

temáticamente, podemos estimar la media poblacional por

$$\bar{y} \pm 2\sqrt{\frac{s^2}{n}}$$

suponiendo que N es grande comparada con n . Por lo tanto tenemos

$$87 \pm 2\sqrt{\frac{18}{16}}$$

$$87 \pm 2$$

o de 85 a 89 como la mejor estimación de la media verdadera del proceso de producción. Puesto que la norma es de 90, aparentemente el proceso no está cumpliendo con la norma anunciada en este día. El supervisor encargado querrá investigar las causas posibles de esta falla.

En este caso el muestreo sistemático es razonable puesto que fuerza a que la muestra cubra la producción de todo el día. Si la calidad tiende a disminuir (o se incrementa) durante el día, este plan de muestreo puede detectarlo. Una muestra irrestricta aleatoria podría concentrar todos los artículos muestreados en las horas de la mañana (o de la tarde).

EJERCICIOS

- 7.1 Suponga que una compañía hipotecaria de casas tiene N hipotecas numeradas consecutivamente en el orden en que fueron otorgadas durante un periodo de 20 años. Existe una tendencia de incremento en los saldos sin pagar a causa del aumento en el costo de la vivienda a través de los años. La compañía desea estimar la cantidad total de los saldos sin pagar. ¿Emplearía usted un muestreo irrestricto aleatorio o un muestreo sistemático? ¿Por qué?
- 7.2 Una corporación lista a los empleados por grupos de ingresos (alfabéticamente dentro de grupos) desde el más alto hasta el más bajo. Si el objetivo es estimar el ingreso promedio por empleado, ¿deberá usarse el muestreo sistemático, el muestreo estratificado o el muestreo irrestricto aleatorio? Suponga que los costos son equivalentes para los tres métodos y que usted puede estratificar por grupos de ingreso. Analice las ventajas y desventajas de los tres métodos.
- 7.3 Una tienda de ventas al menudeo con cuatro departamentos tiene las cuentas corrientes ordenadas por departamento, con las cuentas vencidas al principio de la lista de cada departamento. Suponga que cada departamento tiene en promedio alrededor de 10 cuentas, con aproximadamente el 40% vencidas. Para un día específico las cuentas podrían aparecer como se muestra en la tabla adjunta (con números de cuenta del 1 al 40). La tienda desea estimar la proporción de cuentas vencidas por muestreo sistemático.

	Departamento			
Números de cuenta	1-11	12-20	21-28	29-40
Cuentas vencidas	1, 2, 3, 4	12, 13, 14	21, 22, 23, 24, 25	29, 30, 31, 32

- (a) Liste todas las posibles muestras sistemáticas de 1-en-10, y calcule la varianza exacta de la proporción muestral. (Nótese que hay 10 valores posibles, no todos distintos, para la proporción muestral, cada uno con $\frac{1}{10}$ de probabilidad de ocurrir.)

- (b) Liste todas las posibles muestras sistemáticas de 1-en-5, y calcule la varianza exacta de la proporción muestral.
- (c) Compare los resultados de la parte (a) con la varianza aproximada que habría sido obtenida con una muestra irrestricta aleatoria de tamaño $n = 4$ de esta población. Asimismo compare los resultados de la parte (b) con los que se obtendrían según una muestra irrestricta aleatoria con $n = 8$. ¿Qué conclusiones generales pueden establecerse?

7.4 La gerencia de una compañía privada está interesada en estimar la proporción de empleados que favorecen una nueva política de inversión. Una muestra sistemática de 1-en-10 es obtenida de los empleados que salen del edificio al final de un día de trabajo en particular. Use los datos de la tabla adjunta para estimar p , la proporción a favor de la nueva política, y establezca un límite para el error de estimación. Suponga $N = 2000$.

Empleado muestreado	Respuesta
3	1
13	0
23	1
1993	1
	$\frac{\sum_{i=1}^{200} y_i}{200} = 132$

- 7.5 Para la situación referida en el Ejercicio 7.4, determine el tamaño de muestra requerido para estimar p , con un límite para el error de estimación de 0.01 unidades. ¿Qué tipo de muestra sistemática deberá obtenerse?
- 7.6 La sección de control de calidad de una empresa usa el muestreo sistemático para estimar la cantidad promedio de llenado en latas de 12 onzas que sale de una línea de producción. Los datos de la tabla adjunta representan una muestra sistemática de 1-en-50 de la producción de un día. Estime μ , y establezca un límite para el error de estimación. Suponga que $N = 1800$.

Cantidad de llenado (en onzas)					
12.00	11.97	12.01	12.03	12.01	11.80
11.91	11.98	12.03	11.98	12.00	11.83
11.87	12.01	11.98	11.87	11.90	11.88
12.05	11.87	11.91	11.93	11.94	11.89
11.72	11.93	11.95	11.97	11.93	12.05
11.85	11.98	11.87	12.05	12.02	12.04

- 7.7 Use los datos del Ejercicio 7.6 para determinar el tamaño de muestra requerido para estimar μ dentro de 0.03 unidades.
- 7.8 Expertos en edafología quieren determinar la cantidad de calcio intercambiable (en partes por millón) en una parcela de terreno. Para simplificar el esquema de muestreo, en el terreno se sobrepone una malla rectangular. En cada punto de intersección en la malla se toman muestras de suelo (véase diagrama). Use los datos siguientes para determinar la cantidad promedio de calcio intercambiable en la parcela de terreno. Establezca un límite para el error de estimación.

$$n = 45$$

$$\sum y_i = 90,320 \quad \text{calcio intercambiable}$$

$$\sum y_i^2 = 148,030,000$$

7.9 La patrulla de caminos de un estado en particular está interesada en la proporción de automovilistas que portan su licencia. Se instala un puesto de verificación en una carretera principal y se detiene al conductor de cada séptimo automóvil. Use los datos de la tabla anexa para estimar la proporción de conductores que portan su licencia. Establezca un límite para el error de estimación. Suponga que $N = 2800$ autos pasan por el puesto de verificación durante el periodo de muestreo.

Automóvil	Respuesta, y_i
1	1
2	1
3	0
⋮	⋮
400	1
$\sum y_i = 324$	

7.10 La patrulla de caminos espera que pasen cuando menos $N = 3000$ automóviles por el puesto de verificación. Determine el tamaño de muestra requerido para estimar p con aproximación de $B = 0.015$ unidades.

7.11 Un colegio está interesado en mejorar sus relaciones con una comunidad vecina. Una muestra sistemática de 1-en-150 de los $N = 4500$ estudiantes listados en el directorio es tomada para estimar la cantidad total de dinero gastado en ropa durante un trimestre del año escolar. Los resultados de la muestra están listados en la tabla anexa. Use los datos para estimar τ , y establezca un límite para el error de estimación.

Estudiante	Cantidad gastada (en dólares)	Estudiante	Cantidad gastada (en dólares)
1	30	16	32
2	22	17	14
3	10	18	29
4	62	19	48
5	28	20	50
6	31	21	9
7	40	22	15
8	29	23	6

9	17	24	93
10	51	25	21
11	29	26	20
12	21	27	13
13	13	28	12
14	15	29	29
15	23	30	38

- 7.12 ¿Qué tamaño de muestra es necesario para estimar τ en el Ejercicio 7.11, con un límite para el error de estimación aproximadamente igual a \$10,000? ¿Qué esquema de muestreo sistemático recomendaría?
- 7.13 En una comunidad se realiza un censo. Además de la información usual que se obtiene de la población, los investigadores preguntan a los ocupantes de cada vigésima casa cuánto tiempo la han habitado. Estos resultados se resumen a continuación.

$$n = 115 \qquad \sum y_i^2 = 2011.15$$

$$y_i = 407.1 \text{ (años)} \qquad N = 2300$$

Use estos datos para estimar la cantidad promedio de tiempo que las personas han vivido en su casa actual. Establezca un límite para el error de estimación.

- 7.14 Un grupo de consejeros está interesado en la colegiatura promedio anual para los estudiantes que radican fuera del estado en 371 escuelas de estudios universitarios de primero y segundo años. A partir de una lista en orden alfabético de estas escuelas se extrae una muestra sistemática de 1-en-7. Los datos referentes a los costos de la colegiatura fuera del estado para un año escolar (septiembre a junio) son obtenidos de cada escuela en la muestra. Sea y_i la cantidad requerida por colegiatura para la i -ésima escuela en la muestra. Use los datos siguientes para estimar μ , y establezca un límite para el error de estimación.

$$\sum_{i=1}^{53} y_i = \$11,950 \qquad \sum_{i=1}^{53} y_i^2 = \$2,731,037$$

- 7.15 Los funcionarios de un museo están interesados en el número total de personas que visitan el lugar durante su periodo de 180 días cuando una costosa colección de antigüedades está en exhibición. Puesto que el control de visitantes en el museo cada día es muy costoso, los funcionarios deciden obtener estos datos cada décimo día. La información de esta muestra sistemática de 1-en-10 se resume en la tabla adjunta. Use estos datos para estimar τ , el número total de personas

Día	Número de personas que visitan el museo
3	160
13	350
23	225
⋮	⋮
173	290

$$\sum_{i=1}^{18} y_i = 4868$$

$$\sum_{i=1}^{18} y_i^2 = 1,321,450$$

- que visitan el museo durante el periodo específico. Establezca un límite para el error de estimación.
- 7.16 Los guardabosques están interesados en determinar el volumen medio de madera por acre para 520 parcelas de un acre ($N = 520$). Se obtiene una muestra sistemática de 1-en-25. Usando los datos presentados en la tabla adjunta, estime μ , el volumen promedio de madera por parcela, y establezca un límite para el error de estimación.

Parcela muestreada	Volumen (en pies de tabla)	Parcela muestreada	Volumen (en pies de tabla)
4	7030	279	7540
29	6720	304	6720
54	6850	329	6900
79	7210	354	7200
104	7150	379	7100
129	7370	404	6860
154	7000	429	6800
179	6930	454	7050
204	6570	479	7420
229	6910	504	7090
254	7380		

- 7.17 Los funcionarios de cierta sociedad profesional desean determinar la proporción de miembros que apoyan varias enmiendas propuestas en las prácticas de arbitraje. Los funcionarios conducen una muestra sistemática de 1-en-10, a partir de una lista en orden alfabético de los $N = 650$ miembros registrados. Sea $y_i = 1$ si la i -ésima persona muestreada favorece los cambios propuestos y $y_i = 0$ si se opone a los cambios. Use los siguientes datos de la muestra para estimar p , la proporción de miembros en favor de los cambios propuestos. Establezca un límite para el error de estimación.

$$\sum_{i=1}^{65} y_i = 48$$

- 7.18 En una encuesta sociológica una muestra sistemática de 1-en-50 se extrae de los registros de impuestos municipales para determinar el número total de familias en la ciudad que alquilan sus casas. Sea $y_i = 1$ si la familia en la i -ésima casa muestreada alquila y sea $y_i = 0$ si no alquila. Hay $N = 15,200$ casas en la comunidad. Use lo siguiente para estimar τ , el número total de familias que alquilan. Establezca un límite para el error de estimación.

$$\sum_{i=1}^{304} y_i = 88$$

[Sugerencia: Si \hat{p} = fracción estimada que alquila, entonces $N\hat{p}$ es una estimación del número total que alquila; $\hat{V}(N\hat{p}) = N^2 \hat{V}(\hat{p})$.]

- 7.19 Un granjero desea estimar el peso total de fruto que producirá un terreno de zucchini (calabaza), muestreando antes de la cosecha. La parcela consiste de 20 hileras con 400 plantas por hilera. El vendedor de las semillas dice que cada planta puede producir hasta 8 libras de fruto. Describa un plan de muestreo sistemático para este problema a fin de estimar el peso total de fruto con aproximación de 2000 libras.

- 7.20 La tabla anexa muestra el número de nacimientos y la tasa de natalidad por cada 1000 individuos para Estados Unidos durante seis años seleccionados sistemáticamente.
- (a) Estime el número promedio de varones nacidos por año para el periodo 1955-1980, y establezca un límite para el error de estimación.
- (b) Estime la tasa promedio anual de natalidad para el periodo 1955-1980, y establezca un límite para el error de estimación.
- (c) ¿Cree usted que el muestreo sistemático es mejor que el muestreo irrestricto aleatorio para los problemas de las partes (a) y (b)? ¿Por qué?

Año	Nacimientos masculinos	Nacimientos femeninos	Total de nacimientos	Natalidad
1955	2,073,719	1,973,576	4,047,295	26.0
1960	2,179,708	2,078,142	4,257,850	23.7
1965	1,927,054	1,833,304	3,760,358	19.4
1970	1,915,378	1,816,008	3,731,386	18.4
1975	1,613,135	1,531,063	3,144,198	14.6
1980	1,852,616	1,759,642	3,612,258	15.9

Fuente: *The World Almanac & Book of Facts*, 1984 edition, copyright © Newspaper Enterprise Association, Inc., 1983, New York, NY 10166.

- 7.21 En la tabla anexa se presentan los datos sobre las tasas de divorcio (por cada 1000 personas) en Estados Unidos para una muestra sistemática de los años de 1900. Estime la tasa de divorcio promedio anual para tal periodo, y establezca un límite para el error de estimación. ¿Es en este caso el muestreo sistemático mejor o peor que el muestreo irrestricto aleatorio? ¿Por qué?

Año	Tasa	Año	Tasa
1900	0.7	1945	3.5
1905	0.8	1950	2.6
1910	0.9	1955	2.3
1915	1.0	1960	2.2
1920	1.6	1965	2.5
1925	1.5	1970	3.5
1930	1.6	1975	4.8
1935	1.7	1980	5.2
1940	2.0		

Fuente: *The World Almanac & Book of Facts*, 1984 edition, copyright © Newspaper Enterprise Association, Inc., 1983, New York, NY 10166.

- 7.22 Un inspector de control de calidad debe muestrear obleas de silicio, con las cuales se fabricarán circuitos integrados para computadoras después de haberse horneado. En el horno se colocan consecutivamente charolas ranuradas que contienen muchas obleas durante todo el día. La colocación de la charola y la hora del día pueden tener efectos importantes en la calidad de la oblea. Sugiera un plan de muestreo con el fin de estimar la proporción de obleas defectuosas.
- 7.23 Un almacén contiene estibas de acumuladores para automóviles que deben ser muestreados para la inspección de calidad. Cada estiba tiene anotada una fecha de producción diferente y se orde-

- na cronológicamente. Los tamaños de las estibas son aproximadamente iguales. Sugiera un plan de muestreo para estimar la proporción de acumuladores defectuosos.
- 7.24 Un auditor se enfrenta a una larga lista de cuentas por cobrar de una empresa. El auditor debe verificar las cantidades con base en un 10% de esas cuentas, y estimar la diferencia promedio entre los valores revisados y los asentados en el libro.
- Suponga que las cuentas están ordenadas cronológicamente, teniendo las cuentas más antiguas una tendencia a tomar valores más pequeños. Para seleccionar la muestra, ¿escogería usted un diseño de muestreo sistemático o un muestreo irrestricto aleatorio?
 - Suponga que las cuentas están colocadas aleatoriamente. Para seleccionar la muestra, ¿usaría usted un diseño de muestreo sistemático o un muestreo irrestricto aleatorio?
 - Suponga que las cuentas están agrupadas por departamentos y que dentro de éstos están listadas en orden cronológico. Nuevamente las cuentas más antiguas tienden a tomar valores más pequeños. Para seleccionar la muestra, ¿escogería usted un diseño de muestreo sistemático o un muestreo irrestricto aleatorio?
- 7.25 La participación en el mercado de cierto producto alimenticio será estimada registrando las compras almacenadas del producto durante algunas semanas seleccionadas del año. Analice las ventajas y desventajas de una selección sistemática de las semanas para este estudio.
- 7.26 La producción de trigo para un extenso terreno será estimada muestreando parcelas pequeñas dentro del terreno en tanto que el cereal madura. El terreno está en declive con mayor fertilidad en el lado más bajo.
- Sugiera un diseño de muestreo sistemático para las parcelas pequeñas.
 - Podrían usarse eficazmente otros diseños de muestreo en este caso?

EXPERIENCIAS CON DATOS REALES

- 7.1 Localice los resúmenes del precio de las acciones durante la semana en el periódico semanal de su localidad. Estos resúmenes usualmente listan los precios alto y bajo de cada acción durante la semana, junto con la diferencia entre el precio de cierre para la semana en curso y el de la semana pasada.
- Seleccione una muestra sistemática de acciones, y estime la proporción de acciones que tienen en esta semana un precio de cierre más bajo que el que tuvieron en la semana pasada. Establezca un límite para el error de estimación.
 - ¿En este caso, cómo cree usted que podría compararse el muestreo sistemático con el muestreo irrestricto aleatorio o el muestreo aleatorio estratificado?
- 7.2 La Tabla 4.7 lista los datos de la temporada 1982-1983 para los equipos de la Asociación Nacional de Baloncesto. Suponga que un cronista de deportes desea estimar el total de puntos anotados en la liga, seleccionando una muestra sistemática de los equipos en la lista.
- ¿Debe utilizarse una muestra sistemática de 1-en-6? ¿Por qué?
 - ¿Podría ser mejor una muestra sistemática de 1-en-4 que una muestra de 1-en-6? ¿Por qué?
- 7.3 Los datos de la Tabla 5.4 muestran la altura de los edificios altos para ciudades seleccionadas de Estados Unidos. Analice la validez y deficiencia de usar una muestra sistemática de edificios de esta lista para estimar la altura promedio de los edificios. Para este problema, ¿podría ser mejor el muestreo sistemático que el muestreo irrestricto aleatorio?
- 7.4 De acuerdo con una lista de nombres, semejante a la de un directorio estudiantil, seleccione una muestra sistemática y entreviste a las personas seleccionadas para averiguar si están a favor de un cierto tema de importancia actual (tal como una propuesta de acción del gobierno o una decisión pendiente en el recinto universitario). Estime la proporción de la población que apoya la propuesta y establezca un límite para el error de estimación.

Repita el procedimiento descrito tres veces más, de manera que se tengan disponibles cuatro muestras sistemáticas independientes. Compare los resultados de las muestras individuales con el resultado combinado de las cuatro muestras analizadas de acuerdo con los métodos de la Sección 7.6. Si se desea trabajar con alguna otra cosa en lugar de listas de personas, use en forma similar un listado de registros. Por ejemplo usted podría muestrear sistemáticamente los nombres de los empleados según un archivo y estimar la edad promedio, ingreso promedio, etcétera.