Diseño y Análisis de Experimentos:
(Manual de Ejercicios)

Facultad de Ingeniería Tampico – UAT

Autores:
Dr. Alejandro González Turrubiates
Dr. Carlos Alfredo Loredo Hernández
Dr. Juan Enrique Bermea Barrios

10 de septiembre de 2025

Índice

1. Introducción

Este manual reúne ejercicios sobre **estimación por intervalos** aplicados a contextos típicos de *Ingeniería Industrial*. Cada ejercicio incluye: contexto, datos, guía de pasos, y una *clave rápida* para el profesor.

2. Ejercicios de estimación por intervalos

Ejercicio 1. *Tiempo de* setup *en prensa (n=40)*

En una celda de manufactura se desea estimar el **tiempo promedio** del proceso: *Tiempo de* setup *en prensa*. Se toma una muestra de tamaño $n = 40$ y se solicita construir un **IC al 95 %** para la media.

Datos (muestra)

`12.7, 11.9, 13.4, 12.1, 12.8, 11.6, 14.0, 12.5, 13.1, 12.0, 11.8, 12.9, 13.3, 12.2, 11.7, 12.6, 13.0, 12.4, 11.5, 12.3, 13.2, 12.7, 11.9, 12.8, 13.5, 12.6, 12.0, 11.8, 12.1, 13.1, 12.5, 11.6, 12.9, 13.0, 12.4, 11.7, 12.3, 13.4, 12.2, 11.9`

Actividad

1. Calcule $\bar{x}$ y s.
2. Calcule $SE = s/\sqrt{n}$.
3. Seleccione el valor crítico (use t con $gl = n - 1$ y compare con $Z = 1{,}96$).
4. Obtenga $ME =$ crítico $\times$ SE e informe el IC $\bar{x} \pm ME$.
5. Interprete los resultados para la toma de decisiones (p.ej., SMED, balanceo, estandarización).

Ejercicio 2. *Tiempo de inspección final por lote (n=50)*

En una celda de manufactura se desea estimar el **tiempo promedio** del proceso: *Tiempo de inspección final por lote*. Se toma una muestra de tamaño $n = 50$ y se solicita construir un **IC al 95 %** para la media.

Datos (muestra)

`12.2, 12.6, 11.8, 12.7, 12.9, 12.4, 11.9, 12.2, 12.8, 12.3, 12.3, 11.6, 11.9, 13.7, 12.3, 12.3, 12.9, 12.0, 13.2, 12.5, 12.4, 12.1, 12.4, 13.5, 12.8, 12.5, 12.7, 12.7, 12.3, 11.8, 12.1, 13.0, 12.2, 12.5, 13.5, 12.7, 12.9, 12.2, 13.0, 11.4, 13.2, 12.0, 12.7, 11.9, 12.1, 12.6, 13.8, 11.4, 12.6, 13.3`

Actividad

1. Calcule $\bar{x}$ y s.
2. Calcule $SE = s/\sqrt{n}$.
3. Seleccione el valor crítico (use t con $gl = n - 1$ y compare con $Z = 1{,}96$).
4. Obtenga $ME =$ crítico $\times$ SE e informe el IC $\bar{x} \pm ME$.
5. Interprete los resultados para la toma de decisiones (p.ej., SMED, balanceo, estandarización).

Ejercicio 3. *Tiempo de cambio de herramienta CNC (n=39)*

En una celda de manufactura se desea estimar el **tiempo promedio** del proceso: *Tiempo de cambio de herramienta CNC*. Se toma una muestra de tamaño $n = 39$ y se solicita construir un **IC al 95 %** para la media.

Datos (muestra)

`12.2, 11.2, 12.4, 12.6, 11.8, 12.5, 12.5, 12.6, 12.5, 11.3, 12.2, 12.9, 12.8, 11.8, 12.0, 12.2, 12.8, 12.8, 12.3, 11.0, 12.9, 13.3, 13.4, 12.5, 12.8, 12.3, 12.2, 12.5, 12.6, 13.1, 13.6, 12.6, 12.6, 11.8, 12.2, 11.4, 11.9, 12.8, 11.6`

Actividad

1. Calcule $\bar{x}$ y s.
2. Calcule $SE = s/\sqrt{n}$.
3. Seleccione el valor crítico (use t con $gl = n - 1$ y compare con $Z = 1{,}96$).
4. Obtenga $ME =$ crítico $\times$ SE e informe el IC $\bar{x} \pm ME$.
5. Interprete los resultados para la toma de decisiones (p.ej., SMED, balanceo, estandarización).

Ejercicio 4. *Tiempo de transporte interno por pallet (n=46)*

En una celda de manufactura se desea estimar el **tiempo promedio** del proceso: *Tiempo de transporte interno por pallet*. Se toma una muestra de tamaño $n = 46$ y se solicita construir un **IC al 95 %** para la media.

Datos (muestra)

`12.3, 13.7, 13.0, 11.6, 11.9, 12.8, 12.7, 12.4, 12.4, 12.7, 13.1, 12.4, 13.4, 13.3, 12.1, 13.0, 12.2, 12.2, 12.9, 12.8, 10.9, 12.4, 12.9, 11.2, 13.2, 12.7, 13.1, 11.8, 12.8, 12.7, 12.2, 11.6, 12.6, 13.3, 12.3, 12.8, 11.2, 12.8, 12.2, 12.4, 11.8, 13.6, 12.0, 12.3, 12.8, 12.4`

Actividad

1. Calcule $\bar{x}$ y s.
2. Calcule $SE = s/\sqrt{n}$.
3. Seleccione el valor crítico (use t con $gl = n - 1$ y compare con $Z = 1{,}96$).
4. Obtenga $ME =$ crítico $\times$ SE e informe el IC $\bar{x} \pm ME$.
5. Interprete los resultados para la toma de decisiones (p.ej., SMED, balanceo, estandarización).

Ejercicio 5. *Tiempo de verificación dimensional (n=45)*

En una celda de manufactura se desea estimar el **tiempo promedio** del proceso: *Tiempo de verificación dimensional*. Se toma una muestra de tamaño $n = 45$ y se solicita construir un **IC al 95 %** para la media.

Datos (muestra)

`13.2, 11.8, 12.6, 13.1, 11.5, 13.0, 13.4, 12.9, 12.4, 12.9, 13.5, 12.4, 11.8, 12.6, 11.7, 12.2, 13.2, 13.3, 12.3, 13.0, 13.1, 12.0, 12.8, 10.9, 12.4, 12.0, 12.2, 12.0, 13.4, 12.1, 12.2, 12.6, 12.5, 12.5, 13.4, 13.9, 12.9, 12.8, 11.8, 13.0, 12.1, 12.4, 13.0, 13.3, 13.2`

Actividad

1. Calcule $\bar{x}$ y s.
2. Calcule $SE = s/\sqrt{n}$.
3. Seleccione el valor crítico (use t con $gl = n - 1$ y compare con $Z = 1{,}96$).
4. Obtenga $ME =$ crítico $\times$ SE e informe el IC $\bar{x} \pm ME$.
5. Interprete los resultados para la toma de decisiones (p.ej., SMED, balanceo, estandarización).

Ejercicio 6. *Tiempo de soldadura por punto (n=47)*

En una celda de manufactura se desea estimar el **tiempo promedio** del proceso: *Tiempo de soldadura por punto*. Se toma una muestra de tamaño $n = 47$ y se solicita construir un **IC al 95 %** para la media.

Datos (muestra)

`12.2, 13.4, 12.0, 12.5, 12.2, 12.8, 12.0, 13.5, 13.2, 13.1, 11.6, 11.9, 12.6, 12.6, 11.6, 12.5, 11.2, 12.5, 11.8, 12.9, 12.3, 12.6, 12.1, 13.1, 12.8, 12.5, 12.5, 12.2, 13.3, 12.6, 12.1, 12.3, 12.0, 12.9, 11.8, 12.4, 12.8, 12.6, 12.2, 12.2, 12.8, 12.7, 12.8, 12.9, 13.0, 12.3, 12.7`

Actividad

1. Calcule $\bar{x}$ y s.
2. Calcule $SE = s/\sqrt{n}$.
3. Seleccione el valor crítico (use t con $gl = n - 1$ y compare con $Z = 1{,}96$).
4. Obtenga $ME =$ crítico $\times$ SE e informe el IC $\bar{x} \pm ME$.
5. Interprete los resultados para la toma de decisiones (p.ej., SMED, balanceo, estandarización).

3. Rúbrica de evaluación

La siguiente rúbrica aplica a todos los ejercicios de esta sección.

Criterio	**Descripción**	**Puntos**
Cálculo de la media muestral	Correcto cálculo de la media de los datos.	10
Cálculo de la desviación estándar muestral	Obtención adecuada de la desviación estándar.	10
Cálculo del error estándar (SE)	Determinación correcta de $SE = s/\sqrt{n}$.	10
Selección del valor crítico	Elección correcta entre Z o t y justificación.	15
Margen de error (ME)	Cálculo correcto del margen de error.	10
Construcción del intervalo de confianza	Intervalo calculado correctamente.	20
Interpretación de resultados	Explicación contextualizada en Ingeniería Industrial.	15
Presentación y orden	Trabajo ordenado, claro y legible.	10

Cuadro 1: Rúbrica de evaluación (100 puntos).

4. Ejercicios de estimación de proporciones

Ejercicio 7. *Defectuosos en producción (n=200)*

En una muestra de $n = 200$ tornillos producidos, se detectaron $x = 18$ defectuosos. Se desea estimar la **proporción de defectuosos** con un IC al 95 %.

Datos (muestra)

$n = 200, \quad x = 18$

Actividad

1. Calcule $\hat{p} = x/n$.
2. Calcule $SE = \sqrt{\hat{p}(1-\hat{p})/n}$.
3. Seleccione el valor crítico ($Z = 1{,}96$).
4. Obtenga $ME = Z \times SE$ e informe el IC $\hat{p} \pm ME$.
5. Interprete el intervalo en el contexto de la calidad de producción.

Ejercicio 8. *Envases con fuga (n=150)*

En una muestra de $n = 150$ envases, $x = 24$ presentaron fugas. Se desea estimar la **proporción de envases defectuosos** con un IC al 95 %.

Datos (muestra)

$n = 150\,, \qquad x = 24$

Actividad

1. Calcule $\hat{p} = x/n$.
2. Calcule $SE = \sqrt{\hat{p}(1-\hat{p})/n}$.
3. Seleccione el valor crítico ($Z = 1{,}96$).
4. Obtenga $ME = Z \times SE$ e informe el IC $\hat{p} \pm ME$.
5. Interprete el intervalo en el contexto de control de envases.

Ejercicio 9. *Uso de EPP (n=80)*

Se observa el uso de equipo de protección personal en $n = 80$ empleados y $x = 68$ lo portaban correctamente. Se desea estimar la **proporción de cumplimiento** con un IC al 95 %.

Datos (muestra)
$n = 80\,, \qquad x = 68$

Actividad

1. Calcule $\hat{p} = x/n$.
2. Calcule $SE = \sqrt{\hat{p}(1-\hat{p})/n}$.
3. Seleccione el valor crítico ($Z = 1{,}96$).
4. Obtenga $ME = Z \times SE$ e informe el IC $\hat{p} \pm ME$.
5. Interprete el intervalo en el contexto de seguridad laboral.

Ejercicio 10. *Rechazo de lotes (n=120)*

En una auditoría de materia prima con $n = 120$ lotes, se rechazaron $x = 15$. Se desea estimar la **proporción de rechazo** con un IC al 95 %.

Datos (muestra)
$n = 120\,, \qquad x = 15$

Actividad

1. Calcule $\hat{p} = x/n$.
2. Calcule $SE = \sqrt{\hat{p}(1-\hat{p})/n}$.
3. Seleccione el valor crítico ($Z = 1{,}96$).
4. Obtenga $ME = Z \times SE$ e informe el IC $\hat{p} \pm ME$.
5. Interprete el intervalo en el contexto de control de calidad.

Ejercicio 11. *Entregas a tiempo (n=250)*

De $n = 250$ pedidos, $x = 223$ llegaron a tiempo. Se desea estimar la **proporción de entregas puntuales** con un IC al 95 %.

Datos (muestra)
$n = 250, \quad x = 223$

Actividad

1. Calcule $\hat{p} = x/n$.
2. Calcule $SE = \sqrt{\hat{p}(1-\hat{p})/n}$.
3. Seleccione el valor crítico ($Z = 1{,}96$).
4. Obtenga $ME = Z \times SE$ e informe el IC $\hat{p} \pm ME$.
5. Interprete el intervalo en el contexto de logística y entregas.

5. Rúbrica de evaluación

Criterio	**Descripción**	**Puntos**
Cálculo de la proporción muestral $\hat{p}$	Correcto cálculo de la proporción x/n.	15
Cálculo del error estándar (SE)	Determinación correcta de $SE = \sqrt{\hat{p}(1-\hat{p})/n}$.	15
Selección del valor crítico	Elección adecuada del valor Z para el nivel de confianza.	15
Cálculo del margen de error (ME)	Cálculo correcto de $ME = Z \times SE$.	15
Construcción del intervalo de confianza	Intervalo calculado correctamente.	20
Interpretación de resultados	Explicación contextualizada en el problema de Ingeniería Industrial.	15
Presentación y orden	Trabajo ordenado, claro y legible.	5

Cuadro 2: Rúbrica de evaluación para intervalos de confianza de proporciones (100 puntos).

6. Pruebas de hipótesis (muestras grandes)

Ejercicio 12. *Duración de lotes en línea de ensamble (n=900)*

Un ingeniero de procesos afirma que el tiempo promedio para ensamblar un lote es de $\mu_0 = 150$ minutos. La gerencia sospecha que el tiempo real es diferente y propone como hipótesis alternativa $\mu_1 = 147$. Se conoce que la desviación estándar del proceso es $\sigma = 28$ y se cuenta con una muestra de $n = 900$ lotes. Se desea aplicar una prueba de hipótesis bilateral con $\alpha = 0{,}05$.

Datos (muestra)

$\mu_0 = 150, \quad \mu_1 = 147, \quad n = 900, \quad \sigma = 28, \quad \alpha = 0{,}05$

Actividad

1. Plantee $H_0 : \mu = 150$ y $H_1 : \mu \neq 150$.
2. Calcule $\sigma_{\bar{x}} = \sigma/\sqrt{n}$.
3. Use $Z_{\alpha/2} = 1{,}96$ y forme el intervalo de aceptación $\mu_0 \pm Z\,\sigma_{\bar{x}}$.
4. Verifique si μ_1 cae dentro/fuera del intervalo y concluya sobre H_0.

Ejercicio 13. *Tiempo de inspección de calidad (n=1600)*

El departamento de calidad asegura que el tiempo promedio para inspeccionar un lote de producto terminado es de $\mu_0 = 80$ minutos. Un auditor externo duda de esta cifra y sospecha que el tiempo podría ser mayor. Para contrastar, se propone como hipótesis alternativa $\mu_1 = 82{,}2$. Se sabe que la desviación estándar del proceso es $\sigma = 12$, con $n = 1600$ observaciones. Nivel de significancia: $\alpha = 0{,}10$ (bilateral).

Datos (muestra)

$\mu_0 = 80, \quad \mu_1 = 82{,}2, \quad n = 1600, \quad \sigma = 12, \quad \alpha = 0{,}10$

Actividad

1. Plantee $H_0 : \mu = 80$ y $H_1 : \mu \neq 80$.
2. Calcule $\sigma_{\bar{x}} = \sigma/\sqrt{n}$ y $Z_{\alpha/2}$.
3. Construya el intervalo de aceptación y decida sobre H_0.

Ejercicio 14. *Tiempos de preparación de máquina CNC (n=2500)*

Un proveedor garantiza que el tiempo promedio de preparación de una máquina CNC es de $\mu_0 = 25$ minutos. Un supervisor cree que en realidad el tiempo es menor y propone como hipótesis alternativa $\mu_1 = 24{,}6$. Se sabe que la desviación estándar histórica es $\sigma = 5$, con $n = 2500$ mediciones. Se realiza la prueba al 20 % de significancia.

Datos (muestra)

$\mu_0 = 25, \quad \mu_1 = 24{,}6, \quad n = 2500, \quad \sigma = 5, \quad \alpha = 0{,}20$

Actividad

1. Plantee $H_0 : \mu = 25$ y $H_1 : \mu \neq 25$.

2. Calcule $\sigma_{\bar{x}}$ y $Z_{\alpha/2}$.
3. Genere el intervalo de aceptación y concluya.

Ejercicio 15. *Producción de piezas diarias (n=2000)*

Se establece que la producción diaria promedio de una línea es de $\mu_0 = 300$ piezas. Un analista sospecha que la producción puede estar cambiando y toma como hipótesis alternativa $\mu_1 = 301$. La desviación estándar histórica es $\sigma = 40$ y se dispone de $n = 2000$ días de registro. Se usa un nivel de significancia $\alpha = 0{,}02$.

Datos (muestra)

$\mu_0 = 300, \quad \mu_1 = 301, \quad n = 2000, \quad \sigma = 40, \quad \alpha = 0{,}02$

Actividad

1. Plantee $H_0 : \mu = 300$ y $H_1 : \mu \neq 300$.
2. Calcule $\sigma_{\bar{x}}$ y $Z_{\alpha/2}$.
3. Construya el intervalo de aceptación y verifique si contiene μ_1.

Ejercicio 16. *Tiempo de ciclo en estación automática (n=3600)*

En una estación automática se reporta que el tiempo de ciclo promedio es de $\mu_0 = 60$ segundos. Un investigador quiere comprobar si existe una desviación significativa, proponiendo $\mu_1 = 59{,}9$. Se sabe que $\sigma = 9$, $n = 3600$ y $\alpha = 0{,}01$.

Datos (muestra)

$\mu_0 = 60, \quad \mu_1 = 59{,}9, \quad n = 3600, \quad \sigma = 9, \quad \alpha = 0{,}01$

Actividad

1. Plantee $H_0 : \mu = 60$ y $H_1 : \mu \neq 60$.
2. Calcule $\sigma_{\bar{x}}$ y $Z_{\alpha/2}$.
3. Intervalo de aceptación y decisión sobre H_0.

---

7. Rúbrica de evaluación

Criterio	Descripción	Puntos
Planteamiento de hipótesis	Redacción correcta de H_0 y H_1 según el problema.	15
Cálculo del error estándar (SE)	Determinación adecuada de $\sigma_{\bar{x}} = \sigma/\sqrt{n}$.	15
Selección del valor crítico	Elección correcta de $Z_{\alpha/2}$ según el nivel de significancia.	15
Construcción del intervalo de aceptación	Obtención correcta de $[\mu_0 \pm Z \cdot \sigma_{\bar{x}}]$.	20
Decisión estadística	Identificación correcta de si se acepta o rechaza H_0.	15
Interpretación en contexto	Explicación clara en términos del proceso de Ingeniería Industrial.	15
Presentación y orden	Trabajo limpio, ordenado y legible.	5

Cuadro 3: Rúbrica de evaluación para pruebas de hipótesis en muestras grandes (100 puntos).

8. Pruebas de hipótesis para proporciones (muestras grandes)

Ejercicio 17. *¿Quién tiene la razón sobre la pro-movilidad? (n=150)*

Una compañía evalúa la **proporción de empleados pro–movibles** (aptos para ascenso). El Director de R.H. afirma que la proporción poblacional es $p_0 = 0{,}80$. Un comité entrevista en profundidad a $n = 150$ empleados y concluye que el 70 % de la muestra cumple los requisitos ($\hat{p} = 0{,}70$). Con $\alpha = 0{,}05$, determine quién tiene la razón.

Datos (muestra)

$$p_0 = 0{,}80, \quad n = 150, \quad \hat{p} = 0{,}70 \ (\Rightarrow x = 105), \quad \alpha = 0{,}05$$

Actividad

1. Plantee $H_0 : p = 0{,}80$ vs. $H_1 : p \neq 0{,}80$ (prueba bilateral al 5 %).
2. Calcule el error estándar *bajo* H_0: $SE_0 = \sqrt{p_0(1 - p_0)/n}$.
3. Obtenga la estadística $Z = \dfrac{\hat{p} - p_0}{SE_0}$.
4. Compare $|Z|$ con $Z_{0{,}025} = 1{,}96$ *o* compute el *p–valor* bilateral.
5. Concluya en términos del problema: ¿se sostiene la afirmación de R.H. o la del comité?
6. (*Opcional de contraste*) Construya el IC95 % para p con $SE = \sqrt{\hat{p}(1 - \hat{p})/n}$ y verifique si contiene 0,80.

Ejercicio 18. *Defectos en piezas inyectadas (n=400)*

Un proveedor asegura que solo el 5 % de las piezas plásticas presentan defectos ($p_0 = 0{,}05$). Un ingeniero de calidad toma $n = 400$ piezas y encuentra que el 8 % presentan defectos ($\hat{p} = 0{,}08$). ¿Se debe rechazar la afirmación del proveedor al nivel $\alpha = 0{,}05$?

Datos (muestra)

$p_0 = 0{,}05, \quad n = 400, \quad \hat{p} = 0{,}08, \quad \alpha = 0{,}05$

Actividad

1. Plantee $H_0 : p = 0{,}05$ vs. $H_1 : p \neq 0{,}05$.
2. Calcule $SE_0 = \sqrt{p_0(1 - p_0)/n}$.
3. Obtenga $Z = (\hat{p} - p_0)/SE_0$ y compare con $Z_{0{,}025} = 1{,}96$.
4. Concluya en contexto.

Ejercicio 19. *Uso de EPP en planta (n=200)*

El reglamento establece que al menos el 90 % de los trabajadores deben portar equipo de protección ($p_0 = 0{,}90$). En una auditoría, se observa a $n = 200$ empleados y solo el 85 % cumple ($\hat{p} = 0{,}85$). ¿Se cumple la norma con $\alpha = 0{,}01$?

Datos (muestra)

$p_0 = 0{,}90, \quad n = 200, \quad \hat{p} = 0{,}85, \quad \alpha = 0{,}01$

Actividad

1. Plantee $H_0 : p = 0{,}90$ vs. $H_1 : p \neq 0{,}90$.
2. Calcule $SE_0 = \sqrt{p_0(1 - p_0)/n}$.
3. Obtenga Z y compare con $Z_{0{,}005} = 2{,}576$.

Ejercicio 20. *Entregas a tiempo (n=300)*

La empresa promete que el 95 % de las entregas llegan puntuales ($p_0 = 0{,}95$). En un muestreo de $n = 300$ pedidos, se encuentra que solo el 92 % fue puntual ($\hat{p} = 0{,}92$). Pruebe a $\alpha = 0{,}05$ si la promesa es confiable.

Datos (muestra)

$p_0 = 0{,}95, \quad n = 300, \quad \hat{p} = 0{,}92, \quad \alpha = 0{,}05$

Actividad

1. Plantee $H_0 : p = 0{,}95$ vs. $H_1 : p \neq 0{,}95$.
2. Calcule $SE_0 = \sqrt{p_0(1 - p_0)/n}$.

3. Obtenga Z y compare con $Z_{0,025} = 1{,}96$.

Ejercicio 21. *Aceptación de lotes en control de calidad (n=500)*

Un proveedor afirma que el 88 % de los lotes pasan inspección ($p_0 = 0{,}88$). Un comprador inspecciona $n = 500$ lotes y observa que 420 cumplen ($\hat{p} = 0{,}84$). ¿Se sostiene la afirmación al nivel $\alpha = 0{,}10$?

Datos (muestra)

$p_0 = 0{,}88, \quad n = 500, \quad \hat{p} = 0{,}84, \quad \alpha = 0{,}10$

Actividad

1. Plantee $H_0 : p = 0{,}88$ vs. $H_1 : p \neq 0{,}88$.
2. Calcule $SE_0 = \sqrt{p_0(1 - p_0)/n}$.
3. Obtenga Z y compare con $Z_{0,05} = 1{,}645$.

Ejercicio 22. *Satisfacción de clientes (n=250)*

Un gerente de servicio afirma que al menos el 85 % de los clientes están satisfechos ($p_0 = 0{,}85$). En una encuesta a $n = 250$ clientes, 78 % se declararon satisfechos ($\hat{p} = 0{,}78$). ¿Es cierta la afirmación con $\alpha = 0{,}05$?

Datos (muestra)

$p_0 = 0{,}85, \quad n = 250, \quad \hat{p} = 0{,}78, \quad \alpha = 0{,}05$

Actividad

1. Plantee $H_0 : p = 0{,}85$ vs. $H_1 : p \neq 0{,}85$.
2. Calcule $SE_0 = \sqrt{p_0(1 - p_0)/n}$.
3. Obtenga Z y compare con $Z_{0,025} = 1{,}96$.

Rúbrica de evaluación: Pruebas de hipótesis para proporciones (muestras grandes)

Criterio	Descripción	Puntos
Planteamiento de hipótesis	Correcta formulación de H_0 y H_1.	10
Cálculo de la proporción muestral $\hat{p}$	Determinación precisa de la proporción observada.	10
Cálculo del error estándar (SE)	Aplicación correcta de $SE = \sqrt{p_0(1-p_0)/n}$.	15
Obtención del estadístico de prueba Z_{obs}	Sustitución precisa y cálculo correcto.	20
Selección del valor crítico	Elección adecuada de Z_α según tipo de prueba.	15
Decisión estadística	Conclusión correcta (rechazo o no de H_0).	15
Interpretación contextual	Explicación del resultado en términos prácticos.	10
Presentación y orden	Trabajo ordenado, claro y legible.	5

Cuadro 4: Rúbrica de evaluación para pruebas de hipótesis con proporciones en muestras grandes (100 puntos).

9. Pruebas de hipótesis para la media (muestras pequeñas, σ desconocida)

Ejercicio 23. *Puntuación de test de actitudes (n=20)*

Un especialista afirma que la **puntuación promedio** del test de actitudes será $\mu_0 = 90$. La gerencia revisa $n = 20$ resultados y obtiene $\bar{x} = 84$ con desviación estándar muestral $s = 11$. Con $\alpha = 0{,}10$ (bilateral), ¿tiene razón el especialista?

Datos (muestra)
$\mu_0 = 90, \quad n = 20, \quad \bar{x} = 84, \quad s = 11, \quad \alpha = 0{,}10$

Actividad

1. Plantee $H_0 : \mu = 90$ vs. $H_1 : \mu \neq 90$.
2. Calcule $SE = s/\sqrt{n}$ y el valor crítico $t_{\alpha/2,\,n-1}$.
3. Método del estadístico: $t = \dfrac{\bar{x} - \mu_0}{SE}$ y compare $|t|$ con $t_{\alpha/2,\,n-1}$.
4. Método del intervalo de aceptación: $\mu_0 \pm t_{\alpha/2,\,n-1} \cdot SE$.
5. Concluya en contexto.

Ejercicio 24. *Tiempo de capacitación técnica (n=24)*

Se sostiene que el tiempo medio de un curso interno es $\mu_0 = 75$ min. Una muestra da $\bar{x} = 73$ y $s = 9$ con $n = 24$. Contraste bilateral con $\alpha = 0{,}05$.

Datos (muestra)

$\mu_0 = 75, \quad n = 24, \quad \bar{x} = 73, \quad s = 9, \quad \alpha = 0{,}05$

Actividad

1. Plantee $H_0 : \mu = 75$ vs. $H_1 : \mu \neq 75$.
2. Calcule SE y $t_{\alpha/2,\,23}$.
3. Evalúe $t = (\bar{x} - \mu_0)/SE$ y concluya.

Ejercicio 25. *Tiempo de alistamiento de célula (n=15)*

Se declara $\mu_0 = 100$ s para el tiempo promedio de alistamiento. Muestra: $\bar{x} = 102$, $s = 5$, $n = 15$. Use $\alpha = 0{,}10$ bilateral.

Datos (muestra)

$\mu_0 = 100, \quad n = 15, \quad \bar{x} = 102, \quad s = 5, \quad \alpha = 0{,}10$

Actividad

1. Plantee $H_0 : \mu = 100$ vs. $H_1 : \mu \neq 100$.
2. Calcule SE y $t_{\alpha/2,\,14}$; obtenga t.
3. Decida e interprete.

Ejercicio 26. *Tiempo de verificación en metrología (n=30)*

Se establece $\mu_0 = 50$ s. En una muestra se obtiene $\bar{x} = 48$ con $s = 6$ y $n = 30$. Contraste bilateral con $\alpha = 0{,}05$.

Datos (muestra)

$\mu_0 = 50, \quad n = 30, \quad \bar{x} = 48, \quad s = 6, \quad \alpha = 0{,}05$

Actividad

1. Plantee $H_0 : \mu = 50$ vs. $H_1 : \mu \neq 50$.
2. Calcule SE y $t_{\alpha/2,\,29}$; evalúe t.
3. Concluya en el contexto del laboratorio.

Ejercicio 27. *Nivel de llenado en envasado (n=18)*

Se garantiza un nivel medio de llenado $\mu_0 = 13{,}0$ ml. En muestreo: $\bar{x} = 11{,}8$ ml, $s = 1{,}8$ ml, $n = 18$. Use $\alpha = 0{,}05$ (bilateral).

Datos (muestra)

$\mu_0 = 13{,}0, \quad n = 18, \quad \bar{x} = 11{,}8, \quad s = 1{,}8, \quad \alpha = 0{,}05$

Actividad

1. Plantee $H_0 : \mu = 13{,}0$ vs. $H_1 : \mu \neq 13{,}0$.
2. Calcule SE y $t_{\alpha/2,\,17}$; obtenga t.
3. Decida y explique el impacto en calidad.

---

10. Rúbrica de evaluación

Criterio	**Descripción**	**Puntos**
Planteamiento de hipótesis	Formulación correcta de H_0 y H_1 (bilateral/unilateral).	10
Supuestos y elección de prueba	Identifica prueba t (pooled o Welch), independencia, normalidad/aprox., homogeneidad de varianzas.	15
Cálculo del error estándar	Usa la fórmula correcta según pooled/Welch; justifica la elección.	15
Estadístico de prueba	Cálculo de t_{obs} con gl adecuados.	20
Valor crítico / p-valor	Selección y comparación correctas con t_α; o p-valor consistente.	15
Decisión	Conclusión correcta (rechazo / no rechazo de H_0).	15
Interpretación	Implicaciones prácticas (tiempos, costos, calidad, capacidad).	10

Cuadro 5: Rúbrica de evaluación para pruebas de hipótesis con diferencia de medias (muestras pequeñas).

11. Pruebas de hipótesis para diferencia entre medias (muestras grandes)

Sean dos poblaciones con medias μ_1, μ_2 y desviaciones estándar conocidas σ_1, σ_2 (o n_1, n_2 grandes). Se desea probar:

$$H_0 : \ \mu_1 - \mu_2 = \Delta_0 \qquad \text{vs} \qquad H_1 : \ \mu_1 - \mu_2 \ (\neq, \ >, \ <) \ \Delta_0.$$

Con muestras independientes, el estadístico es

$$Z = \frac{(\bar{X}_1 - \bar{X}_2) - \Delta_0}{\sqrt{\frac{\sigma_1^2}{n_1} + \frac{\sigma_2^2}{n_2}}} \quad \text{y} \quad Z \sim \mathcal{N}(0,1) \text{ bajo } H_0.$$

Ejercicio 28. *Diferencia de sueldos por hora entre sedes (prueba bilateral)*

Una empresa desea comparar el salario por hora entre las sedes *Mante* (1) y *Tampico* (2). Se toman muestras grandes y se asume σ conocida.

Datos (muestra)

Sede	$\bar{x}$	σ	n
Mante	6.95	0.40	200
Tampico	7.10	0.60	175

`Nivel de significancia:` $\alpha = 0{,}05$, $\Delta_0 = 0$.

Actividad

1. Plantee $H_0 : \mu_1 - \mu_2 = 0$ y $H_1 : \mu_1 - \mu_2 \neq 0$ (bilateral).
2. Calcule el error estándar SE.
3. Obtenga el estadístico z_{obs}.
4. Compare con el valor crítico $z_{0,025} = 1{,}96$.
5. Decisión e interpretación gerencial.

Ejercicio 29. *Tiempo promedio de proceso entre dos líneas (prueba unilateral)*

Se comparan los tiempos medios (min) de dos líneas independientes. Se busca evidencia de que la línea 1 es más rápida.

Datos (muestra)

Línea	$\bar{x}$	σ	n
1	12.4	1.8	64
2	12.8	1.5	49

`Nivel de significancia:` $\alpha = 0{,}01$, $\Delta_0 = 0$.

Actividad

1. Plantee $H_0 : \mu_1 - \mu_2 = 0$ vs. $H_1 : \mu_1 - \mu_2 < 0$.
2. Calcule SE y z_{obs}.
3. Compare con $z_{0,01} = 2{,}326$.
4. Interprete la decisión.

Ejercicio 30. *Tiempo de ciclo en dos turnos de producción*

Se desea comparar el tiempo promedio de ciclo (min) entre el turno de la mañana (1) y el turno de la noche (2).

Datos (muestra)

Turno	$\bar{x}$	σ	n
Mañana	15.2	2.4	100
Noche	14.6	2.6	90

`Nivel de significancia:` $\alpha = 0{,}05$, $\Delta_0 = 0$.

Actividad

1. Plantee $H_0 : \mu_1 - \mu_2 = 0$ vs. $H_1 : \mu_1 - \mu_2 \neq 0$.
2. Calcule el error estándar SE.
3. Obtenga z_{obs} y compárelo con $z_{0,025} = 1{,}96$.

Ejercicio 31. *Defectos en piezas de dos proveedores*

Un ingeniero de calidad compara el tiempo de inspección por lote (min) entre proveedor A y proveedor B.

Datos (muestra)

Proveedor	$\bar{x}$	σ	n
A	22.5	3.5	150
B	21.8	3.8	160

`Nivel de significancia:` $\alpha = 0{,}10$, $\Delta_0 = 0$.

Actividad

1. Plantee $H_0 : \mu_1 - \mu_2 = 0$ vs. $H_1 : \mu_1 - \mu_2 > 0$.
2. Calcule SE y z_{obs}.
3. Compare con $z_{0,10} = 1{,}282$.

Ejercicio 32. *Consumo energético de dos máquinas*

Se analizan dos máquinas que realizan el mismo proceso.

Datos (muestra)

Máquina	$\bar{x}$	σ	n
1	5.20	0.75	80
2	5.05	0.70	85

Nivel de significancia: $\alpha = 0{,}01$, $\Delta_0 = 0$.

Actividad

1. Plantee $H_0 : \mu_1 - \mu_2 = 0$ vs. $H_1 : \mu_1 - \mu_2 \neq 0$.
2. Calcule SE y z_{obs}.
3. Compare con $z_{0{,}005} = 2{,}576$.

Ejercicio 33. *Tiempo de entrega entre dos sucursales*

La gerencia quiere saber si la sucursal A entrega más rápido que la sucursal B.

Datos (muestra)

Sucursal	$\bar{x}$	σ	n
A	48.2	6.5	120
B	50.1	6.8	130

Nivel de significancia: $\alpha = 0{,}05$, $\Delta_0 = 0$.

Actividad

1. Plantee $H_0 : \mu_1 - \mu_2 = 0$ vs. $H_1 : \mu_1 - \mu_2 < 0$.
2. Calcule SE y z_{obs}.
3. Compare con $z_{0{,}05} = 1{,}645$.

Ejercicio 34. *Horas de capacitación recibidas por ingenieros*

Se comparan las horas promedio de capacitación anual de dos áreas.

Datos (muestra)

Área	$\bar{x}$	σ	n
Producción	35.4	4.8	60
Logística	33.7	5.1	55

Nivel de significancia: $\alpha = 0{,}05$, $\Delta_0 = 0$.

Actividad

1. Plantee $H_0 : \mu_1 - \mu_2 = 0$ vs. $H_1 : \mu_1 - \mu_2 > 0$.
2. Calcule SE y z_{obs}.
3. Compare con $z_{0{,}05} = 1{,}645$.

Rúbrica de evaluación: Pruebas de hipótesis para diferencia de medias

Criterio	**Descripción**	**Puntos**
Planteamiento de hipótesis	Correcta formulación de H_0 y H_1 (bilateral o unilateral).	10
Cálculo del error estándar (SE)	Aplicación correcta de la fórmula para $SE = \sqrt{\frac{\sigma_1^2}{n_1} + \frac{\sigma_2^2}{n_2}}$.	15
Cálculo del estadístico Z	Sustitución y obtención correcta de z_{obs}.	15
Selección del valor crítico	Identificación adecuada del valor de Z según α y tipo de prueba.	15
Decisión estadística	Conclusión correcta respecto al rechazo/no rechazo de H_0.	15
Intervalo de confianza (opcional)	Construcción del IC para $\mu_1 - \mu_2$ cuando se solicite.	10
Interpretación operativa	Explicación en contexto de ingeniería industrial (salarios, tiempos de ciclo, eficiencia, etc.).	15
Presentación y orden	Claridad, limpieza y buena organización de resultados.	5

Cuadro 6: Rúbrica de evaluación: Pruebas de hipótesis para diferencia de medias (100 puntos).

12. Pruebas de hipótesis para proporciones (muestras grandes)

Sea $\hat{p}_1$ y $\hat{p}_2$ la proporción de éxito en dos muestras independientes, de tamaños n_1 y n_2. Se desea contrastar:

$$H_0 : p_1 - p_2 = 0 \qquad \text{vs} \qquad H_1 : p_1 - p_2 \ (\neq, >, <\ )\ 0.$$

El estadístico es

$$Z = \frac{(\hat{p}_1 - \hat{p}_2) - 0}{\sqrt{\hat{p}(1-\hat{p})\left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}\right)}},$$

donde $\hat{p}$ es la proporción combinada:

$$\hat{p} = \frac{n_1\hat{p}_1 + n_2\hat{p}_2}{n_1 + n_2}.$$

Ejercicio 35. *Comparación de eficacia de dos fármacos*

Una compañía farmacéutica prueba dos nuevas sustancias para reducir la presión sanguínea. En el grupo 1, 71 de 100 pacientes responden al fármaco; en el grupo 2, 58 de 90 responden. Con $\alpha = 0{,}05$, ¿hay diferencia significativa?

Datos (muestra)

	Éxitos	n	$\hat{p}$
Grupo 1	71	100	0.71
Grupo 2	58	90	0.644

Nivel de significancia: $\alpha = 0{,}05$ (bilateral).

Actividad

1. Plantee $H_0 : p_1 - p_2 = 0$ vs $H_1 : p_1 - p_2 \neq 0$.
2. Calcule la proporción combinada:
$$\hat{p} = \frac{71 + 58}{100 + 90} \approx 0{,}6789.$$
3. Calcule $SE = \sqrt{\hat{p}(1 - \hat{p})(1/n_1 + 1/n_2)} \approx 0{,}0678$.
4. Obtenga $z_{\text{obs}} = (0{,}71 - 0{,}644)/0{,}0678 \approx 0{,}972$.
5. Compare con $z_{0{,}025} = 1{,}96$ (bilateral).

Ejercicio 36. *Defectos en producción de dos líneas*

Una planta quiere comparar la proporción de piezas defectuosas entre dos líneas de producción. En la línea 1, 45 de 300 piezas fueron defectuosas; en la línea 2, 70 de 400 piezas fueron defectuosas. Con $\alpha = 0{,}05$, ¿hay diferencia en las tasas de defectos?

Datos (muestra)

	Defectuosas	n	$\hat{p}$
Línea 1	45	300	0.150
Línea 2	70	400	0.175

Nivel de significancia: $\alpha = 0{,}05$ (bilateral).

Actividad

1. Plantee $H_0 : p_1 - p_2 = 0$ vs. $H_1 : p_1 - p_2 \neq 0$.
2. Calcule $\hat{p} = \frac{45+70}{700} = 0{,}164$.
3. Obtenga SE y z_{obs}.
4. Compare con $z_{0{,}025} = 1{,}96$.

Ejercicio 37. *Preferencia de clientes entre dos productos*

Un estudio de mercado pregunta a clientes su preferencia entre dos bebidas. En una muestra de 250 personas en ciudad A, 180 prefieren la bebida X; en ciudad B, 160 de 220 la prefieren. ¿Existe diferencia significativa al 1

Datos (muestra)

	Éxitos	n	$\hat{p}$
Ciudad A	180	250	0.720
Ciudad B	160	220	0.727

Nivel de significancia: $\alpha = 0{,}01$.

Actividad

1. $H_0 : p_1 - p_2 = 0$ vs. $H_1 : p_1 - p_2 \neq 0$.
2. Calcule $\hat{p} = \frac{180+160}{470} \approx 0{,}723$.
3. Obtenga SE y z_{obs}.
4. Compare con $z_{0{,}005} = 2{,}576$.

Ejercicio 38. *Cumplimiento de estándares de seguridad*

Se inspeccionan dos fábricas para ver si cumplen con estándares de seguridad. En la fábrica 1, 90 de 120 trabajadores cumplen; en la fábrica 2, 130 de 200 cumplen. Con $\alpha = 0{,}05$, ¿la proporción de cumplimiento es mayor en la fábrica 1?

Datos (muestra)

	Cumplen	n	$\hat{p}$
Fábrica 1	90	120	0.750
Fábrica 2	130	200	0.650

Nivel de significancia: $\alpha = 0{,}05$ (una cola).

Actividad

1. $H_0 : p_1 - p_2 = 0$ vs. $H_1 : p_1 - p_2 > 0$.
2. Calcule $\hat{p} = \frac{220}{320} = 0{,}688$.
3. Obtenga SE y z_{obs}.
4. Compare con $z_{0{,}05} = 1{,}645$.

Ejercicio 39. *Encuesta sobre uso de transporte público*

Se encuestan ciudadanos en dos ciudades sobre el uso de transporte público. En ciudad A, 210 de 350 lo usan; en ciudad B, 150 de 280 lo usan. ¿Hay diferencia al 10

Datos (muestra)

	Usan transporte	n	$\hat{p}$
Ciudad A	210	350	0.600
Ciudad B	150	280	0.536

`Nivel de significancia:` $\alpha = 0{,}10$ `(bilateral).`

Actividad

1. $H_0 : p_1 - p_2 = 0$ vs. $H_1 : p_1 - p_2 \neq 0$.
2. Calcule $\hat{p} = \frac{360}{630} \approx 0{,}571$.
3. Obtenga SE y z_{obs}.
4. Compare con $z_{0,05} = 1{,}645$.

Ejercicio 40. *Satisfacción de clientes entre dos servicios*

Una empresa mide la satisfacción de clientes (satisfecho/insatisfecho). En servicio A, 300 de 400 están satisfechos; en servicio B, 250 de 370 lo están. ¿Existe diferencia significativa al 5

Datos (muestra)

	Satisfechos	n	$\hat{p}$
Servicio A	300	400	0.750
Servicio B	250	370	0.676

`Nivel de significancia:` $\alpha = 0{,}05$ `(bilateral).`

Actividad

1. $H_0 : p_1 - p_2 = 0$ vs. $H_1 : p_1 - p_2 \neq 0$.
2. Calcule $\hat{p} = \frac{550}{770} \approx 0{,}714$.
3. Obtenga SE y z_{obs}.
4. Compare con $z_{0,025} = 1{,}96$.

Criterio	Descripción	Puntos
Planteamiento de hipótesis	Define correctamente H_0 y H_1 según el contexto (una o dos colas).	15
Cálculo de proporciones muestrales	Obtiene correctamente $\hat{p}_1$, $\hat{p}_2$ y la proporción combinada $\hat{p}$.	15
Determinación del error estándar	Calcula adecuadamente $SE = \sqrt{\hat{p}(1-\hat{p})(\frac{1}{n_1}+\frac{1}{n_2})}$.	15
Cálculo del estadístico z	Aplica la fórmula $z = \frac{(\hat{p}_1-\hat{p}_2)-\Delta_0}{SE}$ con precisión.	15
Regla de decisión	Compara z_{obs} con el valor crítico (según α y tipo de prueba).	15
Interpretación de resultados	Conclusión clara y contextualizada (ej. diferencias en productos, servicios, etc.).	15
Presentación y orden	Claridad en procedimientos, notación, redacción y justificación.	10

Cuadro 7: Rúbrica de evaluación para pruebas de hipótesis con proporciones (100 puntos).

13. Pruebas de hipótesis para diferencia entre medias (muestras pequeñas)

Cuando los tamaños de muestra son **pequeños** ($n_1, n_2 < 30$) y las varianzas poblacionales son **desconocidas pero homogéneas**, se utiliza la distribución t con varianza combinada (pooled):

$$S_p^2 = \frac{(n_1-1)S_1^2 + (n_2-1)S_2^2}{n_1+n_2-2}, \qquad SE = S_p\sqrt{\tfrac{1}{n_1}+\tfrac{1}{n_2}}.$$

El estadístico es

$$t = \frac{(\bar{X}_1-\bar{X}_2)-\Delta_0}{SE}, \qquad t \sim t_{gl}, \quad gl = n_1+n_2-2.$$

Ejercicio 41. *Sensibilidad de gerentes con programas educativos*

Una compañía ha estado investigando dos programas educativos para mejorar la **sensibilidad de sus gerentes** hacia la necesidad de los empleados. El programa **formal** incluye contacto en aula con psicólogos y sociólogos profesionales. El programa **informal** consiste en sesiones de preguntas y respuestas.

El presidente desea probar, con $\alpha = 0{,}05$, si el nuevo programa formal (más costoso) realmente mejora la sensibilidad.

	$\bar{x}$	s	n
Formal	92	15	12
Informal	84	19	15

Actividad

1. Plantee $H_0 : \mu_1 - \mu_2 = 0 \quad$ vs. $\quad H_1 : \mu_1 - \mu_2 > 0$ (unilateral).
2. Calcule la varianza combinada:
$$S_p^2 = \frac{(12-1)(15^2) + (15-1)(19^2)}{12+15-2}.$$
3. Calcule el error estándar:
$$SE = S_p\sqrt{\tfrac{1}{12} + \tfrac{1}{15}}.$$
4. Obtenga el estadístico:
$$t_{\text{obs}} = \frac{(92-84)-0}{SE}.$$
5. Compare con $t_{0{,}05,\,gl=25}$ y concluya si se rechaza H_0.

Ejercicio 42. *Productividad entre dos grupos de operarios*

Una planta industrial implementa dos programas de capacitación distintos. Se desea saber si el programa A incrementa la productividad (unidades/hora) respecto al programa B.

	$\bar{x}$	s	n
Programa A	55	6	10
Programa B	52	5	12

Actividad

1. Plantee $H_0 : \mu_A - \mu_B = 0$ vs. $H_1 : \mu_A - \mu_B > 0$.
2. Calcule S_p^2 y SE.
3. Obtenga t_{obs}.
4. Compare con $t_{0{,}05,\,gl=20}$.
5. Interprete si el programa A es más efectivo.

Ejercicio 43. *Resistencia de materiales de dos proveedores*

Se comparan las resistencias (MPa) de acero de dos proveedores.

	$\bar{x}$	s	n
Proveedor A	410	25	14
Proveedor B	395	22	12

Actividad

1. Hipótesis: $H_0 : \mu_A - \mu_B = 0$ vs. $H_1 : \mu_A - \mu_B \neq 0$.
2. Calcule S_p^2 y SE.
3. Calcule t_{obs} y compárelo con $t_{0,025,24}$.

Ejercicio 44. *Tiempo de ensamblaje en dos turnos*

Se quiere comprobar si el turno de la mañana tarda menos que el turno de la tarde en un proceso de ensamblaje.

	$\bar{x}$	s	n
Mañana	48.5	4.2	11
Tarde	51.0	5.0	10

Actividad

1. Hipótesis: $H_0 : \mu_M - \mu_T = 0$ vs. $H_1 : \mu_M - \mu_T < 0$.
2. Calcule S_p^2, SE, y t_{obs}.
3. Compare con $t_{0,05,19}$.

Ejercicio 45. *Satisfacción de clientes en dos sucursales*

Se comparan las calificaciones promedio (escala 0–100) de dos sucursales para evaluar si existen diferencias significativas.

	$\bar{x}$	s	n
Sucursal A	82	6	9
Sucursal B	78	5	10

Actividad

1. Hipótesis: $H_0 : \mu_A - \mu_B = 0$ vs. $H_1 : \mu_A - \mu_B \neq 0$.
2. Calcule S_p^2, SE, y t_{obs}.
3. Compare con $t_{0,025,17}$.

Ejercicio 46. *Consumo de combustible de dos vehículos*

Un investigador quiere comparar el rendimiento (km/L) de dos modelos de automóvil bajo condiciones similares.

	$\bar{x}$	s	n
Modelo X	15.2	1.1	8
Modelo Y	14.0	1.3	9

Actividad

1. Hipótesis: $H_0 : \mu_X - \mu_Y = 0$ vs. $H_1 : \mu_X - \mu_Y > 0$.
2. Calcule S_p^2, SE, y t_{obs}.
3. Compare con $t_{0{,}05{,}15}$.

Rúbrica de evaluación: Pruebas de hipótesis para diferencia entre medias (muestras pequeñas)

Criterio	**Descripción**	**Puntos**
Planteamiento de hipótesis	Correcta formulación de H_0 y H_1 (bilateral o unilateral según el caso).	10
Cálculo de la varianza combinada S_p^2	Uso adecuado de la fórmula para varianza combinada.	15
Cálculo del error estándar (SE)	Determinación correcta de $SE = S_p\sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}$.	10
Obtención del estadístico de prueba t_{obs}	Sustitución precisa de datos y cálculo correcto.	15
Determinación de los grados de libertad	Cálculo correcto de $gl = n_1 + n_2 - 2$.	10
Selección del valor crítico $t_{\alpha,gl}$	Uso adecuado de la tabla t de Student y justificación.	15
Decisión e interpretación	Conclusión clara (rechazo o no de H_0) y explicación contextualizada.	15
Presentación y orden	Trabajo ordenado, legible y bien estructurado.	10

Cuadro 8: Rúbrica de evaluación para pruebas de hipótesis con diferencia de medias en muestras pequeñas (100 puntos).

Anexo A. Tabla de valores críticos de la distribución t de Student

gl	$\alpha = 0{,}10$	$\alpha = 0{,}05$	$\alpha = 0{,}02$	$\alpha = 0{,}01$
1	6.314	12.706	31.821	63.657
2	2.920	4.303	6.965	9.925
3	2.353	3.182	4.541	5.841
4	2.132	2.776	3.747	4.604
5	2.015	2.571	3.365	4.032
6	1.943	2.447	3.143	3.707
7	1.895	2.365	2.998	3.499
8	1.860	2.306	2.896	3.355
9	1.833	2.262	2.821	3.250
10	1.812	2.228	2.764	3.169
11	1.796	2.201	2.718	3.106
12	1.782	2.179	2.681	3.055
13	1.771	2.160	2.650	3.012
14	1.761	2.145	2.624	2.977
15	1.753	2.131	2.602	2.947
16	1.746	2.120	2.583	2.921
17	1.740	2.110	2.567	2.898
18	1.734	2.101	2.552	2.878
19	1.729	2.093	2.539	2.861
20	1.725	2.086	2.528	2.845
21	1.721	2.080	2.518	2.831
22	1.717	2.074	2.508	2.819
23	1.714	2.069	2.500	2.807
24	1.711	2.064	2.492	2.797
25	1.708	2.060	2.485	2.787
26	1.706	2.056	2.479	2.779
27	1.703	2.052	2.473	2.771
28	1.701	2.048	2.467	2.763
29	1.699	2.045	2.462	2.756
30	1.697	2.042	2.457	2.750
31	1.696	2.040	2.453	2.744
32	1.694	2.037	2.449	2.738
33	1.692	2.035	2.445	2.733
34	1.691	2.032	2.441	2.728
35	1.690	2.030	2.438	2.724
36	1.688	2.028	2.434	2.719
37	1.687	2.026	2.431	2.715
38	1.686	2.024	2.429	2.712
39	1.685	2.023	2.426	2.708
40	1.684	2.021	2.423	2.704
41	1.683	2.020	2.421	2.701
42	1.682	2.018	2.418	2.698
43	1.681	2.017	2.416	2.695

gl	$\alpha = 0{,}10$	$\alpha = 0{,}05$	$\alpha = 0{,}02$	$\alpha = 0{,}01$
44	1.680	2.015	2.414	2.692
45	1.679	2.014	2.412	2.690
46	1.679	2.013	2.410	2.687
47	1.678	2.012	2.408	2.685
48	1.677	2.011	2.407	2.682
49	1.677	2.010	2.405	2.680
50	1.676	2.009	2.403	2.678
51	1.675	2.008	2.402	2.676
52	1.675	2.007	2.400	2.674
53	1.674	2.006	2.399	2.672
54	1.674	2.005	2.397	2.670
55	1.673	2.004	2.396	2.668
56	1.673	2.003	2.395	2.667
57	1.672	2.002	2.394	2.665
58	1.672	2.002	2.392	2.663
59	1.671	2.001	2.391	2.662
60	1.671	2.000	2.390	2.660
61	1.670	2.000	2.389	2.659
62	1.670	1.999	2.388	2.657
63	1.669	1.999	2.387	2.656
64	1.669	1.998	2.386	2.655
65	1.669	1.998	2.385	2.654
66	1.668	1.997	2.384	2.653
67	1.668	1.997	2.383	2.652
68	1.668	1.997	2.382	2.651
69	1.667	1.996	2.382	2.650
70	1.667	1.996	2.381	2.649
71	1.667	1.995	2.380	2.648
72	1.666	1.995	2.379	2.647
73	1.666	1.995	2.379	2.646
74	1.666	1.994	2.378	2.646
75	1.665	1.994	2.377	2.645
76	1.665	1.994	2.376	2.644
77	1.665	1.993	2.376	2.643
78	1.665	1.993	2.375	2.642
79	1.664	1.993	2.374	2.641
80	1.664	1.993	2.374	2.640
90	1.662	1.987	2.366	2.632
100	1.660	1.984	2.364	2.626
110	1.659	1.982	2.361	2.621
120	1.658	1.980	2.358	2.617
∞	1.645	1.960	2.326	2.576

Nota: Valores aproximados de $t_{\alpha/2,gl}$ (bilateral).

Anexo B. Tabla Z resumida (valores críticos de la normal estándar)

Nivel de confianza (bilateral)	**Valor crítico** $Z_{\alpha/2}$
80 %	1.282
85 %	1.440
90 %	1.645
95 %	1.960
98 %	2.326
99 %	2.576
99.5 %	2.807
99.9 %	3.291

Anexo C. Tabla Z completa (función de distribución acumulada)

z	.00	.01	.02	.03	.04	.05	.06	.07	.08	.09
0.0	0.5000	0.5040	0.5080	0.5120	0.5160	0.5199	0.5239	0.5279	0.5319	0.5359
0.1	0.5398	0.5438	0.5478	0.5517	0.5557	0.5596	0.5636	0.5675	0.5714	0.5753
0.2	0.5793	0.5832	0.5871	0.5910	0.5948	0.5987	0.6026	0.6064	0.6103	0.6141
0.3	0.6179	0.6217	0.6255	0.6293	0.6331	0.6368	0.6406	0.6443	0.6480	0.6517
0.4	0.6554	0.6591	0.6628	0.6664	0.6700	0.6736	0.6772	0.6808	0.6844	0.6879
0.5	0.6915	0.6950	0.6985	0.7019	0.7054	0.7088	0.7123	0.7157	0.7190	0.7224
0.6	0.7257	0.7291	0.7324	0.7357	0.7389	0.7422	0.7454	0.7486	0.7517	0.7549
0.7	0.7580	0.7611	0.7642	0.7673	0.7704	0.7734	0.7764	0.7794	0.7823	0.7852
0.8	0.7881	0.7910	0.7939	0.7967	0.7995	0.8023	0.8051	0.8078	0.8106	0.8133
0.9	0.8159	0.8186	0.8212	0.8238	0.8264	0.8289	0.8315	0.8340	0.8365	0.8389
1.0	0.8413	0.8438	0.8461	0.8485	0.8508	0.8531	0.8554	0.8577	0.8599	0.8621
1.1	0.8643	0.8665	0.8686	0.8708	0.8729	0.8749	0.8770	0.8790	0.8810	0.8830
1.2	0.8849	0.8869	0.8888	0.8907	0.8925	0.8944	0.8962	0.8980	0.8997	0.9015
1.3	0.9032	0.9049	0.9066	0.9082	0.9099	0.9115	0.9131	0.9147	0.9162	0.9177
1.4	0.9192	0.9207	0.9222	0.9236	0.9251	0.9265	0.9279	0.9292	0.9306	0.9319
1.5	0.9332	0.9345	0.9357	0.9370	0.9382	0.9394	0.9406	0.9418	0.9429	0.9441
1.6	0.9452	0.9463	0.9474	0.9484	0.9495	0.9505	0.9515	0.9525	0.9535	0.9545
1.7	0.9554	0.9564	0.9573	0.9582	0.9591	0.9599	0.9608	0.9616	0.9625	0.9633
1.8	0.9641	0.9649	0.9656	0.9664	0.9671	0.9678	0.9686	0.9693	0.9700	0.9706
1.9	0.9713	0.9719	0.9726	0.9732	0.9738	0.9744	**0.9750**	0.9756	0.9761	0.9767
2.0	0.9772	0.9778	0.9783	0.9788	0.9793	0.9798	0.9803	0.9808	0.9812	0.9817
2.1	0.9821	0.9826	0.9830	0.9834	0.9838	0.9842	0.9846	0.9850	0.9854	0.9857
2.2	0.9861	0.9864	0.9868	0.9871	0.9875	0.9878	0.9881	0.9884	0.9887	0.9890
2.3	0.9893	0.9896	0.9898	0.9901	0.9904	0.9906	0.9909	0.9911	0.9913	0.9916
2.4	0.9918	0.9920	0.9922	0.9925	0.9927	0.9929	0.9931	0.9932	0.9934	0.9936
2.5	0.9938	0.9940	0.9941	0.9943	0.9945	0.9946	0.9948	0.9949	0.9951	0.9952
2.6	0.9953	0.9955	0.9956	0.9957	0.9959	0.9960	0.9961	0.9962	0.9963	0.9964
2.7	0.9965	0.9966	0.9967	0.9968	0.9969	0.9970	0.9971	0.9972	0.9973	0.9974
2.8	0.9974	0.9975	0.9976	0.9977	0.9977	0.9978	0.9979	0.9979	0.9980	0.9981
2.9	0.9981	0.9982	0.9982	0.9983	0.9984	0.9984	0.9985	0.9985	0.9986	0.9986
3.0	0.9987	0.9987	0.9987	0.9988	0.9988	0.9989	0.9989	0.9989	0.9990	0.9990

Nota de uso: La tabla muestra $P(Z \leq z)$, es decir, la probabilidad acumulada desde $-\infty$ hasta z en una distribución normal estándar.

- **Pruebas o intervalos unilaterales:** se consulta directamente el valor acumulado. Ejemplo: para $\alpha = 0{,}05$ unilateral, buscamos $P(Z \leq z) = 0{,}95$, lo que da $z \approx 1{,}645$.
- **Pruebas o intervalos bilaterales:** se divide α en dos colas. Ejemplo: para $\alpha = 0{,}05$ bilateral, se requiere $P(Z \leq z) = 1 - 0{,}025 = 0{,}975$, lo que da $z \approx 1{,}96$.
- Para valores negativos se aplica simetría: $P(Z \leq -z) = 1 - P(Z \leq z)$.

Anexo D. Tabla de valores críticos de la distribución F

Valores críticos $F_{\alpha;gl_1,gl_2}$ con $\alpha = 0{,}05$

$gl_1 \backslash gl_2$	1	2	3	4	5	∞
1	161.45	18.51	10.13	7.71	6.61	3.84
2	199.50	19.00	9.55	6.94	5.79	3.00
3	215.71	19.16	9.28	6.59	5.41	2.60
4	224.58	19.25	9.12	6.39	5.19	2.37
5	230.16	19.30	9.01	6.26	5.05	2.25
10	242.00	19.40	8.79	6.02	4.77	2.00
20	249.00	19.45	8.65	5.90	4.61	1.84
30	252.00	19.47	8.60	5.85	4.55	1.78
60	253.50	19.49	8.58	5.82	4.51	1.72
∞	254.30	19.50	8.57	5.80	4.50	1.00

Valores críticos $F_{\alpha;gl_1,gl_2}$ con $\alpha = 0{,}01$

$gl_1 \backslash gl_2$	1	2	3	4	5	∞
1	4052.18	98.50	34.12	21.20	16.26	6.63
2	4999.50	99.00	30.82	18.00	13.27	4.61
3	5403.35	99.17	29.46	16.69	12.06	3.78
4	5624.65	99.25	28.71	15.98	11.39	3.48
5	5763.65	99.30	28.24	15.52	11.00	3.26
10	6064.20	99.40	27.36	14.68	10.21	2.85
20	6214.10	99.45	26.92	14.30	9.80	2.68
30	6289.20	99.47	26.70	14.10	9.60	2.60
60	6332.00	99.49	26.56	13.95	9.44	2.52
∞	6365.60	99.50	26.50	13.84	9.34	1.00

Nota: La tabla muestra los valores críticos $F_{\alpha;gl_1,gl_2}$ para diferentes combinaciones de grados de libertad en el numerador (gl_1) y denominador (gl_2). Se usa principalmente en pruebas de igualdad de varianzas y en el análisis de varianza (ANOVA).

Anexo D. Tabla de valores críticos de la distribución F ($\alpha = 0{,}05$)

Cuadro 9: Valores críticos $F_{0,05;gl_1,gl_2}$ (numerador: gl_1 en columnas; denominador: gl_2 en filas).

$gl_2 \backslash gl_1$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	15	20	24	30	40	60	120	∞
1	161	200	216	225	230	234	237	239	241	242	244	246	248	249	250	251	252	253	254
2	18.5	19.0	19.2	19.3	19.3	19.3	19.3	19.3	19.3	19.4	19.4	19.4	19.5	19.5	19.5	19.5	19.5	19.5	19.5
3	10.1	9.55	9.28	9.12	9.01	8.94	8.89	8.85	8.82	8.79	8.76	8.74	8.72	8.71	8.70	8.69	8.68	8.67	8.66
4	7.71	6.94	6.59	6.39	6.26	6.16	6.09	6.04	6.00	5.96	5.92	5.89	5.86	5.85	5.84	5.83	5.82	5.81	5.80
5	6.61	5.79	5.41	5.19	5.05	4.95	4.88	4.82	4.77	4.74	4.69	4.65	4.62	4.61	4.60	4.59	4.58	4.57	4.56
10	4.96	4.10	3.71	3.48	3.33	3.22	3.15	3.10	3.06	3.02	2.98	2.95	2.92	2.91	2.90	2.89	2.88	2.87	2.86
12	4.75	3.95	3.56	3.34	3.20	3.09	3.02	2.97	2.93	2.90	2.86	2.83	2.80	2.79	2.78	2.77	2.76	2.75	2.74
15	4.54	3.80	3.42	3.20	3.07	2.96	2.89	2.84	2.81	2.77	2.73	2.70	2.67	2.66	2.65	2.64	2.63	2.62	2.61
20	4.35	3.69	3.31	3.10	2.96	2.86	2.79	2.74	2.70	2.67	2.63	2.60	2.57	2.56	2.55	2.54	2.53	2.52	2.51
24	4.26	3.63	3.25	3.04	2.91	2.81	2.74	2.69	2.65	2.62	2.58	2.55	2.52	2.51	2.50	2.49	2.48	2.47	2.46
30	4.17	3.58	3.20	2.99	2.85	2.75	2.69	2.64	2.60	2.57	2.53	2.50	2.47	2.46	2.45	2.44	2.43	2.42	2.41
40	4.08	3.52	3.15	2.94	2.81	2.71	2.64	2.59	2.55	2.52	2.48	2.45	2.42	2.41	2.40	2.39	2.38	2.37	2.36
60	4.00	3.46	3.09	2.89	2.76	2.66	2.59	2.54	2.50	2.47	2.43	2.40	2.37	2.36	2.35	2.34	2.33	2.32	2.31
120	3.92	3.41	3.04	2.84	2.71	2.61	2.54	2.49	2.45	2.42	2.38	2.35	2.32	2.31	2.30	2.29	2.28	2.27	2.26
∞	3.84	3.00	2.60	2.37	2.25	2.15	2.09	2.04	2.00	1.96	1.92	1.89	1.85	1.83	1.82	1.81	1.80	1.79	1.78

Anexo D. Tabla de valores críticos de la distribución F ($\alpha = 0{,}01$)

Cuadro 10: Valores críticos $F_{0,01;gl_1,gl_2}$ (numerador: gl_1 en columnas; denominador: gl_2 en filas).

$gl_2 \backslash gl_1$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	15	20	24	30	40	60	120	∞
1	4052	4999	5403	5625	5764	5859	5928	5982	6024	6059	6116	6168	6226	6255	6289	6329	6363	6395	6424
2	98.5	99.0	99.2	99.3	99.4	99.4	99.4	99.5	99.5	99.5	99.5	99.5	99.5	99.6	99.6	99.6	99.6	99.6	99.6
3	34.1	30.8	29.5	28.7	28.2	27.9	27.7	27.5	27.4	27.3	27.2	27.1	27.0	27.0	27.0	26.9	26.9	26.9	26.9
4	21.2	18.0	16.7	16.0	15.6	15.3	15.1	15.0	14.9	14.8	14.8	14.7	14.6	14.6	14.6	14.6	14.5	14.5	14.5
5	16.3	13.3	12.1	11.4	11.0	10.7	10.5	10.4	10.3	10.2	10.2	10.1	10.1	10.1	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0
10	9.55	7.56	6.99	6.63	6.39	6.23	6.11	6.03	5.96	5.91	5.85	5.80	5.76	5.75	5.74	5.73	5.72	5.71	5.70
12	8.74	6.93	6.39	6.06	5.84	5.68	5.58	5.50	5.44	5.39	5.34	5.30	5.27	5.26	5.25	5.24	5.23	5.22	5.21
15	7.81	6.28	5.79	5.48	5.28	5.13	5.03	4.96	4.90	4.86	4.81	4.78	4.75	4.74	4.73	4.72	4.71	4.70	4.69
20	6.84	5.68	5.23	4.94	4.74	4.60	4.51	4.44	4.39	4.35	4.31	4.28	4.25	4.24	4.23	4.22	4.21	4.20	4.19
24	6.46	5.41	4.98	4.71	4.52	4.39	4.30	4.23	4.18	4.14	4.10	4.07	4.04	4.03	4.02	4.01	4.00	3.99	3.98
30	6.08	5.14	4.74	4.48	4.29	4.16	4.07	4.00	3.95	3.91	3.88	3.85	3.82	3.81	3.80	3.79	3.78	3.77	3.76
40	5.70	4.87	4.50	4.25	4.07	3.95	3.86	3.79	3.74	3.70	3.67	3.64	3.62	3.61	3.60	3.59	3.58	3.57	3.56
60	5.30	4.60	4.26	4.03	3.86	3.75	3.66	3.59	3.54	3.50	3.47	3.44	3.42	3.41	3.40	3.39	3.38	3.37	3.36
120	4.91	4.33	4.02	3.80	3.64	3.53	3.45	3.38	3.33	3.30	3.27	3.24	3.22	3.21	3.20	3.19	3.18	3.17	3.16
∞	3.84	3.00	2.60	2.37	2.25	2.15	2.09	2.04	2.00	1.96	1.92	1.89	1.85	1.83	1.82	1.81	1.80	1.79	1.78