



El Muestreo de Aceptación involucra tomar muestras aleatorias de tandas de materias primas o de productos terminados para que el inspector las mida contra estándares predeterminados.

## MUESTREO DE ACEPTACIÓN

En este sentido, cuando se pretende enjuiciar sobre un lote se tiene la alternativa de inspeccionarlo todo (100%), no inspeccionarlo, o muestreo de aceptación. Esta última opción es una decisión intermedia entre las otras dos alternativas opuestas, y a veces resulta la más económica globalmente.

Roberto **CARRO PAZ**  
Daniel **GONZÁLEZ GÓMEZ**

# 12



## **El Sistema de Producción y Operaciones**

### **CRÉDITOS FOTOGRÁFICOS:**

La totalidad de las fotografías incluidas en este trabajo han sido tomadas por los autores.

Ni la totalidad ni parte de este trabajo pueden reproducirse, registrarse o transmitirse, por un sistema de recuperación de información, en ninguna forma ni por ningún medio, sea electrónico, mecánico, fotoquímico, magnético o electroóptico, por fotocopia, grabación o cualquier otro, sin permiso previo por escrito de los autores.

# MUESTREO DE ACEPTACIÓN



*El Muestreo de Aceptación involucra tomar muestras aleatorias de tandas de materias primas o de productos terminados para que el inspector las mida contra estándares predeterminados. En este sentido, cuando se pretende enjuiciar sobre un lote se tiene la alternativa de inspeccionarlo todo (100%), no inspeccionarlo, o muestreo de aceptación. Esta última opción es una decisión intermedia entre las otras dos alternativas opuestas, y a veces resulta la más económica globalmente.*

El muestreo de aceptación es un procedimiento de inspección que se usa para determinar si se acepta o se rechaza una cantidad específica de material. A medida que más empresas emprendan programas de Administración de la Calidad Total (TQM) y colaboren muy de cerca con los proveedores para asegurar altos niveles de calidad de sus suministros, la necesidad de realizar muestreos de aceptación será menor.

El concepto de TQM consiste en que ningún defecto deberá pasar de un productor a un consumidor, no importa que el consumidor sea externo o interno. Sin embargo, en la realidad, muchas empresas tendrán que seguir dependiendo de la revisión de sus insumos de materiales. El procedimiento básico es muy directo.

- Se toma una muestra aleatoria a partir de una gran cantidad de elementos y se la somete a pruebas o mediciones pertinentes para la característica de calidad que interesa.
- Si la muestra pasa satisfactoriamente la prueba, la cantidad total de elementos es aceptada.
- Si la muestra no pasa la prueba, entonces (a) la cantidad total de elementos se somete a una inspección del 100% y todos los elementos defectuosos se reparan o sustituyen, o bien (b) la cantidad total se devuelve al proveedor.

Examinemos primero las decisiones que intervienen en la elaboración de planes para un muestreo de aceptación. Después veremos varios planes para el muestreo de atributos.

## DECISIONES EN UN PLAN DE MUESTREO DE ACEPTACIÓN

En el muestreo de aceptación participan tanto el productor (o proveedor) de materiales como el consumidor (o comprador). Los consumidores necesitan el muestreo de aceptación para limitar el riesgo de rechazar materiales de buena calidad o aceptar otros de mala calidad. En consecuencia, el consumidor, a veces en combinación con el productor por medio de acuerdos contractuales, especifica los parámetros del plan. Por lo tanto, cualquier compañía puede ser la productora de bienes que otra empresa compra, como la consumidora de bienes o materias primas suministrados por otra compañía.



## Decisiones sobre calidad y riesgo

Al elaborar un plan de muestreo de aceptación, se toman en cuenta dos niveles de calidad. El primero es el nivel de calidad aceptable (AQL) (por sus siglas en inglés; *acceptable quality level*); o sea, el nivel de calidad deseado por el consumidor. El productor del artículo se esfuerza por lograr el AQL, el cual aparece especificado comúnmente en los contratos o las órdenes de compra. Por ejemplo, el contrato puede especificar un nivel de calidad en el cual no se permita más de una unidad defectuosa en 10.000; o sea, un AQL de 0,0001. El riesgo del productor ( $\alpha$ ) es la posibilidad de que el plan de muestreo no logre verificar una cantidad aceptable en el lote y que, en consecuencia, lo rechace: un error “tipo I”. Lo más frecuente es que el riesgo del productor se establezca en 0,05; es decir un 5%.

A pesar de que a los productores les interesa el riesgo bajo, con frecuencia no tienen control alguno sobre el plan de muestreo de aceptación del consumidor. Por fortuna, también el consumidor le interesa que el riesgo del productor sea bajo porque por el hecho de devolver buenos materiales al productor (1) perturba el proceso de producción del consumidor e incrementa la posibilidad de padecer una escasez de materiales, (2) prolonga innecesariamente el tiempo de entrega de los productos o servicios terminados, y (3) se crean malas relaciones con el productor.

El segundo nivel de calidad es la proporción defectuosa tolerable en el lote (LTPD) (por sus siglas en inglés; *lot tolerance proportion defective*); o sea, el peor nivel de calidad que el consumidor puede tolerar. La LTPD es una definición de la mala calidad que el consumidor desearía rechazar. Reconociendo el elevado costo de los defectos, los gerentes de operaciones deberían ser cautelosos antes de aceptar los materiales de mala calidad que les envían sus proveedores. Así pues, los planes de muestreo tienen valores LTPD más bajos que en el pasado. La probabilidad de aceptar un lote con calidad LTPD es el riesgo del consumidor ( $\beta$ ), es decir, el error “tipo II” del plan. Un valor muy común para el riesgo del consumidor es 0,10, o sea, 10%.

## Planes de muestreo

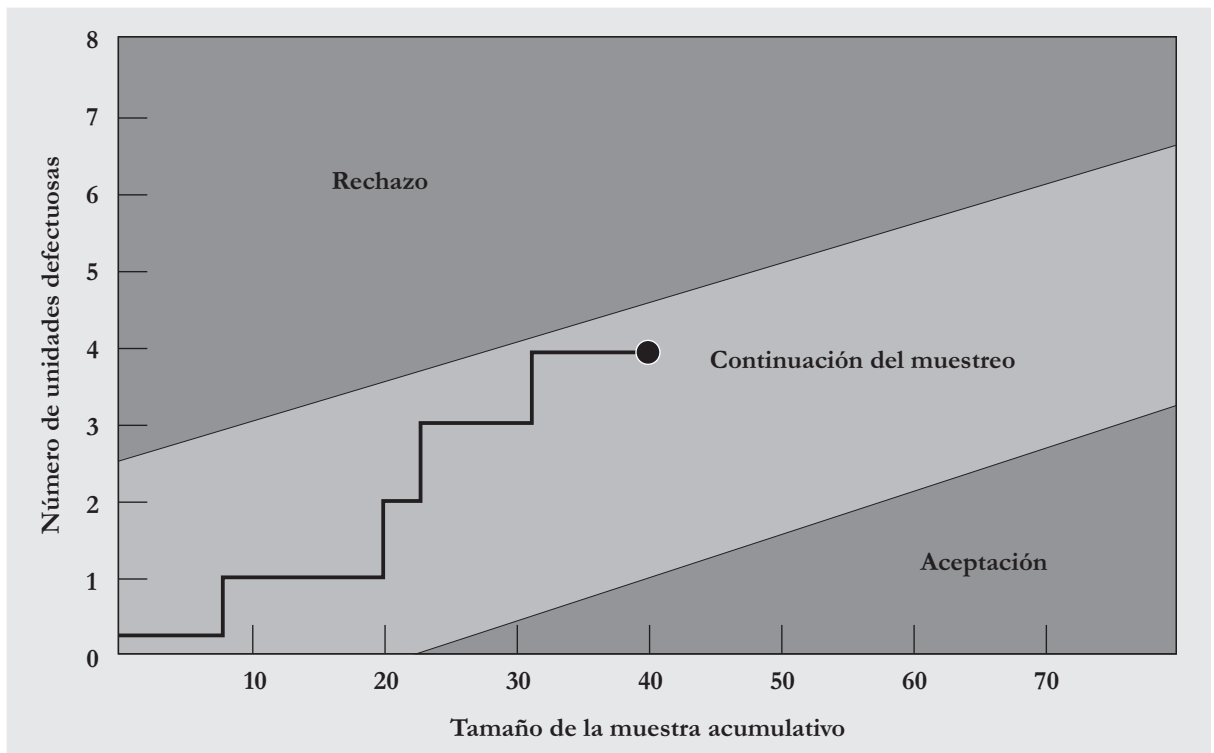
Todos los planes de muestreo tienen el propósito de establecer un riesgo especificado para el productor y para el consumidor. Sin embargo, lo que más le conviene al consumidor es que el número promedio de elementos inspeccionados (ANI) (por sus siglas en inglés; *average number of items inspected*) sea mínimo, porque así se evita que suban los costos de inspección.

Los planes de muestreo varían con respecto al ANI. Los planes de muestreo de atributos que se usan con frecuencia son: el plan de un solo muestreo, el plan de doble muestreo y el plan de muestreo secuencial. También se han desarrollado planes análogos para medidas variables de la calidad.

**Plan de un solo muestreo.** Es una regla de decisión para aceptar o rechazar un lote, basándose en los resultados de una muestra al azar tomada del lote. El procedimiento consiste en tomar una muestra aleatoria de tamaño ( $n$ ) y examinar cada uno de sus elementos. Si el número de defectos encontrados no excede un número de aceptación especificado ( $c$ ), el consumidor acepta todo el lote. Todos los elementos defectuosos que se encuentren en la muestra se reparan o devuelven al productor. Si el número de defectos encontrados en la muestra es mayor que  $c$ , el consumidor somete todo el lote a una inspección al 100% o bien lo rechaza en su totalidad y lo devuelve al productor. El plan de un solo muestreo es fácil de usar pero suele producir un ANI mayor que los otros planes. Después de una breve descripción de los demás planes de muestreo, enfocaremos nuestra discusión en este plan.

**Plan de doble muestreo.** En este tipo de plan, la gerencia especifica dos tamaños de muestra ( $n_1$  y  $n_2$ ) y dos números de aceptación ( $c_1$  y  $c_2$ ). Si la calidad del lote es muy buena o muy mala, el consumidor toma la decisión de aceptar o rechazar el lote en función de la primera muestra, la cual es más pequeña que en el plan de un solo muestreo. Para aplicar el plan, el consumidor toma una muestra al azar de tamaño  $n_1$ . Si el número de defectos encontrados es menor que o igual a  $c_1$ , el consumidor acepta el lote. Si el número de errores está entre  $c_1$  y  $c_2$ , el consumidor toma una segunda muestra de tamaño  $n_2$ . Si el número combinado de defectos en las dos muestras es menor que o igual que  $c_2$ , el consumidor acepta el lote. Si no es así, el lote es rechazado. Un plan de doble muestreo reduce apreciablemente los costos de inspección en comparación con el plan de un solo muestreo porque cuando se usa el primero es posible tomar una decisión después de haber obtenido la primera muestra. Sin embargo, si para la decisión se requieren dos muestras, los costos de muestreo suelen ser mayores que en el plan de un solo muestreo.

**Plan de muestreo secuencial.** Es refinamiento adicional del plan de doble muestreo. Aquí el consumidor selecciona al azar algunos elementos del lote y los inspecciona uno por uno. Cada vez que un elemento es inspeccionado, se toma una decisión para (a) rechazar el lote; (b) aceptar el lote o (c) continuar con el muestreo, basándose en los resultados acumulativos obtenidos hasta ese momento. El analista traza una gráfica del número total de elementos defectuosos contra el tamaño de muestra acumulativo y si el número de elementos defectuosos es menor que cierto número de aceptación ( $c_1$ ), el consumidor acepta el lote. Si ese número es mayor que otro número de aceptación ( $c_2$ ), el consumidor rechaza el lote. Si el número se encuentra en un punto intermedio entre los dos, se inspecciona otro elemento. La figura 12.1 ilustra el proceso para tomar una decisión de rechazar un lote después de haber examinado la cuarenta y cuarta unidad. Esas gráficas se diseñan fácilmente con ayuda de tablas estadísticas que especifican los valores límite de aceptación/rechazo  $c_1$  y  $c_2$ , en función del tamaño de muestra acumulativo.



**Figura 12.1**

*Gráfica de muestreo secuencial.*

El ANI suele ser más bajo para el plan de muestreo secuencial que para cualquier otra forma de muestreo de aceptación, lo cual se traduce en menores costos de inspección. Cuando se tienen valores muy bajos o muy altos de la proporción defectuosa, el muestreo secuencial proporciona un ANI más bajo que cualquier otro plan de muestreo comparable.

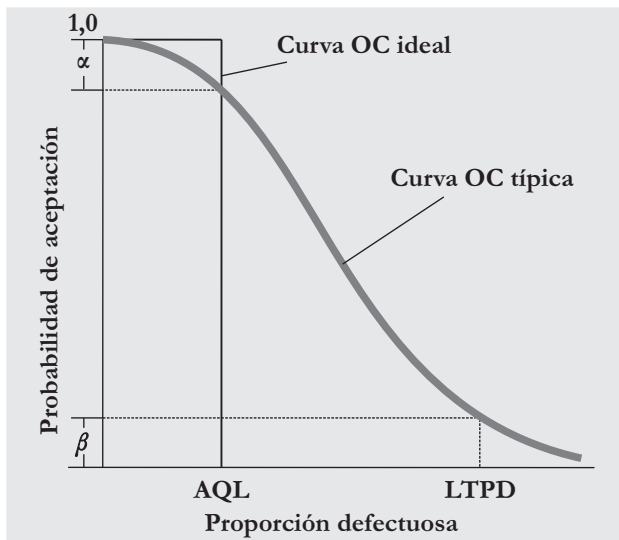
Sin embargo, si la proporción de unidades defectuosas se ubica entre el AQL y la LTPD, un plan de muestreo secuencial podría tener un ANI mayor que un plan comparable de un solo muestreo o de doble muestreo (aunque esa situación es poco probable). En general, el plan de muestreo secuencial reduce el ANI al 50% de lo que se requeriría si se aplicara un plan comparable de un solo muestreo, con el consecuente y sustancial ahorro por concepto de costos de inspección.



## CURVAS CARACTERÍSTICAS DE OPERACIÓN

Los analistas crean una representación gráfica del rendimiento de un plan de muestreo, trazando la probabilidad de que el lote sea aceptado, para toda una gama de proporciones de unidades defectuosas. Esta gráfica, llamada curva característica de operación (OC) (por sus siglas en inglés; *operating characteristic*), describe el grado en que un plan de muestreo permite distinguir entre los lotes buenos y los malos. Sin duda alguna, todo gerente desea disponer de un plan que acepte en el 100% de las ocasiones los lotes cuyo nivel de calidad sea mejor que el AQL y acepte lotes con un nivel de calidad peor que el AQL, el 0% de las veces.

Esta curva OC ideal para un plan de un solo muestreo aparece en la figura 12.2. Sin embargo ese rendimiento solamente se logra con el 100% de inspección. La curva OC típica para un plan de un solo muestreo, cuya gráfica aparece en color gris, muestra la probabilidad  $\alpha$  de rechazar un lote bueno (riesgo del productor) y la probabilidad  $\beta$  de aceptar un lote malo (riesgo del consumidor). Por ende, a los gerentes les corresponde elegir un tamaño de muestra  $n$  y un número de aceptación  $c$  para conseguir el nivel de rendimiento especificado por el AQL, el  $\alpha$ , la LTPD y el  $\beta$ .



**Figura 12.2**  
Curvas características de operación.

### Trazado de la curva OC

La distribución de muestreo correspondiente al plan de un solo muestreo es la distribución binomial, porque cada elemento inspeccionado puede estar defectuoso (un fracaso) o no (un éxito). La probabilidad de aceptar el lote es igual a lo probabilidad de tomar una muestra de tamaño  $n$  de un lote, con una proporción defectuosa de  $p$ , y encontrar  $c$  o menos elementos defectuosos. A pesar de ello, si  $n$  es mayor que 20 y  $p$  es menor que 0,05, entonces es posible emplear la distribución de Poisson como una aproximación de la distribución binomial, a fin de aprovechar las tablas preparadas específicamente para dibujar curvas OC.

Para dibujar la curva OC, busque la probabilidad de aceptar el lote para un determinado rango de valores de  $p$ , después, cada uno de los valores de  $p$ ,

1. multiplique  $p$  por el tamaño de la muestra  $n$ ,
2. busque el valor  $np$  en la columna izquierda de la tabla,
3. desplácese hacia la derecha hasta que localice la columna correspondiente a  $c$ , y
4. registre el valor que corresponde a la probabilidad de aceptación  $P_a$ .

Cuando  $p = \text{AQL}$ , el riesgo del productor,  $\alpha$ , es 1 menos la probabilidad de aceptación.

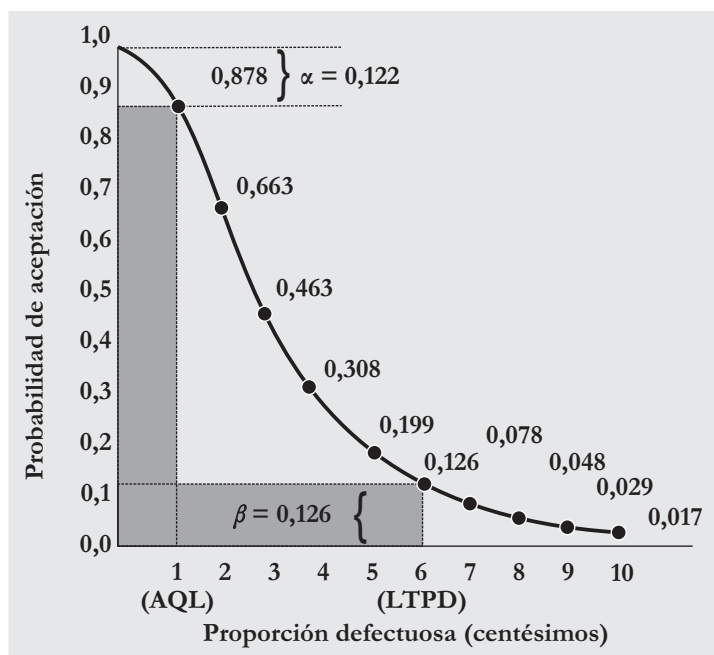
Cuando  $p = \text{LTPD}$ , el riesgo del consumidor,  $\beta$ , es igual a la probabilidad de aceptación.

**Ejemplo construcción de una curva OC.** Escapes El Manso, que se dedica a instalar sistemas sustitutos de silenciadores para vehículos, acaba de recibir un embarque de 1.000 silenciadores. El plan de muestreo elegido para inspeccionar esos silenciadores requiere un tamaño de muestra  $n = 60$  y un número de aceptación  $c = 1$ . El contrato firmado con el fabricante de silenciadores establece un AQL de 1 silenciador defectuoso por 100 y una LTPD de 6 silenciadores defectuosos por 100. Calcule la curva OC para este plan y determine el riesgo del productor y el riesgo del consumidor para dicho plan.

**Solución:**

Sea  $p = 0,01$ . Ahora multiplique  $n$  por  $p$ , para obtener  $60(0,01) = 0,60$ . Localice 0,60 en la tabla Probabilidades Acumulativas de Poisson. Desplácese hacia la derecha hasta llegar a la columna correspondiente a  $c = 1$ . Lea la probabilidad de aceptación: 0,878. Repita este procedimiento para una gama de valores de  $p$ . La siguiente tabla contiene los valores restantes para la curva OC. Observe que este plan ofrece un riesgo del productor de 12,2% y un riesgo del consumidor de 12,6%. Ambos valores son más altos que los valores usualmente aceptables para planes de este tipo (5 y 10%, respectivamente). La figura 12.3 muestra la curva OC y los riesgos del productor y del consumidor.

Proporción defectuosa ( $p$ )	( $np$ )	Probabilidad de $c$ defectos o menos ( $P_d$ )	Comentarios
0,01	0,6	0,878	$\alpha = 1,000 - 0,878 = 0,122$
0,02	1,2	0,663	
0,03	1,8	0,463	$\beta = 0,126$
0,04	2,4	0,308	
0,05	3,0	0,199	
0,06	3,6	0,126	
0,07	4,2	0,078	
0,08	4,8	0,048	
0,09	5,4	0,029	
0,10	6,0	0,017	



**Figura 12.3**

Curvas OC correspondiente a un plan de un solo muestreo con  $n = 60$  y  $c = 1$ .

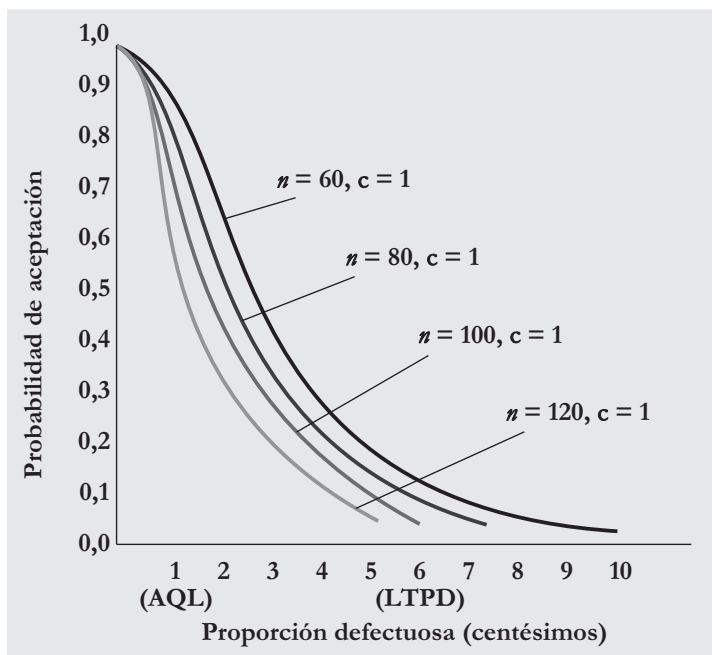


**Explicación de los cambios en la curva OC**

El ejemplo anterior plantea preguntarse cómo podría modificar la gerencia el plan de muestreo para reducir la probabilidad de rechazar lotes buenos y aceptar lotes malos. Para responder esta cuestión, veamos de qué modo afectan  $n$  y  $c$  la forma de la curva OC: En el ejemplo de Escapes El Manso, un mejor plan de un solo muestreo tendría un riesgo de productor más bajo y un riesgo de consumidor también más bajo.

**Efecto del tamaño de la muestra.** ¿Qué pasará si aumentáramos el tamaño de la muestra a 80 y dejáramos el nivel de aceptación,  $c$ , sin cambio alguno, en 1? Podemos usar las Tablas de Probabilidad de Poisson. Si la proporción defectuosa del lote es  $p = AQL = 0,01$ , entonces  $np = 0,8$  y la probabilidad de aceptación del lote es de sólo 0,809. Así, el riesgo del productor es de 0,191. En forma similar, si  $p = LTPD = 0,06$ , la probabilidad de aceptación es 0,048. Otros valores de los riesgos del productor y el consumidor aparecen en la siguiente tabla:

$(n)$	Riesgo del productor ( $p = AQL$ )	Riesgo del consumidor ( $p = LTPD$ )
60	0,122	0,126
80	0,191	0,041
100	0,264	0,017
120	0,332	0,006



**Figura 12.4**  
Efectos de incrementar el tamaño de muestra manteniendo constante el número de aceptación.

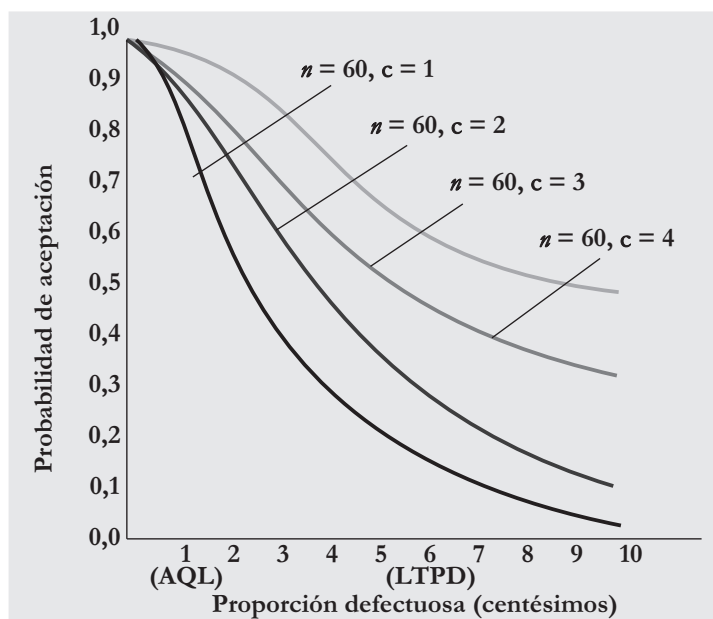


Estos resultados, ilustrados en la figura 12.4, expresan el siguiente principio: incrementar  $n$  mientras  $c$  se mantiene constante aumenta el riesgo del productor y reduce el riesgo del consumidor. En el caso del fabricante de los silenciadores, el hecho de mantener  $c = 1$  e incrementar el tamaño de la muestra hace más difícil que un lote sea aceptado por el cliente: bastará que haya 2 silenciadores defectuosos para que ese lote sea rechazado. Y la probabilidad de encontrar los dos defectos es mayor en una muestra de 120 que en una de 60. Por consiguiente, el riesgo del productor aumenta. Para la gerencia de Escapes El Manso, el riesgo del consumidor disminuye porque en una muestra aleatoria de 120 silenciadores, tomada de un lote con 6% de unidades defectuosas, es menos probable que haya sólo 1 o menos silenciadores defectuosos.

**Efecto del nivel de aceptación.** Suponga que mantenemos constante el tamaño de la muestra en 60, pero modificamos el nivel de aceptación. Una vez más, usaremos las Tablas de Probabilidad de Poisson.

$(n)$	Riesgo del productor ( $p = AQL$ )	Riesgo del consumidor ( $p = LTPD$ )
1	0,122	0,126
2	0,023	0,303
3	0,003	0,515
4	0,000	0,706

Los resultados aparecen gráficamente en la figura 12.5. Así se demuestra el siguiente principio: incrementar  $c$  mientras  $n$  se mantiene constante reduce el riesgo del productor y aumenta el riesgo del consumidor. El fabricante de silenciadores vería con agrado un incremento en el número de aceptación, porque así resultaría más fácil conseguir que el lote fuera aceptado por el consumidor. Si el lote tuviera sólo 1% de unidades defectuosas (el AQL), con un tamaño de muestra de 60, esperaríamos que hubiera únicamente 0,6 ( $60 \cdot 0,01$ ) defectos en la muestra. Un incremento de 1 a 2 en el número de aceptación disminuye la probabilidad de encontrar más de 2 defectos y, en consecuencia, reduce el riesgo del productor. Sin embargo, al aumentar el número de aceptación para un tamaño de muestra determinado se incrementa el riesgo de que un lote malo sea aceptado. Supongamos que el lote tuviera 6% de unidades defectuosas (el LTPD). Esperaríamos encontrar 3,6 ( $60 \cdot 0,06$ ) unidades defectuosas en la muestra. Un incremento de 1 a 2 en el número de aceptación aumenta la probabilidad de obtener una muestra con 2 o menos defectos y, por lo tanto, acrecienta el riesgo del consumidor.



**Figura 12.5**

Efectos de incrementar el número de aceptación manteniendo constante el tamaño de la muestra.



Así pues, para mejorar el plan de aceptación con un solo muestreo de Escapes El Manso, la gerencia tendría que aumentar el tamaño de la muestra, lo cual reduce el riesgo del productor. Por medio de tanteos (ensayo y error) es posible hallar una combinación mejorada, usando tablas como las que aquí hemos empleado (Probabilidades Acumulativas de Poisson).

Otra opción consiste en usar una computadora para encontrar la mejor combinación. Para cualquier número de aceptación, la computadora determina el tamaño de muestra necesario para que el riesgo del consumidor tenga el valor deseado. La computadora selecciona el menor tamaño de muestra que será capaz de satisfacer tanto el riesgo del productor como el riesgo del consumidor. Los datos impresos por computadora que aparecen en la siguiente tabla revelan que un tamaño de muestra de 111 y un número de aceptación de 3 son los mejores. Esta combinación genera en realidad, un riesgo del productor de 0,026 y un riesgo del consumidor de 0,10 (no aparecen en la ilustración). Estos riesgos no son exactos porque  $c$  y  $n$  tienen que ser números enteros.

	A	B	C	D	E	F
1						
2		Plan de muestreo de aceptación				
3		Datos introducidos				
4						
5		Nivel de calidad de aceptación (AQL)			0,0100	
6		Riesgo del productor ( $\alpha$ )			0,0500	
7		Proporción defectuosa tolerable en el lote (LTPD)			0,0600	
8		Riesgo del consumidor ( $\beta$ )			0,1000	
9						
10		Tamaño de				
11		la muestra (n)	111	Nivel de aceptación	3	
12						
13						
14						
15						
16						
17						
18						
19						
20						
21						
22						
23						
24						
25						

Número de aceptación	BASADO EN AQL		BASADO EN LTPD	
	Defectos esperados	Tamaño de la muestra	Defectos esperados	Tamaño de la muestra
0	0,0509	5	2,2996	38
1	0,3552	36	3,8875	65
2	0,8112	81	5,3217	89
3	1,3675	137	6,6697	111
4	1,968	197	7,9894	133
5	2,6256	263	9,2647	154
6	3,2838	328	10,5139	175
7	3,9794	398	11,7726	196
8	4,6936	469	12,9903	217
9	5,4237	542	14,2042	237
10	6,1635	616	15,4036	257

## CALIDAD DE SALIDA PROMEDIO

Ya hemos indicado cómo escoger el tamaño de la muestra y el número de aceptación para un plan de un solo muestreo, cuando los parámetros AQL,  $\alpha$ , LTPD y  $\beta$  son conocidos. Para verificar si el rendimiento del plan es lo que deseábamos, podemos calcular la calidad de salida promedio (AOQ) (por sus siglas en inglés; *average outgoing quality*), la cual indica la proporción esperada de defectos que el plan permitirá que se presente.

Suponemos que todos los elementos defectuosos del lote serán sustituidos por otros en buen estado si el lote es rechazado, y que cualquier elemento defectuoso de la muestra será reemplazado si el lote es aceptado. Este enfoque se conoce como inspección rectificadora. La ecuación correspondiente para la AOQ es:

$$AOQ = \frac{p (P_a) (N - n)}{N} = 1,39$$

donde:

$p$  = verdadera proporción defectuosa del lote

$P_a$  = probabilidad de aceptación del lote

$N$  = tamaño del lote

$n$  = tamaño de la muestra

El analista puede calcular la AOQ para estimar el rendimiento del plan sobre toda una gama de posibles proporciones defectuosas, a fin de decidir si dicho plan es capaz de proveer un grado de protección aceptable. El valor máximo de la calidad de salida promedio sobre todos los valores posibles de la proporción defectuosa se conoce como el límite de la calidad de salida promedio (AOQL) (por sus siglas en inglés; *average outgoing quality limit*). Si el AOQL parece ser demasiado alto, los parámetros del plan tendrán que ser modificados hasta que se obtenga un AOQL aceptable.

**Ejemplo de cómo calcular el AOQL.** Supongamos que Escapes El Manso está usando la inspección rectificadora para su plan de un solo muestreo. Calcule el límite de la calidad de salida promedio para un plan con  $n = 110$ ,  $c = 3$  y  $N = 1000$ . Consulte la tabla de Probabilidades Acumulativas de Poisson para estimar las probabilidades de aceptación para valores de la proporción defectuosa comprendidos entre 0,01 y 0,08, en incrementos de 0,01.

#### Solución:

*Paso 1.* Determine las probabilidades de aceptación para los valores deseados de  $p$ . Dichos valores aparecen en la tabla siguiente. Sin embargo, los valores correspondientes a  $p = 0,03$ ; 0,05 y 0,07 tuvieron que obtenerse por interpolación, porque no figuran en dicha tabla. Por ejemplo,  $P_a$  para  $p = 0,03$  se estimó promediando los valores de  $P_a$  para  $np = 3,2$  y  $np = 3,44$ ; o sea  $(0,603 + 0,558) / 2 = 0,58$ .

Proporción defectuosa ( $p$ )	( $np$ )	Probabilidad de aceptación ( $P_a$ )	
0,01	1,10	0,974	
0,02	2,20	0,819	
0,03	3,30	0,581	= (0,603 + 0,558) / 2
0,04	4,40	0,359	
0,05	5,50	0,202	= (0,213 + 0,191) / 2
0,06	6,60	0,105	
0,07	7,70	0,052	= (0,055 + 0,048) / 2
0,08	8,80	0,024	

*Paso 2.* Calcule AOQ correspondiente a cada valor de  $p$ .

Para  $p = 0,01$ :  $0,01 (0,974) (1000 - 110) / 1000 = 0,0087$

Para  $p = 0,02$ :  $0,02 (0,819) (1000 - 110) / 1000 = 0,0146$

Para  $p = 0,03$ :  $0,03 (0,581) (1000 - 110) / 1000 = 0,0155$

Para  $p = 0,04$ :  $0,04 (0,359) (1000 - 110) / 1000 = 0,0128$

Para  $p = 0,05$ :  $0,05 (0,202) (1000 - 110) / 1000 = 0,0090$

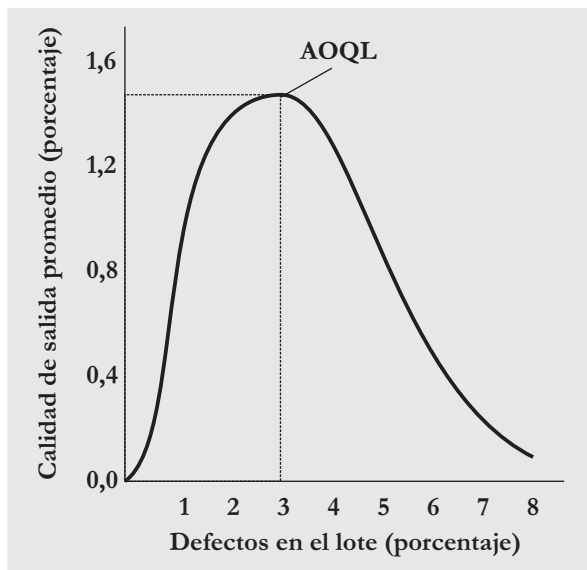
Para  $p = 0,06$ :  $0,06 (0,105) (1000 - 110) / 1000 = 0,0056$

Para  $p = 0,07$ :  $0,07 (0,052) (1000 - 110) / 1000 = 0,0032$

Para  $p = 0,08$ :  $0,08 (0,024) (1000 - 110) / 1000 = 0,0017$



La gráfica correspondiente a los valores AOQ se presenta en la figura 12.6



**Figura 12.6**  
Curva de la calidad de salida promedio para Escapes El Manso.

*Paso 3.* Identifique el valor más grande de la AOQ, el cual corresponde a la estimación del AOQL. En este ejemplo, el AOQL equivale a 0.0155 en  $p = 0.03$ .

## PUNTOS RELEVANTES

- El muestreo de aceptación está enfocado en la decisión de aceptar o rechazar una partida (o lote) de bienes. El diseño del proceso de muestreo de aceptación incluye decisiones acerca de muestreo e inspección completa, medidas de atributos y medidas de variables, AQL,  $\alpha$ , ATPD,  $\beta$ , tamaño de la muestra, y sobre el número aceptable de elementos defectuosos en una muestra.
- La gerencia puede elegir el mejor plan (escogiendo el tamaño de muestra  $n$  y el número de aceptación  $c$ ), empleando para ello una curva característica de operación (OC).
- El muestreo de atributos suele realizarse por medio de planes de un solo muestreo, de doble muestreo o de muestreo secuencial. Cuando la proporción defectuosa del lote es muy baja o muy alta, los dos métodos mencionados en último término tienen una ventaja sobre los planes de un solo muestreo, porque el número promedio de elementos inspeccionados (ANI) que se requiere para tomar una decisión es más pequeño.
- Cuando se inspecciona menos del 100% de un lote, la muestra puede no ser una representación precisa del mismo. Existe el riesgo de aceptar materiales de mala calidad o de rechazar otros que son de buena calidad. Las curvas OC constituyen una representación gráfica del rendimiento de un plan de muestreo. En ellas se aprecia la forma en que la probabilidad de aceptar un lote disminuye, a medida que aumenta la proporción defectuosa contenida en dicho lote.
- Cuando se usa una inspección rectificadora para sustituir elementos defectuosos por otros buenos, los materiales que salen del área de inspección (la salida) tendrán un nivel de calidad muy alto. La calidad de salida promedio dependerá de la calidad original del lote y del plan de muestreo empleado para identificar y corregir los defectos. Los parámetros del plan de muestreo pueden ajustarse para proveer un límite aceptable de la calidad de salida promedio.



## TÉRMINOSCLAVE

- Calidad de salida promedio (AOQ)
- Curva característica de operación (OC)
- Inspección rectificadora
- Límite de la calidad de salida promedio (AOQL)
- Muestreo de aceptación
- Nivel de calidad aceptable
- Plan de doble muestreo
- Plan de muestreo secuencial
- Plan de un solo muestreo
- Proporción defectuosa tolerable en el lote (LTPD)
- Riesgo del consumidor ( $\beta$ )
- Riesgo del productor ( $\alpha$ )

## REFERENCIASBIBLIOGRÁFICAS

Besterfield, D.H. *Quality Control*, 2ª ed. Prentice-Hall. Englewood Cliff, N.J. 1986.

Duncan, A.J. *Quality Control and Industrial Statistics*, 5ª ed. Irwin. Homewood, Il. 1986.

Grant, E.L. y Leavenworth, R.S. *Statistical Quality Control*, 6ª ed. McGraw-Hill. New York. 1988.

Messina, W.S. *Statistical Quality for Manufacturing Managers*. John Wiley & Sons. New York. 1987.

U.S. Department of Defense. *Military Standard (MIL-STD-414) Sampling Procedures and Tables for Inspection by Variables for Percent Defective*. Government Printing Office. Washington, D.C. 1957.

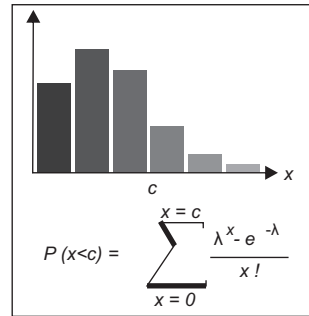
U.S. Department of Defence. *Military Standard (MIL-STD-414) Sampling Procedures and Tables for Attributes*. Government Printing Office. Washington, D.C. 1963.



## ANEXOTABLAS

**Probabilidades acumuladas de Poisson**

np	x													
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
.05	.951	.999	1.000											
.10	.905	.995	1.000											
.15	.861	.900	.999	1.000										
.20	.819	.982	.999	1.000										
.25	.779	.974	.998	1.000										
.30	.741	.963	.996	1.000										
.35	.705	.951	.994	1.000										
.40	.670	.938	.992	.999	1.000									
.45	.638	.925	.989	.999	1.000									
.50	.608	.910	.986	.998	1.000									
.55	.577	.894	.982	.998	1.000									
.60	.549	.878	.977	.997	1.000									
.65	.522	.861	.972	.996	.999	1.000								
.70	.497	.844	.966	.994	.999	1.000								
.75	.472	.827	.959	.993	.999	1.000								
.80	.449	.809	.953	.991	.999	1.000								
.85	.427	.791	.945	.989	.998	1.000								
.90	.407	.772	.937	.987	.998	1.000								
.95	.387	.754	.929	.984	.997	1.000								
1.0	.368	.736	.920	.981	.996	.999	1.000							
1.1	.333	.699	.900	.974	.995	.999	1.000							
1.2	.301	.663	.879	.966	.992	.998	1.000							
1.3	.273	.627	.857	.957	.989	.998	1.000							
1.4	.247	.592	.833	.946	.986	.997	.999	1.000						
1.5	.223	.558	.809	.934	.981	.996	.999	1.000						
1.6	.202	.525	.783	.921	.976	.994	.999	1.000						
1.7	.183	.493	.757	.907	.970	.992	.998	1.000						
1.8	.165	.463	.731	.891	.964	.990	.997	.999	1.000					
1.9	.150	.434	.704	.875	.956	.987	.997	.999	1.000					
2.0	.135	.406	.677	.857	.947	.983	.995	.999	1.000					
2.2	.111	.355	.623	.819	.928	.975	.993	.998	1.000					
2.4	.091	.308	.570	.779	.904	.964	.988	.997	.999	1.000				
2.6	.074	.267	.518	.736	.877	.951	.983	.995	.999	1.000				
2.8	.061	.231	.469	.692	.848	.935	.976	.995	.998	.999	1.000			
3.0	.050	.199	.423	.647	.815	.916	.966	.988	.996	.999	1.000			
3.2	.041	.171	.380	.603	.781	.895	.955	.992	.994	.998	1.000			
3.4	.033	.147	.370	.558	.744	.871	.942	.977	.992	.997	.999	1.000		
3.6	.027	.126	.303	.515	.706	.844	.927	.969	.988	.996	.999	1.000		
3.8	.022	.107	.269	.473	.668	.816	.909	.960	.984	.994	.998	.999		
4.0	.018	.092	.238	.433	.629	.785	.889	.946	.979	.992	.997	.999	1.000	
4.2	.015	.078	.210	.395	.590	.753	.867	.936	.972	.989	.996	.999	1.000	
4.4	.012	.066	.185	.359	.551	.720	.844	.921	.964	.985	.994	.998	.999	1.000
4.6	.010	.056	.163	.326	.513	.686	.818	.905	.955	.980	.992	.997	.999	1.000
4.8	.008	.048	.143	.294	.476	.651	.791	.887	.944	.975	.990	.996	.999	1.000
5.0	.007	.040	.125	.265	.440	.616	.762	.867	.932	.968	.986	.995	.998	.999
5.2	.006	.034	.109	.238	.406	.581	.732	.845	.918	.960	.982	.993	.997	.999
5.4	.005	.029	.095	.213	.373	.546	.702	.822	.903	.951	.977	.990	.996	.999
5.6	.004	.024	.082	.191	.342	.512	.670	.797	.886	.941	.972	.988	.995	.998
5.8	.003	.021	.072	.170	.313	.478	.638	.771	.867	.929	.965	.984	.993	.997
6.0	.002	.017	.062	.151	.285	.446	.606	.744	.847	.916	.957	.980	.991	.996
6.2	.002	.015	.054	.134	.259	.414	.574	.716	.826	.902	.949	.975	.989	.995
6.4	.002	.012	.046	.119	.235	.384	.542	.687	.803	.886	.939	.969	.986	.994
6.6	.001	.010	.040	.105	.213	.355	.511	.658	.780	.869	.927	.963	.982	.992
6.8	.001	.009	.034	.093	.192	.327	.480	.628	.755	.850	.915	.955	.978	.990
7.0	.001	.007	.030	.082	.173	.301	.450	.600	.729	.830	.901	.947	.973	.987
7.2	.001	.006	.025	.072	.153	.276	.420	.570	.703	.810	.887	.937	.967	.984
7.4	.001	.005	.022	.063	.140	.253	.392	.542	.676	.788	.871	.926	.961	.980
7.6	.001	.004	.019	.055	.125	.231	.365	.515	.648	.765	.854	.915	.954	.976
7.8	.001	.004	.016	.048	.112	.210	.338	.490	.620	.741	.835	.902	.945	.971
8.0	.001	.003	.014	.042	.100	.191	.313	.465	.593	.717	.816	.888	.936	.966



Probabilidades acumuladas de Poisson

np	x													
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
8.2	.000	.003	.012	.037	.089	.174	.290	.425	.565	.692	.796	.873	.926	.960
8.4	.000	.002	.010	.032	.079	.157	.267	.399	.537	.666	.774	.857	.915	.952
8.6	.000	.002	.009	.028	.070	.142	.246	.373	.509	.640	.752	.840	.903	.945
8.8	.000	.001	.007	.024	.062	.128	.226	.348	.482	.614	.729	.822	.890	.936
9.0	.000	.001	.006	.021	.055	.116	.207	.324	.456	.587	.706	.803	.876	.926
9.2	.000	.001	.005	.018	.049	.104	.189	.301	.430	.561	.682	.783	.861	.916
9.4	.000	.001	.005	.016	.043	.093	.173	.279	.404	.535	.658	.763	.845	.904
9.6	.000	.001	.004	.014	.039	.084	.157	.258	.380	.509	.633	.741	.828	.892
9.8	.000	.001	.003	.012	.033	.075	.143	.239	.356	.483	.608	.719	.820	.879
10.0	0	.000	.003	.010	.029	.067	.130	.220	.333	.458	.583	.697	.792	.864
10.2	0	.000	.002	.009	.026	.060	.118	.203	.311	.433	.558	.674	.772	.849
10.4	0	.000	.002	.008	.023	.053	.107	.186	.290	.409	.533	.650	.752	.834
10.6	0	.000	.002	.007	.020	.048	.097	.171	.269	.385	.508	.627	.732	.817
10.8	0	.000	.001	.006	.017	.042	.087	.157	.250	.363	.484	.603	.710	.799
11.0	0	.000	.001	.005	.015	.038	.079	.143	.232	.341	.460	.579	.689	.781
11.2	0	.000	.001	.004	.013	.033	.071	.131	.215	.319	.436	.555	.667	.762
11.4	0	.000	.001	.004	.012	.029	.064	.119	.198	.299	.413	.532	.644	.743
11.6	0	.000	.001	.003	.010	.026	.057	.108	.183	.279	.391	.508	.622	.723
11.8	0	.000	.001	.003	.009	.023	.051	.099	.169	.260	.369	.485	.599	.702
12.0	0	.000	.001	.002	.008	.020	.046	.090	.155	.242	.347	.462	.576	.682
12.2	0	0	.000	.002	.007	.018	.041	.081	.142	.225	.327	.439	.553	.660
12.4	0	0	.000	.002	.006	.016	.037	.073	.131	.209	.307	.417	.530	.639
12.6	0	0	.000	.001	.005	.014	.033	.066	.120	.194	.288	.395	.508	.617
12.8	0	0	.000	.001	.004	.012	.029	.060	.109	.179	.269	.374	.485	.595
13.0	0	0	.000	.001	.004	.011	.026	.057	.100	.166	.252	.353	.463	.573
13.2	0	0	.000	.001	.003	.009	.023	.049	.091	.153	.235	.333	.441	.551
13.4	0	0	.000	.001	.003	.008	.020	.044	.083	.141	.219	.314	.420	.529
13.6	0	0	.000	.001	.002	.007	.018	.039	.075	.130	.204	.295	.399	.507
13.8	0	0	.000	.001	.002	.006	.016	.035	.068	.119	.189	.277	.378	.486
14.0	0	0	0	.000	.002	.006	.014	.032	.062	.109	.176	.280	.358	.464
14.2	0	0	0	.000	.002	.005	.013	.028	.056	.100	.163	.244	.339	.443
14.4	0	0	0	.000	.001	.004	.011	.025	.051	.092	.151	.228	.320	.423
14.6	0	0	0	.000	.001	.004	.010	.023	.046	.084	.139	.213	.302	.402
14.8	0	0	0	.000	.001	.003	.009	.020	.042	.077	.129	.198	.285	.383
15.0	0	0	0	.000	.001	.003	.008	.018	.037	.070	.118	.185	.268	.363
15.2	0	0	0	.000	.001	.002	.007	.016	.034	.064	.108	.172	.251	.344
15.4	0	0	0	.000	.001	.002	.006	.014	.030	.058	.100	.160	.236	.326
15.6	0	0	0	.000	.001	.002	.005	.013	.027	.053	.092	.148	.221	.308
15.8	0	0	0	0	.000	.002	.005	.011	.025	.048	.084	.137	.207	.291
16.0	0	0	0	0	.000	.001	.004	.010	.022	.043	.077	.127	.192	.275
16.2	0	0	0	0	.000	.001	.004	.009	.020	.039	.071	.117	.180	.259
16.4	0	0	0	0	.000	.001	.003	.008	.018	.035	.065	.108	.168	.243
16.6	0	0	0	0	.000	.001	.003	.007	.016	.032	.059	.100	.156	.228
16.8	0	0	0	0	.000	.001	.002	.006	.014	.029	.054	.092	.154	.214
17.0	0	0	0	0	.000	.001	.002	.005	.013	.026	.049	.085	.135	.201
17.2	0	0	0	0	.000	.001	.002	.005	.011	.024	.045	.078	.125	.188
17.4	0	0	0	0	.000	.001	.002	.004	.010	.021	.041	.071	.116	.176
17.6	0	0	0	0	0	.000	.001	.004	.009	.019	.037	.065	.107	.164
17.8	0	0	0	0	0	.000	.001	.003	.008	.017	.033	.060	.099	.153
18.0	0	0	0	0	0	.000	.001	.003	.007	.015	.030	.055	.092	.143
18.2	0	0	0	0	0	.000	.001	.003	.006	.014	.027	.050	.085	.133
18.4	0	0	0	0	0	.000	.001	.002	.006	.013	.025	.046	.078	.123
18.6	0	0	0	0	0	.000	.001	.002	.005	.011	.022	.042	.072	.115
18.8	0	0	0	0	0	.000	.001	.002	.004	.010	.020	.038	.066	.106
19.0	0	0	0	0	0	.000	.001	.002	.004	.009	.018	.035	.061	.098
19.2	0	0	0	0	0	0	.000	.001	.003	.008	.017	.032	.056	.091
19.4	0	0	0	0	0	0	.000	.001	.003	.007	.015	.029	.051	.084
19.6	0	0	0	0	0	0	.000	.001	.003	.006	.013	.026	.047	.078
19.8	0	0	0	0	0	0	.000	.001	.002	.006	.012	.024	.043	.072
20.0	0	0	0	0	0	0	.000	.001	.002	.005	.011	.021	.039	.066

