = 19,904$

Nombre: _____ email UC: _____ Sección: _____

Pregunta 2. (21 Puntos)

Usted se le ha pedido en su trabajo de título analizar el proceso de compra de dos insumos críticos para el proceso productivo IN1 e IN2, los cuales tienen una demanda conocida y estable en el tiempo. Para utilizar los modelos usted recompila la siguiente información: demanda anual para IN1: 31.200 unidades y para IN2: 46.200 unidades, el costo anual de inventario es de \$16 por unidad de IN1 y de \$10 para IN2. Usted le compra IN1 al proveedor 1, quien le cobra \$50 por cada unidad de IN1 y el costo de despacho es de \$800 por cada despacho de IN1 y tiene Lead Time de 1 semana. El proveedor 2 le cobra \$33 por cada unidad de IN2 y el costo de despacho es de \$700 por cada despacho de IN2 y tiene un Lead Time de 1 semana.

Con esta información determine:

- a) (7 pts) La cantidad óptima, punto de reorden y tiempos entre un pedido y otro para el IN1 e IN2. Determine el costo anual total de inventario para IN1 e IN2.

Este es un modelo clásico de EOQ utilizando la fórmula de $Q^* = \text{Raiz}(2DS/H)$

Para proveedor 1 $D = 31200$ $S = 800$ $H = 16$, $L = 1$, $C = 50$

$$Q = \text{Raiz}((2 \cdot 31200 \cdot 800 / 16)) = 1767$$

$$L = (31200 / 52) \cdot 1 = 600 \text{ Unidades}$$

$$\text{Tiempo} = 1767 / 600 \text{ unidades/semana} = 2,94 \text{ semanas}$$

$$\text{Costo Total} = \$1.588.262$$

Para proveedor 2 $D = 46200$ $S = 700$ $H = 10$, $L = 1$, $C = 33$

$$Q = \text{Raiz}((2 \cdot 46200 \cdot 700 / 10)) = 2544$$

$$L = (46200 / 52) \cdot 1 = 889 \text{ Unidades}$$

$$\text{Tiempo} = 2544 / 889 \text{ unidades/semana} = 2,86 \text{ semanas}$$

$$\text{Costo Total} = \$1.550.032.$$

Costo Integrado de los dos proveedores = 3.138.294.-

- b) (7 pts) El proveedor 1 le comenta que también le puede proveer de IN2, sin embargo, él no puede ofrecerle el mismo costo que el proveedor 2, pero sí puede enviar los dos productos en el mismo despacho, cobrándole los mismo \$800 independiente de la cantidad de IN1 o IN2; eso sí que debe despacharle cada 3 semanas de forma fija. Si el proveedor 1 le ofrece el IN2 a \$35 por unidad ¿Se cambia de proveedor? Muestre todos sus cálculos

Acá se debe determinar la cantidad que se requiere para 3 semanas

$$Q(\text{IN1}) = (31.200 / 52) \cdot 3 = 1800$$

$$\text{CT}(\text{IN1}) = 31.200 \cdot 50 + (31.200 / 1800) \cdot 800 + (1800 / 2) \cdot 16 = 1.588.267$$

$$Q(\text{IN2}) = (46.200 / 52) \cdot 3 = 2666$$

$$\text{CT}(\text{IN2}) = 46.200 \cdot 35 + (2666 / 2) \cdot 10 = 1.630.330$$

El costo total es de \$3.218.597 es mas alto que el anterior por lo que no conviene hacer el cambio.

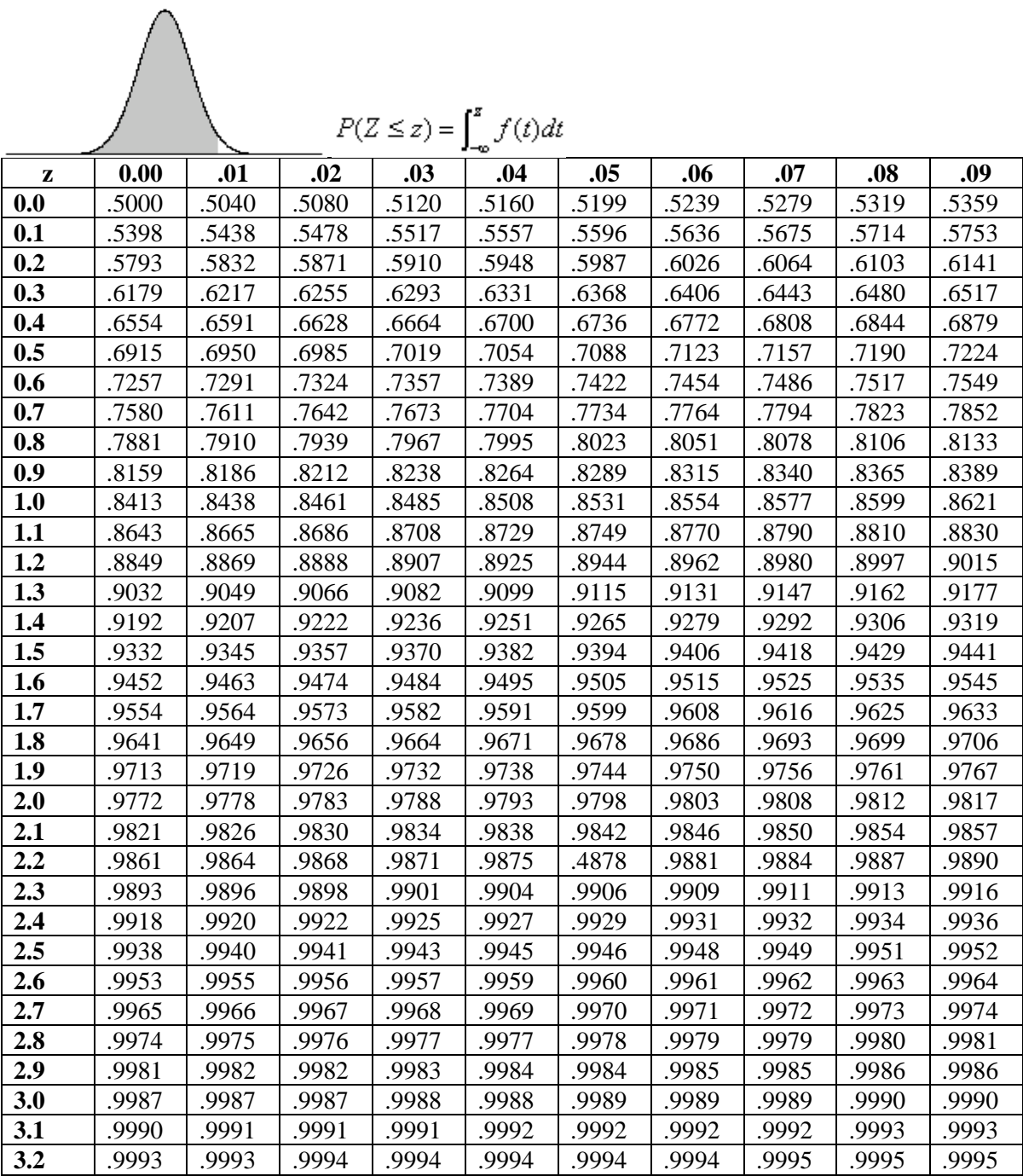
- c) (7 pts) ¿Qué precio de IN2 le puede ofrecer el proveedor 1 que lo deja indiferente entre uno o dos proveedores?

Se deben igualar los costos totales y despejar el precio

$$46.200 \cdot X + (2666 / 2) \cdot 10 + 1.588.267 = 3.138.294$$

$X = \$33,262$ este debe ser el precio máximo que puede cobrar por IN@ el proveedor 1 si consolida embarques.

Tabla de distribución normal estándar



Formulario

$F_{t+1} = \alpha A_t + (1-\alpha)F_t$

$Q_w = \sqrt{\frac{2C_0D}{C_h}}$

$FIT_t = \underbrace{F_t}_{\text{Pronóstico}} + \underbrace{T_t}_{\text{Tendencia}}$
 $F_t = FIT_{t-1} + \alpha(A_{t-1} - FIT_{t-1})$
 $T_t = T_{t-1} + \alpha\delta(A_{t-1} - FIT_{t-1})$

$CT = DC + \frac{D}{Q}S + \frac{Q}{2}H$

$L_t = \alpha \frac{y_t}{S_{t-s}} + (1-\alpha)(L_{t-1} + b_{t-1})$
 $b_t = \beta(L_t - L_{t-1}) + (1-\beta)b_{t-1}$
 $S_t = \gamma \frac{y_t}{L_t} + (1-\gamma)S_{t-s}$
 $F_{t+m} = (L_t + mb_t)S_{t+m-s}$

$MAD_k = \frac{1}{k} \sum_{t=1}^k |e_t|$
 $TS_k = \frac{\sum_{t=1}^k e_k}{MAD_k}$

$R = d * L$

$b = \frac{n \sum xy - \sum x \sum y}{n \sum x^2 - (\sum x)^2}$
 $a = \frac{\sum y}{n} - b \frac{\sum x}{n} = \bar{y} - b\bar{x}$

$\hat{y} = a + bx$

$B^* = Q \times \left(\frac{C_h}{C_h + \pi} \right)$
 $Q^* = \sqrt{\frac{2DC_o}{C_h}} \times \sqrt{\frac{C_h + \pi}{\pi}} = Q_{eq} \times \sqrt{\frac{C_h + \pi}{\pi}}$

$Q_{opt} = \sqrt{\frac{2DC_o}{C_H}} \sqrt{\frac{p}{p-d}}$

$R = d \times L + z_\alpha \sigma \sqrt{L}$
 $Q^* = d \times (T + L) + z_\alpha \sigma \sqrt{(T + L)} - I_{existente}$
 $Q_{opt} = \sqrt{\frac{2DC_o}{C_H}} \sqrt{\frac{p}{p-d}}$
 $Q^* = F^{-1}\left(\frac{c_u}{c_o + c_u}\right)$

$CT(Q) = \frac{(Q-B)}{2} * C_h * \frac{(Q-B)}{Q} + \frac{B}{2} * \pi * \frac{B}{Q} + \frac{D}{Q} * C_o$