

Nombre: _____ Número Lista de Alumno: _____ Sección: _____



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

Interrogación 3 - PAUTA

ICS 3213 Gestión de Operaciones
Sección 1 y Sección 2 – 1^{er} semestre 2018
Prof. Alejandro Mac Cawley
Prof. Isabel Alarcón

Instrucciones:

- Poner nombre y número de lista a todas y cada una de las hojas del cuadernillo.
- Responder todas las preguntas en el espacio asignado y no descorchetear sus hojas en ningún momento durante la prueba.
- La prueba consta de 3 secciones.
- No se permiten resúmenes de clases, ni de casos, ni formularios.
- Se descontará 10 puntos por no cumplir alguna de estas instrucciones.
- La prueba tiene 120 puntos y dura 120 minutos.
- No se pueden utilizar laptops ni celulares.
- 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.
- 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>).

Firma Alumno

¡Muy Buena Suerte!

PARTE I. (20 puntos) Sección verdadero o falso. Indique si las siguientes afirmaciones son verdaderas (V) o falsas (F). En caso de ser falsas, indique la razón.

1. El disponer de un centro de distribución permite siempre disminuir los costos de transporte.

Falso > depende de la concentración de clientes, el numero y tamaño del centro.
2. En un centro de distribución, que distribuye partes y piezas a distribuidores, debido al tamaño de las piezas la actividad que consume más recursos es la de guardar.

Falso > el recurso se consume mas en el picking, es el mas intenso.
3. El incorporar tecnologías de manejo de materiales (robots, sistemas AS/RS, automatización, etc) no es siempre recomendable, ya que en algunos casos no permite disminuir los costos.

Verdadero
4. Al aumentar la rotación del centro de distribución es posible reducir la cantidad de personal, ya que los productos se mueven más rápido.

Falso > mas rotación implica mas movimientos, y mayor mano de obra (no hay cambio tecnológico)
5. El colocar las puertas de recepción y despacho al mismo lado, es recomendable en aquellos centros de distribución en los cuales un número reducido de SKU, recibe un alto porcentaje de los picks.

Verdadero
6. Si un cliente demanda un pallet completo, nunca será recomendable irlo a buscar a la zona de pick rápido.

Falso, depende de la demanda y de lo que sea mas conveniente en el SKU particular
7. La mayor diferencia entre Six Sigma y TQM, es que este último se enfoca en medir la calidad del producto, mientras que Six Sigma se enfoca en medir y reducir la variabilidad del proceso y los insumos.

Verdadero

8. En el muestreo de aceptación, el tamaño muestral y numero de aceptación dependen sólo del nivel aceptable de calidad del consumidor (AQL) y del productor (LPTD).

Falso > depende además de los errores asumidos (alpha y beta)

9. Para coordinar una cadena de abastecimiento, el proveedor debe vender el producto al costo al retailer, y buscar mecanismos para transferir la utilidad (Tarifas, licencias, franquicias, etc.).

Verdadero

10. Cuando buscamos coordinar la cadena de abastecimiento, siempre se debe lograr una eficiencia del 100%.

Falso > si representa mas de que la utilidad agregada de la cadena descoordinada se justifica sin llegar a 100%

Verdadero > +2
fAlso> enuncia que es falso +0.5
justificación correcta +1.5

PARTE II (20 puntos) Responda las siguientes tres preguntas relacionadas con el libro “La Meta”.
a) (10 puntos) Jonah señala que hay 4 tiempos importantes en un ciclo productivo. ¿Cuáles son estos tiempos? Defínalos e indique en que parte del proceso productivo son relevantes cada uno de ellos. ¿Qué efecto tiene el tamaño de lote sobre ellos? Como se relacionan estos conceptos esto el sistema productivo de Toyota (TPS).

Los tiempos son: preparacion, cola, proceso, y espera. Definicion de cada uno de los tiempos de acuerdo a la meta.

Cada tiempo bien definido > +1 pto [máximo puntaje 4ptos]

Son especialmente importantes para: colas > piezas por CB, espera > piezas no CB. Todos los tiempos influyen sobre lograr tiempos adecuados de respuesta, aunque algunos como el de proceso neto, a veces se enmascara con la configuracion de linea, que se ve afectado por CB.

Especificar la importancia de los tiempos > + 3 ptos

El lote grande aumenta los tiempos de espera, bajando la capacidad de respuesta. Afecta ademas al tiempo de preparacion, pero si no se da en CB, no se observa ese tiempo efectivo.

Respuesta similar o mas completa > +2 ptos

El TPS tiene el Heijunka que en parte sigue la idea de lotes pequenos y equilibrados

Respuesta > +1 pto

b) (10 puntos) El grupo de Alex finalmente llega a 5 pasos que resumen el proceso de mejora continua y el logro de la meta. Indique estos 5 pasos y comete como logran la meta. Por otro lado, Lou el contador de la empresa desarrolla unos indicadores “que miden lo correcto”. ¿Cuáles son estos indicadores desarrolla Lou y por qué representan al proceso de forma correcta? ¿Cómo se relacionan los indicadores con los 5 pasos?

Listado de los 5 pasos de La META

PASO 1. Identificar los cuellos de botella del sistema.

PASO 2. Decidir cómo explotar los cuellos de botella.

PASO 3. Subordinar todo lo demás a la decisión anterior.

PASO 4. Elevar los cuellos de botella del sistema.

PASO 5. Si en un paso previo un cuello de botella se ha roto, volver al paso 1

> +5 ptos, 1 pto por citado y explicado correctamente

Lou menciona que es necesario desarrollar indicadores de control para saber si se alcanza el objetivo de la empresa y otro vinculado a que la operación efectivamente conduzca a la lo que se requiere como objetivo de la empresa.

Indicadores: -Throughput, - Inventario , - Costo Operacional

Estos reflejan que el sistema produce lo que se vende (Throughput), no genera desperdicio (Inventario) y el proceso se encuentra bajo control en costos (Costo Operacional)

Detalle de los indicadores > 3 ptos

Vinculacion entre indicadores y pasos > 2 ptos

PARTE III (80 Puntos): Preguntas y ejercicios. Responda las siguientes 4 Preguntas
Pregunta 1 (15 Puntos)

Usted esta en una entrevista de trabajo para transformarse en el próximo gerente de logística y distribución de la empresa. El gerente general lo entrevista y para saber si lo contratan o no, le pregunta si su empresa debe ser dueña o externalizar el centro de distribución a un tercero. Usted debe explicarle al menos 5 factores que llevan a ser dueño o externalizar un centro de distribución, indicando específicamente para cada factor, la información que necesita para poder medirlo o evaluarlo.

Respuesta de la Parte III Pregunta 1:

Sin embargo pueden ofrecer ventajas, cuando por ejemplo se analizan algunos factores específicos:

- Factor I: Disminucion de costos de Transporte
- Factor II: Consolidacion demanda y risk pooling
- Factor III: Costos de almacenamiento / estacionalidad
- Factor IV: Costos de adquisicion
- Factor V: Entregar Servicios

Estos factores pueden ser especificados a través de algunos de estos comentarios mas especificos

Reason
Logistics is a Core Competency at Our Firm
Cost Reductions Would Not be Experienced
Control Over the Outsourced Function(s) Would Diminish
Logistics Too Important to Consider Outsourcing
Service Level Commitments Would Not Be Realized
We Have More Logistics Expertise Than Most 3PL Providers
Corporate Philosophy Excludes the Use of Outsourced Logistics Providers
Too Difficult to Integrate Our IT Systems with the 3PL's Systems
Global Capabilities of 3PLs Need Improvement
Issues Relating to Security of Shipments
We Previously Outsourced Logistics, and Chose Not to Continue
Inability of 3PL Providers to Form Meaningful and Trusting Relationships

Informacion general requerida: (deben estar vinculadas y explicadas por factor)

Mercado. Área de influencia. Digital o Real.
Tipo de Clientes: Final, Retail, Fabrica.
Productos: numero, características.
Velocidad de respuesta: Nivel de servicio, frecuencia, costo

Cada uno de los factores debe estar explicado >
Nombrar factor > 1 cada factor [mx 5 ptos]
Explicacion adecuada de cada factor(en dos o tres líneas se puede explicar cada uno) > 1 pto por factor [max 5 ptos]
Informacion que se requiere para evaluar o medir cada uno > 1 pto por cada factor en el que se detalle la info requerida [max 5 ptos]

Pregunta 2 (20 Puntos) Usted dispone de la siguiente información de los picks, demanda, numero de unidades por caja y volúmenes de cada caja para 3 SKU estrellas de su organización:

SKU	Picks/mes	unid./mes	unid. /caja	m3/caja
A	150	2000	25	1
B	224	2200	30	0.6
C	300	3000	40	0.3

- a) (10 pts) Si usted dispone de 15 Mt3 de espacio en su área de pick rápido. Determine la cantidad de espacio y el numero de reposiciones que realizaría bajo: i) igual espacio; ii) igual tiempo y iii) optimo. ¿Que asignación de espacio utilizaría?
- b) (10 pts) Si usted determina que la demanda de los tres SKU ha cambiado a los siguientes valores:

SKU	Picks/mes	unid./mes
A	250	3300
B	150	1450
C	250	2500

Si este nuevo nivel de demanda se mantendrá por los próximos 4 meses sin cambio. También usted sabe que el costo de reabastecer el área de pick rápido es de \$50 por cada reabastecimiento y el costo de cambiar el espacio asignado es de \$300 por una sola vez. ¿Alteraría usted la asignación de espacio en el área de pick rápido seleccionada en a)? Fundamente su respuesta con cálculos.

Respuesta de la Parte III Pregunta 1:

Partea									
SKU	Picks/mes	un/mes	un/caja	m3/caja	FlujoSKU(m3/mes)				
A	150	2000	25	1	80.00				
B	224	2200	30	0.6	44.00				
C	300	3000	40	0.3	22.50				
VolumenTotal util a destinar									
15 mt3									

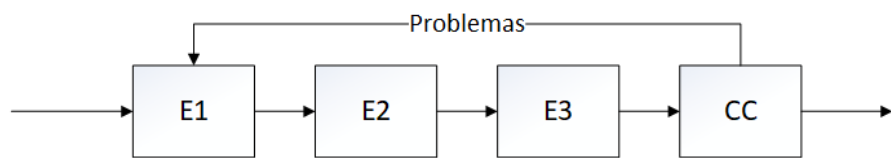
Nombre: _____ Número Lista de Alumno: _____ Sección: _____

Parte B					
nivel de demanda se mantendra	4	meses			
Reabastecer	50	\$/vez			
Costo cambio asignacion espacio	300	\$/vez			
Para recalcular el volumen a moverse esta recalculado como una proporcion basado en la tabla anterior					
SKU	Picks/mes	un/mes	un/caja	m3/caja	Flujo SKU (m3/mes)
A	250	3300	25	1	132.00
B	150	1450	30	0.6	29.00
C	250	2500	40	0.3	18.75
Ahora se calcula el escenario a lo que lleva este cambio de pickeos					
Igual Tiempo					
SKU	Flujo SKU (m3/mes)	V[m3]	Nº de reposiciones	Flujo SKU (m3/mes)	Flujo SKU (m3/mes)
A	132.00	11.02	11.98	11.49	0.54
B	29.00	2.42	11.98	5.39	0.25
C	18.75	1.56	11.98	4.33	0.20
Total	179.75	15.00	35.95	21.20	1.00
Igual Volumen					
SKU	Flujo SKU (m3/mes)	V[m3]	Nº de reposiciones	Flujo SKU (m3/mes)	Flujo SKU (m3/mes)
A	132.00	11.02	11.98	11.49	0.54
B	29.00	2.42	11.98	5.39	0.25
C	18.75	1.56	11.98	4.33	0.20
Total	179.75	15.00	35.95	21.20	1.00
Costo diferencial por mayor numero de reposiciones					
2.45 reposiciones extras por mes					
9.78 Total de reposiciones extras en los 4 meses					
489.16 Total de costos a asumir por el extra de reposiciones					
Es conveniente modificar la distribucion porque sale \$300 en vez de estos casi \$500					

Determinar el espacio mediante metodología optima (seleccionada del paso anterior) > 5 pts si esta bien resuelto, claro y bien resultado

Conclusion final y justificación numérica > 5 pts

Pregunta 3. (30 Puntos) Usted esta a cargo de un proceso productivo que trabaja en turnos de 8 hrs. al día, que tiene tres estaciones de trabajo (E1, E2 y E3) y un Control de Calidad (CC) al final. A continuación, se detalla el proceso:



Usted está preocupado, porque se da cuenta que la Estación de trabajo 1 esta produciendo un 20% de unidades defectuosas, que son detectadas en el control de calidad y deben ser devueltas a la estación 1 para ser reprocesadas y volver a pasar por todo el proceso. Para determinar la magnitud del problema, decide tomar la información de los tiempos de producción de cada estación y el costo por unidad procesada. La información es:

Estacion	Tiempo (Min./Unidad)	Costo (\$/Unidad)
1	10	30
2	12	40
3	9	35

- (8 pts) Si el precio de venta de cada unidad es de \$120 y una vez que la unidad defectuosa es reprocesada no vuelve a fallar. Determine la cantidad de unidades que produce el sistema por turno y el costo o pérdida (por turno) que le provoca este problema de calidad.
- (4 pts) Si usted coloca el control de calidad frente a la Estación 1. Determine la nueva cantidad de unidades que produce el sistema (por turno) y el costo o pérdida (por turno).
- (3 pts) Si usted ahora no produce defectos en la Estación 1. Determine la nueva cantidad de unidades que produce el sistema (por turno) y el costo o pérdida (por turno).

Usted desea implementar un sistema de control estadístico de proceso para la Estación 1. Para ello decide tomar un proceso y toma muestras de 5 unidades y les determina el promedio (\bar{X}) y el rango o recorrido (R). A continuación, se detallan la tabla de cada muestreo:

Nombre: _____ Número Lista de Alumno: _____ Sección: _____

Muestra	X Media	R Rango
Muestreo 11	82.50	7.00
Muestreo 12	82.00	2.00
Muestreo 13	82.00	2.00
Muestreo 14	81.00	4.00
Muestreo 15	83.00	4.00
Muestreo 16	85.00	5.00
Muestreo 17	81.00	5.00
Muestreo 18	82.00	5.00
Muestreo 19	80.70	9.00
Muestreo 20	80.00	1.00

De la tabla tiene: $\sum X = 1642.5$ $\sum R = 82$ $Var(X) = 1.086$ $VAR(R) = 2.12$

- d) (12 pts) Con esta información determine los límites de control del proceso.
- e) (3 pts) Si usted toma una nueva muestra con los siguientes valores: 83, 78, 81, 79 y 80. De acuerdo con los límites anteriormente definidos ¿Está el proceso bajo control?

Respuesta de la Parte III Pregunta 3:

a- Con inconvenientes de calidad

Con el problema de calidad los tiempos se estiran aun mas, porque vuelven a pasar por todo el sistema. Sin embargo no es que aumente el numero de unidades, sino que el tiempo por estacion aumenta por el reproceso

Suponiendo que esta en regimen, pero que se reprocesa el **20% del total**, y en toda la linea, podemos decir que sube la ocupacion en igual porcentaje, y en una linea con solo ese problema, implica una disminucion de unidades

	min/un		\$/un
E1	12.50	↓	37.5
E2	15.00	↑	50
E3	11.25	→	43.75

El CB no cambia, porque no es que pasa por una estación específica, sino por todo el pro. un producidas

El costo de procesamiento por unidad aumenta también en 20%, porque el uso de la línea tiene costo por unidad que pasa

	E2		15.00	32.00
Ingreso	\$/un		120	3840.0
Egresos	\$/un		131.25	-4200.0
				-360.0

Planteo correcto situación 1, bien explicado, con desarrollo y justificación de la causa de optar por un camino específico > max 5 pto

Resultados numéricos correctos > max 3 pto

Tener en cuenta en la corrección que se puede calcular como $\text{min/un} \cdot 1.2$ o que disminuye el flujo, como $\text{un/min}/0.8$. Ambas son validas. Considerar para todo el problema

b-

Planteo correcto situación 1, bien explicado, con desarrollo y justificación de la causa de optar por un camino específico > max 2 pto

Resultado numérico > 1 pto

Conclusión > 1 pto

Si se coloca al despues de la estacion 1, no se pasarian unidades defectuosas al resto del sistema.					
Sin defectos de calidad			Con la estacion de calidad despues de E1		
	min/un	Costos		min/un	Costos
E1	10.00	30.00		12.50	37.50
E2	12.00	40.00		12.00	40.00
E3	9.00	35		9.00	35
					112.50
El cuello de botella es ahora E1, con 13 minutos.					
			12.50	38.4	un producidas
	Ingreso	\$/un	120	4608	
	Egresos	\$/un	112.50	-4320	
				288	
El resultado mejora de -360 a +288, peor que la linea sin defectos, pero igualmente mejor que revisar la totalidad					
El proceso se encarece, pero no al nivel de reprocesar toda la linea					

C-

Precio venta	120 \$/un			
Una vez ajustado no vuelve a fallar				
Total horas produccion	480.00 min			
El tiempo de procesamiento de cada unidad esta dado en una linea en regimen por el CE				
Suponemos que esta en regimen				
Los tiempos nominales son:				
	min/un	\$/un		
E1	10.00	↑ 30		
E2	12.00	↑ 40		
E3	9.00	↑ 35		
Sin problemas de calidad, el CE es E2				
	Ingreso	\$/un	120	4800
	Egresos	\$/un	105	-4200
				600

Planteo correcto situación 1, bien explicado, con desarrollo y justifiacion de la causa de optar por un camino especifico > max 2 pto

Resultados numéricos correctos > max 1 pto

BONO: SE PUEDE CALCULAR TAMBIEN UN COSTO OPORTUNIDAD COMO LA GANANCIA PERDIDA POR REPROCESAR. Bien calculado, son 3 puntos bono

d- Se deben buscar A2, D3, D4 y calcular los limites de rango y media:

Datos	x media	Rango			Datos	x media	Rango
Muestreo1	82.00	6.00			Muestreo1	82.00	6.00
Muestreo2	83.00	2.00			Muestreo2	83.00	2.00
Muestreo3	82.80	7.00			Muestreo3	82.80	7.00
Muestreo4	81.50	3.00			Muestreo4	81.50	3.00
Muestreo5	82.00	2.00			Muestreo5	82.00	2.00
Muestreo6	82.00	5.00			Muestreo6	82.00	5.00
Muestreo7	81.00	2.00			Muestreo7	81.00	2.00
Muestreo8	83.00	3.00			Muestreo8	83.00	3.00
Muestreo9	82.80	6.00			Muestreo9	82.80	6.00
Muestreo10	83.20	2.00			Muestreo10	83.20	2.00
Muestreo11	82.50	7.00			Muestreo11	82.50	7.00
Muestreo12	82.00	2.00			Muestreo12	82.00	2.00
Muestreo13	82.00	2.00			Muestreo13	82.00	2.00
Muestreo14	81.00	4.00			Muestreo14	81.00	4.00
Muestreo15	83.00	4.00			Muestreo15	83.00	4.00
Muestreo16	85.00	5.00			Muestreo17	81.00	5.00
Muestreo17	81.00	5.00			Muestreo18	82.00	5.00
Muestreo18	82.00	5.00			Muestreo19	80.00	1.00
Muestreo19	80.70	9.00					
Muestreo20	80.00	1.00					
	1642.50	82.00					
XX	82.13				XX	82.04	
RR		4.10			RR		3.78
LQ X	XX	LCSX			LQ X	XX	LCSX
79.76	82.13	84.49			79.86	82.04	84.22
LQ RR	RR	LCSRR			LQ RR	RR	LCSRR
0	4.10	8.6674			0.0	3.8	8.0
A2		0.58			A2		0.58
D3		0.00			D3		0.00
D4		2.11			D4		2.11
Por debajo inferior	0	0			Por debajo inferior	0	0
Por encima superior	1	1			Por encima superior	0	0

Dado que hay algunas muestras fuera de rango y fuera de media, se eliminan y se recalcula el sistema.

Calculo de los limites de control de proceso con totalidad de los datos> 5ptos

Cada elemento que se elimina de la tabla original > 1 pto [max 2 ptos]

Recalculo de los limites de control de procesos con los datos “filtrados” > 5 ptos

Dado que es un ejercicio esencialmente numérico, si los resultados, solo 50% de los puntos

e) Se debe calcular la media de la muestra y el rango.

Muestra			
83	media	80.20	
78	max	83	
81	min	78	
79	Rango	5	
80			

La muestra proviene de un proceso bajo control

Calculo adecuado de parámetros > 1 pto

Conclusion adecuada > 2 pto

Pregunta 4 (15 Puntos): Usted es el dueño de una tienda de retail y está decidiendo las cantidades a pedir de cada producto. Usted determina que la demanda de su producto mas importante es: $P = 150 - Q$, siendo P el precio de la unidad y Q la cantidad. Si el proveedor le ofrece el producto a \$w por unidad y su costo de producción es de \$ 5 por unidad. Con esta información usted debe:

- a) (5 pts) ¿Cuál es el precio y la cantidad optima si la cadena se encuentra completamente integrada (proveedor y retail son los mismos)? ¿Cuál sería la utilidad de la cadena integrada?
- b) (7 pts) Si la cadena no se encuentra integrada ¿A qué precio (w) le venderá el proveedor el producto al retailer? ¿A qué precio P venderá el dueño a sus clientes finales y cuánto venderá? ¿A cuánto asciende la utilidad? ¿Cómo se compara este resultado con la respuesta de obtenida en a)?
- c) (3 pts) ¿Cuál debe ser el precio de venta (w) que debería ofrecer el proveedor para maximizar la utilidad de la cadena integrada? Con este precio, ¿A cuánto ascendería la utilidad del proveedor y aceptaría esta propuesta? ¿Es posible otro mecanismo para coordinar? ¿Cuál?

Respuesta de la Parte III Pregunta 4:

Partea				
La ecuaciona derivares	$150*P-150*c-P^2+P*c$			
Derivando	$P^*=(150+c)/2$	c	5	
		P*	77.5	
Utilidad	$150*P-150*c-P^2+P*c$		5256.25	
Volumen	$Q^*=1/(P^*-c)$		72.5	

Las formulas no están en formulario, porque son a partir de una derivación.

Derivacion de las formulas > 2 pts
Precio y cantidad optima > 1 pto cada una [max 2pto]
Utilidad > 1 pto

Parteb				
Cadena no integrada				
w(precio vta proveedor > retailer) w			77.5	$(a+c)/2$
P(minorista > clientes)	P*		113.75	$(a+w)/2$
q(minorista > clientes	q*		36.25	$q=150-P^*$
Utilidad total				
utilidad minorista	$q^*(P^*-w)$		2628.1	
utilidad mayorista	$q^*(w-c)$		1314.1	
			3942.2	
La ganancia con la cadena desarmada es menor que la cadena integrada				

Derivacion de las formulas > 2 pts
W, P*, Q*, Utilidad > 1 pto por cada uno [max 4]
Conclusión final vs integrada > 1 pto

c-

Para maximizar el costo de transferencia debe ser al mismo valor que el costo, o dicho de otra forma sin marginar.
La utilidad seria cero del proveedor.
Hay otras estrategias como franquicia, licencias, etc.

Respuesta w, utilidad del proveedor > 1.5 pto
Otros esquemas de coordinación> franquicia por ej. > 1.5 pto

En esta pregunta c no es necesario que pongan números concretos

Formulario

$$Ben = sp_i - c_r d_i$$

$$Ben = s(p_i + D_i)$$

$$Beneficio_{min_A} = \frac{s * p_i - c_r * d_i}{l_i}$$

$$Restocks = \frac{f_i}{V_i} \text{ Restocks/tiempo}$$

$$Beneficio_{adic_A} = \frac{s * D_i + c_r * d_i}{u_i - l_i}$$

$$LCS = \bar{x} + Z * \sigma$$

$$LCI = \bar{x} - Z * \sigma$$

$$\sigma \approx \frac{\bar{R}}{d_2}$$

$$LCS \bar{X} = \bar{\bar{X}} + A_2 * \bar{R}$$

$$LCI \bar{X} = \bar{\bar{X}} - A_2 * \bar{R}$$

$$LCS R = D_4 * \bar{R}$$

$$LCI R = D_3 * \bar{R}$$

Tamano Muestra	A ₂	d ₂	D ₃	D ₄
2	1.880	1.128	0	3.267
3	1.023	1.693	0	2.574
4	0.729	2.059	0	2.282
5	0.577	2.326	0	2.114
6	0.483	2.534	0	2.004
7	0.419	2.704	0.076	1.924
8	0.373	2.847	0.136	1.864
9	0.337	2.970	0.184	1.816
10	0.308	3.078	0.223	1.777
11	0.285	3.173	0.256	1.744
12	0.266	3.258	0.283	1.717
13	0.249	3.336	0.307	1.693
14	0.235	3.407	0.328	1.672
15	0.223	3.472	0.347	1.653
16	0.212	3.532	0.363	1.637
17	0.203	3.588	0.378	1.622
18	0.194	3.640	0.391	1.608
19	0.187	3.689	0.403	1.597
20	0.180	3.735	0.415	1.585
21	0.173	3.778	0.425	1.575
22	0.167	3.819	0.434	1.566
23	0.162	3.858	0.443	1.557
24	0.157	3.895	0.451	1.548
25	0.153	3.931	0.459	1.541

$$ef = \frac{k}{k + 1}$$

$$v_i^* = \left(\frac{\sqrt{f_i}}{\sum_{j=1}^n \sqrt{f_j}} \right) v$$



$$P(Z \leq z) = \int_{-\infty}^z f(t) dt$$

Tabla de distribución normal estándar

z	0.00	.01	.02	.03	.04	.05	.06	.07	.08	.09
0.0	.5000	.5040	.5080	.5120	.5160	.5199	.5239	.5279	.5319	.5359
0.1	.5398	.5438	.5478	.5517	.5557	.5596	.5636	.5675	.5714	.5753
0.2	.5793	.5832	.5871	.5910	.5948	.5987	.6026	.6064	.6103	.6141
0.3	.6179	.6217	.6255	.6293	.6331	.6368	.6406	.6443	.6480	.6517
0.4	.6554	.6591	.6628	.6664	.6700	.6736	.6772	.6808	.6844	.6879
0.5	.6915	.6950	.6985	.7019	.7054	.7088	.7123	.7157	.7190	.7224
0.6	.7257	.7291	.7324	.7357	.7389	.7422	.7454	.7486	.7517	.7549
0.7	.7580	.7611	.7642	.7673	.7704	.7734	.7764	.7794	.7823	.7852
0.8	.7881	.7910	.7939	.7967	.7995	.8023	.8051	.8078	.8106	.8133
0.9	.8159	.8186	.8212	.8238	.8264	.8289	.8315	.8340	.8365	.8389
1.0	.8413	.8438	.8461	.8485	.8508	.8531	.8554	.8577	.8599	.8621
1.1	.8643	.8665	.8686	.8708	.8729	.8749	.8770	.8790	.8810	.8830
1.2	.8849	.8869	.8888	.8907	.8925	.8944	.8962	.8980	.8997	.9015
1.3	.9032	.9049	.9066	.9082	.9099	.9115	.9131	.9147	.9162	.9177
1.4	.9192	.9207	.9222	.9236	.9251	.9265	.9279	.9292	.9306	.9319
1.5	.9332	.9345	.9357	.9370	.9382	.9394	.9406	.9418	.9429	.9441
1.6	.9452	.9463	.9474	.9484	.9495	.9505	.9515	.9525	.9535	.9545
1.7	.9554	.9564	.9573	.9582	.9591	.9599	.9608	.9616	.9625	.9633
1.8	.9641	.9649	.9656	.9664	.9671	.9678	.9686	.9693	.9699	.9706
1.9	.9713	.9719	.9726	.9732	.9738	.9744	.9750	.9756	.9761	.9767
2.0	.9772	.9778	.9783	.9788	.9793	.9798	.9803	.9808	.9812	.9817
2.1	.9821	.9826	.9830	.9834	.9838	.9842	.9846	.9850	.9854	.9857
2.2	.9861	.9864	.9868	.9871	.9875	.4878	.9881	.9884	.9887	.9890
2.3	.9893	.9896	.9898	.9901	.9904	.9906	.9909	.9911	.9913	.9916
2.4	.9918	.9920	.9922	.9925	.9927	.9929	.9931	.9932	.9934	.9936
2.5	.9938	.9940	.9941	.9943	.9945	.9946	.9948	.9949	.9951	.9952
2.6	.9953	.9955	.9956	.9957	.9959	.9960	.9961	.9962	.9963	.9964
2.7	.9965	.9966	.9967	.9968	.9969	.9970	.9971	.9972	.9973	.9974
2.8	.9974	.9975	.9976	.9977	.9977	.9978	.9979	.9979	.9980	.9981
2.9	.9981	.9982	.9982	.9983	.9984	.9984	.9985	.9985	.9986	.9986
3.0	.9987	.9987	.9987	.9988	.9988	.9989	.9989	.9989	.9990	.9990
3.1	.9990	.9991	.9991	.9991	.9992	.9992	.9992	.9992	.9993	.9993
3.2	.9993	.9993	.9994	.9994	.9994	.9994	.9994	.9995	.9995	.9995
3.3	.9995	.9995	.9995	.9996	.9996	.9996	.9996	.9996	.9996	.9997
3.4	.9997	.9997	.9997	.9997	.9997	.9997	.9997	.9997	.9997	.9998