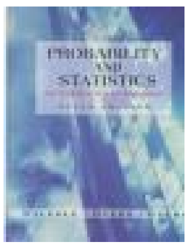
Unidad Temática 5
Estimación de parámetros

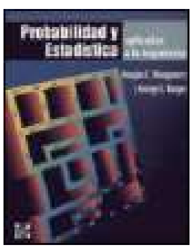
Ejercicios y Aplicaciones: Resolución Guiada

Bibliografía

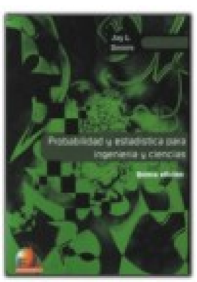
Los ejercicios y aplicaciones de esta unidad tienen como referencia los siguientes libros de texto:



PROBABILIDAD Y ESTADÍSTICA PARA INGENIEROS
Sexta Edición
Autores: Walpole, Myers, Myers
Ed. Prentice-Hall, Hispanoamericana, S. A.
México, 1999.

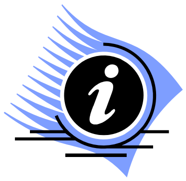


PROBABILIDAD Y ESTADÍSTICA APLICADAS A LA INGENIERÍA
Autores: Douglas Montgomery y George Runger
Ed. Mc. Graw Hill
México, 1996.



PROBABILIDAD Y ESTADÍSTICA PARA INGENIERÍA Y CIENCIAS
Quinta Edición
Autor: Jay L. Devore
Ed. Thompson
México, 2001.

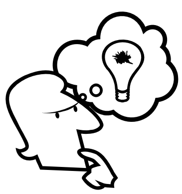
Introducción



Preste atención a la siguiente información

Los ejercicios y aplicaciones de la UT5 (Estimación de parámetros) incluyen los contenidos de la UT4 (Distribuciones fundamentales del muestreo). Tanto en la bibliografía como en los problemas propuestos encontrará consignas del siguiente tipo:

1. Encuentre un intervalo de confianza para la media de la población en estudio …
2. Calcule un intervalo de confianza para la diferencia de las medias de las poblaciones estudiadas …
3. Construya un intervalo para la varianza de la población en estudio …
4. ¿Qué tamaño debe tener la muestra para poder asegurar, con un nivel de confianza dado, que el error de la estimación no excederá de …?
5. ¿Qué puede decir, con una confianza del 90%, sobre la magnitud posible del error de la estimación, si …?



Este tipo de consignas movilizará, fundamentalmente, sus conocimientos acerca de la posibilidad de aplicar tal o cuál fórmula y del procedimiento de cálculo para llegar al resultado numérico solicitado.

¿Qué tiene que tener en cuenta en estos casos?

- Identifique si es conocida o desconocida la **distribución de la variable** que se estudia en la población.
- Reconozca si el **tamaño de la muestra** que se ha seleccionado a los fines de la inferencia estadística es pequeño o grande, estadísticamente hablando.
- Distinga las situaciones en las que se exige que la muestra provenga de una **población normal** de las que no es necesario que se cumpla tal condición.
- Rescate de la información el valor de los **parámetros conocidos**, por ejemplo, la desviación estándar, a los efectos de encontrar un intervalo de confianza para la media.
- Tenga en cuenta el **nivel de confianza** a la hora de calcular e interpretar los resultados de las estimaciones.
- Si el enunciado de un problema no establece el nivel de confianza con el que se debe trabajar, usted debe adoptarlo.

El Ejercicio 1 es un problema que debe resolver utilizando el método estadístico para la estimación de parámetros. Con frecuencia, será el tipo de situaciones problemáticas que encontrará en las evaluaciones del curso. No obstante, antes, conviene resolver casos más sencillos pero no menos importantes, como los ejercicios propuestos de la **[Guía de Mediación de Contenidos]** de la cátedra.

El resto de los ejercicios están prácticamente resueltos y para ello se han tenido en cuenta las consignas generales y las pautas para la construcción de intervalos de confianza.

Recuerde que para responder las consignas de los problemas hemos propuesto algunas consignas generales. ¡Téngalas siempre presente!

El establecimiento de estas consignas no implica que, necesariamente, para resolver los ejercicios se deba colocar un subtítulo que identifique cada una de las consignas generales, pero sí debe quedar escrito lo solicitado en cada una de ellas.

Consignas generales

- Definir la variable aleatoria en estudio.
- Identificar la distribución de la variable en estudio y sus parámetros (o bien, indicar que es desconocida).
- Plantear la solución del problema en un lenguaje simbólico apropiado, con la justificación correspondiente.
- Justificar el uso de una solución aproximada del problema (aproximación binomial a normal, por ejemplo), si corresponde.
- Realizar los cálculos necesarios para arribar al resultado.
- Interpretar el resultado en el contexto del problema para responder la consigna.

μ Medias

UT5. Ejercicio 1

Roberto está auditando el proceso de llenado de los envases de pintura de un litro. Concretamente, quiere saber si el verdadero volumen promedio del contenido de los envases de un litro, es realmente un litro. De estudios previos se sabe que la desviación del contenido de los envases de un litro es igual a 0,02 litros.

Para responder a su pregunta, Roberto seleccionó una muestra aleatoria de 64 envases de la pintura estudiada y el contenido medio de pintura en la muestra resultó igual a 0,995 litros.

a) En base a los resultados obtenidos en la muestra y utilizando el método estadístico para la estimación de parámetros, Roberto, ¿debe concluir que el contenido medio de los envases es menor de un litro? Justifique su respuesta.
b) Para un tamaño de muestra dado, ¿cómo varían el error de estimación y la amplitud del intervalo, en función del nivel de confianza?
c) Para un nivel de confianza dado, ¿cómo varía el error de estimación en función del tamaño de la muestra?
d) ¿Qué tamaño de muestra será necesario tomar cuando se fija el error máximo de la estimación en un valor dado?
e) Encuentre el nivel de confianza que corresponde a un intervalo cuyo error máximo de estimación es igual a 0,006 litros, con un tamaño de muestra de 64 latas y desviación estándar del contenido de pintura igual a 0,02 litros

Resolución paso a paso del Ejercicio 1

X Definir la variable en estudio

E1.1) **Marque** con una X la opción correcta.

E1.1.1) La variable que estudia Roberto es:

a) ☐ *X:* Cantidad de latas de pintura que envasa el productor.
b) ☐ *X:* Volumen de las latas de pintura.
c) ☐ *X:* Contenido de pintura en los envases de un litro.
d) ☐ Ninguna de las anteriores. La variable que estudia Roberto, *X*, es:

E1.1.2) Según la información del enunciado, la variable que estudia Roberto, *X:*

a) ☐ Se distribuye normalmente.
b) ☐ No se sabe cuál es la distribución de la variable.
c) ☐ Sigue una distribución que es bimodal.
d) ☐ Ninguna de las anteriores. La distribución de la variable en estudio es:

E1.1.3) También se debe concluir que:

a) ☐ El valor 0,02 litros, es un estadístico.
b) ☐ Para poder resolver el problema, Roberto debería haber seleccionado una muestra de más de 100 latas de pintura.
c) ☐ El valor 0,995 litros es un estadístico.
d) ☐ Ninguna de las anteriores.

E1.1.4) La variable que estudia Roberto puede asumir los siguientes valores:

a) ☐ Desde $-\infty$ a $+\infty$
b) ☐ Mayores que cero
c) ☐ Menores que cero
d) ☐ Todos los valores reales dentro en un rango dado

E1.1.5) La variable que estudia Roberto es:

a) ☐ Una variable cuantitativa que se mide en escala ordinal
b) ☐ Una variable cualitativa que se mide en escala de razón
c) ☐ Una variables cuantitativa que se mide en escala de intervalo
d) ☐ Una variable cuantitativa que se mide en escala de razón

$\overline{X}$

(se lee X raya)

Distribución de la media muestral

Identificar la distribución de la variable X implica: indicar cuál es el modelo matemático que describe la distribución de probabilidad de la variable X y sus parámetros. Puede que esta última esté distribuida normalmente, que siga una distribución no normal o que tenga una distribución desconocida. Ahora nos preguntamos: ¿cuál es la distribución de la estadística media muestral?

E1.2) **Marque** con una X la opción correcta.

E1.2.1) La *media de muestras* seleccionadas de la población en estudio:

a) ☐ Sigue una distribución normal, porque la variable que se estudia en la población está distribuida normalmente.

b) ☐ Sigue una distribución normal, porque para el tamaño de muestra que se ha seleccionado, se puede aplicar el teorema del límite central.

c) ☐ Con la información disponible en el enunciado del problema, no se puede saber cuál es la distribución de la media muestral.

d) ☐ Ninguna de las anteriores.

E1.2.2) En relación a la distribución de la *media muestral:*

a) ☐ La *media* de la variable en estudio, *X*, coincide con la *media de las medias* de muestras, $\overline{X}$.

b) ☐ La *varianza de la media muestral*, es *n* veces más pequeña que la *varianza* de la variable que se estudia en la población de la cual proviene la muestra.

c) ☐ *Error estándar* de la media muestral, es el nombre que se le da a la *desviación estándar* de la media muestral.

d) ☐ Todas las anteriores.

E1.2.3) Observe la notación empleada en las siguientes opciones y seleccione la opción con la respuesta en la que se hace uso correcto de la notación:

a) ☐ $\mu_{\overline{X}} = \mu_X$

b) ☐ $\sigma_{\overline{X}} = \dfrac{\sigma_X}{\sqrt{n}}$

c) ☐ $\sigma^2_{\overline{X}} = \dfrac{\sigma^2_X}{n}$

d) ☐ Todas las anteriores

E1.2.4) De acuerdo con la información del enunciado, los valores numéricos asociados a la notación empleada, son:

a) ☐ $\bar{x} = 0,995$

b) ☐ $\sigma_X = 0,02$

c) ☐ $\sigma_{\bar{X}} = \dfrac{0,02}{\sqrt{64}} = 0,0025$

d) ☐ Todas las anteriores.

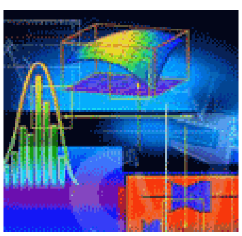
E1.2.5) Para denotar la *distribución* de la media muestral en el caso que se estudia, puede utilizarse la siguiente notación:

a) ☐ $\bar{X} \sim N(\bar{x}; \mu_{\bar{X}}, \sigma_{\bar{X}}^2)$

b) ☐ $\bar{X} \sim N(\bar{x}; \mu_X, \dfrac{\sigma_X^2}{n})$

c) ☐ $\bar{X} \sim N(\bar{x}; \mu_X, \sigma_X^2 / n)$

d) ☐ Cualquiera de las anteriores.



Interpretación de gráficos

A continuación encontrará graficada la función de densidad de probabilidad y la función de distribución acumulada de la distribución normal para los siguientes parámetros: media = 1 litro y desviación estándar = 0,0025 litros.

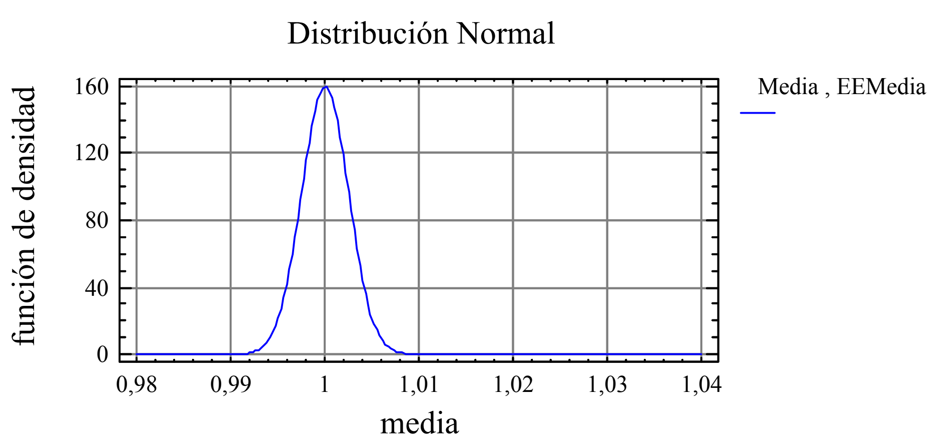


Figura 5. 1

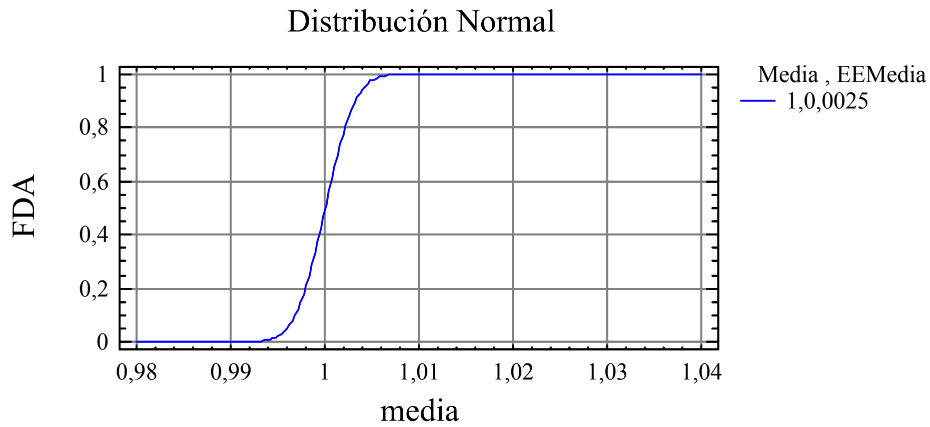


Figura 5. 2

E1.2.6) De la lectura de la Fig. 5.1 se debe concluir que la *media muestral* del contenido de pintura observado en una muestra de 64 latas de un litro, con media = 1 litro y desviación estándar = 0,0025 litros:

a) ☐ Es prácticamente improbable que sea superior a 1,01 litros.

b) ☐ Es prácticamente improbable que sea inferior a 0,99 litros.

c) ☐ Tiene una probabilidad igual a 0,5 de superar el litro.

d) ☐ Todas las anteriores.

E1.2.7) De la lectura de la Fig. 5.2 se debe concluir que para la *media* del contenido de pintura observado en una muestra de 64 latas de un litro:

a) ☐ El percentil 90 es mayor de 1,002 litros.

b) ☐ El segundo decil es mayor de 0,992 litros.

c) ☐ El tercer cuartil es menor de 1,004 litros.

d) ☐ Todas las anteriores.

Volver a las consignas

El camino recorrido hasta el momento, nos ha permitido construir el sustento teórico de conceptos subyacentes en las fórmulas que aplicaremos para responder las consignas del problema. La primera de ellas dice:

a) En base a los resultados obtenidos en la muestra y utilizando el método estadístico para la estimación de parámetros, Roberto, ¿debe concluir que el contenido medio de los envases es menor de un litro? Justifique su respuesta.

P(X ¿?) Plantear la solución del problema

E1.3) **Marque** con una X la opción correcta.

En el caso que nos ocupa, para obtener una estimación por intervalo de la media de la población de las latas de pinturas de un litro, μ_X, la fórmula que corresponde a aplicar es:

a) ☐ $\overline{x} - z_{\alpha/2}\dfrac{\sigma_X}{\sqrt{n}} < \mu_X < \overline{x} + z_{\alpha/2}\dfrac{\sigma_X}{\sqrt{n}}$

b) ☐ $\overline{x} - t_{\alpha/2}\dfrac{\sigma_X}{\sqrt{n}} < \mu_X < \overline{x} + t_{\alpha/2}\dfrac{\sigma_X}{\sqrt{n}}$

c) ☐ $\overline{x} - t_{\alpha/2}\dfrac{S_X}{\sqrt{n}} < \mu_X < \overline{x} + t_{\alpha/2}\dfrac{S_X}{\sqrt{n}}$

d) ☐ Cualquiera de las anteriores

¡Atención!

El enunciado no indica con qué nivel de confianza se debe trabajar. Cuando esto sucede, es usted quien debe adoptar un nivel de confianza.

*Para continuar con la resolución del problema, adoptaremos un **nivel de confianza igual a 0,96**.*

Notación

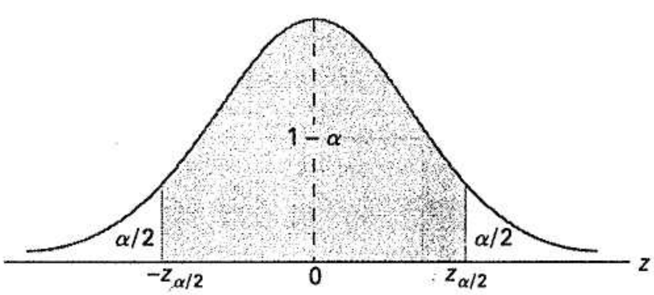


Fig. 5.3. Notación empleada

(1 – α): nivel de confianza

$z_{\alpha/2}$: es un valor de la variable normal estándar tal que, el área bajo la curva que deja a su derecha es igual a $\alpha/2$ y el área que deja a su izquierda es igual a $(1 - \alpha/2)$.

$-z_{\alpha/2}$: es un valor de la variable tal que, el área que deja a su izquierda es igual a $\alpha/2$.

Realizar los cálculos necesarios

E1.4) **Marque** con una X la opción correcta.

E1.4.1) Los valores que deben reemplazarse en la fórmula para calcular la estimación, son:

a) ☐ $z_{\alpha/2} = 2{,}05$

b) ☐ $\sigma_X = 0{,}02$

c) ☐ $\bar{x} = 0{,}995$

d) ☐ El error estándar de la media es igual a 0,0025

e) ☐ El error máximo de la estimación es igual a 0,005125

f) ☐ Todas las anteriores

E1.4.2. Para un nivel de confianza del 96%, se debe concluir que:

a) ☐ El límite inferior del intervalo de confianza (LIC) es igual a 0,989875 litros.

b) ☐ El límite superior del intervalo de confianza (LCS) es igual a 1,000125 litros.

c) ☐ El error máximo de la estimación es igual a 0,005125 litros.

d) ☐ Todas las anteriores.

Interpretar resultados: 1ª Parte

Recuerde que debe interpretar el resultado numérico obtenido, expresándolo en un lenguaje coloquial y respondiendo la consigna del ejercicio. Pero, antes de responder la consigna, veamos cómo interpretar el intervalo de confianza calculado.

E1.5) **Marque** con una X la opción correcta.

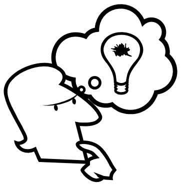
E1.5.1) Si el intervalo de confianza obtenido, para un nivel de confianza del 96%, fuera el siguiente: (0,989875 ; 1,000125), se debe interpretar que:

a) ☐ El 96% de las latas de pinturas tienen entre 0,989875 y 1,000125 litros.

b) ☐ El contenido de pintura promedio en la muestra de 64 latas, se encuentra entre 0,989875 y 1,000125 litros.

c) ☐ Con una confianza del 96%, se concluye que el intervalo (0,989875 ; 1,000125) incluye al verdadero valor del *contenido medio* de pintura de la población de latas de un litro.

d) ☐ Ninguna de las anteriores.

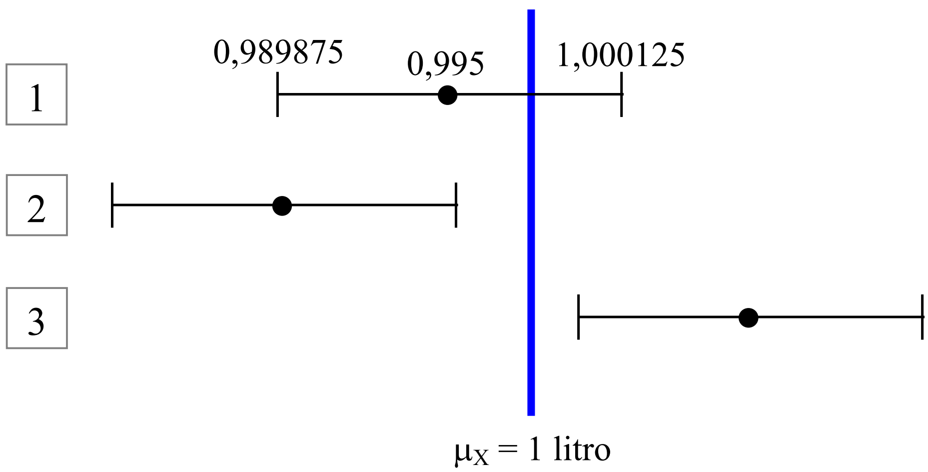


Interpretar resultados: 2ª Parte

Recuerde la consigna:

a) En base a los resultados obtenidos en la muestra y utilizando el método estadístico para la estimación de parámetros, Roberto, ¿debe concluir que el contenido medio de los envases es menor de un litro? Justifique su respuesta.

Antes de responder, observe la representación gráfica siguiente:



Situación 1: Si el resultado obtenido es el identificado con el número 1, con un 96% de confianza, el intervalo (0,989875 ; 1,000125) incluye al verdadero valor de la media (contenido medio de las latas de un litro, representado por la línea vertical).

Situación 2: Si el resultado hubiera sido el representado por el intervalo identificado con el número 2, deberíamos haber concluido que, con un 96% de confianza, el intervalo representado incluye al verdadero valor de la media del contenido de las latas de pintura (observe que no incluye a la raya vertical, por lo tanto, no incluye al valor 1 litro).

Situación 3: Es similar a la situación 2. La diferencia entre la número 2 y la número 3, es que en la primera el contenido medio es menor de un litro y en la segunda el contenido medio es mayor de un litro.

E1.5.2) La respuesta para la consigna a) debe ser:

a) ☐ Con un 96% de confianza, Roberto debe informar que el contenido medio de las latas de un litro, es un litro.

b) ☐ Con un 96% de confianza, Roberto debe informar que el contenido medio de las latas de un litro, NO es inferior a un litro.

c) ☐ Con un 96% de confianza y en base a los resultados obtenidos en la muestra, Roberto debe informar que no hay evidencia suficiente como para concluir que el contenido promedio de las latas de un litro, es menor de un litro.

d) ☐ Cualquiera de las anteriores.

Consignas b – c – d

b) Para un tamaño de muestra dado, ¿cómo varían el error de estimación y la amplitud del intervalo, en función del nivel de confianza?
c) Para un nivel de confianza dado, ¿cómo varía el error de estimación en función del tamaño de la muestra?
d) ¿Qué tamaño de muestra será necesario tomar cuando se fija el error máximo de la estimación en un valor dado?

E1.6) **Marque** con una X la opción correcta.

E1.6.1) En el caso que nos ocupa, el error de la estimación viene dado por:

a) ☐ $e = \frac{\sigma_X}{\sqrt{n}}$

b) ☐ $e = t_{\alpha/2}\frac{\sigma_X}{\sqrt{n}}$

c) ☐ $e = t_{\alpha/2}\frac{S_X}{\sqrt{n}}$.

d) ☐ $e = z_{\alpha/2}\frac{\sigma_X}{\sqrt{n}}$

¡Atención!

Para responder las consignas, se han tabulado los resultados del cálculo obtenidos con una hoja de cálculo de Microsoft EXCEL.

E1.6.2) Si el error de la estimación es igual a 0,005125 litros, debe interpretarse que:

a) ☐ Entre el valor real del contenido medio de la población de latas de pintura y el valor de la estimación puntual obtenido en la muestra, no puede haber una diferencia superior a los 0,005125 litros.

b) ☐ Entre el contenido promedio de la población de latas y el contenido promedio de las latas de la muestra, hay una diferencia de 0,005125 litros.

c) ☐ Aproximadamente, cinco de cada mil latas tienen menos pintura que el valor indicado en el envase (un litro).

d) ☐ Con una confianza del 96% es posible concluir que, la diferencia entre el valor de la estimación puntual (0,995 litros) y el verdadero valor del contenido medio de las latas de pintura de un litro, no excede el valor 0,005125 litros.

e) ☐ Ninguna de las anteriores.

E1.6.3) La fórmula para calcular el *tamaño de la muestra* en el caso nos ocupa es:

a) ☐ $$n=\left(\frac{t_{\alpha/2}S_X}{e}\right)^2$$

b) ☐ $$n=\left(\frac{z_{\alpha/2}\sigma_X}{e}\right)^2$$

c) ☐ $$n=\left(\frac{z_{\alpha/2}S_X}{e}\right)^2$$

d) ☐ Ninguna de las anteriores.

E1.6.4) **Analice** la influencia del nivel de confianza en la variación de error máximo de la estimación y en la variación de los límites del intervalo de confianza. No es necesaria una respuesta a la consigna de este ítem. Sólo téngala en cuenta.

Notas personales

Continuación Ejercicio 1

Cálculos y gráficos con la Hoja de Cálculo

Tabla 1. Intervalos de confianza para la media, para distintos niveles de confianza

Número	Nivel de Confianza $(1-\alpha)$	$z_{\alpha/2}$	Error Máximo de la Estimación Puntual $e_{máx}$	Límite Inferior de Confianza LIC	Límite Superior de Confianza LSC
1	0,80	1,282	0,003204	0,991796	0,998204
2	0,82	1,341	0,003352	0,991648	0,998352
3	0,84	1,405	0,003513	0,991487	0,998513
4	0,86	1,476	0,003689	0,991311	0,998689
5	0,88	1,555	0,003887	0,991113	0,998887
6	0,90	1,645	0,004112	0,990888	0,999112
7	0,92	1,751	0,004377	0,990623	0,999377
8	0,94	1,881	0,004702	0,990298	0,999702
9	0,95	1,960	0,004900	0,990100	0,999900
10	**0,96**	**2,054**	**0,005134**	**0,989866**	**1,000134**
11	0,98	2,326	0,005816	0,989184	1,000816
12	0,99	2,576	0,006440	0,988560	1,001440

Nota: El intervalo número 10 es el que corresponde al obtenido en el apartado 4. La diferencia debe explicarse teniendo en cuenta el redondeo matemático; por ejemplo, las tablas de la distribución normal están construidas para valores de *z* con dos decimales.

Tabla 2: Tamaño de la muestra en función del error máximo de la estimación (para $z_{\alpha/2} = 2{,}05$ y $\sigma_X = 0{,}02$ litros)

Número	Error Máximo de la Estimación $e_{máx}$	Tamaño de la Muestra Calculado	Tamaño de la Muestra Redondeado
1	0,0008	2626,5625	2627
2	0,0013	994,6745562	995
3	0,0018	518,8271605	519
4	0,0023	317,7693762	318
5	0,0028	214,4132653	215
6	0,0033	154,3617998	155
7	0,0038	116,4127424	117
9	0,0043	90,91400757	91
9	0,0048	72,96006944	73
10	0,0053	59,84336063	60
11	0,0058	49,97027348	50
12	0,0063	42,35323759	43
13	0,0068	36,35380623	37
14	0,0073	31,54437981	32
15	0,0078	27,62984878	28
16	0,0083	24,40121934	25

Continuación Ejercicio 1

Gráficos para responder las consignas b – c – d

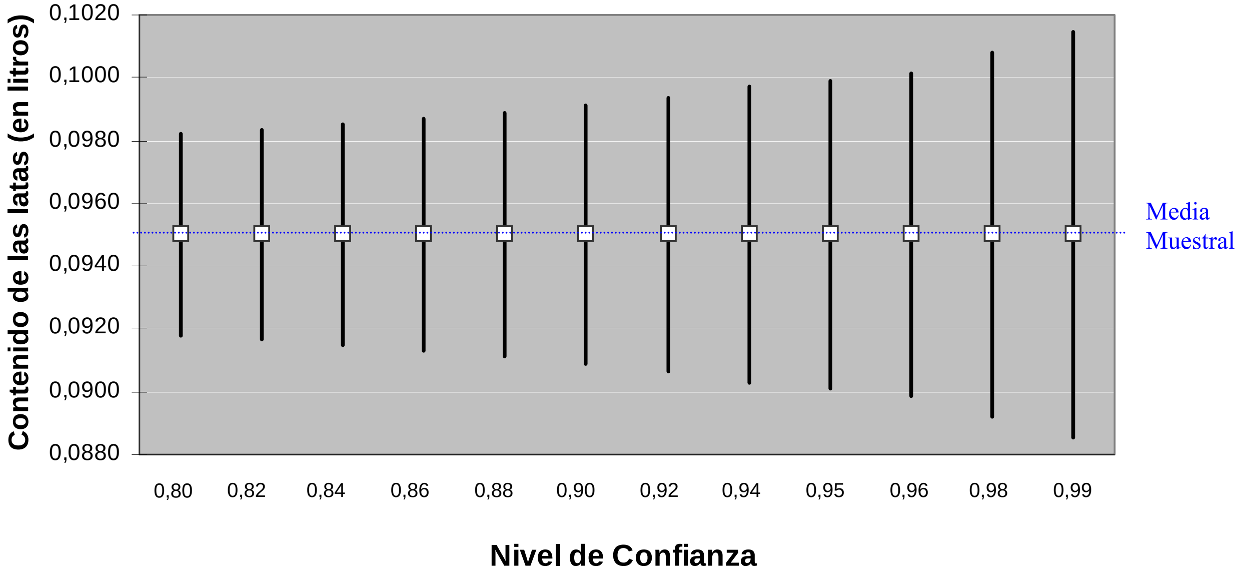


Figura 5. 4

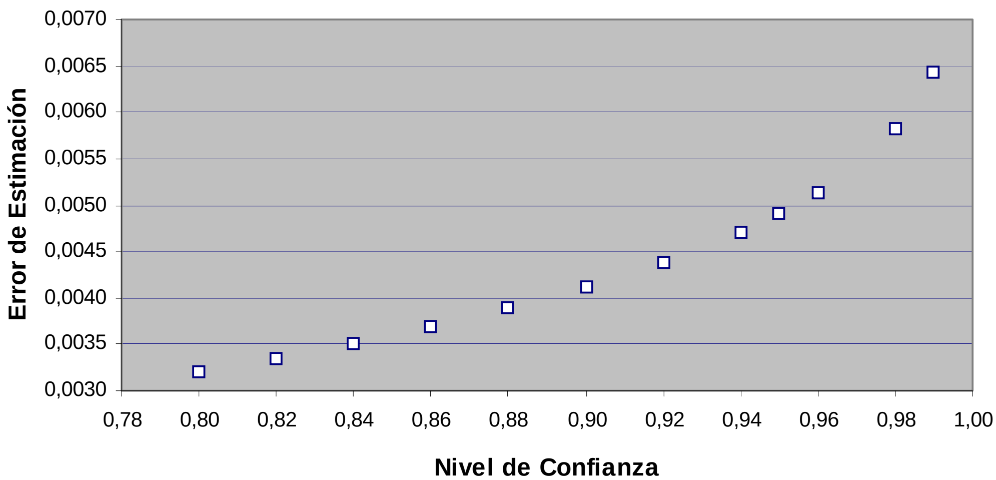


Figura 5. 5

Continuación Ejercicio 1

Gráficos para responder las consignas b – c – d

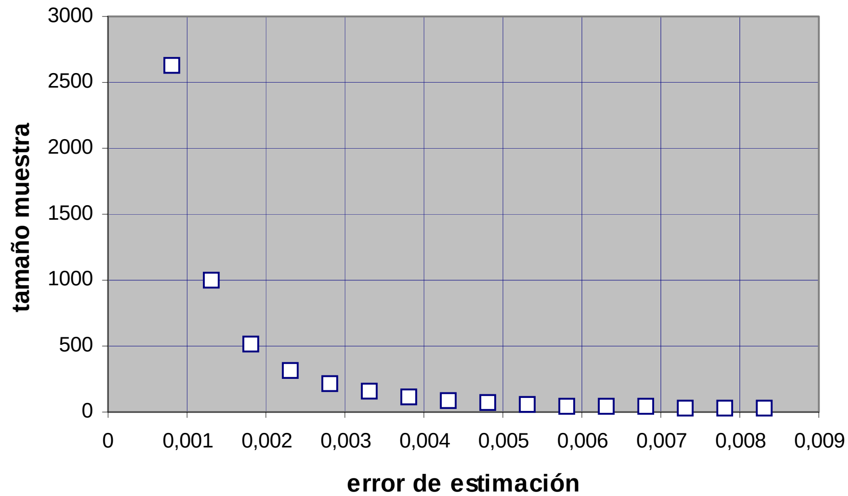


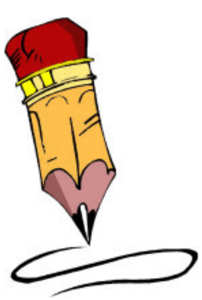
Figura 5. 6

Consigna e

e) Encuentre el ***nivel de confianza*** que corresponde a un intervalo cuyo error máximo de estimación es igual a 0,006 litros, con un tamaño de muestra de 64 latas y desviación estándar del contenido de pintura igual a 0,02 litros.

6.5) Cuando se limita el error máximo de la estimación al valor 006 litros, nivel de confianza que corresponderá a los datos de la muestra, es igual:

a) ☐ 0,95964
b) ☐ 0,98019
c) ☐ 0,98360
d) ☐ Ninguna de las anteriores. El valor correcto es:



¡Practique resolver a mano!

En la EVALUACIÓN podríamos pedirle que deje escrito el procedimiento que siguió para construir los elementos calculados en las Tablas 1 y 2. Practique resolver a mano con las tablas estadísticas y la calculadora de bolsillo.

UT5. Ejercicio 2

Se estudia la resistencia a tracción del acero tipo ADM-420 (N) utilizado para la construcción de estructuras de hormigón armado de nuestro medio. Es aceptable suponer que tal resistencia está distribuida de manera normal; de experiencias previas se sabe que la desviación estándar de la población es de 2,6 MN/m².

Los resultados obtenidos de la muestra ensayada, en MN/m², son:

452; 450; 454; 450; 456; 450; 456; 450; 452; 450

a) Estimar mediante un intervalo de confianza del 95% la verdadera resistencia media del acero.
b) ¿Qué podemos asegurar con una probabilidad de 0,95 sobre la medida del error máximo de la estimación?
c) ¿Qué tamaño debería tener la muestra para poder asegurar con una confianza del 99% que el error máximo de la estimación sea de 1 MN/m²?

Resolución del Ejercicio 2

Variable en estudio:
X: resistencia a tracción del acero tipo ADM-420 (N) utilizado para la construcción de estructuras de hormigón armado, en MN/m².

Distribución de la variable en estudio:
Es aceptable suponer que tal resistencia está distribuida de manera normal.
$X \sim N\,(x;\, \mu_X\,,\, \sigma_X)$

Parámetros conocidos:
Se conoce de experiencias previas que la desviación estándar de la población.
$\sigma_X = 2{,}6$ MN/m²

Datos de la muestra: 452; 450; 454; 450; 456; 450; 456; 450; 452; 450

Estadísticas calculadas:
Tamaño de la muestra: 10
Media muestral: 452 MN/m²
Desviación estándar de la muestra: 2,49 MN/m²

a) Estimar mediante un intervalo de confianza del 95 % la resistencia **media** del acero de la población.

Corresponde aplicar la fórmula del intervalo de confianza para la μ con σ conocida.
Walpole, p. 244

Continuación Ejercicio 2

$$\overline{x} - z_{\alpha/2}\frac{\sigma_X}{\sqrt{n}} < \mu_X < \overline{x} + z_{\alpha/2}\frac{\sigma_X}{\sqrt{n}}$$

$(1 - \alpha) = 0,95$; $\alpha = 0,05$; $\alpha/2 = 0,025$; $z_{\alpha/2} = z_{0,975} = 1,96$

Error estándar de la media muestral → $\sigma_{\overline{X}} = \frac{\sigma_X}{\sqrt{n}} = 0,8222$ MN/m²

Intervalo de confianza: (450,39 ; 453,61)

⚠ ¡Atención!

Es incorrecto escribir el enunciado: "La probabilidad de que la media poblacional está en el intervalo (450,39; 453,61) es igual a 0,95".
Si lo desea, puede ver el texto completo en Devore, p. 277.

El intervalo de confianza obtenido debe interpretarse del siguiente modo:

E2.1) **Marque** con una X la opción correcta.

a) ☐ El resultado obtenido permite afirmar con certeza que la verdadera resistencia media a la tracción de las barras de acero está comprendida entre 450,39 y 453,61 MN/m².

b) ☐ La verdadera resistencia media a la tracción de las barras de acero coincide con el punto medio del intervalo de confianza obtenido, con un 95% de confianza.

c) ☐ Con un 95% de confianza, se debe concluir que el intervalo (450,39 ; 453,61) contiene a la verdadera media de la resistencia a la tracción de las barras de acero.

d) ☐ Cualquiera de las anteriores.

b) ¿Qué podemos asegurar con una probabilidad de 0,95 sobre la medida del error máximo de la estimación?

Corresponde aplicar el Teorema 9.1 de Walpole.
Walpole, p. 245

$$e = z_{\alpha/2}\frac{\sigma_X}{\sqrt{n}}$$

Donde: $(1 - \alpha) = 0,95$; $\alpha = 0,05$; $\alpha/2 = 0,025$; $z_{\alpha/2} = z_{0,975} = 1,96$

Error de estimación: e = 1,61 MN/m²

Continuación Ejercicio 2

El error de estimación obtenido debe interpretarse del siguiente modo:

E2.2) **Marque** con una X la opción correcta.

a) ☐ La diferencia entre el **valor real** de la resistencia media a tracción de las barras de acero y el **valor observado en la muestra**, nunca excederá de 1,61 MN/m².

b) ☐ Si se utiliza el valor 452 MN/m² (media muestral) como una estimación del **verdadero valor** de la resistencia media a tracción de las barras de acero, con una confianza del 95%, el error de estimación no sobrepasará de 1,61 MN/m².

c) ☐ Entre el **valor real** de la resistencia media a tracción de las barras de acero y el **valor observado en la muestra**, hay una diferencia de 1,61 MN/m².

d) ☐ Cualquiera de las anteriores.

c) ¿Qué tamaño debería tener la muestra para poder asegurar con una confianza del 99% que el error máximo de la estimación sea de 1 MN/m²?

Corresponde aplicar el Teorema 9.2 de Walpole.
Walpole, p. 246

$$n = \left(\frac{z_{\alpha/2} \sigma_X}{e} \right)^2$$

Donde: $(1 - \alpha) = 0{,}99$; $\alpha = 0{,}01$; $\alpha/2 = 0{,}005$; $z_{\alpha/2} = z_{0,995} = 2{,}58$

Tamaño de la muestra: $n = 44{,}997 \approx 45$

El tamaño de la muestra encontrado debe interpretarse del siguiente modo:

E2.3) **Marque** con una X la opción correcta.

a) ☐ Para encontrar la verdadera resistencia media a tracción de las barras de acero, se deben ensayar 26 barras.

b) ☐ Si se ensayan 26 barras de acero, el valor de la resistencia media muestral puede utilizarse como una estimación del valor de la resistencia media poblacional de las barras de acero.

c) ☐ Si se utiliza el valor 452 MN/m² (media muestral), como una estimación de la **verdadera resistencia media** a la tracción de las barras de acero, podemos tener una confianza del 99%, de que el error de estimación no excederá de 1 MN/m², cuando el tamaño de la muestra de ensayos sea 45.

d) ☐ Cualquiera de las anteriores.

UT5. Ejercicio 3

Una empresa eléctrica fabrica focos cuya duración se encuentra distribuida de manera aproximadamente normal. Se ensaya una muestra de 25 focos y arroja una duración media de 780 horas, con una desviación estándar de 49 horas.

a) Estimar mediante un intervalo de confianza del 90 % la duración media de los focos que produce la empresa eléctrica.

b) ¿Cuántos focos se deben ensayar para el mismo nivel de confianza, si se desea que nuestra estimación puntual esté dentro de las 10 horas de la media real?

c) Si se sabe que la desviación estándar de la población de focos que produce la empresa es igual a 36 horas, ¿cambiaría el procedimiento para obtener el intervalo de confianza para estimar la verdadera duración media de los focos? Justifique su respuesta.

Resolución del Ejercicio 3

Variable en estudio:
X: duración de los focos que produce la empresa eléctrica, en horas.

Distribución de la variable en estudio:
Se encuentra distribuida de manera aproximadamente normal.
$X \sim N(x; \mu_X, \sigma_X)$

Parámetros de la población en estudio:
Para las consignas a) y b) son desconocidos.
Para la consigna c), se conoce la desviación estándar de la población.
$\sigma_X = 36$ horas

Estadísticas conocidas:
Tamaño de la muestra: 25
Media muestral: 780 horas
Desviación estándar de la muestra: 49 horas

a) Estimar mediante un intervalo de confianza del 90 % la duración media de los focos que produce la empresa eléctrica.

Corresponde aplicar la fórmula del intervalo de confianza para la μ con σ desconocida.
Walpole, p. 247

$$\overline{x} - t_{\alpha/2}\frac{s_X}{\sqrt{n}} < \mu_X < \overline{x} + t_{\alpha/2}\frac{s_X}{\sqrt{n}}$$

$(1-\alpha) = 0{,}90$; $\alpha = 0{,}10$; $\alpha/2 = 0{,}05$; $\nu = (n-1) = 24$

Walpole, p. 683

Continuación Ejercicio 3

$t_{\alpha/2\,;\,(n-1)} = t_{0,05\,;\,24} = 1{,}711$

Error de estimación → $t_{\alpha/2}\dfrac{s_X}{\sqrt{n}} = 16{,}767$ horas

Intervalo de confianza: (763,23 ; 796,77)

La **interpretación** del intervalo obtenido debe hacerse de igual modo que en el caso de medias con σ conocida.

b) ¿Cuántos focos se deben ensayar para el mismo nivel de confianza, si se desea que nuestra estimación puntual esté dentro de las 10 horas de la media real?

Según Montgomery, p. 338:

Selección del tamaño de la muestra:

La selección del tamaño de la muestra *n* necesario para proporcionar un intervalo de confianza de la longitud requerida, no es tan fácil como en el caso donde se conoce σ, debido a que la longitud del intervalo depende tanto del valor de σ, el cual no se conoce antes de recopilar los datos, como del tamaño *n* de la muestra.

Por otra parte, *n* interviene en el intervalo de confianza de dos modos; en el denominador como raíz cuadrada de *n* y también, para determinar el valor de *t*, puesto que depende del número de grados de libertad: (*n* – 1).

En consecuencia, el tamaño *n* de la muestra debe obtenerse a partir de un procedimiento de prueba y error, utilizando una estimación previa de σ, la cual puede basarse en la experiencia.

Otra posibilidad es tomar una muestra preliminar de *n* observaciones para obtener una estimación de σ.

Luego, utilizando la fórmula $n = \left(\dfrac{z_{\alpha/2}\; s_X}{e}\right)^2$ para calcular el valor requerido de *n* que proporciona la precisión y nivel de confianza deseados.

Téngase presente que s_X se utiliza como un estimador de σ_X y que en vez de *t* se trabaja con *z*, razón por la cual la muestra debería ser suficientemente grande, esto es, mayor de 30.

Según Devore, p. 295

…

Desafortunadamente, no es fácil seleccionar *n* para controlar la longitud del intervalo *t*. Esto es porque en la longitud aparece la incógnita *s* (antes de recopilar datos) y porque *n* interviene no sólo en $(1/\sqrt{n})$, sino también en $t_{\alpha/2\,;\,(n-1)}$. Como consecuencia de esto, se puede obtener una *n* apropiada sólo por ensayo y error.

…

Continuación Ejercicio 3

c) Si se sabe que la desviación estándar de la población de focos que produce la empresa es igual a 36 horas, ¿cambiaría el procedimiento para obtener el intervalo de confianza para estimar la verdadera duración media de los focos? ¿Debería exigirse que el tamaño de la muestra sea grande?

Sí cambiaría. Si se conoce σ, corresponde aplicar la fórmula del intervalo de confianza para la μ con σ conocida. En este caso, $\sigma_X = 36$ horas.

Walpole, p. 244

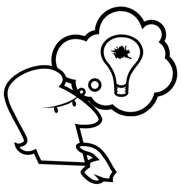
$$\overline{x} - z_{\alpha/2}\frac{\sigma_X}{\sqrt{n}} < \mu_X < \overline{x} + z_{\alpha/2}\frac{\sigma_X}{\sqrt{n}}$$

No sería necesario que el tamaño de la muestra sea grande. Es decir, podríamos tomar una muestra pequeña, ($n < 30$) y seguir utilizando la distribución normal estándar para calcular $z_{\alpha/2}$, dado que la población de la cual proviene la muestra en el problema que nos ocupa, se distribuye normalmente.

Pasemos al Ejercicio siguiente

Notas personales

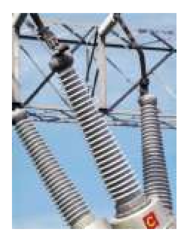
σ^2 Varianza



¿Qué tiene que tener en cuenta en problemas de estimación de la varianza, para aplicar los métodos que se estudian en nuestro curso?

- Verifique que los datos del problema corresponden a una variable **distribuida normalmente**.
- Aplique la distribución *ji-cuadrada* para encontrar los límites del intervalo de confianza para la varianza.
- Interprete los resultados haciendo referencia al **nivel de confianza** utilizado.
- Adopte el nivel de confianza si el enunciado del problema no establece.

UT5. Ejercicio 4



Fernando está estudiando el consumo diario de energía eléctrica de uno de los clientes de la Empresa *DISTRIBUIR S.A.* Los primeros resultados revelan que el consumo diario de energía del cliente estudiado, se distribuye normalmente.

a) Estime, mediante un intervalo de confianza del 95 %, el consumo medio diario de energía del cliente estudiado.
b) Construya un intervalo de confianza al nivel del 99% para la verdadera desviación estándar del consumo diario de energía eléctrica del cliente estudiado.

Más datos del Ejercicio 4 …

Estadísticas descriptivas

Las estadísticas descriptivas de las mediciones del consumo diario de energía del cliente, son las siguientes:

Diagrama de tallos y hojas

```
44|8 representa 448 MWh

      2     44|89
      3     45|8
      7     46|1469
     11     47|0148
     (9)    48|011177888
     11     49|139
      8     50|1446
      4     51|07
      2     52|
      2     53|0
      1     54|0
```

Estadísticas

```
Cantidad de datos = 31
Promedio = 485,935
Mediana = 487,0
Varianza = 470,462
Desviación estándar = 21,6901
Mínimo = 448,0
Máximo = 540,0
Rango = 92,0
Cuartil inferior = 470,0
Cuartil superior = 501,0
Rango intercuartil = 31,0
Coef. de variación = 4,46359%
```

Percentiles

```
P 1,0% = 448,0
P 5,0% = 449,0
P10,0% = 461,0
P90,0% = 510,0
P95,0% = 530,0
P99,0% = 540,0
```

Distribución de frecuencias

Clase	Límites Inf.	Límites Sup.	Punto Medio	Frecuencias fi	fri	Fi	Fri
1	440,0	460,0	450,0	3	0,0968	3	0,0968
2	460,0	480,0	470,0	9	0,2903	12	0,3871
3	480,0	500,0	490,0	11	0,3548	23	0,7419
4	500,0	520,0	510,0	6	0,1935	29	0,9355
5	520,0	540,0	530,0	2	0,0645	31	1,0000

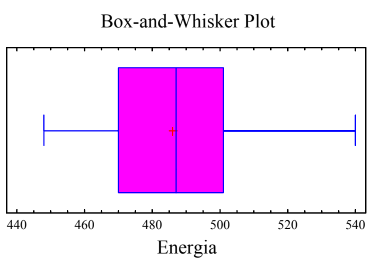
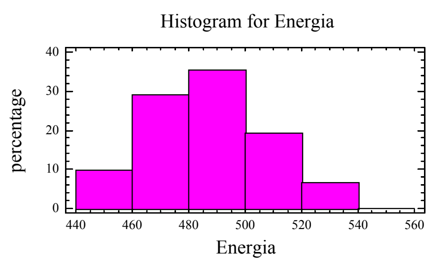


Gráfico de Caja



Histograma de frecuencias

Sugerencia

Usted debe saber calcular las estadísticas aquí proporcionadas. Imagine que sólo dispone del diagrama de tallos y hojas y verifique que el valor de la media y la desviación estándar son los aquí especificados.

Resolución Ejercicio 4

Variable en estudio:
X: consumo diario de energía eléctrica del cliente estudiado, en MWh.

Distribución de la variable en estudio:
Los primeros resultados revelan que el consumo diario de energía del cliente estudiado, se distribuye normalmente.
$X \sim N\ (x;\ \mu_X\ ,\ \sigma_X)$

Parámetros conocidos: Ninguno.

Datos de la muestra: Ver informe de la estadística descriptiva.

a) Estimar, mediante un intervalo de confianza del 95 %, el consumo medio diario de energía del cliente estudiado.

Corresponde aplicar la fórmula del intervalo de confianza para la μ con σ deconocida.
Walpole, p. 247

$$\overline{x} - t_{\alpha/2} \frac{s_X}{\sqrt{n}} < \mu_X < \overline{x} + t_{\alpha/2} \frac{s_X}{\sqrt{n}}$$

$(1 - \alpha) = 0{,}95$; $\alpha = 0{,}05$; $\alpha/2 = 0{,}025$; $t_{\alpha/2} = t_{0{,}025} = 2{,}042$

Reemplazando valores nos queda el siguiente intervalo de confianza:

$$(478{,}0\ ;\ 493{,}9)\ ;\ \text{para}\ (1 - \alpha) = 0{,}95$$

La **interpretación** del intervalo obtenido debe hacerse con el mismo criterio que el tratado para el caso de *medias*..

b) Construya un intervalo de confianza al nivel del 99%, para la verdadera desviación estándar del consumo diario de energía eléctrica del cliente estudiado.

Corresponde aplicar la fórmula del intervalo de confianza para σ de Walpole.
Walpole, p. 272

$$\frac{(n-1)\ s_x^2}{a} < \sigma_X^2 < \frac{(n-1)\ s_x^2}{b}$$

Donde:

$a = \chi^2_{\alpha/2}$: Es un valor de la variable ji-cuadrada tal que, el área bajo la curva que deja a su derecha, es igual a $\alpha/2$, para g.d.l. $\upsilon = (n - 1)$.

$b = \chi^2_{1-\alpha/2}$: Es un valor de la variable ji-cuadrada tal que, el área bajo la curva que deja a su derecha, es igual a $(1 - \alpha/2)$, para g.d.l. $\upsilon = (n - 1)$.

¡Atención!

Es posible que haya pequeñas diferencias entre los valores tabulados en las tablas estadísticas de los libros de texto y las tablas construidas con Microsoft Excel.

Tablas Estadísticas

En las EVALUACIONES usted deberá emplear las Tablas Estadísticas proporcionadas por la cátedra, pues nos guiaremos por éstas al momento de la corrección del examen.

De Tabla A.5 de Walpole, p. 685 y p. 686, para g.d.l. $\upsilon = (31 - 1) = 30$

$a = \chi^2_{0,005\ ;\ 30} = 53,703$

$b = \chi^2_{0,995\ ;\ 30} = 13,787$

De Tabla D.7: Valores críticos de la distribución Ji cuadrada (construida con Microsoft Excel)

$a = \chi^2_{0,005\ ;\ 30} = 53,672$

$b = \chi^2_{0,995\ ;\ 30} = 13,787$

Reemplazando valores nos queda el siguiente intervalo de confianza para la *varianza* de la población del consumo medio diario de energía del cliente estudiado:

$$(262,97;\ 1.023,73)\ ;\ \text{para}\ (1 - \alpha) = 0,99$$

Sacando la raíz cuadrada de los límites de confianza, se obtiene el siguiente intervalo de confianza para la *desviación estándar* de la población del consumo medio diario de energía del cliente estudiado:

$$(16,22;\ 32,00)\ ;\ \text{para}\ (1 - \alpha) = 0,99$$

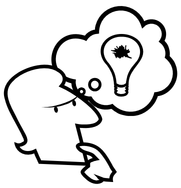
La **interpretación** del intervalo obtenido debe hacerse con el mismo criterio que el tratado para el caso de *medias*. Si tiene dudas, consúltenos.

Resolución con Excel disponible en página del Campus Virtual “Ejercicios Resueltos con Microsoft Excel”. Archivo: UT5ER_ConsumoDiarioEnergia.xls

Pasemos al ejercicio siguiente

σ_1^2/σ_2^2

Cociente de varianzas



¿Qué tiene que tener en cuenta en problemas de estimación del cociente de varianzas, para aplicar los métodos que se estudian en nuestro curso?

- Verifique que los datos del problema corresponden a variables **distribuidas normalmente**.
- La mayoría de las veces los enunciados no lo expresan, pero debe tenerse en cuenta que las muestras aleatorias se seleccionan de forma **independiente** de las dos poblaciones.
- Aplique la distribución *F* para encontrar los límites del intervalo de confianza para el cociente de varianzas.
- Interprete los resultados haciendo referencia al **nivel de confianza** utilizado.
- Adopte el nivel de confianza si el enunciado del problema no establece.

UT5. Ejercicio 5

Mauro es uno de los ingenieros de la empresa *PAVIMENTOS S.A.*, empresa que ha ganado la licitación para construir el pavimento de una de las avenidas de la ciudad. Por una cuestión de plazos de obra y de capacidad de producción de las empresas proveedoras del hormigón a emplear, Mauro decidió contratar a dos empresas del medio para la provisión del hormigón elaborado.

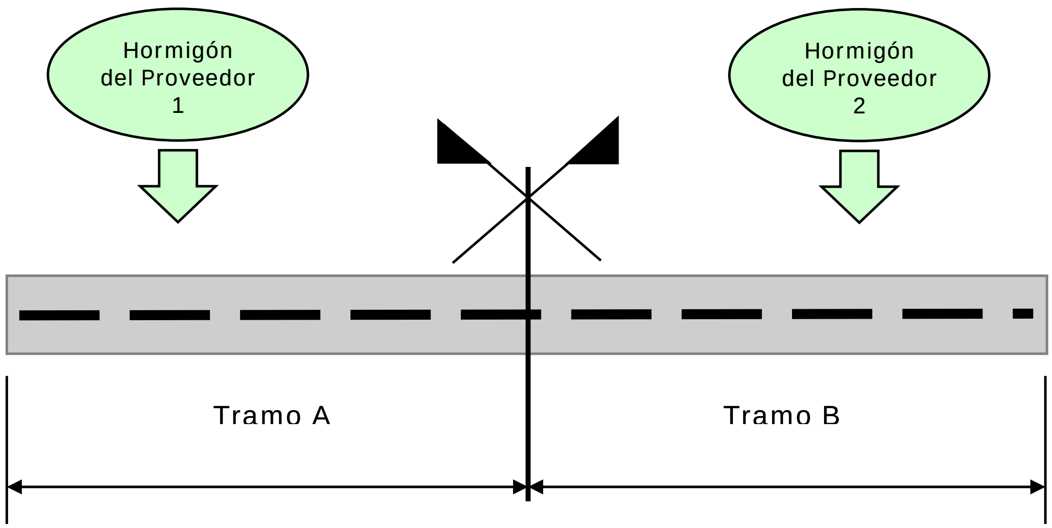
El esquema siguiente muestra la situación del plan de trabajo. Según el mismo, el hormigón del tramo A será provisto por la Empresa 1 y el hormigón del tramo B será provisto por la Empresa 2. Ambas deben proveer el mismo hormigón, pues se trata de la misma avenida.

Para controlar la calidad del material de los proveedores, Mauro extrajo muestras de ambos hormigones, los ensayó y comprobó que la resistencia a la compresión a la edad de 28 días del hormigón se distribuye normalmente. El mismo estudio le permitió conocer que la resistencia a compresión media de ambos hormigones es prácticamente la misma. Para controlar la *homogeneidad* del hormigón, esto es, verificar que el hormigón elaborado por ambos proveedores sea el mismo, no es suficiente que ambas resistencias medias sean iguales; también es preciso que la dispersión de los resultados de ensayo de ambos proveedores sea la misma.

Continuación Ejercicio 5

a) Utilice el método estadístico de estimación de parámetros para comparar la dispersión (en términos de desviación estándar) de las poblaciones de hormigones elaborados por los Proveedores 1 y 2. Utilice un nivel de confianza del 90%.

b) Saque conclusiones respecto de la homogeneidad del material.



Estadísticas descriptivas

Las estadísticas descriptivas de los resultados de ensayos obtenidos de los hormigones de ambos proveedores, son los siguientes:

	Proveedor 1	Proveedor 2		
		Situación 1	Situación 2	Situación 3
Tamaño de la muestra	61	81	81	81
Media muestral	32	32	32	32
Desviación estándar muestral	2,5	2,9	3,5	1,8

Resolución del Ejercicio 5

Variable en estudio:

X_1: resistencia a la compresión del hormigón del Proveedor 1 a la edad de 28 días, en MPa.
X_2: resistencia a la compresión del hormigón del Proveedor 2 a la edad de 28 días, en MPa.

Distribución de la variable en estudio:

$X_1 \sim N\,(x_1;\, \mu_{X1}\,,\, \sigma_{X1}) \quad ; \quad X_2 \sim N\,(x_2;\, \mu_{X2}\,,\, \sigma_{X2})$

Datos de la muestra: Ver cuadro con las estadísticas descriptivas.

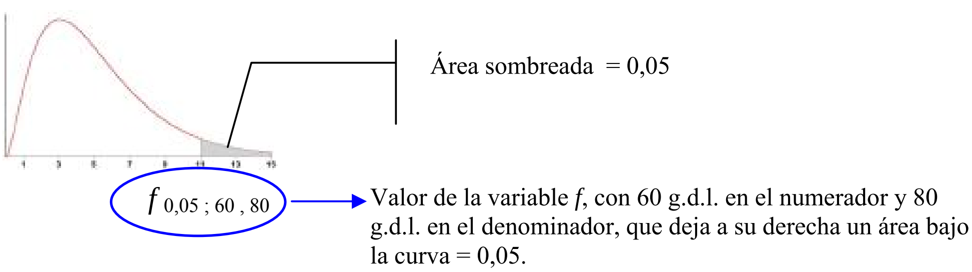
a) Utilice el método estadístico de estimación de parámetros para comparar la dispersión (en términos de varianza o desviación estándar) de las poblaciones de hormigones elaborados por los Proveedores 1 y 2, al nivel de confianza del 90%.

Para comparar las varianzas poblacionales, corresponde aplicar la fórmula del intervalo de confianza para σ_1^2 / σ_2^2.
Walpole, p. 274.

$$\frac{s_1^2}{s_2^2}\frac{1}{f_{\alpha/2\,;\,(\nu_1,\nu_2)}} < \frac{\sigma_1^2}{\sigma_2^2} < \frac{s_1^2}{s_2^2}\, f_{\alpha/2\,;\,(\nu_2,\nu_1)}$$

Para: $(1-\alpha) = 0{,}90$; $\alpha = 0{,}10$; $\alpha/2 = 0{,}05$

$f_{0,05\,;\,(60;80)} = 1{,}482$. Obtenido de Tabla D.9. La siguiente figura ilustra la notación empleada:



$f_{0,05\,;\,(80;60)} = 1{,}502$. Obtenido utilizando Microsoft Excel; no está en la Tabla D.9.

Por el Teorema 8.7 de Walpole:
Walpole, p. 234.

$$f_{1-\alpha\,;\,(\nu_1,\,\nu_2)} = \frac{1}{f_{\alpha\,;\,(\nu_2,\,\nu_1)}}$$

$f_{0,95\,;\,(60;80)} = 1 / f_{0,05\,;\,(80;60)} = 1 / 1{,}502 = 0{,}665844187 \approx 0{,}666$

Continuación Ejercicio 5

Reemplazando valores nos queda el siguiente intervalo de confianza:

Para la Situación 1:

$$\frac{2,5^2}{2,9^2}\cdot\frac{1}{1,482} < \frac{\sigma_1^2}{\sigma_2^2} < \frac{2,5^2}{2,9^2}\cdot\frac{1}{0,666}$$

(0,501 ; 1,116) ; para $(1-\alpha) = 0,90$

Para la Situación 2:

$$\frac{2,5^2}{3,5^2}\cdot\frac{1}{1,482} < \frac{\sigma_1^2}{\sigma_2^2} < \frac{2,5^2}{3,5^2}\cdot\frac{1}{0,666}$$

(0,344 ; 0,766) ; para $(1-\alpha) = 0,90$

Para la Situación 3:

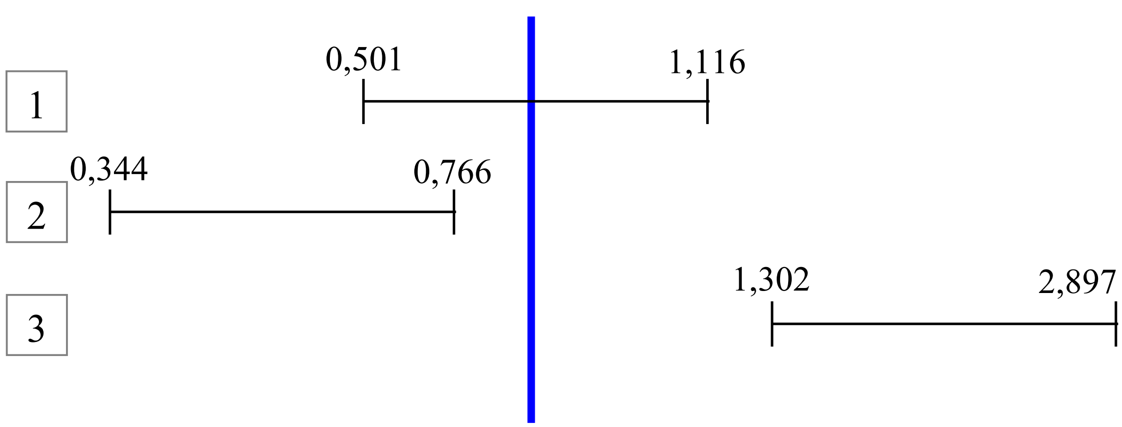
$$\frac{2,5^2}{1,8^2}\cdot\frac{1}{1,482} < \frac{\sigma_1^2}{\sigma_2^2} < \frac{2,5^2}{1,8^2}\cdot\frac{1}{0,666}$$

(1,302 ; 2,897) ; para $(1-\alpha) = 0,90$

Interpretación del intervalo de confianza

En el caso del cociente de varianzas, la interpretación debe hacerse con el mismo criterio que el tratado para la diferencia de medias, teniendo en cuenta que aquí las varianzas serán iguales cuando el cociente sea igual a la unidad.

El siguiente esquema ilustra los resultados para las tres situaciones propuestas:



$\sigma_1^2 / \sigma_2^2 = 1$

(Si las varianzas fueran iguales, el cociente sería igual a 1)

Continuación Ejercicio 5

Situación 1: Si el resultado obtenido fuera el identificado con el número 1, Mauro debe decir que, con un 90% de confianza, el intervalo (0,501 ; 1,116) incluye al verdadero valor del cociente de las varianzas. Si las varianzas fueran iguales, el cociente entre ellas (σ_1^2 / σ_2^2) = 1. Dado que el intervalo encontrado incluye al valor 1, concluimos que, al nivel de confianza del 90%, $\sigma_1^2 = \sigma_2^2$.

Situación 2: Si el resultado hubiera sido el representado por el intervalo identificado por el número 2, con ambos extremos menores que 1, Mauro debería haber concluido que, con un 90% de confianza, el intervalo representado incluye al verdadero cociente de las varianzas poblacionales (menor que 1), por lo tanto, $\sigma_1^2 < \sigma_2^2$.

Situación 3: Si el resultado hubiera sido el representado por el intervalo identificado por el número 3, con ambos extremos mayores que 1, Mauro debería haber concluido que, con un 90% de confianza, el intervalo representado incluye al verdadero cociente de las varianzas poblacionales (mayor que 1), por lo tanto, $\sigma_1^2 > \sigma_2^2$.

b) Saque conclusiones respecto de la homogeneidad del material.

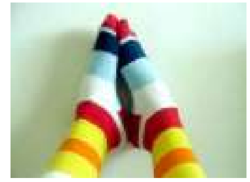
Situación 1: Si los resultados fueran los obtenidos en la Situación 1, Mauro debe concluir que, si bien se utilizan hormigones de distintos proveedores, al nivel de confianza del 90%, se está logrando la *homogeneidad* del mismo. Esto es, la resistencia a compresión del hormigón del Proveedor 1, además de tener la misma resistencia media que el hormigón del Proveedor 2, también tiene la misma desviación estándar.

Situación 2: Si los resultados fueran los obtenidos en la Situación 2, Mauro debe concluir que, al nivel de confianza del 90%, si bien la resistencia media de los hormigones de ambos proveedores es la misma, la dispersión de los resultados de ensayo de los proveedores no es la misma (no tienen la misma varianza), por lo que no se está logrando la *homogeneidad* del material. En particular, por ser ambos extremos menores que uno, el denominador (σ_2^2) es mayor que el numerador (σ_1^2), es decir, los resultados de ensayo del Proveedor 2 tienen mayor dispersión que los del Proveedor 1.

Situación 3: Esta situación es similar a la anterior, pero en este caso el numerador (σ_1^2) es mayor que el denominador (σ_2^2), es decir, los resultados de ensayo del Proveedor 1 están más dispersos que los del Proveedor 2. Por supuesto, tampoco se está logrando la *homogeneidad* del material.

Resolución con Excel disponible en página del Campus Virtual "Ejercicios Resueltos con Microsoft Excel". Archivo: UT5ER_CocienteVarianzasPavimento.xls

¡Es hora de descansar!



UT5. Respuestas

UT5. Ejercicio 1

1.1.c)
1.2.b)
1.3.d)
1.4.d)
1.5.d)
2.1.b)
2.2.d)
2.3.d)
2.4.d)
2.5.d)
2.6.d)
2.7.d)
3.a)
4.1.f)
4.2.d)
5.1.c)
5.2.c)
6.1.d)
6.2.d)
6.3.b)
6.4. No requiere respuesta
6.5.c)

UT5. Ejercicio 2

1.c)
2.b)
3.c)

UT5. Ejercicio 3

No se pide respuestas.

UT5. Ejercicio 4

No se pide respuestas.

UT5. Ejercicio 5

No se pide respuestas.

Tabla de contenidos