

**TABLA 12.11** Tabla Dodge-Romig para muestreo simple para un nivel de calidad límite, NCL 1.0% (o LTPD).

TAMAÑO DE LOTE	PROMEDIO DE DEFECTUOSOS EN EL PROCESO																	
	0-0.010%			0.011-0.10%			0.11-0.20%			0.21-0.30%			0.31-0.40%			0.41-0.50%		
	<i>n</i>	<i>c</i>	LCPS	<i>n</i>	<i>c</i>	LCPS	<i>n</i>	<i>c</i>	LCPS	<i>n</i>	<i>c</i>	LCPS	<i>n</i>	<i>c</i>	LCPS	<i>n</i>	<i>c</i>	LCPS
1-120	All	0	0	All	0	0	All	0	0	All	0	0	All	0	0	All	0	0
121-150	120	0	.06	120	0	.06	120	0	.06	120	0	.06	120	0	.06	120	0	.06
151-200	140	0	.08	140	0	.08	140	0	.08	140	0	.08	140	0	.08	140	0	.08
201-300	165	0	.1	165	0	.1	165	0	.1	165	0	.1	165	0	.1	165	0	.10
301-400	175	0	.12	175	0	.12	165	0	.12	175	0	.12	175	0	.12	175	0	.12
401-500	180	0	.13	180	0	.13	180	0	.13	180	0	.13	180	0	.13	180	0	.13
501-600	190	0	.13	190	0	.13	190	0	.13	190	0	.13	190	0	.13	305	1	.14
601-800	200	0	.14	200	0	.14	200	0	.14	330	1	.15	330	1	.15	330	1	.15
801-1000	205	0	.14	205	0	.14	205	0	.14	335	1	.17	335	1	.17	335	1	.17
1001-2000	220	0	.15	220	0	.15	360	1	.19	490	2	.21	490	2	.21	610	3	.22
2001-3000	220	0	.15	375	1	.20	506	2	.23	630	3	.24	745	4	.26	870	5	.26
3001-4000	225	0	.15	380	1	.20	510	2	.24	645	3	.25	880	5	.28	1000	6	.29
4001-5000	225	0	.16	380	1	.20	520	2	.24	770	4	.28	895	5	.29	1120	7	.31
5001-7000	230	0	.16	385	1	.21	655	3	.27	780	4	.29	1020	5	.32	1260	8	.34
7001-10000	230	0	.16	520	2	.25	660	3	.28	910	5	.32	1150	7	.34	1500	10	.37
10001-20000	390	1	.21	525	2	.26	785	4	.31	1040	6	.35	1400	9	.39	1980	14	.43
20001-50000	390	1	.21	530	2	.26	920	5	.34	1300	8	.39	1890	13	.44	2570	19	.48
50001-100000	390	1	.21	670	3	.29	1040	6	.36	1420	9	.41	2120	15	.47	3150	23	.50

todos los lotes, y en ese caso es más económico y eficiente aplicar muestreo al 100%, ya que se ahorraría el costo del muestreo aleatorio, así como la administración del mismo.

4. Con los datos anteriores y apoyándose en tablas, como la 12.11 y la 12.12, obtener los componentes básicos del plan de muestreo: tamaño de muestra, *n*, número de aceptación, *c*, y el límite de la calidad promedio de salida (LCPS o AOQL) que tendrá el plan.

En el ejemplo 12.4 se ilustran estos pasos.

### EJEMPLO 12.4

Un proceso genera lotes de 8000 piezas y se sabe que tiene una proporción promedio de defectuosos de 0.26%. Se desea evitar con un buen nivel seguridad que no salgan al mercado lotes con una proporción de defectuosos mayor a 1%. Por ello, se establece un plan de muestreo de aceptación, eligiendo NCL = 1%. Con esto se utiliza la tabla 12.11, y se ve que el promedio del proceso cae en la columna 0.21-0.30% y, al relacionarla con el tamaño de lote se encuentra que el plan es:  $n = 910$ ,  $c = 5$  y  $LCPS = 0.32$ .

Con este plan se tendrá una probabilidad de 0.10 o menos de mandar lotes al mercado con una proporción de defectuosos de 1%. Si los lotes rechazados se inspeccionan al 100%, y las piezas malas son sustituidas por buenas, entonces el plan de muestreo garantiza que la peor calidad que en promedio se estará mandando al mercados es de 0.32% de defectuosos.

**TABLA 12.12** Tabla Dodge-Roming para muestreo simple para un nivel de calidad límite, NCL 5.0% (o LTPD).

TAMAÑO DE LOTE	PROMEDIO DE DEFECTUOSOS EN EL PROCESO																	
	0-0.05%			0.06-0.50%			0.51-1.0%			1.01-1.5%			1.51-2.0%			2.01-2.5%		
	<i>n</i>	<i>c</i>	LCPS	<i>n</i>	<i>c</i>	LCPS	<i>n</i>	<i>c</i>	LCPS	<i>n</i>	<i>c</i>	LCPS	<i>n</i>	<i>c</i>	LCPS	<i>n</i>	<i>c</i>	LCPS
1-30	All	0	0	All	0	0	All	0	0	All	0	0	All	0	0	All	0	0
31-50	30	0	.49	30	0	.49	30	0	.49	30	0	.49	30	0	.49	30	0	.49
51-100	37	0	.63	37	0	.63	37	0	.63	37	0	.63	37	0	.63	37	0	.63
101-200	40	0	.74	40	0	.74	40	0	.74	40	0	.74	40	0	.74	40	0	.74
201-300	43	0	.74	43	0	.74	70	1	.92	70	1	.92	95	2	.99	95	2	.99
301-400	44	0	.74	44	0	.74	70	1	.99	100	2	1.0	120	3	1.1	145	4	1.1
401-500	45	0	.75	75	1	.95	100	2	1.1	100	2	1.1	125	3	1.2	150	4	1.2
501-600	45	0	.76	75	1	.98	100	2	1.1	125	3	1.2	150	4	1.3	75	5	1.3
601-800	45	0	.77	75	1	1.0	100	2	1.2	130	3	1.2	175	5	1.4	200	6	1.4
801-1000	45	0	.78	75	1	1.0	105	2	1.2	155	4	1.4	180	5	1.4	225	7	1.5
1001-2000	45	0	.80	75	1	1.0	130	3	1.4	180	5	1.6	230	7	1.7	208	9	1.8
2001-3000	75	1	1.1	105	12	1.3	135	3	1.4	210	6	1.7	280	9	1.9	370	13	2.1
3001-4000	75	1	1.1	105	12	1.3	160	4	1.5	210	6	1.7	305	10	2.0	420	15	2.2
4001-5000	75	1	1.1	105	12	1.3	160	4	1.5	235	7	1.8	330	11	2.0	440	16	2.2
5001-7000	75	1	1.1	105	12	1.3	185	5	1.7	260	8	1.9	350	12	2.2	490	18	2.4
7001-10000	75	1	1.1	105	12	1.3	185	5	1.7	260	8	1.9	380	13	2.2	535	20	2.5
10001-20000	75	1	1.1	135	3	1.4	210	6	1.8	285	9	2.0	425	15	2.3	610	23	2.6
20001-50000	75	1	1.1	135	3	1.4	235	7	1.9	305	10	2.1	470	17	2.4	700	27	2.7
50001-100000	75	1	1.1	160	4	1.6	235	7	1.9	355	12	2.2	515	19	2.5	770	30	2.8

## Planes LCPS (o AOQL)

Los planes basados en el LCPS tienen como propósito asegurar que después de todo el muestreo y de la inspección al 100% de los lotes rechazados, a largo plazo, la calidad promedio de salida no será mayor que el LCPS fijado. De manera que estos planes no están inspirados en protegerse de la calidad específica de los lotes, sino de la calidad a la larga. Las tablas Dodge-Roming para planes LCPS contemplan muestreo simple y doble; mientras que los porcentajes de unidades defectuosas considerados para el LCPS son: 0.1, 0.25, 0.5, 0.75, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5, 3.0, 4.0, 5.0, 7.0 y 10.0%. En las tablas 12.13 y 12.14 se muestran los planes de muestreo simple para valores de LCPS = 2.0% y LCPS = 3.0%, respectivamente.

Para diseñar planes LCPS de Dodge-Roming se aplican los siguientes pasos:

1. Seleccionar el LCPS apropiado. En principio, esta elección se fundamenta en la peor calidad promedio de salida que se está dispuesto a aceptar como razonable. Pero se debe ser realista y considerar el nivel de calidad del proceso actual, ya que una elección del LCPS demasiado baja (como sería el deseo del consumidor), trae como consecuencia que la mayoría de los lotes sean rechazados. Con ello se perderían algunas ventajas del muestreo de aceptación y, en la práctica, sería mejor aplicar muestreo al 100 por ciento.
2. Especificar el tamaño del lote.
3. Determinar la proporción promedio de artículos defectuosos del proceso del productor,  $p$ . Las tablas sólo contemplan planes en los que esta proporción es menor o igual que el LCPS

### LCPS Dodge-Roming

Esquemas basados en el límite de la calidad promedio de salida (LCPS).

deseado. De esta manera, si la proporción de defectuosos del proceso es mayor que el LCPS elegido, entonces se debe ver la posibilidad de elegir un LCPS mayor. Si esto se descarta, no será posible definir el plan y la mejor decisión será aplicar muestreo al 100%.

4. Con los datos anteriores y apoyándose en las tablas 12.13 o 12.14, obtener los componentes básicos del plan de muestreo: tamaño de muestra,  $n$ , número de aceptación,  $c$ , y el nivel de calidad límite, NCL, que el plan rechazará con facilidad.

En el ejemplo 12.5 se ilustran estos pasos.

### EJEMPLO 12.5

Un proceso produce lotes de 2 500 piezas y se sabe que genera una proporción promedio de defectuosos de 1.0%. Se desea garantizar un LCPS de 2%. En la tabla 12.13 se observa que el promedio del proceso cae en la columna de 0.81-1.20% y, al relacionarla con el tamaño del lote se encuentra que el plan es  $n = 95, c = 3, NCL = 7.0\%$ .

De esta manera, con este plan los lotes con porcentaje de defectuosos de 7.0% tendrán pocas posibilidades de mandarse al mercado sin antes inspeccionarlos al 100%, ya que la probabilidad de aceptarlos es sólo de 0.10.

**TABLA 12.13** Tabla Dodge-Romig para muestreo simple con LCPS = 2% (AOQL).

TAMAÑO DE LOTE	PROMEDIO DE DEFECTUOSOS EN EL PROCESO																	
	0-0.04%			0.05-0.4%			0.41-0.8%			0.81-1.2%			1.21-1.6%			1.6-2%		
	$n$	$c$	NCL%	$n$	$c$	NCL%	$n$	$c$	NCL%	$n$	$c$	NCL%	$n$	$c$	NCL%	$n$	$c$	NCL%
1-15	All	0	-	All	0	-	All	0	-	All	0	-	All	0	-	All	0	-
16-50	14	0	13.6	14	0	13.6	14	0	13.6	14	0	13.6	14	0	13.6	14	0	13.6
51-100	16	0	12.4	16	0	12.4	16	0	12.4	16	0	12.4	16	0	12.4	16	0	12.4
101-200	17	0	12.2	17	0	12.2	17	0	12.2	17	0	12.2	35	1	10.5	35	1	10.5
201-300	17	0	12.3	17	0	12.3	17	0	12.3	37	1	10.2	37	1	10.2	37	1	10.2
301-400	18	0	11.8	18	0	10.0	38	1	10.0	38	1	10.0	38	1	10.0	60	2	8.5
401-500	18	0	11.9	18	0	9.8	39	1	9.8	39	1	9.8	60	2	8.6	60	2	8.6
501-600	18	0	11.9	18	0	9.8	39	1	9.8	39	1	9.8	60	2	8.6	60	2	8.6
601-800	18	0	11.9	40	1	9.6	40	1	9.6	65	2	8.0	65	2	8.0	85	3	7.5
801-1 000	18	0	12.0	40	1	9.6	40	1	9.6	65	2	8.1	65	2	8.1	90	3	7.4
1 001-2 000	18	0	12.0	41	1	8.2	65	2	8.2	65	2	8.2	95	3	7.0	120	4	6.5
2 001-3 000	18	0	12.0	41	1	8.2	65	2	8.2	95	3	7.0	120	4	6.5	180	6	5.8
3 001-4 000	18	0	12.0	42	1	8.2	65	2	8.2	95	3	7.0	155	5	6.0	210	7	5.5
4 001-5 000	18	0	12.0	42	1	7.5	70	2	7.5	125	4	6.4	155	5	6.0	245	8	5.3
5 001-7 000	18	0	12.0	42	1	7.0	95	3	7.0	125	4	6.4	185	6	5.6	280	9	5.1
7 001-10 000	42	1	9.3	70	2	7.0	95	3	7.0	155	5	6.0	220	7	5.4	350	11	4.8
10 001-20 000	42	1	9.3	70	2	7.0	95	3	7.0	190	6	5.6	290	9	4.9	460	14	4.4
20 001-50 000	42	1	9.3	70	2	6.4	125	4	6.4	220	7	5.4	295	12	4.5	720	21	3.9
50 001-100 000	42	1	9.3	95	3	5.9	160	5	5.9	290	9	4.9	505	15	4.2	955	27	3.7

# Plan de muestreo PDDL (NCL, LTPD)

## con $c = 0$

En esta sección presentamos un método propuesto por Shilling (1978), que genera planes de muestreo para atributos con  $c = 0$ , es decir, que la única forma de aceptar el lote es si en la muestra no salen defectuosos. Ya habíamos dicho que las curvas CO para planes con  $c = 0$  son cóncavas hacia arriba, lo cual causa que la probabilidad de aceptar disminuya más rápido aun para valores pequeños de la proporción de defectivo en el lote. Esto hace que sean planes extremadamente exigentes para el proveedor, y en algunas circunstancias son costosos para el cliente. Por lo tanto, se debe tener cuidado de que cuando se usen se tenga conciencia de los niveles de calidad que se rechazan.

Estos planes son muy utilizados en la práctica, en particular en muestreos para verificar si se están cumpliendo especificaciones críticas o en la inspección de características relacionadas con seguridad. Uno de los atractivos del procedimiento es que genera tamaños muestrales pequeños. El método se basa en el índice PDDL (o LTPD), que como ya vimos es un nivel de calidad que se quiere rechazar con alta probabilidad. Por lo tanto, el proceso debe operar con una calidad mucho mejor que el LTPD que se establezca, ya que si son parecidos, el plan no es apropiado y terminará rechazando prácticamente todos los lotes. Cuando esto ocurra será mejor revalorar la situación y considerar otro tipo de plan; los Dodge-Roming son una buena alternativa.

Para diseñar un plan de muestreo PDDL (LTPD) con  $c = 0$  se aplican los siguientes pasos:

1. Especificar el tamaño del lote  $N$ .

### Planes PDDL (LTPD) con $c = 0$

Planes de muestreo de aceptación basados en el índice PDDL y en que el número de aceptación siempre es  $c = 0$ .

**TABLA 12.14** Tabla Dodge-Roming para muestreo simple con LCPS = 3% (o AOQL).

TAMAÑO DE LOTE	PROMEDIO DE DEFECTUOSOS EN EL PROCESO																	
	0-0.06%			0.07-0.60%			0.61-1.20%			1.21-1.80%			1.81-2.40%			2.41-3%		
	$n$	$c$	NCL%	$n$	$c$	NCL%	$n$	$c$	NCL%	$n$	$c$	NCL%	$n$	$c$	NCL%	$n$	$c$	NCL%
1-10	All	0	-	All	0	-	All	0	-	All	0	-	All	0	-	All	0	-
11-50	10	0	19.0	10	0	19.0	10	0	19.0	10	0	19.0	10	0	19.0	10	0	19.0
51-100	11	0	18.0	11	0	18.0	11	0	18.0	11	0	18.0	11	0	18.0	22	1	16.4
101-200	12	0	17.0	12	0	17.0	12	0	17.0	25	1	15.1	25	1	15.1	25	1	15.1
201-300	12	0	17.0	12	0	17.0	26	1	14.6	26	1	14.6	26	1	14.6	40	2	12.8
301-400	12	0	17.1	12	0	17.1	26	1	14.7	26	1	14.7	41	2	12.7	41	2	12.7
401-500	12	0	17.2	27	1	14.1	27	1	14.1	42	2	12.4	42	2	12.4	42	2	12.4
501-600	12	0	17.3	27	1	14.2	27	1	14.2	42	2	12.4	42	2	12.4	60	3	10.8
601-800	12	0	17.3	27	1	14.2	27	1	14.2	43	2	12.1	60	3	10.9	60	3	10.9
801-1000	12	0	17.4	27	1	14.2	44	2	11.8	44	2	11.8	60	3	11.10	80	4	9.8
1001-2000	12	0	17.5	28	1	13.8	45	2	11.7	65	3	10.2	80	4	9.8	100	5	9.1
2001-3000	12	0	17.5	28	1	13.8	45	2	11.7	65	3	10.2	100	5	9.1	140	7	8.2
3001-4000	12	0	17.5	28	1	13.8	65	3	10.3	85	4	9.5	125	6	8.4	165	8	7.8
4001-5000	28	1	13.8	28	1	13.8	65	3	10.3	85	4	9.5	125	6	8.4	210	10	7.4
5001-7000	28	1	13.8	45	2	11.8	65	3	10.3	105	5	8.8	145	7	8.1	235	11	7.1
7001-10000	28	1	13.9	46	2	11.6	65	3	10.3	105	5	8.8	170	8	7.6	280	13	6.8
10001-20000	28	1	13.9	46	2	11.7	85	4	9.5	125	6	8.4	215	10	7.2	380	17	6.2
20001-50000	28	1	13.9	65	3	10.3	105	5	8.8	170	8	7.6	310	14	6.5	560	24	5.7
50001-100000	28	1	13.9	65	3	10.3	125	6	8.4	215	10	7.2	385	17	6.2	690	29	5.4