

Estadística aplicada a la metrología

Folleto de apoyo didáctico

Programa de estudios en calidad, ambiente y metrología

Estadística aplicada a la metrología

Folleto de apoyo didáctico

Coordinadora PROCAME

M.Sc. Ligia Bermúdez Hidalgo

Equipo de trabajo:

M.Sc. Manfred Murrell Blanco

Ing. Ana Catalina Leandro Sandí

Licda. Karla Vetrani Chavarría

PROGRAMA DE ESTUDIOS EN CALIDAD, AMBIENTE Y METROLOGÍA

1

ÍNDICE

1	ÍNDICE	2
2	PERFIL DEL CURSO	4
	Objetivo general	4
	Objetivos específicos	4
	Dirigido a	4
	Contenido temático	4
	Estrategia metodológica	5
	Duración	5
3	INTRODUCCIÓN	6
4	CONCEPTOS DE ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA E INFERENCIAL	7
4.1	¿Qué es Estadística?	7
4.2	Población	7
4.3	Muestreo	8
4.4	Medidas de posición	8
4.5	Medidas de dispersión	10
4.6	Error aleatorio y sistemático	11
4.7	Ejercicios de aplicación	14
5	DISTRIBUCIÓN DE PROBABILIDADES	17
5.1	Distribución de frecuencias	17
5.1.1	Características de las distribuciones de frecuencia	17
5.1.2	Uso de las distribuciones de frecuencia	18
5.1.3	Aplicación de la distribución de frecuencia al control de proveedores	18
5.1.4	Frecuencia acumulada	25
5.1.5	Frecuencia relativa:	26
5.1.6	Representación gráfica	26

5.2	Distribución normal	30
5.3	Distribución t	32
5.4	Distribución uniforme (rectangular)	35
5.5	Distribución F	37
5.6	Teoría del muestreo	38
5.7	Distribución muestral de medias	39
5.8	Distribución binomial	40
5.9	Distribución de Poisson	41
5.10	Intervalos de confianza	42
5.10.1	Estimación de la media	42
5.11	Prueba de hipótesis	46
5.12	Prueba de medias	47
5.13	Ejercicios de aplicación	49
6	ESTIMACIÓN DE LA INCERTIDUMBRE	58
6.1	CONCEPTO DE INCERTIDUMBRE	58
6.2	INCERTIDUMBRE TIPO A	58
6.3	INCERTIDUMBRE TIPO B	59
6.4	EVALUACION DE INCERTIDUMBRE	59
6.4.1	TIPO A	59
6.4.2	TIPO B	59
6.4.3	INCERTIDUMBRE TOTAL O COMBINADA	62
6.4.4	INCERTIDUMBRE EXPANDIDA	62
6.5	Cálculo de incertidumbre	63
6.5.1	CONTRIBUCIONES A LA INCERTIDUMBRE	63
6.5.2	INCERTIDUMBRE TOTAL	65
6.6	EJERCICIOS DE APLICACIÓN	68
7	ANÁLISIS DE VARIANZA	69
7.1	Varianza dentro de la muestra	70
7.2	Varianza basada en medias muestrales	70
7.3	Clasificación en una dirección	70
7.4	Clasificación en dos direcciones	74
8	APENDICES	78

2

PERFIL DEL CURSO

Objetivo general

- Conocer los fundamentos de la estadística descriptiva e inferencial que permita analizar información y deducir resultados hacia una población definida, de tal manera que sea el vehículo para la toma de decisiones estratégicas del entorno de bienes y servicios

Objetivos específicos

- Estudiar los términos generales y básicos de la estadística
- Analizar la información seleccionando para tal fin aquella técnica estadística que mejor se adecue a las características de los datos obtenidos.
- Estudiar los diferentes tipos de distribuciones relacionadas a los procesos de calibración.
- Estudiar los términos generales y básicos de incertidumbre de medición y calibración.
- Identificar si la generación de datos en procesos de medición y calibración tienen un comportamiento normal.
- Conocer los conceptos relacionados con análisis de varianza para detectar parámetros de influencia en la incertidumbre.

Dirigido a

- Gerentes, especialistas y técnicos vinculados con metrología, aseguramiento y control de calidad, gestión ambiental y actividades afines, así como personal que desee iniciar su formación como auditor de la calidad.

Contenido temático

- Conceptos de estadística descriptiva e inferencial
- Distribución de frecuencias para datos agrupados

PROGRAMA DE ESTUDIOS EN CALIDAD, AMBIENTE Y METROLOGÍA

- Tendencia central y medidas de variabilidad
- Conceptos de probabilidad
- Definiciones de error aleatorio y sistemático, enfoque y modelo de la incertidumbre de acuerdo a su orientación.
- Distribuciones de probabilidad de acuerdo a características y magnitudes de la metrología, de los tipos de frecuencias, normal, Poisson, Binomial, T Student, uniforme, F Fisher, Teorema de Límite Central y prueba de hipótesis, entre otras.
- Modelo de estimación de la incertidumbre: componente aleatoria de la incertidumbre, componente aleatoria de la incertidumbre, incertidumbre total.
- Pruebas de normalidad de datos, enfoque práctico.
- Análisis de varianza
 - Modelos de efectos fijos: clasificación simple o experimento de un factor, clasificación doble, clasificación con doble repetición.
 - Modelo de efectos aleatorios: clasificación simple o experimento de un factor, clasificación doble sin interacción, clasificación doble con interacción.
 - Análisis de varianza estilo Taguchi.

Estrategia metodológica

- Exposición por parte de instructores.
- Trabajos en grupo.
- Evaluación cualitativa y sistemática de los participantes a través de sus intervenciones y de su participación en los trabajos grupales.
- Recursos audiovisuales.
- Análisis de casos y prácticas

Duración

30 horas. El curso se impartirá en cinco sesiones presenciales de cuatro horas cada una, para un total de 20 horas presenciales, y 10 horas asignadas en un Proyecto Asistido a Distancia.

3

INTRODUCCIÓN

La medición es un proceso que tiene por objeto la determinación del valor de una magnitud particular de acuerdo a una serie de operaciones bien definidas. Este proceso se caracteriza por la adquisición de datos, el tratamiento de los mismos y la expresión del resultado final. El proceso de medición tiene como propósito inicial distinguir y por ende clasificar objetos, casos, fenómenos y debe responder a una serie de principios o requisitos que se enuncian a continuación.

- El proceso de medición debe ser válido, entendiéndose que cumple este requisito cuando mide de alguna manera demostrable aquello que trata de medir, libre de distorsiones sistemáticas.
- El segundo principio deseable en la medición es la fiabilidad, una medición es confiable o segura cuando aplicada repetidamente a un mismo individuo o grupo, o al mismo tiempo por investigadores diferentes, proporciona resultados iguales o por lo menos parecidos. La determinación de la confiabilidad consiste pues, en establecer si las diferencias de resultados se deben a inconsistencias en la medida.
- Finalmente se tiene el principio de la precisión, se puede decir que una medición es precisa cuando localiza con exactitud satisfactoria, en relación con el propósito que se busca, la posición del fenómeno que se estudia.

En el presente folleto se analizarán las relaciones entre la estadística tanto descriptiva como inferencial relacionándose con los conceptos de medición.

4

CONCEPTOS DE ESTADÍSTICA

DESCRIPTIVA E INFERENCIAL

4.1 ¿Qué es Estadística?

Es una ciencia que mediante la observación y el uso de herramientas (técnicas estadísticas) se encarga de: recolectar, clasificar, presentar, analizar e interpretar la información y datos numéricos.

Dentro de sus objetivos principales se encuentra:

- Determinar si la información es adecuada o si se necesita información adicional.
- Resumir la información de una manera útil e informativa
- Analizar la información disponible
- Obtener conclusiones y hacer inferencias determinado el riesgo de cometer un error.

Se divide en dos:

- Estadística descriptiva: Utiliza técnicas e instrumentos para describir un conjunto de datos, sin importar la profundidad y detalle con que se haga.
- Estadística inferencial: Utiliza técnicas e instrumentos para generalizar conclusiones sobre una población, obtenidas a partir de una muestra representativa.

4.2 Población

Es el conjunto de unidades de estudio o elementos que pueden ser animales, plantas, empresas, mediciones, etc. De los cuales se desea conocer una o más características.

La población se puede dividir en dos tipos:

- Finita: tiene un número limitado de elementos, está definida en el espacio y en el tiempo. Por ejemplo un grupo de estudiantes que ingresaron a una maestría a la UNED en segundo periodo del 2006.
- Infinita: tiene un número ilimitado de elementos, no está definida en el tiempo o en el espacio. Por ejemplo los estudiantes de maestría que ingresan a la UNED.

4.3 Muestreo

Los estudios, investigaciones y experimentos se llevan a cabo, con el propósito de llegar a conclusiones o resultados que sean aplicables a todos los elementos de la población.

Sin embargo, en muchas ocasiones esto no es posible por razones de tiempo o por los costos económicos, por lo que se hace necesario utilizar una MUESTRA.

Se usan muestras cuando:

- Cuando la población es INFINITA o muy grande y es prácticamente imposible cubrir a todos los elementos que la componen.
- Cuando la población es FINITA pero muy grande y es muy COSTOSO cubrir todos los elementos de la población.
- La unidad de estudio se transforma o se destruye al ser examinada.

4.4 Medidas de posición

Son las medidas que representan el valor “central” o “medio” del conjunto de datos. En un conjunto ordenado de datos, se ubican en la parte central. Se encuentra en estas la media aritmética, la mediana y la moda (Aching, 2006).

- MEDIA ARITMÉTICA.

La media aritmética o la media de un conjunto de n números $X_1 \dots X_n$, se representa por $\bar{x}$ y se define como:

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n} = \frac{\sum x}{n}$$

n= número total de datos

De otra forma se tiene:

$$\bar{X} = X_0 + \left(\frac{\sum fu}{n} \right) * I$$

X₀= Valor del centro de clase de mayor frecuencia (origen)

f_u= Resultado de la multiplicación algebraica de cada uno de los valores de u por su frecuencia de clase.

I= intervalo (Aching, 2006)

- MODA

Esta medida de posición se asocia con el valor más común, más típico o que ocurre más frecuentemente en un conjunto de datos. También puede definirse como el valor que ocurre con mayor frecuencia. Por ejemplo para la serie de datos que se presenta a continuación la moda es 21 ya que este se repite tres veces en la serie.

14 15 17 17 21 21 21 21 33 40

En ciertos casos puede que no exista, e incluso si existe puede no ser la única. En este último caso la serie tiene más de un valor modal (Murrell, 2006).

- LA MEDIANA

Medida típica de posición y se define como el valor central de una serie de datos ordenados o, más específicamente, el 50% de las observaciones son menores o iguales a la mediana y el otro 50% son mayores. Cuando se tienen datos sin agrupar y se desea calcular la mediana es necesario, en primer lugar, ordenarlos de acuerdo a su magnitud. Luego se determina el valor central de la serie y esa es la mediana (Murrell, 2006).

(n=7)		(n+1)/2		(7+1)/2= 4 (término)		
6	8	8	10	12	19	23
↑	↑	↑	↑			

4.5 Medidas de dispersión

Las medidas de dispersión permiten calcular si los valores en general están cerca o alejados de los valores centrales, muestran la variabilidad de una distribución de datos, indicando por medio de un número si las diferentes puntuaciones de una variable están muy alejadas de las medidas de tendencia central (Salas, s.f.).

- DESVIACIONES MEDIAS

La **desviación media**, Dm , esta medida de dispersión considera todos los datos, está definida como el promedio aritmético de los valores absolutos de la desviación de cada valor de la variable con respecto a la media aritmética (Salas, s.f.).

$$D.m = \frac{|x_1 - \bar{x}| + |x_2 - \bar{x}| + \dots + |x_n - \bar{x}|}{n} = \frac{\sum |x_i - \bar{x}|}{n}$$

- LA VARIANZA

La **varianza**, σ^2 , es el promedio de los cuadrados de las desviaciones, para cada elemento, x_i , respecto a la media (Murrell, 2006).

$$V = \frac{(x_1 - \bar{x})^2 + (x_2 - \bar{x})^2 + \dots + (x_n - \bar{x})^2}{n} = \frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n}$$

$$V = \frac{x_1^2 + x_2^2 + \dots + x_n^2}{n} - \bar{x}^2 = \frac{\sum x_i^2}{n} - \bar{x}^2$$

- DESVIACIÓN ESTÁNDAR: Se representa por σ y se define como:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum fu^2}{n} - \left(\frac{\sum fu}{n}\right)^2}$$

Los límites de control normalmente se fijan a más o menos tres desviaciones estándar, esto es, se fijan en $\pm 3\sigma$. Es importante distinguir claramente los conceptos error e incertidumbre. El error es el resultado menos el valor verdadero y la incertidumbre es una estimación aplicada al resultado que caracteriza el rango de valores dentro del cual se encuentra.

4.6 Error aleatorio y sistemático

- VALOR REAL O VALOR VERDADERO

Es el valor que caracteriza a una cantidad perfectamente definida en las condiciones existentes cuando la cantidad es considerada. Es un concepto teórico, en general no puede conocerse exactamente.

- ERROR DE LA MEDICIÓN

Es la diferencia entre el resultado de la medición menos el valor real. Es la suma de las componentes aleatoria y sistemática.

- ERROR ALEATORIO

En este tipo de error la desviación del valor medido con respecto al real cambia de forma aleatoria de unas medidas a otras. Se conoce también como accidental o estadístico. Este error no se puede corregir pero se puede calcular para minimizarlo. Se presenta por la presencia de variables aleatorias independientes, tales como el método de conexión, condiciones ambientales incontrolables, inestabilidad inherente del aparato usado y/o juicio personal del observador (Measurements Uncertainty, s.f.).

- ERROR SISTEMÁTICO O FIJO

En este tipo de error la desviación del valor medido con respecto al real es siempre la misma. Si se detecta y se descubre su origen se puede eliminar completamente del resultado final.

- ERROR SISTEMÁTICO LOCAL

Es la componente sistemática que es determinada por un proceso aleatorio

- **ERROR SISTEMÁTICO ESTRICTO**

Es la componente sistemática que no se determina por un proceso aleatorio.

- **EXACTITUD Y PRECISIÓN**

Conviene hacer notar la diferencia que hay entre los términos “exactitud y precisión” y se debe ser muy cuidadoso al usarlos. Exactitud se refiere a la proximidad en concordancia entre un valor medido de la magnitud y un valor verdadero del mesurando, mientras que el término precisión se usa para indicar la proximidad de concordancia entre los valores medidos obtenida por mediciones repetidas de un mismo objeto o de objetos similares, bajo condiciones especificadas (Ramírez, 2009).

Ejemplo: Tablero de Tiro

Un ejemplo claro para ilustrar los diferentes términos, precisión, exactitud, error aleatorio y sistemático es la analogía con un tablero de tiro. El centro del tablero es equivalente al valor verdadero.

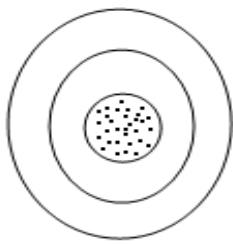
La figura se muestra que el primer tirador consiguió una pequeña dispersión alrededor del centro, lo cual significa una alta exactitud, buena repetibilidad (precisión), bajo error sistemático y aleatorio. El segundo tiene una alta dispersión, pero todos los tiros han golpeado el tablero. Tiene una pobre repetibilidad, mediana exactitud y como los tiros se distribuyen uniformemente tiene bajo error sistemático pero alto error aleatorio.

Todos los tiros del tercero se encuentran en una pequeña área, pero a cierta distancia del centro. Esto ilustra buena repetibilidad y poca exactitud, pequeño error aleatorio, pero gran error sistemático. Aplicando una corrección, el error sistemático podría reducirse considerablemente. El cuarto no ha golpeado el tablero con todos los tiros, estos están dispersos y alejados del centro. Esto muestra una pobre repetibilidad, baja exactitud, gran error sistemático y aleatorio.

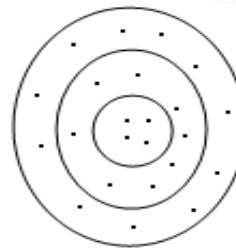
Un reporte cualitativo de cada tirador podría dar una posición promedio de todos los tiros más un número, describiendo la probabilidad de golpear al centro. Este número sería el análogo a la incertidumbre. El primer y tercer tirador tienen una baja incertidumbre debida a la componente aleatoria en comparación con el segundo y cuarto. La figura de la incertidumbre siempre se asocia con un nivel de confianza. Si el primer tirador tiene una

figura de incertidumbre de 30 mm, con un límite de confianza del 99% de los tiros lanzados caerán en un círculo de radio 30 mm y el centro del tablero se encontrará en algún lugar dentro del círculo.

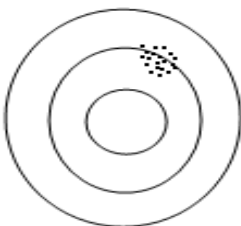
En realidad no hay tablero donde puedan examinarse las mediciones, tal que es difícil decir la diferencia entre la figura 1a y la 1c donde la dispersión es similar. El error sistemático no puede determinarse a partir de únicamente un conjunto de mediciones. La determinación y detección del error sistemático es la más parte importante y más difícil del proceso de medición.



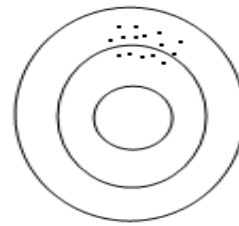
a: Primer tirador, alta exactitud, buena repetibilidad, bajo error sistemático, bajo error aleatorio.



b: Segundo tirador, pobre repetibilidad, mediana exactitud, bajo error sistemático, alto error aleatorio.



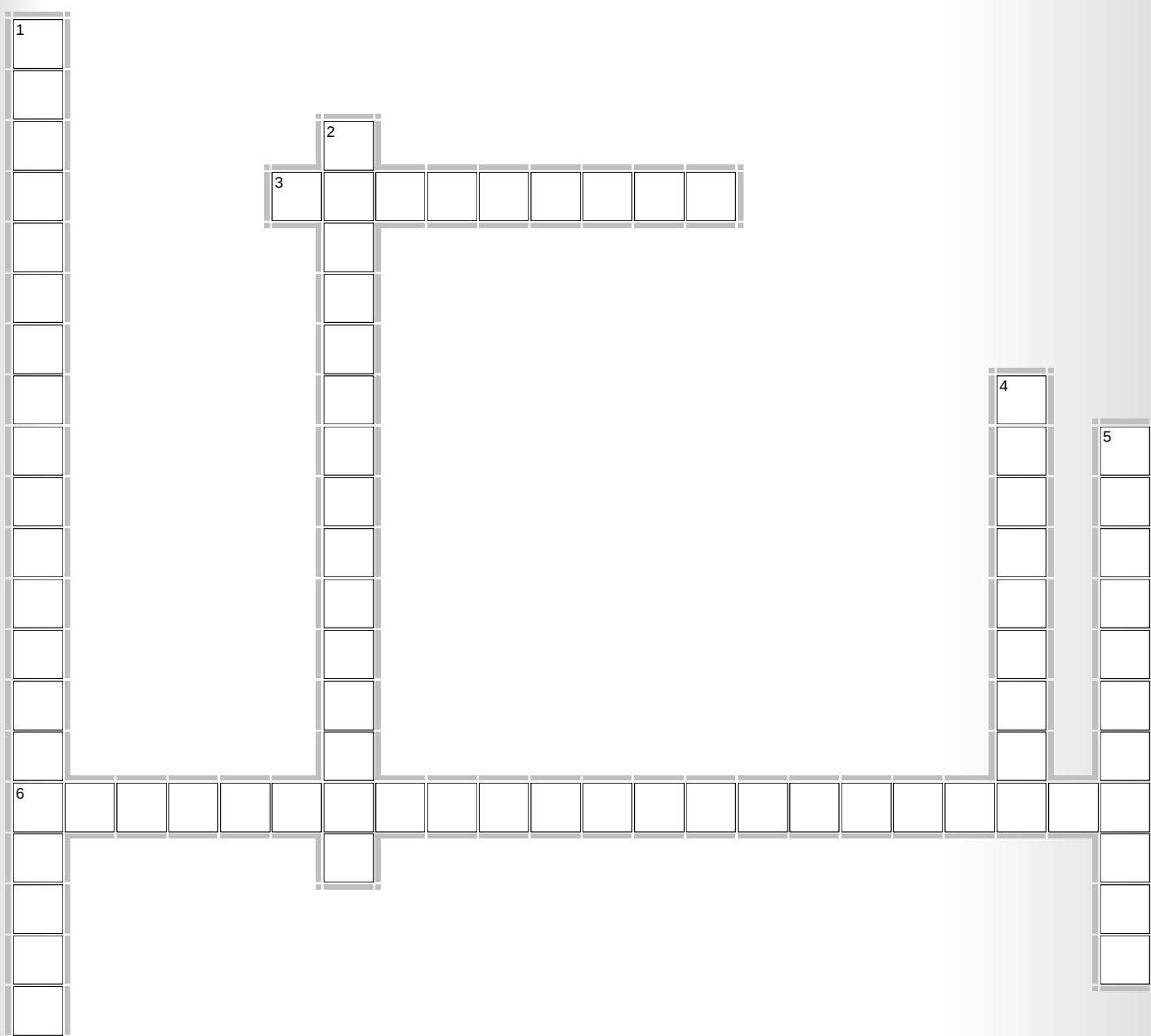
c: Tercer tirador, buena repetibilidad, baja exactitud, pequeño error aleatorio y gran error sistemático.



d: Cuarto tirador, pobre repetibilidad, baja exactitud, gran error aleatorio, gran error sistemático.

4.7 Ejercicios de aplicación

- a) Resuelva el crucigrama que se presenta a continuación con los conceptos observados anteriormente.



Horizontal

3. Se usa para indicar la proximidad con la que las mediciones de la misma cantidad de entrada concuerdan entre sí, independientemente de

PROGRAMA DE ESTUDIOS EN CALIDAD, AMBIENTE Y METROLOGÍA

cualquier error sistemático que intervenga

6. Es aquella medición que suma en cuadratura todas las componentes de la incertidumbre

Vertical

1. Es la diferencia entre el resultado de la medición menos el valor real.

2. Es la componente del error, el cual en el curso de un número de mediciones de las mismas características varía de manera impredecible

4. Proximidad de la medición al valor verdadero de la cantidad física

5. Valor que caracteriza a una cantidad perfectamente definida en las condiciones existentes cuando la cantidad es considerada

- b) En un comercio ingresaron 100 productos plásticos producidos por una industria. El Gerente del comercio pidió los datos sobre los días en que los productos estuvieron en los anaqueles y encontró, al analizarlos, una estancia de 10 días para el que había estado menos y una de 20 días para el de mayor estancia. La suma total de las estancias resultó de 1275 días. Además, observó que la estancia más frecuente era de 15 días y que el 50% de los productos permaneció más de 18 días.

b.1) ¿Cuál es la moda y cuál es la mediana?

b.2) Si usted fuera a realizar un estudio del costo de la estadía de los productos en los anaqueles del supermercado, ¿Qué medida de posición utilizaría?

5 De la siguiente serie de datos determine: la media, mediana, moda, desviación de la media, varianza y desviación estándar.

2 4 6 9 10 12 16 20

6 Se tienen dos instrumentos de los cuales los resultados se presenta en la siguiente figura



Comparación de resultados de instrumentos A y B.

Fuente: Lección magistral de Teoría del Error, RTorres 2010.

¿Cuál de las siguientes proposiciones es la correcta?

- a() El instrumento B es preciso y exacto.
- b() El Instrumento A es preciso y exacto.
- c() El instrumento A es impreciso y exacto
- d() El instrumento A y B son precisos y exactos
- e() El Instrumento B es inexacto pero preciso.
- f() El instrumento A es inexacto pero preciso

5

DISTRIBUCIÓN DE PROBABILIDADES

5.1 Distribución de frecuencias

Para hacer un análisis estadístico de una operación de fabricación es necesario recolectar una serie de datos. Dependiendo de la naturaleza de la operación, los datos pueden dividirse en dos grupos: A) discretos y B) continuos.

Son discretos los que pueden variar en unidades enteras y continuos los que pueden tomar cualquier valor, limitados únicamente por las características del instrumento de medición. Los datos ayudan a ubicar el estado actual de la operación de fabricación; por ejemplo: verificar la dispersión (σ) de un proceso de maquinado o encaminar el porcentaje defectuoso contenido en un lote de piezas recibidas. Cuando el número de datos aumenta, puede arreglarse estadísticamente para facilitar su comprensión.

Es bien conocido que si se toma un gran número de mediciones de alguna cantidad física (como el diámetro de una flecha o la longitud de un perno), esas mediciones no serán idénticas, cambiarán de valor central con una cierta dispersión a cada lado. A la forma que se produce por el agrupamiento de los datos se le llama distribución de frecuencias. Frecuencia, en consecuencia, es el número de veces que se repite un valor.

5.1.1 Características de las distribuciones de frecuencia

Tiene tres características principales

1. Centro (promedio)
2. Forma
3. Dispersión (σ)

Estas características son independientes. Esto es:

- dos distribuciones pueden tener el mismo promedio, pero diferente forma y diferente dispersión
- dos distribuciones pueden tener la misma forma, pero diferente promedio o diferente dispersión.
- Dos distribuciones pueden tener la misma dispersión, pero diferentes formas y promedios.
- Algunas distribuciones tienen más de un punto de concentración y se llaman distribuciones multimodales.
- Una distribución con un solo punto de concentración se llama unimodal.

Una distribución que muestra la mayoría de los datos cerca de un punto de tendencia central hacia la izquierda y muchos otros datos se dispersan alejándose hacia la derecha, se dice que es una distribución con sesgo positivo. Si la distribución ocurre en forma inversa se dice que es una distribución con sesgo negativo (ver figura 2).

5.1.2 Uso de las distribuciones de frecuencia

Se emplea para determinar cuál es la medición más común, de qué dimensión es la dispersión, si es simétrica la distribución, si tienen sesgo, si es unimodal, si tiene valores separados para comparación entre proveedores o para comparación de resultados antes y después de implantar ciertas mejoras al proceso.

5.1.3 Aplicación de la distribución de frecuencia al control de proveedores

Como resultado de la extensa actividad de proveedores que proporcionan materias primas, partes, productos terminados y servicios a otras compañías, el control de los proveedores es vital para asegurarse que los materiales comparados cumplan con las especificaciones requeridas. Las actividades necesarias para alcanzar este objetivo son entre otras las siguientes:

- El establecimiento de una política para las relaciones con los proveedores
- La contratación de dos o más proveedores para un mismo producto.

- El desarrollo de métodos para evaluar el nivel de de calidad que entregan los proveedores y eliminar todos aquellos que son incapaces de cumplir con las especificaciones.
- Proporcionar asistencia técnica a los proveedores en sus problemas de calidad.

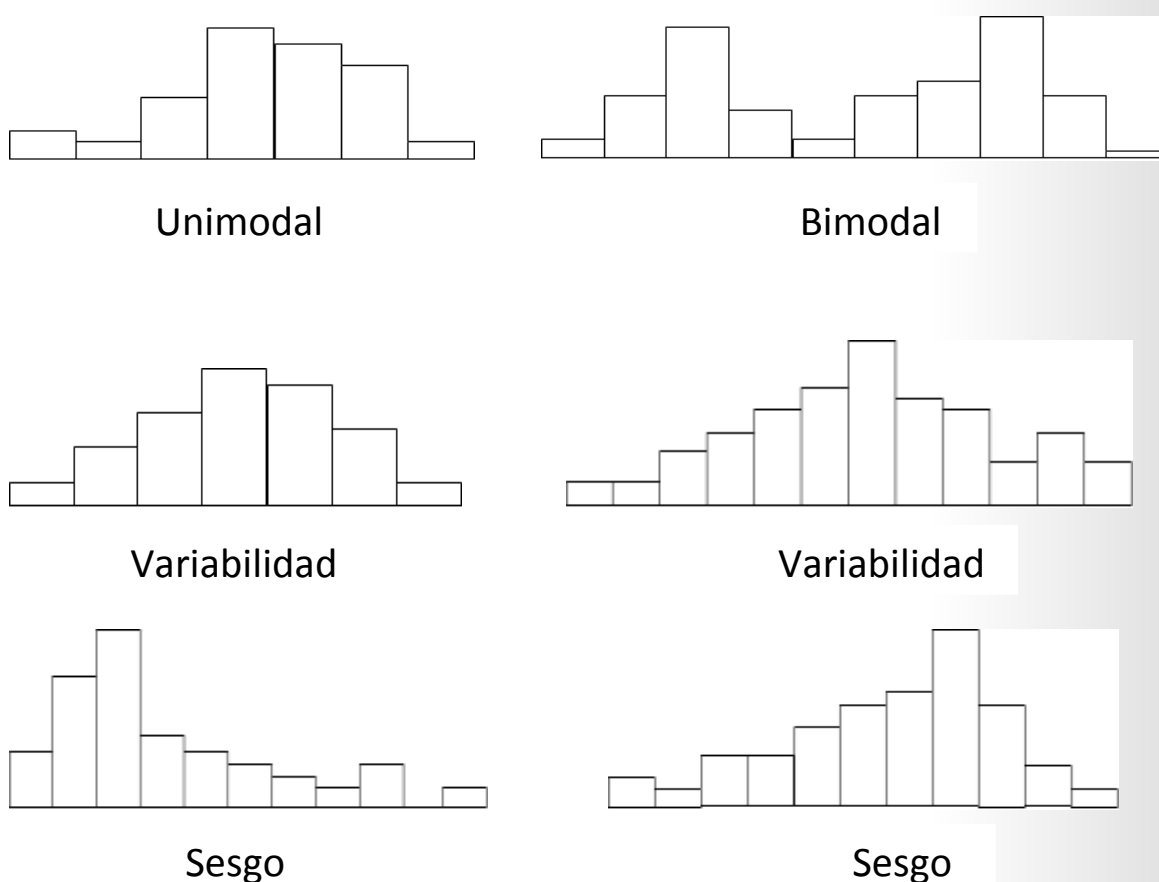


Figura 2

Uno de los métodos empleados para evaluar la calidad de los productos, que tienen características medibles de una manera rápida, es la distribución de frecuencias.

La distribución de frecuencias es una gráfica que se forma con el número de veces que se repite cada medición (frecuencia). La gráfica indicará

aproximadamente en qué medida el producto está cumpliendo con las especificaciones. Una distribución de frecuencia indica cual es la medición más común, qué tan grande es la distribución y si la distribución está centrada o descentrada.

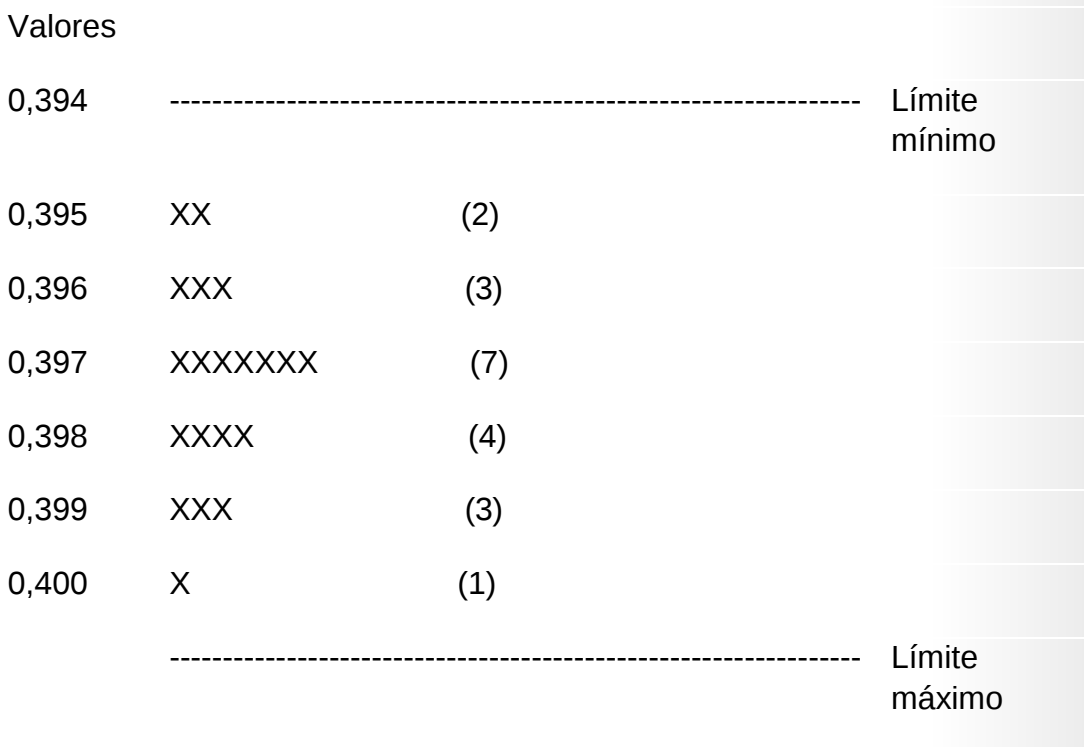
Ejemplo: un proveedor A entregó un lote de piezas que debe cumplir con la especificación 0.397 ± 0.003 in (pulgadas). Se tomó una muestra de 20 piezas, se midieron con un micrómetro y sus valores se muestran en la tabla 1.

Tabla 1

0,397	0,400	0,396	0,397	0,398
0,397	0,397	0,399	0,399	0,397
0,398	0,399	0,395	0,395	0,396
0,397	0,395	0,396	0,397	0,398

Si el proveedor está cumpliendo con la especificación, la distribución de frecuencia mostrará como valor más común el 0,397 y la dispersión quedará comprendida entre 0,394 y 0,400 que son los límites mínimos y máximos de la especificación.

GRÁFICA DE DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIA INDIVIDUAL



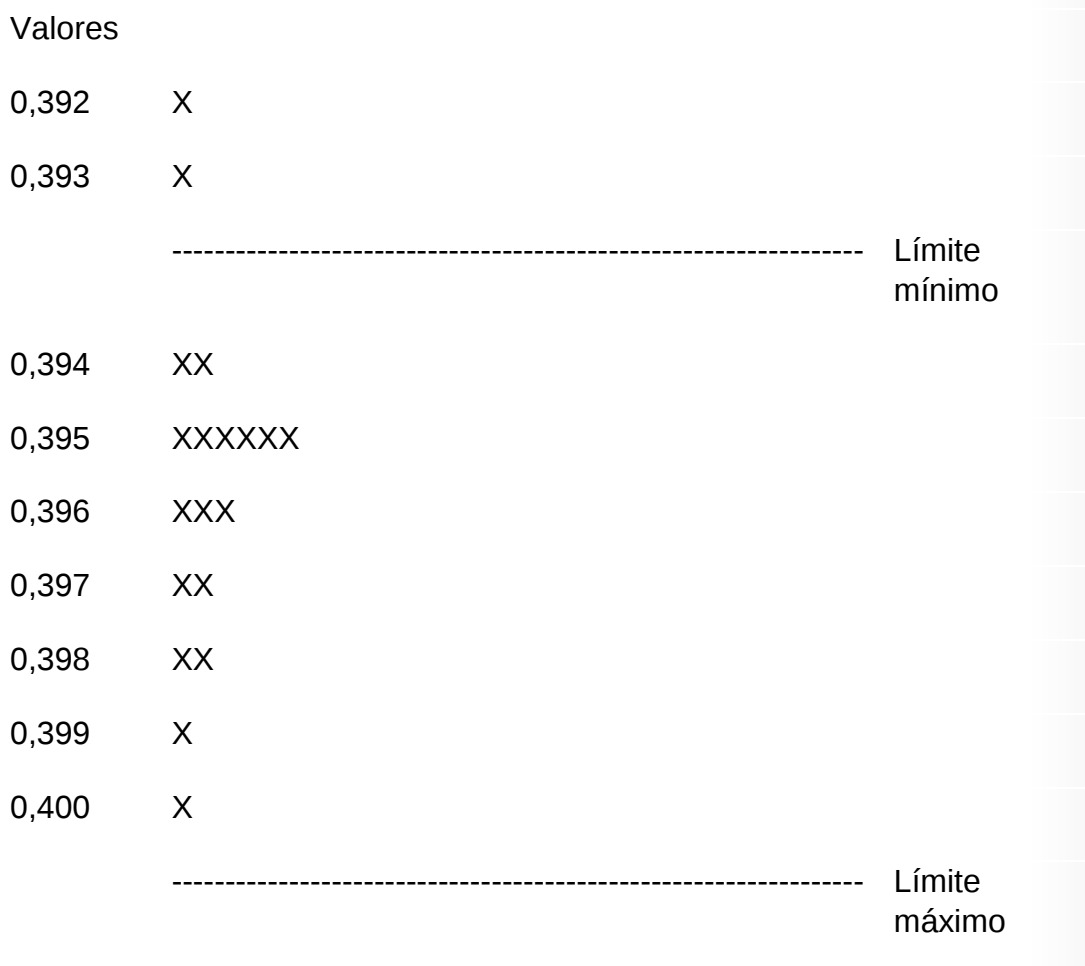
Observando la distribución de la frecuencia se puede concluir que está centrada con respecto a la dimensión nominal y que la dispersión se encuentra dentro de los límites especificados.

Ejemplo: Tiempo después, el mismo proveedor A envía otro lote de piezas, se toma una muestra de 20 piezas, se miden con un micrómetro y sus valores se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 2

0,398	0,396	0,395	0,392
0,395	0,393	0,397	0,395
0,399	0,395	0,400	0,398
0,395	0,397	0,396	0,393
0,394	0,395	0,395	0,396

GRÁFICA DE DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIA INDIVIDUAL



La distribución de frecuencia, indica que el proveedor ya perdió el control del proceso, la distribución está descentrada respecto a la dimensión nominal y hay un incremento en la dispersión que rebasa el límite inferior de la especificación. Por lo tanto, existe una probabilidad grande de encontrar producto defectuoso en el lote.

Ejemplo: En vista de lo ocurrido con el proveedor A se le indica que corrija su proceso y se contrata un nuevo proveedor B, se reciben lotes de ambos proveedores; los resultados de las mediciones de sus muestras se indican en la tabla.

Tabla 3

	0,394	0,395	0,398	0,396	0,397
--	-------	-------	-------	-------	-------

A	0,397	0,400	0,397	0,398	0,395
	0,396	0,398	0,399	0,397	0,399
	0,397	0,397	0,396	0,398	0,396

B	0,398	0,397	0,396	0,397	0,396
	0,397	0,396	0,398	0,398	0,395
	0,396	0,395	0,397	0,396	0,397
	0,398	0,397	0,396	0,398	0,397

Proveedor A

Proveedor B

-----				Límite mínimo
0,394	X	0,394		
0,395	XX	0,395	X	
0,396	XXX	0,396	XXXXX	
0,397	XXXXXX	0,397	XXXXXXX	
0,398	XXXX	0,398	XXXXXX	
0,399	XX	0,399		
0,400		0,400		
-----				Límite máximo

Las distribuciones de frecuencia indican que ambos proveedores cumplen con la especificación, sólo que el proveedor B muestra menor dispersión,

tal vez porque está empleando una máquina más precisa. Con los atributos también pueden construirse distribuciones de frecuencia.

Ejemplo 5:

DEFECTOS	FRECUENCIAS
Manchado	XXXXXX
Veteado	XXXXX
Poroso	XXX
Rugoso	XXXXX
Opaco	XXXXXXXXX
Rajado	XXX
Golpeado	X
Deformado	XXXX
Taladros abocardados	XXXXXXXXXX
Roscas barridas	XXXXXXXXXX
Roscas pasadas	XXXXXXXXXXXXX

De la distribución de frecuencia se observa lo siguiente:

- Las frecuencias más altas de defectos corresponden a la operación de taladro y roscado.
- Con respecto a la apariencia los defectos de manchando, opaco, vetado y rugoso deberán inspeccionarse cuidadosamente en lotes posteriormente para observar si no aumentan.

Como conclusión puede decirse que es necesario avisar al proveedor que su operación de taladro y roscado es muy variable, que tenga más vigilancia en lo que respecta a la apariencia del producto.

5.1.4 Frecuencia acumulada

Cuando se tiene un gran número de datos con un rango muy amplio es conveniente agruparlos, para tener una idea más precisa del conjunto. El agrupamiento se realiza de la forma siguiente:

1. Contar con el número de datos (n).
2. Buscar el valor mayor y el menor de los datos.
3. Calcular el rango: $R = \text{Valor máx.} - \text{Valor min.}$
4. Elegir en cuantas clases (número de barras en el histograma) se van a agrupar los datos. Si hay demasiadas clases, muchas de ellas contendrán solamente unos cuantos datos y la distribución presentará bastante irregularidad. Si las clases son muy pocas, se acumularán tantos datos en una sola clase que se perderá mucha información. Las clases pueden determinarse por sobre la base de la tabla.
5. Calcular el intervalo de clase, $I = R/K$.
6. Clase es el grupo de datos que queda comprendido entre dos límites
7. Frecuencia de clase es el número de datos que caen dentro de cada clase.
8. El límite inferior de la primera clase es igual al valor mínimo de los datos
9. El límite superior de la primera clase es igual al valor mínimo de los datos más el intervalo.
10. El límite inferior de la segunda clase es igual al límite superior de la primera clase.
11. El límite superior de la segunda clase es igual al límite inferior de la segunda clase más el intervalo. Y así sucesivamente hasta terminar con la última clase.

Distribución de frecuencia

No. de datos (N)	No. de Clase (K)
50-100	6-10
100-250	7-12
Más de 250	10-20

5.1.5 Frecuencia relativa:

Este tipo de frecuencia se obtiene dividiendo la frecuencia absoluta por el número de observaciones, en esta se denota la importancia de cada clase, al expresarse en términos porcentuales.

Por lo que facilitan el análisis de los datos, en especial para comparar distribuciones de frecuencias basadas en diferente número de observaciones (Ramírez, s.f.)

5.1.6 Representación gráfica

La representación gráfica contribuye a un mejor análisis de los datos, o lo que facilita la comprensión del fenómeno considerado, entre los gráficos utilizados se destacan los histogramas y polígono de frecuencias (Ramírez, s.f.).

1. El histograma consiste en una serie de rectángulos (igual al número de clases) cuya base está sobre el eje horizontal y representa el intervalo de clase. La altura del rectángulo representa la frecuencia de clase.
2. El polígono de frecuencias es una gráfica de líneas trazadas sobre los centros de clases. Se obtiene uniendo los puntos medios de la parte superior de los rectángulos (ver figura 3b).

Verificación de un lote de piezas

Objetivo. Verificar un lote de piezas, utilizando instrumentos tales como el micrómetro, el pasámetro o el optímetro (para realizar el control dimensional de las piezas a fin de determinar la dispersión del proceso).

Ejemplo: De un proceso de fabricación de cierta pieza se tomó una muestra de 80 piezas y las mediciones individuales se muestran en la tabla siguiente.

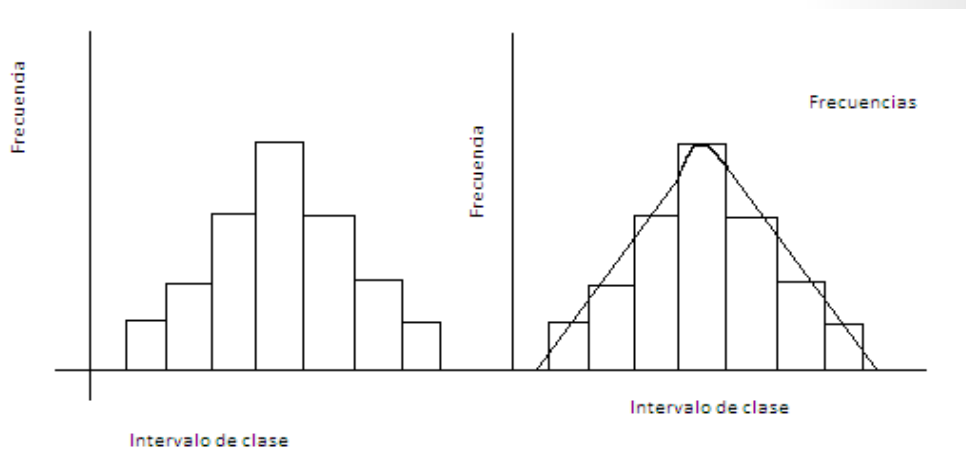


Tabla 5 Mediciones individuales

0,845	0,785	0,852	0,716	0,752	0,793	0,724	0,960
0,741	0,622	0,783	0,685	0,756	0,753	0,888	0,712
0,933	0,751	0,759	0,954	0,802	0,875	0,907	0,678
0,825	0,738	0,734	0,608	0,885	0,887	0,657	0,739
0,767	0,628	0,959	0,616	0,942	0,748	0,632	0,793
0,837	0,781	0,689	0,898	0,756	0,621	0,656	0,675
0,732	0,853	0,798	0,759	0,744	0,606	0,560	0,747
0,667	0,763	0,756	0,632	0,937	0,877	0,783	0,960
0,596	0,726	0,859	0,687	0,622	0,758	0,574	0,614
0,868	0,625	0,719	0,609	0,812	0,697	0,828	0,763

Número de datos $N=80$

Rango = $V \text{ max} - V \text{ min} = 0,960 - 0,560 = 0,400$

Número de clase $K = 8$

Intervalo de clase $I = R/K = 0,400/8 = 0,05$

Límite inferior de la primera clase = valor min = 0,560

Límite superior de la primera clase = $0,560 + 0,05 = 0,610$

Centro de la primera clase = $0,560 + 0,05/2 = 0,585$

Límite inferior de la segunda clase = 0,610

Límite superior de la segunda clase = $0,610 + 0,05 = 0,660$

Centro de la segunda clase = $0,610 + 0,05/2 = 0,635$

Y así sucesivamente

Tabla 6

CLASES	CENTRO	CONTEO	FRECUENCIA	u	Fu	fu
0,560 - 0,610	0,585	IIIIII	6	-3	-18	54
0,610 - 0,660	0,635	IIIIIIIIII	11	-2	-22	44
0,660 - 0,710	0,685	IIIIIIIIIIIIIIIIIIII	20	0	0	0
0,710 - 0,760	0,735	IIIIIIIIIIIIIIIIIIIIII	20	1	13	13
0,760 - 0,810	0,785	IIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIII	13	9	18	36
0,810 - 0,860	0,835	IIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIII	9	3	21	63
0,860 - 0,910	0,885	IIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIII	7	4	32	128
0,910 - 0,960	0,935	IIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIII	8			

En la tabla 6 se debe anotar los límites de clase y centros de clase, en la columna de conteo localizar los valores individuales que pertenecen a cada clase y en la columna de frecuencia el total de la columna de conteo.

Determinación de la frecuencia de cada clase

Se localiza cada una de las mediciones individuales en la clase que le corresponda. Para calcular $\bar{x}$, se selecciona el centro de clase con mayor frecuencia y se le asigna como x_0 (origen).

$$x_0 = 0,735$$

En la columna correspondiente a u se le pone el valor de cero. Los siguientes valores de u se calculan de la manera siguiente:

Al estar las mediciones colocadas en orden ascendente, desde $u=0$ hacia arriba, toman los valores -1,-2,-3, hasta terminar con la primera clase y de cero hacia abajo los valores +1,+2, etc., hasta terminar con la última clase.

La columna fu es el resultado de la multiplicación de clase. La columna fu^2 es el resultado de la multiplicación algebraica de cada uno de las columnas fu y u . Para el cálculo de la media y la desviación estándar se aplican las formulas siguientes:

$$\bar{x} = x_0 + \left(\frac{\sum fu}{n} \right) I$$

n es la suma de las frecuencias

$$\bar{x} = 0,735 + \left(\frac{38}{80} \right) 0,05 = 0,75875$$

$$\sigma = I \sqrt{\frac{\sum fu^2}{n} - \left(\frac{\sum fu}{n} \right)^2}$$

$$\sigma = 0,05 \sqrt{4,3 - 0,226}$$

$$\sigma = -0,05 \sqrt{4,074375}$$

$$\sigma = 0,05 (2,01185081) = 0,1009$$

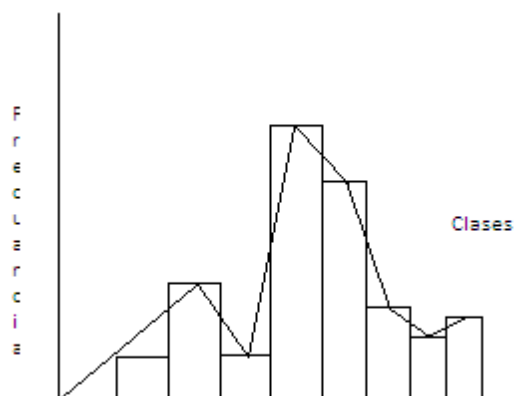


Figura 4. Trazo del histograma y polígono de frecuencia.

5.2 Distribución normal

La distribución normal, es la más importante de todas las distribuciones de probabilidad, es una distribución de variable continua (Universidad de Barcelona, s.f.). La función de la distribución correspondiente a esta dada por:

$$P(X \leq x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^x e^{-\frac{(v-\mu)^2}{2\sigma^2}} dv$$

En este caso se dice que x está normalmente distribuida con la media μ y la desviación estándar σ . Otra forma de representarla es así

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} * e^{-1/2 \left[\frac{x - \mu}{\sigma} \right]^2} \quad 2^{-\infty} < x < +\infty$$

Entre las propiedades de la distribución normal se encuentra que:

- Su esperanza es μ .
- Su varianza es σ^2 y por lo tanto su desviación típica es σ .
- Es simétrica respecto a su media, μ
- La media, moda y mediana coinciden (μ)

- Cualquier transformación de una distribución normal seguirá también con el modelo normal (Universidad de Barcelona, s.f.).

Hay varias razones importantes que han contribuido a que la curva normal sea tan vital en la teoría y la práctica estadística:

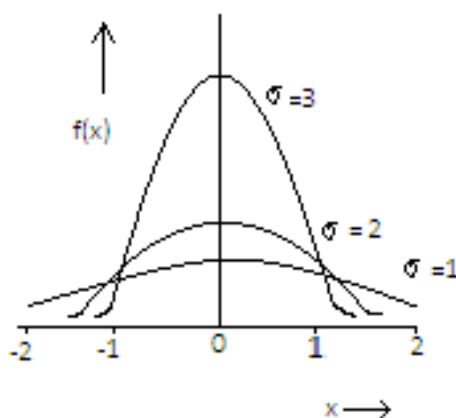
- Son bastantes los fenómenos que se comportan siguiendo la curva normal.
- La media muestral que varía de muestra a muestra se distribuye en forma normal.

Si se hace una Z sea la variable normal estandarizada correspondiente a x , es decir, se hace el cambio de variable.

$$Z = \frac{X - \mu}{\sigma}$$

Entonces la medida Z es cero y la desviación estándar es 1.

En el apéndice se representa una tabla que da el área bajo la curva desde $-\infty$ hasta un valor de Z .



Para facilitar las indicaciones sobre el manejo de la tabla de probabilidades se utilizará la siguiente notación:

z = variable normal estándar

$N(t)$ = área acumulada hasta t (t es un valor particular de z)

$N(t) = P(z \leq t)$ = área acumulada hasta t = probabilidad de que z sea menor o igual a t .

En el empleo de la tabla de probabilidades $N(0,1)$ se debe tomar en cuenta que:

- a) En la primera columna aparecen los valores de z con un decimal.
- b) En la primera hilera aparece el segundo decimal para dar mayor precisión a la tabla.
- c) En el cuerpo de la tabla se muestra el área acumulada desde $-\infty$ hasta un valor positivo de z .

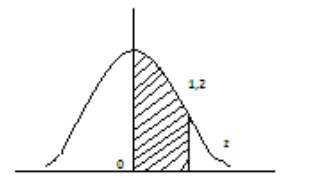
Por ejemplo si se quiere hallar el área bajo la curva estándar entre $z = 0$ y $z = 1,2$.

Utilizando la tabla del apéndice se tiene:

$$P(Z \leq 1,2) - P(Z \leq 0)$$

$$= 0,8849 - 0,5$$

$$= 0,3849$$



5.3 Distribución t

Casi nunca se tiene la suerte de conocer la desviación estándar de la población de donde se extrae la muestra aleatoria. Para muestras de tamaño $n \geq 30$, se obtiene un estimador de σ calculando un valor de S .

A medida que S proporciona una buena estimación de σ y varía poco de muestra en muestra, lo que sucede generalmente para $n \geq 30$, la distribución de la estadística $\frac{(\bar{x} - \mu)}{(S/\sqrt{n})}$ sigue estando aproximadamente distribuida como una variable normal estándar Z (Instituto Tecnológico de Chihuahua, 2003).

Si el tamaño de la muestra es pequeño ($n < 30$), los valores de S fluctúan considerablemente de muestra en muestra y la distribución de la variable aleatoria $\frac{(\bar{x} - \mu)}{(S/\sqrt{n})}$ ya no será una distribución normal. Se trata ahora con un estadístico llamado t :

Al obtener la distribución muestral de t , debe suponerse que la muestra aleatoria se selecciona de una población normal (Instituto Estadístico de Chihuahua, 2003). Se puede escribir entonces:

$$t = \frac{(\bar{x} - \mu) \left(\frac{\sigma}{\sqrt{n}} \right)}{\sqrt{\frac{S^2}{\sigma^2}}} = \frac{Z}{\sqrt{\frac{V}{(n-1)}}}$$

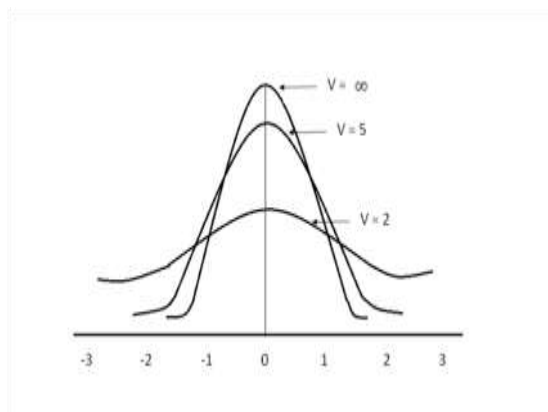
Donde $Z = \frac{(\bar{x} - \mu)}{(\sigma/\sqrt{n})}$ tiene una distribución normal estándar y:

$$\sigma = \frac{(n-1)S^2}{\sigma^2}$$

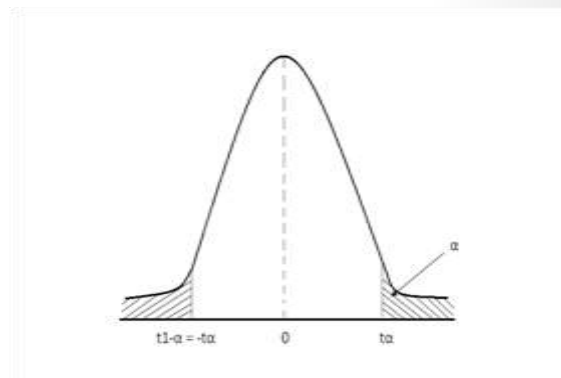
Tiene una distribución ji cuadrada con $v = n-1$ grados de libertad.

La distribución de t es similar a la distribución de Z , ambas son simétricas con respecto a una media de cero. Las dos tienen forma de campana pero la distribución t es más variable porque los valores t dependen de las fluctuaciones de dos cantidades $\bar{X}$ y S , mientras que los valores Z dependen únicamente de los cambios de X de muestra en muestra (ver apéndice) (Instituto Tecnológico de Chihuahua, 2003).

La distribución de t difiere de la Z en que la varianza de t depende del tamaño de la muestra n y siempre es mayor de 1. Sólo cuando el tamaño de la muestra $n \rightarrow \infty$ las dos distribuciones serán iguales. En la siguiente figura se observa la relación entre la distribución normal estándar ($v \rightarrow \infty$) y las distribuciones t con 2 y 5 grados de libertad.



$V = 5$



Se acostumbra representar con t_α al valor de t arriba del cual encontramos un área igual a α . Por ejemplo, el valor de t con 10 grados de libertad que permite un área 0,025 hacia la derecha, es $t_{0,025} = 2,228$.

Ejemplo: Un fabricante de bombillas anuncia que su producto alumbrará en promedio 500 horas. Para mantener este promedio prueba 25 bombillas cada mes. Si el valor de t calculado cae entre $-t_{0,05}$ y $t_{0,05}$, queda satisfecho con su propaganda. ¿Qué conclusión debe sacar de una muestra que tiene una media $\bar{X} = 518$ horas y una desviación estándar $S = 40$ horas? Se supone que la duración de los tiempos es aproximadamente normal.

De la tabla correspondiente se tiene $t_{0,05} = 1,711$ con 24 grados de libertad. El fabricante estará satisfecho si de una muestra de 25 bombillas sucede que $-1,711 \leq t \leq 1,711$. Si $\mu = 500$, entonces:

$$t = \frac{518 - 500}{40/\sqrt{25}} = 2,25$$

La probabilidad de obtener t con $v = 24$ igual o mayor que 2,25 es aproximadamente 0,025.

Lo que dice el fabricante no cae dentro del 90% de confiabilidad sino necesita un intervalo mayor, el 96%. El producto es mejor de lo que se pensaba.

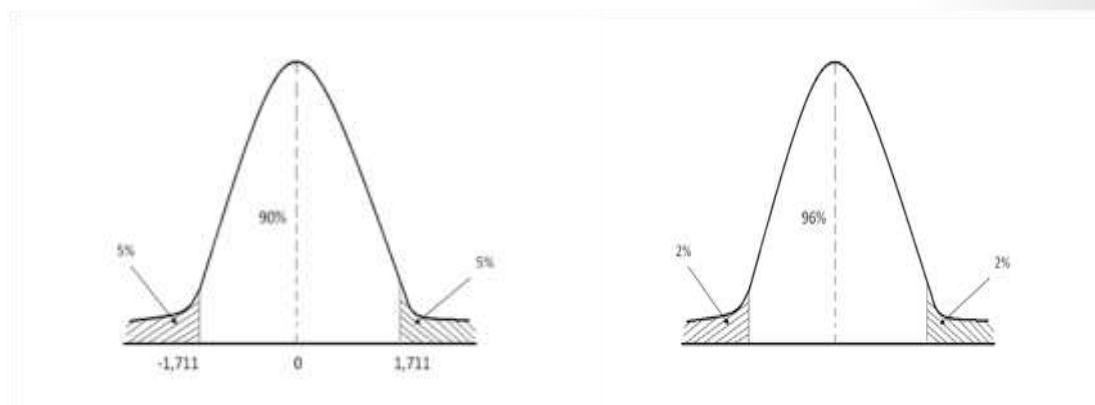
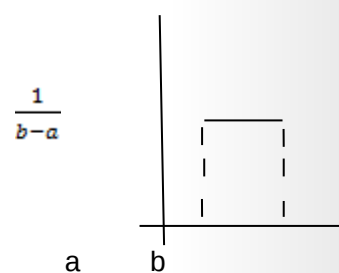


Figura 7

5.4 Distribución uniforme (rectangular)

Una variable aleatoria X está distribuida uniformemente en $a \leq x \leq b$ si su función de densidad es (Universidad de Málaga, s.f.):

$$f(x) = \frac{1}{b-a} = \frac{1}{2\delta} \quad a \leq x \leq b$$



de otra forma:

La distribución $<$ está dada por:

$$x < a$$

$$F(x) = P(x \leq x) = (x - a)/(b - a) \quad a \leq x \leq b$$

$$1 \quad x < b$$

La media es:

$$\mu = \frac{a + b}{2}$$

$$\mu = \int_{-\infty}^{\infty} x f(x) dx = \int_a^b \frac{x dx}{b - a} = \frac{1}{b - a} \frac{x^2}{2} \Big|_a^b = \frac{b^2 - a^2}{2(b - a)} = \frac{b + a}{2}$$

La varianza es:

$$\sigma^2 = \frac{1}{12} (b - a)^2 = \frac{1}{12} (2\delta)^2 = \frac{1}{3} \delta^2$$

$$\begin{aligned} E(x^2) &= \int_{-\infty}^{\infty} x^2 f(x) dx = \int_a^b \frac{x^2 dx}{b - a} = \frac{1}{b - a} \frac{x^3}{3} \Big|_a^b = \frac{b^3 - a^3}{3(b - a)} = \frac{b^2 + ab + a^2}{3} \\ &= E(x^2) - \mu^2 = \frac{b^2 + ab + a^2}{3} - \left(\frac{b+a}{2}\right)^2 = \frac{4b^2 + 4ab + 4a^2 - 3b^2 - 6ab - 3a^2}{12} \end{aligned}$$

$$\sigma^2 = \frac{b^2 - 2ab + a^2}{12} = \frac{1}{12} (b - a)^2 = \frac{1}{12} (4\delta^2) = \frac{1}{3} \delta^2$$

A continuación se presenta una serie de datos generales de la distribución analizada:

Criterios	Definición
Parámetros	$a, b \in (-\infty, \infty)$
Dominio	$a \leq x \leq b$
Función de densidad	$\frac{1}{b - a}$ para $a \leq x \leq b$ 0 para $x < a$ o $x > b$
Función de distribución	0 para $x < a$ $\frac{x - a}{b - a}$ para $a \leq x \leq b$ 1 para $x \geq b$
Media	$\frac{a + b}{2}$

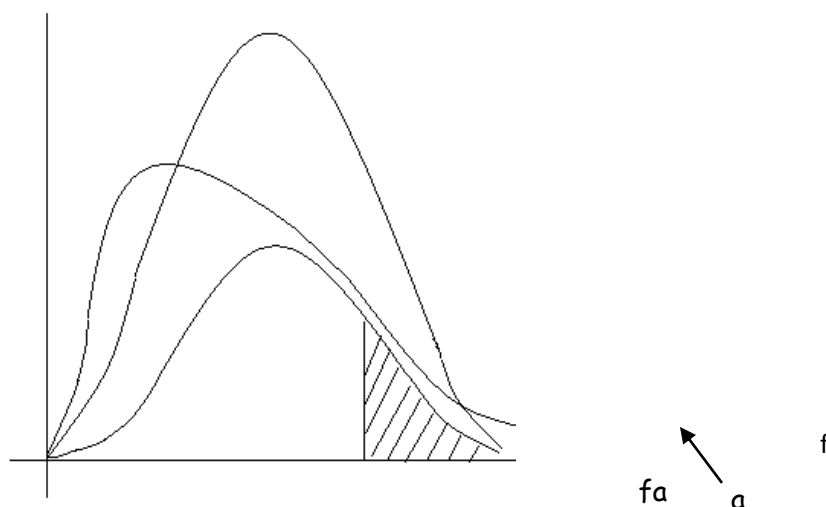
Mediana	$\frac{a+b}{2}$
Moda	<i>cualquier valor en $[a, b]$</i>
Varianza	$\frac{(b-a)^2}{12}$
Coeficiente de simetría	0

5.5 Distribución F

Una de las distribuciones más importantes aplicadas en la estadística es la distribución F y se define como la razón de dos variables aleatorias ji cuadradas independientes, divididas entre sus grados de libertad (ver apéndice). Se puede escribir:

$$F = \frac{U/v_1}{V/v_2}$$

Siempre se establece primero el número G.L. asociado con la variable ji cuadrada del numerador de F, seguido por el número de G.L. asociado con la variable aleatoria ji cuadrada que aparece en el denominador. Por lo tanto, la curva de la distribución F no sólo depende de los parámetros v_1 y v_2 , sino que también del orden en que se establezcan. Una vez dados estos valores se puede identificar la curva. En la siguiente figura se muestran curvas típicas de F.



Se define f_α como el valor de F arriba del cual encontramos un área igual a α . Las tablas proporcionan valores de f_α solamente para $\alpha = 0.05$ y $\alpha = 0.01$ para diferentes combinaciones de grado de libertad.

Puede demostrarse que para $f_\alpha(v_1, v_2)$ se tiene:

$$f_{1-\alpha}(v_1, v_2) = \frac{1}{f_\alpha(v_1, v_2)}$$

Supóngase que muestras aleatorias de tamaño n_1 y n_2 se seleccionan de dos poblaciones normales con varianzas σ_1^2 y σ_2^2 . Se sabe que:

$$X_1^2 = \frac{(n_1 - 1)S_1^2}{\sigma_1^2}$$

Son variables aleatorias que tienen distribuciones ji cuadradas con $v_1 = n_1 - 1$ y $v_2 = n_2 - 1$ G.L. como las muestras se seleccionan al azar, entonces se trata de variables aleatorias independientes, por lo que

$$F = \frac{S_1^2 / \sigma_1^2}{S_2^2 / \sigma_2^2} = \frac{\sigma_1^2 S_1^2}{\sigma_1^2 \sigma_2^2}$$

5.6 Teoría del muestreo

Estadístico (a): Es una variable aleatoria que depende únicamente de la muestra aleatoria observada. El propósito de seleccionar una muestra aleatoria, es extraer información acerca de los parámetros desconocidos de la población. Un valor calculado a partir de una muestra se llama estadístico.

Ya que para la misma población son posibles muchas muestras aleatorias, se puede esperar que el estadístico varíe de muestra en muestra. Por lo tanto un estadístico es una variable aleatoria.

Media muestral: si $X_1, X_2, \dots, X_n$ representa una muestra aleatoria de tamaño n , entonces la media muestral se define por el estadístico:

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n}$$

Los estadísticos más importantes para medir la variabilidad de una muestra aleatoria son el rango y la varianza.

Rango: Es una muestra aleatoria arreglada en forma creciente $X_1, X_2, X_3 \dots X_n$, el rango se define como $X_n - X_1$

Varianza muestral: Si $X_1, X_2, \dots, X_n$ representa una muestra aleatoria de tamaño n , entonces la varianza es:

$$S^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}$$

Error estadístico = desviación estándar de la dist. muestral = S

La distribución de la probabilidad de $\bar{x}$ recibe el nombre de la distribución muestral de la media y, el error estadístico de la media es la desviación estándar de la distribución muestral de $\bar{x}$.

5.7 Distribución muestral de medias

Supongamos que de una población normal con media μ y varianza σ^2 , se toma una muestra aleatoria de n observaciones.

Cada observación x_1 de la muestra, tendrá la misma distribución normal de la población; por lo tanto de la propiedad reproductiva de la distribución normal se tiene que:

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n}$$

Tiene una distribución normal con media:

$$\mu_{\bar{x}} = \frac{\mu_1 + \mu_2 + \dots + \mu_n}{n} = \mu$$

Y varianza:

$$\sigma_{\bar{x}}^2 = \frac{\sigma_1^2 + \sigma_2^2 + \dots + \sigma_n^2}{n^2} = \frac{\sigma^2}{n}$$

Si demostramos en una población con distribución desconocida, ya sea finita o infinita, la distribución muestral de $\bar{x}$ seguirá siendo aproximadamente normal, con una media μ y varianza σ^2/n si el tamaño de la muestra es grande, por lo tanto:

$$Z = \frac{\bar{x} - \mu}{\sigma/\sqrt{n}}$$

La aproximación normal para $\bar{x}$ será en general buena si $n \leq 30$ cualquiera que sea la forma de la población. Si $n < 30$, la aproximación es buena sólo si la población nos es muy diferente de la población normal.

Una firma eléctrica fabrica lámparas cuya vida se distribuye en forma normal aproximadamente, con media igual a 800 horas y una desviación estándar de 40 horas. Encontrar la probabilidad de que una muestra aleatoria de 16 lámparas tenga una vida promedio menor de 775 horas.

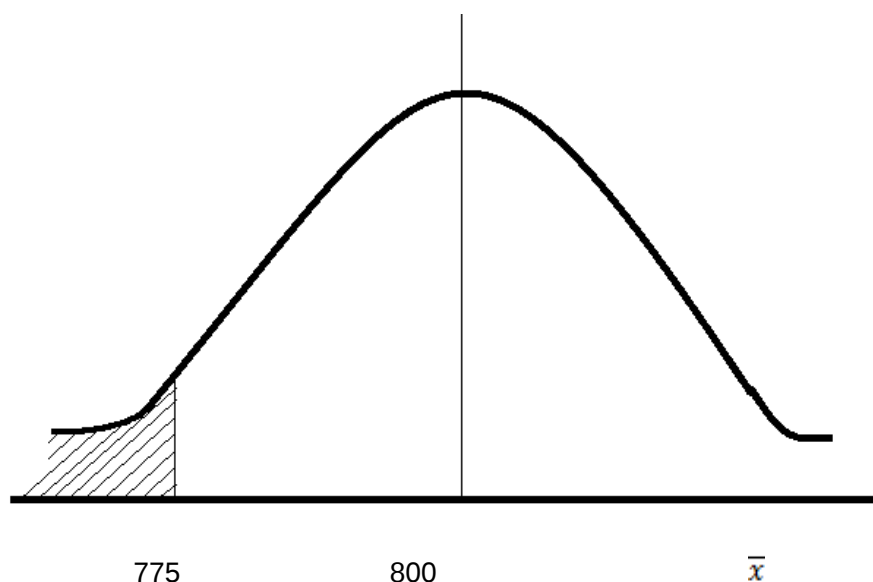
$$\mu_{\bar{x}} = \mu = 800$$

$$\sigma = 40$$

$$\sigma_{\bar{x}} = \frac{\sigma}{\sqrt{n}} = \frac{40}{\sqrt{16}} = 10$$

$$Z = \frac{775 - 800}{10} = -2,5$$

$$P(X < 775) = P(Z < -2.5) = 0.006$$



5.8 Distribución binomial

En muchas ocasiones no es posible o rentable controlar procesos mediante variables, por lo que es necesario tomar decisiones con base en los atributos que caractericen a un producto como bueno o como malo. Esta calificación depende de si se cumple con

lo especificado por el cliente. Una de las distribuciones que se utiliza como medio de inferencia estadística es la distribución binomial.

Es una distribución que se ajusta a experimentos que cumplen con las siguientes cuatro condiciones:

- El experimento consisten de n pruebas.
- En los resultados del experimento existe una probabilidad de éxito denotada por p y una probabilidad de fracaso denotada por q y que se calcula como $q=1-p$.
- Las pruebas ejecutadas deben ser independientes.
- En cada prueba interesan x casos del total de casos.

La función densidad de esta distribución es:

$$b(x, n, p) = \frac{n!}{x! (n-x)!} p^x * q^{n-x}$$

$$P(x \leq X) = B(X, n, p) = \sum_{i=0}^x b(x_i, n, p)$$

Donde:

- $b(x, n, p)$: probabilidad de obtener x casos, en n pruebas si la probabilidad de éxito es p .
- $B(X, n, p)$: probabilidad de tener menos de X casos, en n pruebas si la probabilidad de éxito es p .
- $1 - B(X, n, p)$: probabilidad de obtener más de X casos, en n pruebas si la probabilidad de éxito es p .
- n : número de pruebas ejecutadas en el experimento
- x : número de casos exactos deseados
- X : número de casos deseados (implica $\leq X$ o $\geq X$)
- p : probabilidad de éxito del experimento
- q : probabilidad de Fracaso del Experimento
- $n - x$: número de fracasos

La probabilidades pueden ser calculadas mediante la evaluación de la formula o utilizando la tabla que está en el apéndice.

5.9 Distribución de Poisson

Esta es otra distribución de variable discreta que puede ser utilizada como aproximación de la distribución binomial cuando se tienen muestras muy grandes y probabilidades de

PROGRAMA DE ESTUDIOS EN CALIDAD, AMBIENTE Y METROLOGÍA

éxito muy pequeñas. La regla dice que la aproximación es mejor cuando el valor esperado ($n * p$) es menor que cinco. En control estadístico de la calidad se prefiere usar la distribución binomial para el control de defectuosos y la distribución de Poisson para el control de defectos.

La función densidad de esta distribución es:

$$f(x) = p(x, \lambda) = \frac{e^{-\lambda} \lambda^x}{x!}$$

La función acumulada se expresa así:

$$F(x) = P(X, \lambda) = \sum_{i=0}^x p(x_i, \lambda)$$

donde:

- $p(X, \lambda)$: probabilidad de x éxitos en n pruebas.
- $P(X, \lambda)$: probabilidad de hasta X éxitos en n pruebas
- x : número de éxitos
- λ : media de la distribución ($\lambda = n * p$)
- e : constante exponencial con valor 2,71828

El valor esperado del promedio y la varianza de esta distribución es $\lambda = n * p$, las probabilidades correspondientes a esta distribución puede ser localizadas en el apéndice.

5.10 Intervalos de confianza

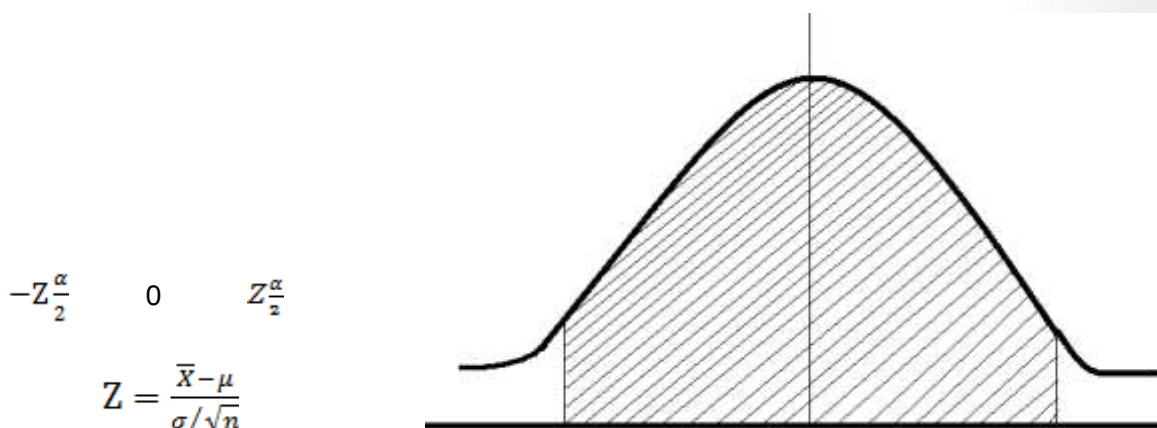
Debido a que es muy poco frecuente que un estimador coincida con el valor real del parámetro que nos interesa, es conveniente hablar de un intervalo de posibles valores, o sea, un rango de valores dentro del cual está el parámetro de interés con una cierta probabilidad; a esto se le llama intervalo de confianza.

5.10.1 Estimación de la media

Si una muestra se selecciona de una población normal, o si n es suficientemente grande, se puede establecer un intervalo de confianza para μ considerando la distribución muestral de $\bar{x}$. Se puede esperar que la distribución muestral media de $\bar{x}$

tenga aproximadamente una distribución normal con media $\mu_{\bar{x}} = \mu$ y una desviación estandar $\sigma_{\bar{x}} = \sigma/\sqrt{n}$. Escribiendo $Z_{\alpha/2}$ para el valor Z arriba del cual se encuentra un área de $\alpha/2$ puede verse que:

$$P\left(-Z_{\frac{\alpha}{2}} < Z < Z_{\frac{\alpha}{2}}\right) = 1 - \alpha$$



$$P\left(-Z_{\frac{\alpha}{2}} < \frac{\bar{X} - \mu}{\sigma/\sqrt{n}} < Z_{\frac{\alpha}{2}}\right) = 1 - \alpha$$

$$P\left(\bar{X} - Z_{\frac{\alpha}{2}} \frac{\sigma}{\sqrt{n}} < \bar{x} < \bar{X} + Z_{\frac{\alpha}{2}} \frac{\sigma}{\sqrt{n}}\right) = 1 - \alpha$$

μ estará en un intervalo:

$$\left(\bar{x} \pm Z_{\frac{\alpha}{2}} \frac{\sigma}{\sqrt{n}}\right) \quad n \geq 30$$

Para calcular el intervalo de confianza para μ se ha supuesto que se conoce σ . Como generalmente no es así, debe reemplazarse σ por la desviación estandar de la muestra s , si es que $n \geq 30$.

El intervalo de confianza $(1 - \alpha)$ proporciona una estimación de la exactitud de la estimación puntual. La mayoría de las veces $\bar{x}$ no es exactamente μ y la estimación tendrá un error, este error será:

$$n = 36$$

$$\bar{x} = 22,5$$

$$\sigma = 1,5$$

$$1 - \alpha = 0,95$$

$$\alpha/2 = 0,025$$

$$Z_{\frac{\alpha}{2}} = 1,96$$

$$\bar{x} - Z_{\frac{\alpha}{2}} \frac{\sigma}{\sqrt{n}} < \mu < \bar{x} + Z_{\frac{\alpha}{2}} \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$

$$22,5 - 1,96 \frac{(1,5)}{\sqrt{n}} < \mu < 22,5 + 1,96 \frac{(1,5)}{\sqrt{36}}$$

$$22,5 - 0,49 < \mu < 22,5 + 0,49$$

$$22,1 < \mu < 22,99$$

$$error = e < 0,49$$

$$\text{ó } e_{\text{máx}} = 0,49$$

En general se puede establecer que :

CONFIABILIDAD		
68,2 %	$Z_{\alpha/2} = 1$	$-1 \sigma/\sqrt{n} < \mu - \bar{x} < 1 \sigma/\sqrt{n}$
95 %	$Z_{\alpha/2} = 1,96$	$-1,96 \sigma/\sqrt{n} < \mu - \bar{x} < 1,96 \sigma/\sqrt{n}$
99.75 %	$Z_{\alpha/2} = 3$	$-3 \sigma/\sqrt{n} < \mu - \bar{x} < 3 \sigma/\sqrt{n}$

Si en el ejemplo anterior se desea que el error máximo sea 0,2 ¿Cuál deberá ser el tamaño de la muestra?, esto es, ¿Cuántas observaciones deben hacerse?.

$$e_{\text{max}} = 0,2 = Z_{\frac{\alpha}{2}} \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \Rightarrow n = \left(Z_{\frac{\alpha}{2}} \frac{\sigma}{e} \right)^2$$

$$n = \left[\frac{(1,96)(1,5)}{0,2} \right]^2 = 216$$

Con frecuencia se intenta estimar la medida de una población cuando se desconoce la variación y es imposible obtener una muestra de tamaño de la población. En la medida que la población tiene la forma de campana, pueden calcularse los intervalos de

confianza cuando σ^2 es desconocida y el tamaño de la muestra es pequeño, usando la distribución del muestreo de t , donde:

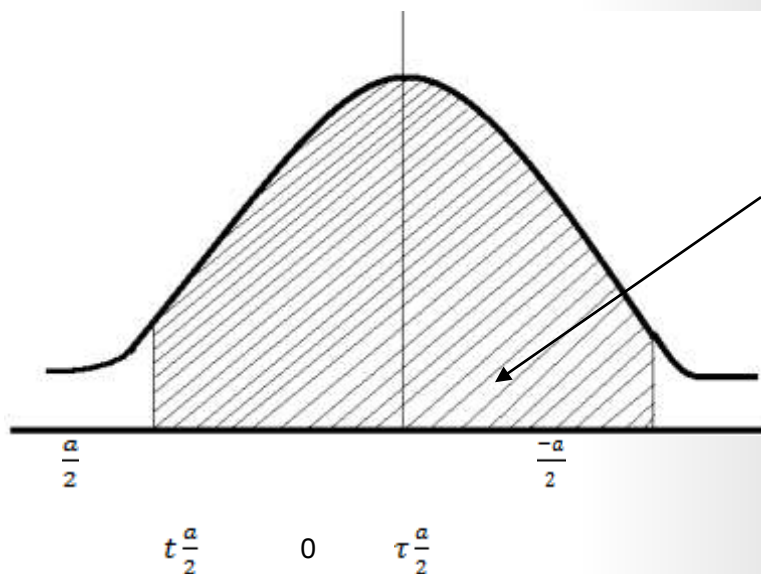
$$t = \frac{\bar{x} - \mu}{s/\sqrt{n}}$$

El procedimiento es el mismo que para muestras grandes, excepto que se usa la distribución t en lugar de la distribución normal estandar.

$$P\left(-t_{\frac{\alpha}{2}} < t < t_{\frac{\alpha}{2}}\right) = 1 - \alpha$$

Donde $t_{\alpha/2}$ es el valor de t con $n-1$ grados de libertad arriba del cual se encuentra un $\alpha/2$.

$1 - \alpha$



$$P\left(-t_{\frac{\alpha}{2}} < \frac{\bar{x} - \mu}{s/\sqrt{n}} < t_{\frac{\alpha}{2}}\right) = 1 - \alpha$$

$$\bar{x} - t_{\frac{\alpha}{2}} \frac{s}{\sqrt{n}} < \mu < \bar{x} + t_{\frac{\alpha}{2}} \frac{s}{\sqrt{n}}$$

$n < 30$ v $n - 1$ G.L.

$$e \leq t_{\frac{\alpha}{2}} \frac{s}{\sqrt{n}}$$

Una máquina produce piezas metálicas de forma cilíndrica; se toma una muestra de piezas cuyos diámetros son 1,01, 0,97, 1,03, 1,04, 0,99, 0,98, 0,99, 1,01, 1,03 cm. Encontrar un intervalo de confianza al 99% para el diámetro medio de las piezas producidas por la máquina suponiendo una distribución aproximadamente normal.

$$\bar{x} = 1$$

$$\alpha = 0,01$$

$$n = 10$$

$$v = n - 1 = 9 \text{ G.L.}$$

$$s = 0,0245$$

$$n = 10 \quad 99\%$$

No se conoce σ , por lo tanto se utiliza una distribución t .

$$t_{0,005,9} = 3,36$$

$$\bar{x} - t_{\frac{\alpha}{2}} \frac{s}{\sqrt{n}} < \mu < \bar{x} + t_{\frac{\alpha}{2}} \frac{s}{\sqrt{n}}$$

$$1 - 3,36 \frac{(0,0245)}{\sqrt{10}} < \mu < 1 + 3,36 \frac{(0,0245)}{\sqrt{10}}$$

$$0,9725 < \mu < 1,027$$

5.11 Prueba de hipótesis

Muy a menudo, en la práctica se tienen que tomar decisiones sobre poblaciones, partiendo de la información muestral de las mismas. Tales decisiones se llaman decisiones estadísticas.

Para llegar a tomar decisiones, conviene hacer determinadas conjeturas acerca de las poblaciones que se estudian. Tales supuestos llamados hipótesis pueden ser o no verdaderos. La hipótesis que se formula con esperanza de rechazarla se llama hipótesis nula y se indica por H_0 ; lleva a la aceptación de una hipótesis alternativa indicada H_1 .

Se pueden cometer los dos tipos siguientes de errores:

Error tipo I: Se rechaza una hipótesis verdadera.

Error tipo II: Se acepta una hipótesis falsa.

La probabilidad máxima con la que en el ensayo de una hipótesis se puede cometer un error del tipo I se llama *Nivel de Significación del Ensayo*, denotada por α .

Si por ejemplo, se elige un nivel de significancia de 0,05 o 5% al diseñar una prueba de hipótesis, entonces hay aproximadamente 5 ocasiones en 100 en que se rechazaría la hipótesis cuando debería ser aceptada, es decir, se está con un 95% de confianza de que se toma la decisión adecuada.

5.12 Prueba de medias

En este caso se desea probar la hipótesis de que una media μ de la población con σ^2 conocida sea igual a un valor específico μ_0 contra la alternativa de que la media no sea igual a μ_0 .

$$H_0 : \mu = \mu_0$$

$$H_1 : \mu \neq \mu_0$$

El procedimiento se ilustrará con el siguiente ejemplo:

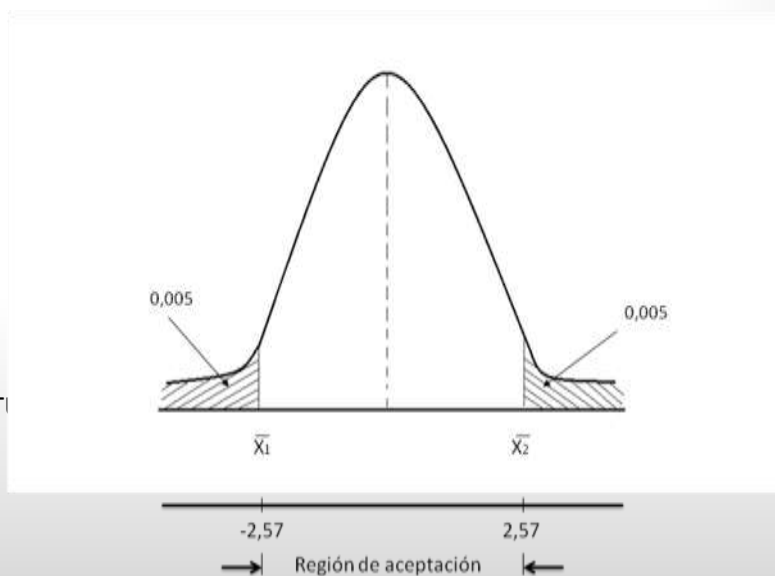
Un fabricante de artículos deportivos ha inventado una nueva cuerda sintética para pescar, que tiene una resistencia media de 8 kg a la ruptura y una desviación estándar de 0,5 kg. Probar la hipótesis de que $\mu = 8$ kg contra la alternativa de que μ es diferente a 8 kg. Si se toma una muestra aleatoria de 50 cuerdas y se encuentra que tienen una resistencia media a la ruptura de 7,8 kg. Emplear un nivel de significancia de 0,01.

$$H_0: \mu = 8 \text{ kg}$$

$$H_1: \mu \neq 8 \text{ kg}$$

Región crítica: $Z < -2,58$ y $Z > 2,58$ donde:

$$Z = \frac{\bar{x} - \mu_0}{\sigma/\sqrt{n}}$$



$$n = 50$$

$$\bar{x} = 7,8$$

$$\sigma = 0,5$$

$$Z = \frac{7,8 - 8}{0,5/\sqrt{50}} = -2,828$$

El valor de $Z = -2,828$ no cae dentro de la región de aceptación, por lo tanto se rechaza H_0 y se acepta H_1 . Se concluye que la resistencia a la ruptura promedio no es 8 kg sino menor. Quien toma esta decisión tiene un 1% de probabilidad de haberse equivocado.

En el ejemplo anterior se atendió a los valores extremos de Z en ambos lados de la media, es decir, en las dos “colas” de la distribución. Por esta razón, tales ensayos se llaman de dos colas o ensayos bilaterales.

Sin embargo, con frecuencia se puede estar solamente interesado en los valores extremos a un solo lado de la media, es decir, en una “cola” de la distribución, como por ejemplo, cuando se está ensayando la hipótesis de que un proceso es mejor que otro (que es diferente a ensayar si un proceso es mejor o peor que otro). Estos ensayos se llaman ensayos de una cola o unilaterales.

Ejemplo. El tiempo promedio para inscribir a los alumnos de una escuela ha sido de 50 min con una desviación estándar de 10 min. Se está ensayando un nuevo procedimiento de inscripción mediante máquinas computadoras. Si una muestra aleatoria de 12 estudiantes obtienen un tiempo promedio de inscribirse de 42 min con una desviación estándar de 11,9 min con el nuevo sistema, probar la hipótesis de que la media de la población es ahora menor de 50 min, usando un nivel de significación de 1) 0,05 y 2) 0,01. Suponga que la población de los tiempos es normal.

$$H_0 : \mu = 50 \text{ min}$$

$$H_1 : \mu < 50 \text{ min}$$

Región crítica (1) $t < -1,796$; (2) $t < -2,718$

$$t = \frac{\bar{x} - \mu_0}{S/\sqrt{n}}$$

Con:

$$v = 11 \text{ G.L.}$$

$$\bar{x} = 42 \text{ min}$$

$$s = 11,9 \text{ min}$$

$$n = 12$$

Por lo tanto:

$$t = \frac{42 - 50}{11,9/\sqrt{12}} = -2,33$$

Conclusión: se rechaza H_0 al nivel de significancia 0,05, pero no al nivel 0,01. Esto significa que la media verdadera realmente es menor de 50 min pero no lo suficiente para garantizar el alto costo que supone el uso de la computadora.

5.13 Ejercicios de aplicación

- a) **Resuelva la** sopa de letras que se presenta a continuación con los conceptos observados a lo largo del capítulo

U L P S O S R T P E D A R F O A S A K O
 U D F A C O B U R S A N A P D I O L Q Q
 R L A I I T N E U A T A D X I R U A R D
 P K P D T E R R E L R I N L S O N D J I
 N X A E S R A X B C E S A A T T I I E S
 H K X M Í C N Q A V B S T W R A T S Y T
 H S E D S G P A I U S E I E N T J R
 I R A E A I O I D R L A E U B L O R V I
 S K S D T D B A E I G X U A C I C B
 T P Q S T R A E Q N K C B D U
 O B D A E S B X H C D S Ó Q I E S U M C
 G V J B R O V Y I I Z I D Ó L O C V I
 R F U E D T Q J P Ó S Q C A N B T I W Ó
 A C M U R A P K Ó N O J A V A A Ó Y N
 M H J R C D R Q T Y D W I H F I D N H
 A O M P E N M Z E Z A P V Y P R K U I T
 Z C J U J Y B D S C R L S T Y A L K G T
 N X M S R Q A K I Y G B E M Z V R L N K
 X P B C F C P P S M V U D Z R Q N U S G
 T M E D I A A R I T M E T Í C A Y U O

Pistas

1. Es el grupo de datos que queda comprendido entre dos límites.
2. Los que pueden variar en unidades enteras.
3. Los que pueden tomar cualquier valor, limitados únicamente por las características del instrumento de medición.
4. Se representa por σ
5. Se emplea para determinar: cuál es la medición más común

6. La razón de dos variables aleatorias ji cuadradas independientes, divididas entre sus grados de libertad
7. Una variable aleatoria X está distribuida uniformemente en $a \leq x \leq b$ si su función de densidad
8. Para muestras de tamaño $n \geq 30$, se obtiene un estimador de σ calculando un valor de S
9. Es una variable aleatoria que depende únicamente de la muestra aleatoria observada
10. La distribución de probabilidad continua más importante en todo el campo de la estadística es la distribución normal
11. $n-1$
12. Representaciones graficas de las distribuciones de frecuencias
13. Intervalo de posibles valores, o sea, un rango de valores dentro del cual está el parámetro de interés con una cierta probabilidad
14. Media de un conjunto de n números $X_1 \dots X_n$, se representa por $\bar{x}$
15. Hacer determinadas conjeturas acerca de las poblaciones que se estudian
16. Cuando sea probar la hipótesis de que una media μ de la población con σ^2 conocida sea igual a un valor específico μ_0 contra la alternativa.
17. Es una muestra aleatoria arreglada en forma creciente $X_1, X_2, X_3 \dots X_n$, el rango se define como $X_n - X_1$

18. Un ejemplo de esta se encuentra distribuida uniformemente en $a \leq x \leq b$

b) Un ingeniero industrial afirma que el rendimiento medio de la población de cierto proceso en lotes es 300 gramos por milímetro de materia prima. Para verificar esta afirmación toma una muestra de 11 lotes cada mes. Si el valor de t calculado cae entre $-t_{0.01}$ y $t_{0.01}$, queda satisfecho con su afirmación. ¿Qué conclusión extraería de una muestra que tiene una media de 318 gramos por milímetro y una desviación estándar de 25 gramos? Suponga que la distribución de rendimientos es aproximadamente normal.

c) Usando la tabla normal estándar determine las siguientes probabilidades:

1. $P(z \geq 1,26) = 1 - P(z \leq 1,26)$

2. $P(z \leq -0,28) = P(z \leq 0,28)$

3. $P(-1,43 \leq z \leq -0,48)$

d) Una muestra de 80 mediciones realizadas en una línea de producción para diferentes productos fue investigado por el Departamento de Calidad con el fin de determinar que se producía en mayor cantidad.

96,70	96,50	101,85	95,90	83,40	94,45	88,70	97,35
84,45	49,85	107,15	105,65	65,35	84,70	87,00	97,95
67,20	98,40	115,40	76,60	102,60	97,75	105,40	100,70
102,05	76,26	103,25	77,00	96,00	107,90	74,10	80,70
121,35	92,90	106,45	81,95	76,70	79,05	99,15	101,20
75,80	90,45	117,10	113,20	100,40	87,60	95,50	69,95
99,90	101,50	61,50	92,35	90,05	108,65	77,55	95,90
55,30	89,75	112,05	86,65	103,25	99,05	109,25	72,75
88,95	104,75	93,80	111,90	94,90	91,90	68,65	98,20
97,70	93,10	108,45	117,75	92,55	85,10	98,85	110,55

Construya una distribución de frecuencias con intervalos de clase: 49-69, 69-89, y así sucesivamente incluyendo el cálculo de frecuencia absoluta, acumulada y relativa. Responda las siguientes preguntas:

- ¿Cuántas mediciones son menores a 109 mm?

-¿Cuántas mediciones son mayores de 109 mm?

-¿Cuántas mediciones están entre 69 mm y 109 mm?

e) **Rellene los** espacios vacíos de la siguiente distribución de frecuencias

Clases	Frecuencia absoluta	Frecuencia acumulada	Frecuencia relativa
17-24	2		
25-28		5	
29-32			31,25
33-36		23	
37-40	7		
41-52		32	

TOTAL			
-------	--	--	--

- f) Defina los siguientes conceptos:
- Clase:
 - Intervalo de clase
 - Punto medio de clase
 - Frecuencia absoluta
 - Frecuencia relativa
 - Frecuencia acumulada
- g) Diga qué tipo de frecuencia – absoluta, relativa, o acumulada- se ha utilizado para hacer cada una de las siguientes afirmaciones.
- Un 26% de las mediciones se encuentra entre 65 mm y 70 mm.
 - 29 alumnos pasaron el curso
 - El 40% de las incertidumbres de las mediciones es por intervención del observador

h) Rellene los espacios vacíos de la siguiente distribución de frecuencias

Clases	Frecuencia absoluta	Frecuencia acumulada	Frecuencia relativa	Puntos medios
17-24		3		21

25-28	4			27
29-32			20	31
33-36	8			35
37-40		26		39
41-52			13	47
TOTAL	30			

i) Mencione y explique brevemente cuales son las medidas de posición.

j) Mencione y explique brevemente cuales son las medidas de dispersión.

k) Una muestra de 80 mediciones realizadas en una línea de producción para diferentes productos fue investigado por el Departamento de Calidad con el fin de determinar que se producía en mayor cantidad.

96,70	96,50	101,85	95,90	83,40	94,45	88,70	97,35
84,45	49,85	107,15	105,65	65,35	84,70	87,00	97,95
67,20	98,40	115,40	76,60	102,60	97,75	105,40	100,70
102,05	76,26	103,25	77,00	96,00	107,90	74,10	80,70
121,35	92,90	106,45	81,95	76,70	79,05	99,15	101,20
75,80	90,45	117,10	113,20	100,40	87,60	95,50	69,95
99,90	101,50	61,50	92,35	90,05	108,65	77,55	95,90
55,30	89,75	112,05	86,65	103,25	99,05	109,25	72,75
88,95	104,75	93,80	111,90	94,90	91,90	68,65	98,20
97,70	93,10	108,45	117,75	92,55	85,10	98,85	110,55

1. Construya una distribución de frecuencias con intervalos de clase: 44-51,95; 52-59,95-102 y así sucesivamente incluyendo el cálculo de frecuencia absoluta, acumulada y relativa.

2. Responda la siguiente pregunta:

- ¿Cuántas mediciones son menores a 100 mm?

- ¿Cuántas mediciones son menores de 60 mm?

- ¿Cuántas mediciones están entre 60 mm y 84 mm?

l) Usando la tabla normal estándar determine las siguientes probabilidades:

a. $P(z \leq 2,03)$

b. $P(1,09 \leq z \leq 2,13)$

c. $P(z \geq -1,28)$

m) Un ingeniero afirma que el rendimiento medio de la población de cierto proceso en lotes es 150 gramos por milímetro de materia prima. Para verificar esta afirmación toma una muestra de 10 lotes cada mes. Si el valor de t calculado cae entre $-t_{0.05}$ y $t_{0.05}$, queda satisfecho con su afirmación. ¿Qué conclusión extraería de una muestra que tiene una media de 168 gramos por milímetro y una desviación estándar de 15 gramos? Suponga que la distribución de rendimientos es aproximadamente normal.

n) A partir de los siguientes datos realice:

a. Cálculo de la distribución de frecuencias absoluta

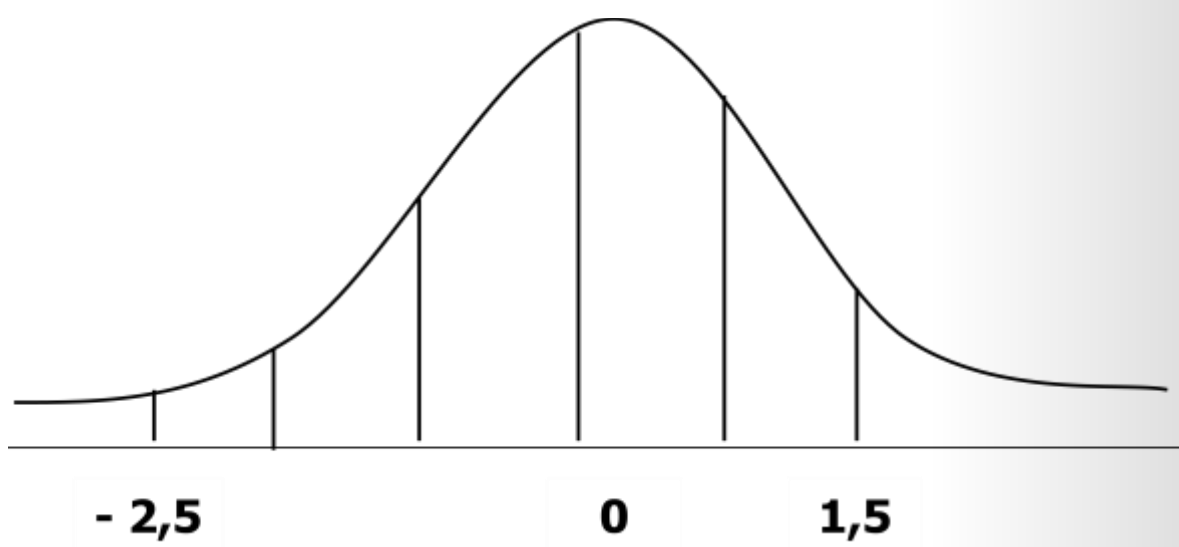
b. Cálculo de frecuencia relativa

c. La moda, mediana, media, rango.

d. La varianza y la desviación estándar

$x_i = (\text{mm})$ crecimiento	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$f_i = n^o$ brotes	2	2	4	5	8	9	3	4	3

o) Calcule el área entre -2,5 y 1,5



6

ESTIMACIÓN DE LA INCERTIDUMBRE

En cualquier proceso, la incertidumbre total de un resultado tiene dos componentes: una debida al error aleatorio y otra debida al error sistemático. En seguida se describe brevemente el procedimiento para determinar la incertidumbre total (Measurements Uncertainty. s.f.).

6.1 CONCEPTO DE INCERTIDUMBRE

Es el parámetro, asociado con el resultado de una medición, que caracteriza la dispersión de valores que pudieran ser razonablemente atribuidos al mesurando. Implica el incremento de la confianza en la validez del resultado de una medición.

Entre las fuentes de incertidumbre se destacan:

- Definición completa del mensurando
- Realización imperfecta de la definición del mensurando
- Muestreo
- Conocimiento inadecuado de los efectos de condiciones ambientales
- Errores de apreciación del operador en lectura
- Resolución finita del instrumento
- Valores inexactos de patrones y materiales de referencia.
- Valores inexactos de constantes y otros parámetros obtenidos de fuentes externas.
- Aproximaciones y suposiciones incorporadas en los métodos y procedimientos de medición
- Variaciones en observaciones repetidas del mesurando bajo condiciones aparentemente iguales.

6.2 INCERTIDUMBRE TIPO A

Una evaluación tipo A de la incertidumbre estándar se basa en cualquier método estadístico válido para el tratamiento de datos. Por ejemplo, el cálculo de la desviación estándar de la media de una serie de observaciones independientes, el uso del método de mínimos cuadrados para el porcentaje de curvas y el análisis de varianza para identificar y cuantificar efectos aleatorios en ciertas clases de mediciones (Guide to the Expression of Uncertainty in Measurements, 1994).

6.3 INCERTIDUMBRE TIPO B

La Evaluación de la Incertidumbre tipo B usualmente se basa en el juicio científico o bien en suposiciones subjetivas. Su influencia en la incertidumbre final es independiente del número de mediciones realizadas.

Algunos ejemplos de incertidumbres tipo B son: la conversión de una incertidumbre expandida a una incertidumbre estándar dividiéndola por el factor de expansión; la conversión de una incertidumbre definida como un intervalo de confianza dividiéndola por un factor que depende del nivel de confianza.

La distribución de probabilidad rectangular o uniforme es un modelo razonable en ausencia de cualquier otra información para describir la incertidumbre tipo B (Guide to the Expression of Uncertainty in Measurements, 1994)..

6.4 EVALUACION DE INCERTIDUMBRE

6.4.1 TIPO A

En una muestra de n observaciones se puede establecer un intervalo de confianza. Esto es, que puede demostrarse que μ se encuentra en el intervalo:

$$\bar{x} \pm Z_{\alpha/2} \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$

Con una probabilidad $1 - \alpha$ siempre que $n \geq 30$. Donde $\bar{x}$ es el promedio de la muestra y $Z_{\alpha/2}$ es el valor de la variable normal estandarizada Z , del cual hay un área $\alpha/2$ (Centro Español de Metrología, 1993).

Si $n < 30$ se utiliza una distribución t ; y se estima σ (desviación estándar de la población) por medio de s (desviación estándar de la muestra), tal que el intervalo de confianza para la media es:

$$\bar{x} \pm t_{\alpha/2} \frac{s}{\sqrt{n}}$$

Por lo anterior, la incertidumbre tipo A debida a las mediciones repetidas dadas por el comparador es:

$$u = t \frac{s}{\sqrt{n}}$$

6.4.2 TIPO B

Cualquier estimación de una magnitud de entrada x_i , que no se obtenga de mediciones repetidas, su incertidumbre u_i deberá evaluarse a partir de los conocimientos que de ella se tengan tales como: datos del fabricante, certificado de PROGRAMA DE ESTUDIOS EN CALIDAD, AMBIENTE Y METROLOGÍA

calibración, especificaciones, comportamiento, etc., de ahí el carácter subjetivo de las contribuciones tipo B (Centro Español de Metrología, 1993).

En algunas ocasiones, esta incertidumbre viene afectada por el coeficiente multiplicador que es necesario eliminar. En otros casos solo es posible estimar los límites superiores (b) e inferior (a) dentro de los cuales se estima se encuentra el valor de la variable x desconociéndose el tipo de distribución y su nivel de confianza o probabilidad, en tal situación se utiliza la distribución uniforme. Si la diferencia entre los límites a y b se denomina 2δ , entonces la varianza es:

$$u^2 = \frac{\delta^2}{3}$$

Y la incertidumbre estándar es:

$$u = \frac{\delta}{\sqrt{3}}$$

Existente diferentes relaciones entre las distribuciones y el calculo de incertidumbre las cuales se desarrollan a continuación:

- Distribución rectangular: el cálculo del error esta dado por las siguientes ecuaciones. Si los límites son simétricos

$$\sigma^2(X) = \frac{a^2}{3} \Rightarrow \sigma(X) = \frac{a}{\sqrt{3}}$$

Si los límites no lo son:

$$u(x) = \frac{a_+ - a_-}{\sqrt{12}} = \frac{b_+ + b_-}{\sqrt{12}}$$

La función de distribución rectangular se utiliza en el cálculo de incertidumbre:

- Un certificado u otra especificación ofrecen los límites sin especificar su nivel de confianza
- Se desconoce la distribución

Un ejemplo de cálculo puede ser el siguiente:

Un recipiente volumétrico de 10 ml tiene un error máximo permisible de $\pm 0,2$ ml. Al considerar los posibles valores del volumen que contienen la medida de acuerdo al

valor de error máximo permisible se puede decir que el volumen se encuentra entre: $(10,0-0,2) \text{ ml} < V < (10,0+0,2) \text{ ml}$.

Y cualquiera de los valores comprendidos en este intervalo tiene la misma probabilidad de ocurrencia. Por lo tanto se puede considerar que la variable aleatoria (volumen) cumple con una distribución rectangular con

$$\sigma(V) = \frac{0,2}{\sqrt{3}} = 0,11 \text{ ml.}$$

- Distribución triangular: se presenta cuando la variable aleatoria toma valores en el intervalo entre a^- y a^+ , tenga un valor máximo en el centro del intervalo y disminuya linealmente hacia los extremos del mismo hasta cero.

Si el intervalo es simétrico, la varianza de la variable aleatoria X será en este caso:

$$\sigma^2(X) = \frac{a^2}{6} \Rightarrow \sigma(X) = \frac{a}{\sqrt{6}}$$

Se utiliza cuando: los valores cercanos a $E(X)$ son más probables de los cercanos a los límites.

Lo anterior se puede analizar en el siguiente ejemplo:

En un recipiente volumétrico de 10 ml podría considerarse que la variable aleatoria (volumen) cumple una ley de distribución triangular si los valores correspondientes a volúmenes muy próximos a 10 ml se presentan mucho más frecuentemente que los próximos a 9,8 ml y 10,2 ml. En este caso

$$\sigma(V) = \frac{0,2}{\sqrt{6}} = 0,081 \text{ ml.}$$

- Distribución normal: Cuando la incertidumbre del estimado x se da como un múltiplo k de la desviación estándar

$$U_p = k \cdot u(x) \Rightarrow u(x) = \frac{U_p}{k}$$

6.4.3 INCERTIDUMBRE TOTAL O COMBINADA

La incertidumbre de “y”, es una estimación de la cantidad y se obtiene combinando aproximadamente la incertidumbre estándar de las estimaciones $x_1, x_2, \dots, x_n$ de las magnitudes de entrada, que pueden ser evaluadas como tipo A o tipo B. La incertidumbre combinada o total $u(y)$, se calcula combinando las correspondientes varianzas utilizando la “Ley de Propagación de Errores” que toma la siguiente forma cuando las magnitudes de entrada no están correlacionadas:

$$u^2(y) = \sum \left(\frac{\partial f}{\partial x_i} \right)^2 u^2(x_i)$$

Donde $u(x_i)$ son las componentes de la incertidumbre. Los términos $\partial f / \partial x_i$ son las derivadas parciales de $y = f(x_1, x_2, \dots, x_n)$.

Con frecuencia, en medidas directas del tipo de comparación o de sustitución a un patrón conocido donde la función f es lineal con derivadas parciales igual a 1, la incertidumbre combinada toma la forma: x_i

$$u^2(y) = \sum u^2(x_i)$$

En general es válido suponer que no existe corrección entre dos magnitudes de entrada x_i y x_j [4], y por lo tanto, puede usarse si (Centro Español de Metrología, 1993):

- A) Se han hecho repetidamente, pero no simultáneamente en diferentes experimentos.
- B) Cuando cualquiera de las dos magnitudes puede ser tratada como una constante, es decir, como invariante.
- C) No existe conocimiento alguno de una posible correlación.

6.4.4 INCERTIDUMBRE EXPANDIDA

La incertidumbre estándar combinada $u(y)$ es utilizada para expresar cuantitativamente el resultado de las medidas, sin embargo, en algunas aplicaciones, industriales, etc, se exige que la incertidumbre en las medidas proporcione un intervalo, dentro del cual se encuentre el valor verdadero de la cantidad medida, con un alto nivel de confiabilidad.

A este intervalo, llamado intervalo de confianza U , se le denomina incertidumbre expandida y se obtiene multiplicando la incertidumbre combinada u (y) por un factor de seguridad o cobertura k :

$$U = k u(y)$$

El valor k depende del nivel de confianza elegido (probabilidad de que el valor verdadero se encuentre en el intervalo $\pm U$). Tanto (1) como (2) y (3) concuerden en que, a menos que se indique lo contrario, k se toma igual a 2, lo cual significa un nivel de confianza del 95,45% = 95,5% (NIST, 1993).

De acuerdo con el reporte de la incertidumbre U debe indicar el factor k usado para obtenerla. Además debe indicarse una lista de todas las componentes de la incertidumbre estándar junto con sus respectivos grados de libertad. Las componentes deben identificarse de acuerdo al método utilizado para evaluarlas, esto es, en tipo A o Tipo B.

6.5 Cálculo de incertidumbre

En seguida se muestra en el procedimiento para evaluar la incertidumbre en la calibración de un bloque comparándolo contra un patrón de referencia, mediante un comparador electromecánico (Centro Español de Metrología, 1993). La ecuación aplicada es:

$$1 = 1_s + 1_d$$

Donde: 1 = longitud del bloque en calibrador

1_s = longitud del bloque patrón

1_d = diferencia medida por el comparador

6.5.1 CONTRIBUCIONES A LA INCERTIDUMBRE

Se presentan 5 fuentes de incertidumbre:

- Medidas repetidas dadas por el comparador u (1_d)
- Debida al certificado de calibración del bloque de referencia patrón u (1_s)
- Debido al certificado del comparador electromecánico u_{com}
- Debida a la diferencia de temperatura entre bloques u_{tb}

- e) Debida a la diferencia de temperatura entre el conjunto de bloques y el laboratorio utl (Centro Español de Metrología, 1993).
- f) Medidas repetidas dadas por el comparador u (1_d)

Haciendo n mediciones en el comparador, se obtiene la desviación estándar S (1_d) y la incertidumbre está dada por:

$$u(l_d) = \frac{t S(l_d)}{\sqrt{n}}$$

Donde t es el factor “t” de Student que depende del número de mediciones y del nivel de confianza (tomar 95,5%).

- g) Debido al certificado de calibración del bloque de referencia patrón u (1_s)

La incertidumbre proporcionada en el certificado de calibración U_p va acompañado de un factor k y la incertidumbre estándar está dada por:

$$u(l_d) = \frac{U_p}{k}$$

Si el certificado de calibración no proporciona el valor de k , entonces tomar $k=1$.

- h) Debida al certificado del comparador electromecánico U_{com}

La incertidumbre U_{com} del certificado del comparador debe de ser dividida por el factor de expansión k , para obtener:

$$U_{com} = \frac{U_{com}}{k}$$

- i) Debida a la diferencia de temperatura entre el bloque en calibración y el bloque patrón de referencia U_{tb}

Sea α el coeficiente de dilatación lineal y Δt la diferencia de la temperatura y suponiendo que esta componente sigue una distribución rectangular entonces la incertidumbre asociada es:

$$U_{tb} = \frac{\alpha l \Delta t}{\sqrt{3}}$$

j) Debida a la diferencia de temperatura entre el conjunto de bloques patrón y el laboratorio U_{tl}

Considérese la diferencia entre los coeficientes de dilatación lineal $\Delta\alpha$ de los bloques. La temperatura del laboratorio es $20 \pm \Delta\theta^\circ\text{C}$. El cambio de longitud es:

$$\Delta l = \Delta\alpha l \Delta\theta$$

De acuerdo a la ecuación de propagación del error:

$$u_{ti}^2 = \left(\frac{\partial \Delta l}{\partial \Delta\alpha} \right)^2 u(\Delta\alpha)^2 + \left(\frac{\partial \Delta l}{\partial \Delta\theta} \right)^2 u(\Delta\theta)^2$$

$$= (l\Delta\theta)^2 u(\Delta\alpha)^2 + (l\Delta\alpha)^2 u(\Delta\theta)^2$$

Donde:

$$u(\Delta\alpha)^2 = \Delta\alpha^2/3$$

$$u(\Delta\theta)^2 = \Delta\theta^2/3$$

Se asume que ambas tienen distribución rectangular.

$$\text{Por lo tanto: } u_{ti}^2 = (l\Delta\theta)^2 \left(\frac{\Delta\alpha}{3} \right)^2 + (l\Delta\alpha)^2 \left(\frac{\Delta\theta}{3} \right)^2$$

6.5.2 INCERTIDUMBRE TOTAL

La incertidumbre combinada o total resulta de combinar todas las contribuciones anteriores, de acuerdo a la ecuación de la propagación:

$$u^2 = u(l_d)^2 + u(l_s)^2 + u_{com}^2 + u_{tb}^2 + u_{ti}^2$$

El valor de u calculado de esta manera es la incertidumbre estándar, la cual se multiplica por un factor de expansión k para obtener la incertidumbre expandida o global U . De acuerdo a las normas ISO, se tomará $k=2$ a menos que se indique lo contrario (Centro Español de Metrología, 1993).

$$U = k * u$$

De manera que la incertidumbre total será $\pm U$ con un nivel de confianza del 95 % (lo que equivale a $k=2$)

Ejemplo: Considérese un bloque a calibrar de 100 mm de longitud nominal, mediante un comparador electromecánico se compara con otro patrón de referencia la misma longitud y material.

a) Medidas repetidas dadas por el comparador $u(1_d)$

Se hicieron 5 mediciones, el promedio, y desviación estándar son $\bar{x} = 50$ nm y $S = 15$ nm respectivamente. De la tabla de la distribución t con $v = 4$ grados de libertad se obtiene $t = 2,78$ al 95% de nivel de confianza, por lo tanto:

$$U(l_d) = \frac{tS(l_d)}{\sqrt{n}} = \frac{2,78(15)}{\sqrt{5}} = 18,64 \text{ nm}$$

b) Debido a certificado de calibración del bloque patrón $u(1_s)$

En el certificado del bloque patrón se encuentra que $U_p = \pm 75$ nm con $k = 2$, por lo tanto:

$$u(l_s) = \frac{U_p}{k} = \frac{75}{2} = 37,5 \text{ nm}$$

c) Debida al certificado del comparador U_{com}

En el certificado del comparador se encuentra que $U_{com} = 50$ de esta manera:

$$u_{com} = \frac{u_{com}}{k} = \frac{50}{1} = 50$$

d) Debida a la diferencia de temperatura entre el bloque en calibración y el patrón U_{tb}

Se tiene que $\alpha = 11,5 \cdot 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ y $\Delta t = \pm 0,05 \text{ } ^\circ\text{C}$, por lo tanto:

$$u_{tb} = \frac{\alpha/\Delta t}{\sqrt{3}} = \frac{(11,5 \cdot 10^{-6})(100)(0,05)}{\sqrt{3}} = 33,19 \text{ nm}$$

e) Divida a la diferencia de temperatura entre el conjunto de bloques y el laboratorio U_{tl}

La temperatura del laboratorio fue $20 \pm 0,5 \text{ } ^\circ\text{C}$ y tomamos $\Delta\alpha = 1 \cdot 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$, de esta manera:

$$u_{ti}^2 = \left(\frac{l\Delta\theta}{3}\right)^2 + (l\Delta\alpha^2)\left(\frac{\Delta\theta}{3}\right)^2 =$$

$$u_{ti}^2 = [100 (0,5)]^2 \left[\frac{1 * 10^{-6}}{3}\right]^2 + [100 (1 * 10^{-6})]^2 \left[\frac{(0,5)}{3}\right]^2 = 555,5 \text{ nm}^2$$

$$u_{ti}^2 = 23, \text{ nm}$$

INCERTIDUMBRE TOTAL

$$U^2 = (18,6)^2 + (37,5)^2 + (50)^2 + (33,2)^2 + (23,5)^2 = 5909,95 \text{ nm}^2, u=76,8$$

Y con k= 2

$$U = 2(76,8) = 153,75 \text{ nm}$$

Por lo tanto:

$$U = \pm 153,75 \text{ nm con } k= 2$$

6.6 EJERCICIOS DE APLICACIÓN

a) Clasifique las siguientes fuentes de incertidumbre en tipo A o B

Fuente de incertidumbre	Tipo
Calibración de patrones	
Deriva	
Repetibilidad	
Condiciones ambientales	
Resolución	

b) Resuelva los siguientes ejercicios de incertidumbre

1. Un equipo tiene una exactitud de ± 5 . ¿Cuál tipo de distribución seleccionaría? ¿Cuál es la incertidumbre estándar de la exactitud?
2. Una balanza tiene una resolución de 1 g. Si realiza una pesada de 50 g, entre qué valores puede estar la indicación. ¿Cuál tipo de distribución seleccionaría? ¿Cuál es la incertidumbre estándar de la resolución?
3. Se realizan 15 mediciones de densidad y se obtiene un valor promedio de $998,207 \text{ kg/m}^3$ y una desviación estándar de $0,05 \text{ kg/m}^3$. ¿Cuál tipo de distribución seleccionaría? ¿Cuál es la incertidumbre estándar?
4. El certificado de calibración indica que un equipo tiene una incertidumbre expandida de 15 con probabilidad de 95,45 %. ¿Cuál es la incertidumbre estándar?
5. Durante una calibración se realizó una pesada de 100 g en una balanza. La balanza tiene una incertidumbre expandida de 5 mg en 100 g, $k=2$, según el certificado. Tiene resolución de 1 mg y una repetibilidad de 3 mg ¿Cual es la incertidumbre estándar combinada de la medición con la balanza?

7

ANÁLISIS DE VARIANZA

El análisis de varianza es una de las técnicas estadísticas de mayor aplicación para comparar promedios provenientes de diversas poblaciones y es la base fundamental del diseño de experimentos. Es muy útil para tomar decisiones en procesos de comparación. La técnica consiste en una prueba de hipótesis para la diferencia de más de dos medias. En esta prueba se tienen k-parámetros poblacionales distribuidos normalmente, cuya variación se estudia dividiéndola en componentes.

La hipótesis general que se va a aprobar se plantea así:

$$H_0: \mu_1 = \dots = \mu_k$$

H_a : Al menos dos de las medias son diferentes.

Si la hipótesis nula es rechazada, se pueden hacer comparaciones individuales a través del Método de Tukey. En el análisis de varianza se presume que cualquier variación existente entre los promedios de una o más variables categorizadas se debe a:

1. Una variación entre las observaciones Y_{ij} dentro de cada categoría (variación inter) o
2. Una variación entre las categorías debido a sus características propias (variación extra).

La variación interior se debe al azar mientras que la variación extra se debe a causas sistemáticas. Para tratar lo anterior, el análisis de varianzas separa la variabilidad total en dos componentes:

1. Variabilidad entre categorías, midiendo variación sistemática y aleatoria.
2. Variabilidad dentro de las categorías, midiendo variabilidad aleatoria.

El procedimiento consiste en comparar las dos estimaciones de σ^2 , una basada en la varianza entre medias muestrales y otra basada en la varianza dentro de las muestras. Estas varianzas se calculan así:

7.1 Varianza dentro de la muestra

$$\sigma^2_A = \sum_{i=1}^N \frac{(Y_i - \bar{Y})^2}{n-1}$$

7.2 Varianza basada en medias muestrales.

La conclusión se obtiene una vez que se compare el valor de F calculada como el cociente de ambas varianzas con el F teórico extraído de tablas.

Según el número de variables en estudio de análisis de varianza recibe el nombre de clasificación en una dirección o en dos direcciones. Esto también se conoce como una variable y dos variables de clasificación. La metodología aquí presentada requiere de una prueba comparativa de varianzas

$$\sigma^2_B = n * \left[\sum_{l=1}^m \frac{(\bar{Y}_l - \bar{Y})^2}{m-1} \right]$$

7.3 Clasificación en una dirección

La denominación “clasificación en una dirección” se debe a que la variable en estudio se clasifica en un solo sentido (columna) y se llama tratamiento. En este análisis se seleccionan muestras aleatorias de tamaño n de m-poblaciones pertenecientes a cada variable categorizada. La representación matricial de esta clasificación se observa en el cuadro siguiente.

La hipótesis que se prueba es la siguiente:

$$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_m$$

$$H_a: \text{no todas las } \mu.j's \text{ son iguales}$$

El valor de Y_{ij} significa el valor asignado a la observación i en la categoría o tratamiento j.

Matriz de una variable de clasificación

Observación	Tratamientos					
	1	2	3	4		m
1	Y_{11}	Y_{12}	Y_{13}	Y_{14}		Y_{1m}
2	Y_{21}	Y_{22}	Y_{23}	Y_{24}		Y_{2m}
3	Y_{31}	Y_{32}	Y_{33}	Y_{34}		Y_{3m}
4	Y_{41}	Y_{42}	Y_{43}	Y_{44}		Y_{4m}

.	.	.	.				
.	.	.	.				
.	.	.	.				
n	Y_{n1}	Y_{n2}	Y_{n3}	Y_{n4}		Y_{nm}	
Totales	$T_{.1}$	$T_{.2}$	$T_{.3}$	$T_{.4}$		T_{nm}	$T_{..}$
Media	$Y_{.1}$	$Y_{.2}$	$Y_{.3}$	$Y_{.4}$		$Y_{.m}$	$Y_{..}$

El análisis de varianza se hace con base en el Cuadro ANOVA como un medio de evitar cálculos tediosos. El Cuadro siguiente presenta el Cuadro ANOVA para una variable de clasificación.

El error especifica la variación aleatoria dentro de los tratamientos. El significado y fórmulas de cálculo de los términos usados son los siguientes:

- m: número de tratamientos.
- n: tamaño de la muestra.
- SIC (TR): Suma intermuestral de cuadrados de tratamientos.

$$SIC(TR) = \left[\frac{(\sum_{i=1}^m T_{.i}^2)}{n} \right] - C$$

$$C = \frac{T_{..}^2}{m} * n$$

$$T_{..} = \sum_{i=1}^m T_{.i}$$

- STC: Suma Total de Cuadrados
- T...: Gran total de todas las observaciones

$$STC = \left[\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n Y_{ij}^2 \right] - C$$

- SCE: Suma Cuadrados del error.

$$SCE = STC - SIC_{(TR)}$$

- $CM_{(TR)}$: Cuadrado medio de los tratamientos.

$$CM_{(TR)} = \frac{SIC_{(TR)}}{(m - 1)}$$

- CME: Cuadrado medio del error.

$$CME = \frac{SCE}{m * (n - 1)}$$

Cuadro ANOVA para una variable de clasificación

Origen de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F _c
Tratamiento	$m - 1$	$SIC_{(TR)}$	CM	$CM_{(TR)}$
Error	$m * (n - 1)$	SCE	CME	CME
TOTAL	$m * n - 1$	STC		

La aceptación de la hipótesis nula se da cuando el F teórico es menor que el F calculado. Para aclarar este punto se presenta un ejemplo a continuación.

Para comparar la efectividad de tres tipos diferentes de pintura fosforescente usados para pintar cuadrantes de indicadores de instrumentación náuticas, se pintan ocho cuadrantes con cada una de las pinturas. Luego, se iluminan los cuadrantes con luz ultravioleta y se mide el tiempo en segundo lugar que los números del cuadrante quedan iluminados después apagar la luz. La información generada se presenta en un cuadro a continuación.

¿Se puede afirmar con $\alpha = 10\%$ que las diferencias observadas entre los promedios de los tipos de pintura son significativas o se deben simplemente al azar?

Solución

$$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \mu_3$$

$$H_a: \text{Al menos dos } \mu \text{'s no son iguales}$$

Según los datos suministrados en el cuadro:

$$T_{.1} = 378$$

$$T_{.2} = 396,6$$

$$T_{.3} = 468,8$$

$$T_{..} = 1243,4$$

Se calcula entonces los factores del cuadro ANOVA.

$$C = \frac{(1243,4)^2}{24} = 64418,4817$$

Cuadro. Matriz de información para el análisis de varianza

Cuadrante	Tipo de pintura			
	1	2	3	
1	46,3	38,7	62,3	
2	48,2	53,6	64,7	
3	42,0	49,3	56,2	
4	41,8	47,3	60,2	
5	48,9	51,4	53,6	
6	51,0	53,9	55,5	
7	49,7	53,6	61,8	
8	50,1	48,8	54,5	
Totales	378,0	396,6	468,8	1234,4
Media	47,3	49,6	58,6	51,8

$$SIC(TR) = \left[\frac{(378^2 + 396,6^2 + 468,8^2)}{8} \right] - 64418,4817 = 575,146$$

$$STC = [46,3^2 + 36,7^2 + 62,3^2 + \dots + 54,5^2] - 64418,4817$$

$$STC = 65285,04 - 64418,4817 = 866,561$$

$$SCE = 866,561 - 575,146 = 291,415$$

$$CM_{(TR)} = \frac{575,146}{2} = 287,573$$

$$CME = \frac{291,415}{21} = 13,877$$

En el cuadro que se presenta a continuación se desarrolla el ANOVA correspondiente al ejemplo, el valor de F teórico según la tabla es de 2,57.

Cuadro ANOVA del ejemplo

Origen de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F _c
Pintura	2	575,146	287,573	20,73
Error	21	291,415	13,877	
TOTAL	23	866,561		

Como F_c es mayor que el F teórico, no hay evidencia estadística para aceptar la hipótesis nula de igualdad de promedios, como α= 10%. Por lo tanto la efectividad de cada tipo de pintura no puede tratarse como igual.

7.4 Clasificación en dos direcciones

La denominación “clasificación en dos direcciones” se debe a que existen dos variables en estudio que se clasifican en dos sentidos, llamándose uno tratamiento (región) y el otro bloque (columna).

En este análisis se seleccionan muestras aleatorias de tamaño n para cada alternativa correspondiente a la intersección de las variables de clasificación según su categoría. La representación matricial de esta clasificación se encuentra a continuación.

En este caso se prueban dos hipótesis, una para tratamientos y otra para bloques. Ambas hipótesis son independientes, por lo que sus resultados no se asocian. Las hipótesis son las siguientes.

$$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \dots = \mu_m$$

$$H_a: \text{no todas las } \mu. i's \text{ son iguales}$$

El valor de Y_{ij} significa el valor asignado a la observación del bloque i y el tratamiento j .

Este análisis de varianza se hace también con base en el cuadro ANOVA como un medio de evitar cálculos tediosos.

Cuadro Matriz de Dos variables de Clasificación

Observación	Tratamientos									
	1	2	3	4	.	.	.	n	Total	Media
1	Y_{11}	Y_{12}	Y_{13}	Y_{14}	.	.	.	Y_{1n}	$T_{.1}$	$Y_{.1}$
2	Y_{21}	Y_{22}	Y_{23}	Y_{24}	.	.	.	Y_{2n}	$T_{.2}$	$Y_{.2}$
3	Y_{31}	Y_{32}	Y_{33}	Y_{34}	.	.	.	Y_{3n}	$T_{.3}$	$Y_{.3}$
4	Y_{41}	Y_{42}	Y_{43}	Y_{44}	.	.	.	Y_{4n}	$T_{.4}$	$Y_{.4}$
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
m	Y_{m1}	Y_{m2}	Y_{m3}	Y_{m4}	.	.	.	Y_{mn}	T_m	Y_m
Totales	$T_{.1}$	$T_{.2}$	$T_{.3}$	$T_{.4}$	.	.	.	$T_{.n}$	$T_{..}$	
Media	$Y_{.1}$	$Y_{.2}$	$Y_{.3}$	$Y_{.4}$	.	.	.	$Y_{.n}$		$Y_{..}$

El significado y fórmulas de cálculo usados son los siguientes:

PROGRAMA DE ESTUDIOS EN CALIDAD, AMBIENTE Y METROLOGÍA

- m: número de tratamientos
- n: número de bloques
- $SIC_{(TR)}$: Suma intermuestral de cuadrados de tratamientos

$$SIC(TR) = \left[\frac{(\sum_{i=1}^m T_{.i}^2)}{n} \right] - C$$

- $SIC_{(BL)}$: Suma intermuestral de cuadrados de bloques.

$$SIC(BL) = \left[\frac{(\sum_{j=1}^m T_{.j}^2)}{m} \right] - C$$

$$C = \frac{T_{..}^2}{(m * n)}$$

$$T_{..} = \sum_{j=1}^m T_{.j} = \sum_{i=1}^m T_{.i}$$

- $T_{..}$ = Gran Total de las m*n observaciones
- STC : Suma Total de Cuadrados

$$STC = \left[\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n Y_{ij}^2 \right] - C$$

- SCE : Suma de cuadrados del error

$$SCE = STC - SIC_{(TR)}$$

- $CM_{(TR)}$: Cuadrado medio de los Tratamientos

$$CM_{(TR)} = \frac{SIC_{(TR)}}{(m - 1)}$$

- $CM_{(BL)}$: Cuadrado medio de los bloques

$$CM_{(BL)} = \frac{SIC_{(BL)}}{(n - 1)}$$

- Cuadrado medio del error

$$CME = \frac{SCE}{(m - 1) * (n - 1)}$$

Cuadro ANOVA para dos variables de clasificación

Origen de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F _c
Tratamiento	$m - 1$	$SIC_{(TR)}$	$CM_{(TR)}$	$\frac{CM_{(TR)}}{CME}$
Bloque	$(n - 1)$	$SIC_{(BL)}$	$CM_{(BL)}$	$\frac{CM_{(BL)}}{CME}$
Error	$(m - 1) * (n - 1)$	SCE	CME	
TOTAL	$m * n - 1$	STC		

La aceptación de la hipótesis nula se da cuando el F teórico es menor que el F calculado. Como se indicó antes esta decisión se toma para bloques y tratamientos por separado. Existen dos valores de F: uno para tratamientos y otro para bloques.

v_{lt} : número de grados de libertad de los tratamientos

v_{lb} : número de grados de libertad de los bloques

v_2 : número de grados de libertad del error

En el siguiente ejemplo se explica este tipo de ANOVA. El departamento de servicio de una compañía distribuidora de equipo de salud ocupacional tiene un grupo de tres técnicos encargados de la reparación de averías secundarias en unidades centrales de proceso (CPU). Estos técnicos se han especializado en tres importantes marcas. Los tiempos de reparación en minutos de cada marca para cada técnico se muestran en el siguiente cuadro. Con $\alpha = 10\%$, ¿se puede afirmar que el tiempo de reparación depende de la marca o del técnico que repara?

Solución

Como se puede observar en el siguiente cuadro, los totales son los siguientes.

$$T_{.1} = 142 \quad T_{.2} = 136 \quad T_{.3} = 125 \quad T_{.4} = 150$$

$$T_{.1} = 172 \quad T_{.2} = 178 \quad T_{.3} = 203 \quad T_{..} = 553$$

$$C = \frac{(553)^2}{4 * 3} = 25484$$

$$SIC_{(TR)} = \left[\frac{(142^2 + 136^2 + 125^2 + 150^2)}{3} \right] - 25484 = 111$$

$$STC = [45^2 + 46^2 + 51^2 + \dots + 54^2] - 25484 = 265$$

$$SIC_{(BL)} = \left[\frac{(172 + 178^2 + 203^2)}{4} \right] - 25484 = 135$$

$$SCE = 265 - 111 - 135 = 19$$

$$CM_{(TR)} = \frac{111}{3} = 37,0$$

$$CM_{(BL)} = \frac{135}{3} = 67,5$$

$$CME = \frac{19}{6} = 3,2$$

Cuadro. Información para el análisis de varianza

Marca	Técnicos			
	1	2	3	Ti.
1	45	46	51	142
2	42	44	50	136
3	36	41	48	125
4	49	47	54	150
T.j	172	178	203	553

Los valores de F según la Tabla son 3,29 para marcas y 3,46 para técnicos. Como F calculado es mayor que el F teórico en ambos casos, se puede afirmar con $\alpha = 10\%$, que hay evidencia estadística para rechazar ambas hipótesis nulas. Esto significa, que el tiempo de reparación varía de acuerdo con la habilidad del técnico que efectúa la reparación y la marca que está siendo reparada.

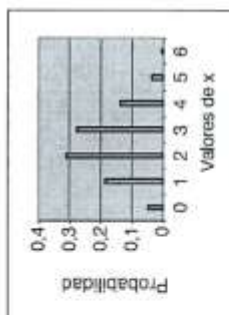
8

APENDICES

Tabla 2. Probabilidades acumuladas de la Distribución Binomial

$$P(X \leq x) = \sum_{x=x_0}^n p(x)$$

$$p(x) = \frac{n!}{(n-x)!x!} p^x (1-p)^{n-x}$$

 $x = 0, 1, 2, 3, \dots, n$ 
$$P(X=0/n=6, y, p=0.40)$$

n	x	Valores de p																		x	n	
		0,05	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40	0,45	0,50	0,55	0,60	0,65	0,70	0,75	0,80	0,85	0,90			0,95
2	0	0,9025	0,8100	0,7225	0,6400	0,5625	0,4900	0,4225	0,3600	0,3025	0,2500	0,2075	0,1600	0,1225	0,0900	0,0625	0,0400	0,0225	0,0100	0,0025	0	2
1	1	0,9975	0,9900	0,9775	0,9600	0,9375	0,9100	0,8775	0,8400	0,7975	0,7500	0,6975	0,6400	0,5775	0,5100	0,4375	0,3600	0,2775	0,1900	0,0975	1	1
2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2
3	0	0,8574	0,7290	0,6141	0,5120	0,4219	0,3430	0,2746	0,2160	0,1664	0,1250	0,0911	0,0640	0,0429	0,0270	0,0156	0,0080	0,0034	0,0010	0,0001	0	3
1	1	0,9928	0,9720	0,9393	0,8960	0,8438	0,7840	0,7183	0,6480	0,5748	0,5000	0,4253	0,3520	0,2818	0,2160	0,1563	0,1040	0,0607	0,0280	0,0072	1	1
2	2	0,9999	0,9990	0,9966	0,9920	0,9844	0,9730	0,9571	0,9360	0,9089	0,8750	0,8336	0,7840	0,7254	0,6570	0,5781	0,4880	0,3859	0,2710	0,1426	2	2
3	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3	3
4	0	0,8145	0,6561	0,5220	0,4096	0,3164	0,2401	0,1785	0,1296	0,0915	0,0625	0,0410	0,0256	0,0150	0,0081	0,0039	0,0016	0,0005	0,0001	0	0	4
1	1	0,9860	0,9477	0,8905	0,8192	0,7383	0,6517	0,5630	0,4752	0,3910	0,3125	0,2415	0,1792	0,1265	0,0837	0,0508	0,0272	0,0120	0,0037	0,0005	1	1
2	2	0,9995	0,9963	0,9880	0,9728	0,9492	0,9163	0,8735	0,8208	0,7585	0,6875	0,6090	0,5248	0,4370	0,3483	0,2617	0,1808	0,1095	0,0523	0,0140	2	2
3	3	1	0,9999	0,9995	0,9984	0,9961	0,9919	0,9850	0,9744	0,9590	0,9375	0,9085	0,8704	0,8215	0,7599	0,6836	0,5904	0,4780	0,3439	0,1855	3	3
4	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	4	4
5	0	0,7738	0,5905	0,4437	0,3277	0,2373	0,1681	0,1160	0,0778	0,0503	0,0313	0,0185	0,0102	0,0053	0,0024	0,0010	0,0003	0,0001	0	0	0	5
1	1	0,9774	0,9185	0,8352	0,7373	0,6328	0,5282	0,4284	0,3370	0,2562	0,1875	0,1312	0,0870	0,0540	0,0308	0,0156	0,0067	0,0022	0,0005	0	1	1
2	2	0,9988	0,9914	0,9734	0,9421	0,8965	0,8369	0,7648	0,6826	0,5931	0,5000	0,4069	0,3174	0,2352	0,1631	0,1035	0,0579	0,0266	0,0086	0,0012	2	2
3	3	1	0,9995	0,9978	0,9933	0,9844	0,9692	0,9460	0,9130	0,8688	0,8125	0,7438	0,6630	0,5716	0,4718	0,3672	0,2627	0,1648	0,0815	0,0226	3	3
4	4	1	1	0,9999	0,9997	0,9990	0,9976	0,9947	0,9898	0,9815	0,9688	0,9497	0,9222	0,8840	0,8319	0,7627	0,6723	0,5563	0,4095	0,2262	4	4
5	5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	5	5
6	0	0,7351	0,5314	0,3771	0,2621	0,1780	0,1176	0,0754	0,0467	0,0277	0,0156	0,0083	0,0041	0,0018	0,0007	0,0002	0,0001	0	0	0	0	6
1	1	0,9672	0,8857	0,7765	0,6554	0,5339	0,4202	0,3191	0,2333	0,1636	0,1094	0,0692	0,0410	0,0223	0,0109	0,0046	0,0016	0,0004	0,0001	0	1	1
2	2	0,9978	0,9842	0,9527	0,9011	0,8306	0,7443	0,6471	0,5443	0,4415	0,3438	0,2553	0,1792	0,1174	0,0705	0,0376	0,0170	0,0059	0,0013	0,0001	2	2
3	3	0,9999	0,9987	0,9941	0,9830	0,9624	0,9295	0,8826	0,8208	0,7447	0,6563	0,5585	0,4557	0,3529	0,2557	0,1694	0,0989	0,0473	0,0158	0,0022	3	3
4	4	1	0,9999	0,9996	0,9984	0,9954	0,9891	0,9777	0,9590	0,9308	0,8906	0,8364	0,7667	0,6809	0,5798	0,4661	0,3446	0,2235	0,1143	0,0328	4	4
5	5	1	1	1	0,9999	0,9998	0,9993	0,9982	0,9959	0,9917	0,9844	0,9723	0,9533	0,9246	0,8822	0,8220	0,7379	0,6229	0,4686	0,2649	5	5
6	6	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	6	6

Continuación ... Distribución Binomial

n	x	Valores de p																			n
		0,05	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40	0,45	0,50	0,55	0,60	0,65	0,70	0,75	0,80	0,85	0,90	0,95	
7	0	0,6983	0,4783	0,3206	0,2097	0,1335	0,0824	0,0490	0,0280	0,0152	0,0078	0,0037	0,0016	0,0006	0,0002	0,0001	0	0	0	0	7
	1	0,9556	0,8503	0,7166	0,5767	0,4449	0,3294	0,2338	0,1586	0,1024	0,0625	0,0357	0,0188	0,0090	0,0038	0,0013	0,0004	0,0001	0	0	1
	2	0,9962	0,9743	0,9262	0,852	0,7564	0,6471	0,5323	0,4199	0,3164	0,2266	0,1529	0,0963	0,0556	0,0288	0,0129	0,0047	0,0012	0,0002	0	2
	3	0,9998	0,9973	0,9879	0,9667	0,9294	0,8740	0,8002	0,7102	0,6083	0,5000	0,3917	0,2898	0,1998	0,1260	0,0706	0,0333	0,0121	0,0027	0,0002	3
	4	1	0,9998	0,9988	0,9953	0,9871	0,9712	0,9444	0,9037	0,8471	0,7734	0,6836	0,5801	0,4677	0,3529	0,2436	0,1480	0,0738	0,0257	0,0038	4
	5	1	1	0,9999	0,9996	0,9987	0,9962	0,9910	0,9812	0,9643	0,9375	0,8976	0,8414	0,7662	0,6706	0,5551	0,4233	0,2834	0,1497	0,0444	5
	6	1	1	1	1	0,9999	0,9998	0,9994	0,9984	0,9963	0,9922	0,9848	0,9720	0,9510	0,9176	0,8665	0,7903	0,6794	0,5217	0,3017	6
8	0	0,6634	0,4305	0,2725	0,1678	0,1001	0,0576	0,0319	0,0168	0,0084	0,0039	0,0017	0,0007	0,0002	0,0001	0	0	0	0	0	8
	1	0,9428	0,8131	0,6572	0,5033	0,3671	0,2553	0,1691	0,1064	0,0632	0,0352	0,0181	0,0085	0,0036	0,0013	0,0004	0,0001	0	0	0	1
	2	0,9942	0,9619	0,8948	0,7969	0,6785	0,5518	0,4278	0,3154	0,2201	0,1445	0,0885	0,0498	0,0253	0,0113	0,0042	0,0012	0,0002	0	0	2
	3	0,9996	0,9950	0,9786	0,9437	0,8862	0,8059	0,7064	0,5941	0,4770	0,3633	0,2604	0,1737	0,1061	0,0580	0,0273	0,0104	0,0029	0,0004	0	3
	4	1	0,9996	0,9971	0,9896	0,9727	0,9420	0,8939	0,8263	0,7396	0,6367	0,5230	0,4059	0,2936	0,1941	0,1138	0,0563	0,0214	0,0050	0,0004	4
	5	1	1	0,9998	0,9988	0,9958	0,9887	0,9747	0,9502	0,9115	0,8555	0,7799	0,6846	0,5722	0,4482	0,3215	0,2031	0,1052	0,0381	0,0058	5
	6	1	1	1	0,9999	0,9996	0,9987	0,9964	0,9915	0,9819	0,9648	0,9368	0,8936	0,8309	0,7447	0,6329	0,4967	0,3428	0,1869	0,0572	6
9	0	0,6302	0,3874	0,2236	0,1342	0,0751	0,0404	0,0207	0,0101	0,0046	0,0020	0,0008	0,0003	0,0001	0	0	0	0	0	0	9
	1	0,9288	0,7748	0,5995	0,4362	0,3003	0,1960	0,1211	0,0705	0,0385	0,0195	0,0091	0,0038	0,0014	0,0004	0,0001	0	0	0	0	1
	2	0,9916	0,9470	0,8591	0,7382	0,6007	0,4628	0,3373	0,2318	0,1495	0,0898	0,0498	0,0250	0,0112	0,0043	0,0013	0,0003	0	0	0	2
	3	0,9994	0,9917	0,9661	0,9144	0,8343	0,7297	0,6089	0,4826	0,3614	0,2539	0,1658	0,0994	0,0536	0,0253	0,0100	0,0031	0,0006	0,0001	0	3
	4	1	0,9991	0,9944	0,9804	0,9511	0,9012	0,8283	0,7334	0,6214	0,5000	0,3786	0,2666	0,1717	0,0988	0,0489	0,0196	0,0056	0,0009	0	4
	5	1	0,9999	0,9994	0,9969	0,9900	0,9747	0,9464	0,9006	0,8342	0,7461	0,6386	0,5174	0,3911	0,2703	0,1657	0,0856	0,0339	0,0083	0,0006	5
	6	1	1	1	0,9997	0,9987	0,9957	0,9888	0,9750	0,9502	0,9102	0,8505	0,7682	0,6627	0,5372	0,3993	0,2618	0,1409	0,0530	0,0084	6
10	0	0,5987	0,3487	0,1969	0,1074	0,0563	0,0282	0,0135	0,0060	0,0025	0,0010	0,0003	0,0001	0	0	0	0	0	0	0	10
	1	0,9139	0,7361	0,5443	0,3758	0,2440	0,1493	0,0860	0,0464	0,0233	0,0107	0,0045	0,0017	0,0005	0,0001	0	0	0	0	0	1
	2	0,9885	0,9298	0,8202	0,6778	0,5256	0,3828	0,2616	0,1673	0,0996	0,0547	0,0274	0,0123	0,0048	0,0016	0,0004	0,0001	0	0	0	2
	3	0,9990	0,9872	0,9500	0,8791	0,7759	0,6496	0,5138	0,3823	0,2660	0,1719	0,1020	0,0548	0,0260	0,0106	0,0035	0,0009	0,0001	0	0	3
	4	0,9999	0,9984	0,9901	0,9672	0,9219	0,8497	0,7515	0,6331	0,5044	0,3770	0,2616	0,1662	0,0949	0,0473	0,0197	0,0064	0,0014	0,0001	0	4
	5	1	0,9999	0,9986	0,9936	0,9803	0,9527	0,9051	0,8338	0,7384	0,6230	0,4956	0,3669	0,2485	0,1503	0,0781	0,0328	0,0099	0,0016	0,0001	5

Continuación ... Distribución Binomial

n	x	Valores de p																			x	n	
		0,05	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40	0,45	0,50	0,55	0,60	0,65	0,70	0,75	0,80	0,85	0,90	0,95			
10	6	1	1	0,9999	0,9991	0,9965	0,9894	0,9740	0,9452	0,8980	0,8281	0,7340	0,6177	0,4862	0,3504	0,2241	0,1209	0,0500	0,0128	0,0010	6	10	
7	1	1	1	0,9999	0,9999	0,9996	0,9984	0,9952	0,9877	0,9726	0,9453	0,9004	0,8327	0,7384	0,6172	0,4744	0,3222	0,1798	0,0702	0,0115	7		
8	1	1	1	1	1	1	0,9999	0,9995	0,9983	0,9955	0,9893	0,9767	0,9536	0,9140	0,8507	0,7560	0,6242	0,4557	0,2639	0,0861	8		
9	1	1	1	1	1	1	1	1	0,9999	0,9997	0,9990	0,9975	0,9940	0,9865	0,9718	0,9437	0,8926	0,8031	0,6513	0,4013	9		
10	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10		
11	0	0,5688	0,3138	0,1673	0,0859	0,0422	0,0198	0,0088	0,0036	0,0014	0,0005	0,0002	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11	
1	1	0,8981	0,6974	0,4922	0,3221	0,1971	0,1130	0,0606	0,0302	0,0139	0,0059	0,0022	0,0007	0,0002	0	0	0	0	0	0	1		
2	2	0,9848	0,9104	0,7788	0,6174	0,4552	0,3127	0,2001	0,1189	0,0652	0,0327	0,0148	0,0059	0,0020	0,0006	0,0001	0	0	0	0	2		
3	3	0,9984	0,9815	0,9306	0,8389	0,7133	0,5696	0,4256	0,2963	0,1911	0,1133	0,0610	0,0293	0,0122	0,0043	0,0012	0,0002	0	0	0	3		
4	4	0,9999	0,9972	0,9841	0,9496	0,8854	0,7897	0,6683	0,5328	0,3971	0,2744	0,1738	0,0994	0,0501	0,0216	0,0076	0,0020	0,0003	0	0	4		
5	1	0,9997	0,9973	0,9883	0,9657	0,9218	0,8513	0,7535	0,6331	0,5000	0,3669	0,2465	0,1487	0,0782	0,0343	0,0117	0,0027	0,0003	0	0	5		
6	1	1	1	0,9997	0,9980	0,9924	0,9784	0,9499	0,9006	0,8262	0,7256	0,6029	0,4672	0,3317	0,2103	0,1146	0,0504	0,0159	0,0028	0,0001	6		
7	1	1	1	1	0,9998	0,9988	0,9957	0,9878	0,9707	0,9390	0,8867	0,8089	0,7037	0,5744	0,4304	0,2867	0,1611	0,0694	0,0185	0,0016	7		
8	1	1	1	1	1	1	0,9999	0,9994	0,9980	0,9941	0,9852	0,9673	0,9348	0,8811	0,7999	0,6873	0,5448	0,3826	0,2212	0,0896	0,0152	8	
9	1	1	1	1	1	1	1	1	0,9998	0,9993	0,9978	0,9941	0,9861	0,9698	0,9394	0,8870	0,8029	0,6779	0,5078	0,3026	0,1019	9	
10	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,9998	0,9995	0,9986	0,9964	0,9912	0,9802	0,9578	0,9141	0,8327	0,6862	0,4312	10	
11	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	11	
12	0	0,5404	0,2824	0,1422	0,0687	0,0317	0,0138	0,0057	0,0022	0,0008	0,0002	0,0001	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12	
1	1	0,8816	0,6590	0,4435	0,2749	0,1584	0,0850	0,0424	0,0196	0,0083	0,0032	0,0011	0,0003	0,0001	0	0	0	0	0	0	1		
2	2	0,9804	0,8891	0,7358	0,5583	0,3907	0,2528	0,1513	0,0834	0,0421	0,0193	0,0079	0,0028	0,0008	0,0002	0	0	0	0	0	2		
3	3	0,9978	0,9744	0,9078	0,7946	0,6488	0,4925	0,3467	0,2253	0,1345	0,0730	0,0356	0,0153	0,0056	0,0017	0,0004	0,0001	0	0	0	3		
4	4	0,9998	0,9957	0,9761	0,9274	0,8424	0,7237	0,5833	0,4382	0,3044	0,1938	0,1117	0,0573	0,0255	0,0095	0,0028	0,0006	0,0001	0	0	4		
5	1	0,9995	0,9954	0,9806	0,9456	0,8822	0,7873	0,6652	0,5269	0,3872	0,2607	0,1582	0,0846	0,0386	0,0143	0,0039	0,0007	0,0001	0	0	5		
6	1	0,9999	0,9993	0,9961	0,9857	0,9614	0,9154	0,8418	0,7393	0,6128	0,4731	0,3348	0,2127	0,1178	0,0544	0,0194	0,0046	0,0005	0	0	6		
7	1	1	1	0,9999	0,9994	0,9972	0,9905	0,9745	0,9427	0,8883	0,8062	0,6956	0,5618	0,4167	0,2763	0,1576	0,0726	0,0239	0,0043	0,0002	7		
8	1	1	1	1	0,9999	0,9996	0,9983	0,9944	0,9847	0,9644	0,9270	0,8655	0,7747	0,6533	0,5075	0,3512	0,2054	0,0922	0,0256	0,0022	8		
9	1	1	1	1	1	1	0,9998	0,9992	0,9972	0,9921	0,9807	0,9579	0,9166	0,8487	0,7472	0,6093	0,4417	0,2642	0,1109	0,0196	9		
10	1	1	1	1	1	1	1	1	0,9999	0,9997	0,9989	0,9968	0,9917	0,9804	0,9576	0,9150	0,8416	0,7251	0,5565	0,3410	0,1184	10	
11	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,9999	0,9998	0,9992	0,9978	0,9943	0,9862	0,9313	0,8578	0,7176	0,4596	11	
12	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	12	
13	0	0,5133	0,2542	0,1209	0,0550	0,0238	0,0097	0,0037	0,0013	0,0004	0,0001	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13	
1	1	0,8646	0,6213	0,3983	0,2336	0,1267	0,0637	0,0296	0,0126	0,0049	0,0017	0,0005	0,0001	0	0	0	0	0	0	0	1		
2	2	0,9755	0,8661	0,6920	0,5017	0,3326	0,2025	0,1132	0,0579	0,0269	0,0112	0,0041	0,0013	0,0003	0,0001	0	0	0	0	0	2		

Continuación ... Distribución Binomial

n	x	Valores de p																			x	n
		0,05	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40	0,45	0,50	0,55	0,60	0,65	0,70	0,75	0,80	0,85	0,90	0,95		
13	3	0,9969	0,9658	0,8820	0,7473	0,5843	0,4206	0,2783	0,1686	0,0929	0,0461	0,0203	0,0078	0,0025	0,0007	0,0001	0	0	0	0	3	13
	4	0,9997	0,9635	0,9658	0,9009	0,7940	0,6543	0,5005	0,3530	0,2279	0,1334	0,0698	0,0321	0,0126	0,0040	0,0010	0,0002	0	0	0	4	
	5	1	0,9991	0,9925	0,9700	0,9198	0,8346	0,7159	0,5744	0,4268	0,2905	0,1788	0,0977	0,0462	0,0182	0,0056	0,0012	0,0002	0	0	5	
	6	1	0,9999	0,9987	0,9930	0,9757	0,9376	0,8705	0,7712	0,6437	0,5000	0,3563	0,2288	0,1295	0,0624	0,0243	0,0070	0,0013	0,0001	0	6	
	7	1	1	0,9998	0,9988	0,9944	0,9818	0,9538	0,9023	0,8212	0,7095	0,5713	0,4256	0,2841	0,1654	0,0802	0,0300	0,0075	0,0009	0	7	
	8	1	1	1	0,9998	0,9990	0,9960	0,9874	0,9679	0,9302	0,8666	0,7721	0,6470	0,4995	0,3457	0,2060	0,0991	0,0342	0,0065	0,0003	8	
	9	1	1	1	1	0,9999	0,9993	0,9975	0,9922	0,9797	0,9539	0,9071	0,8314	0,7217	0,5794	0,4157	0,2527	0,1180	0,0342	0,0031	9	
	10	1	1	1	1	1	0,9999	0,9997	0,9987	0,9959	0,9888	0,9731	0,9421	0,8868	0,7975	0,6674	0,4983	0,3080	0,1339	0,0245	10	
	11	1	1	1	1	1	1	1	0,9999	0,9995	0,9983	0,9951	0,9874	0,9704	0,9363	0,8733	0,7664	0,6017	0,3787	0,1354	11	
	12	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,9999	0,9996	0,9987	0,9963	0,9903	0,9762	0,9450	0,8791	0,7458	0,4867	12	
	13	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	13	
14	0	0,4877	0,2288	0,1028	0,0440	0,0178	0,0068	0,0024	0,0008	0,0002	0,0001	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14
	1	0,8470	0,5846	0,3567	0,1979	0,1010	0,0475	0,0205	0,0081	0,0029	0,0009	0,0003	0,0001	0	0	0	0	0	0	0	1	
	2	0,9699	0,8416	0,6479	0,4481	0,2811	0,1608	0,0839	0,0398	0,0170	0,0065	0,0022	0,0006	0,0001	0	0	0	0	0	0	2	
	3	0,9958	0,9559	0,8535	0,6982	0,5213	0,3552	0,2205	0,1243	0,0632	0,0287	0,0114	0,0039	0,0011	0,0002	0	0	0	0	0	3	
	4	0,9996	0,9908	0,9533	0,8702	0,7415	0,5842	0,4227	0,2793	0,1672	0,0898	0,0426	0,0175	0,0060	0,0017	0,0003	0	0	0	0	4	
	5	1	0,9985	0,9885	0,9561	0,8883	0,7805	0,6405	0,4859	0,3373	0,2120	0,1189	0,0583	0,0243	0,0083	0,0022	0,0004	0	0	0	5	
	6	1	0,9998	0,9978	0,9884	0,9617	0,9067	0,8164	0,6925	0,5461	0,3953	0,2586	0,1501	0,0753	0,0315	0,0103	0,0024	0,0003	0	0	6	
	7	1	1	0,9997	0,9976	0,9897	0,9685	0,9247	0,8499	0,7414	0,6047	0,4539	0,3075	0,1836	0,0933	0,0383	0,0116	0,0022	0,0002	0	7	
	8	1	1	1	0,9996	0,9978	0,9917	0,9757	0,9417	0,8811	0,7880	0,6627	0,5141	0,3595	0,2195	0,1117	0,0439	0,0115	0,0015	0	8	
	9	1	1	1	1	0,9997	0,9983	0,9940	0,9825	0,9574	0,9102	0,8328	0,7207	0,5773	0,4158	0,2585	0,1298	0,0467	0,0092	0,0004	9	
	10	1	1	1	1	1	0,9998	0,9989	0,9961	0,9886	0,9713	0,9368	0,8757	0,7795	0,6448	0,4787	0,3018	0,1465	0,0441	0,0042	10	
	11	1	1	1	1	1	1	0,9999	0,9994	0,9978	0,9935	0,9830	0,9602	0,9161	0,8392	0,7189	0,5519	0,3521	0,1584	0,0301	11	
	12	1	1	1	1	1	1	1	0,9999	0,9997	0,9991	0,9971	0,9919	0,9795	0,9525	0,8990	0,8021	0,6433	0,4154	0,1530	12	
	13	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,9999	0,9998	0,9992	0,9976	0,9932	0,9822	0,9560	0,8972	0,7712	0,5123	13	
	14	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	14	
15	0	0,4633	0,2059	0,0874	0,0352	0,0134	0,0047	0,0016	0,0005	0,0001	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15
	1	0,8290	0,5490	0,3186	0,1671	0,0802	0,0353	0,0142	0,0052	0,0017	0,0005	0,0001	0	0	0	0	0	0	0	0	1	
	2	0,9638	0,8159	0,6042	0,3980	0,2361	0,1268	0,0617	0,0271	0,0107	0,0037	0,0011	0,0003	0,0001	0	0	0	0	0	0	2	
	3	0,9945	0,9444	0,8227	0,6482	0,4613	0,2969	0,1727	0,0905	0,0424	0,0176	0,0063	0,0019	0,0005	0,0001	0	0	0	0	0	3	
	4	0,9994	0,9873	0,9383	0,8358	0,6865	0,5155	0,3519	0,2173	0,1204	0,0592	0,0255	0,0093	0,0028	0,0007	0,0001	0	0	0	0	4	
	5	0,9999	0,9978	0,9832	0,9389	0,8516	0,7216	0,5643	0,4032	0,2608	0,1509	0,0769	0,0338	0,0124	0,0037	0,0008	0,0001	0	0	0	5	
	6	1	0,9997	0,9964	0,9819	0,9434	0,8689	0,7548	0,6098	0,4522	0,3036	0,1818	0,0950	0,0422	0,0152	0,0042	0,0008	0,0001	0	0	6	
	7	1	1	0,9994	0,9958	0,9827	0,9500	0,8868	0,7869	0,6535	0,5000	0,3465	0,2131	0,1132	0,0500	0,0173	0,0042	0,0006	0	0	7	

Continuación ... Distribución Binomial

n	x	Valores de p																		x	n
		0,05	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40	0,45	0,50	0,55	0,60	0,65	0,70	0,75	0,80	0,85	0,90		
8	1	1	0,9999	0,9992	0,9958	0,9848	0,9578	0,9050	0,8182	0,6964	0,5478	0,3902	0,2452	0,1311	0,0566	0,0181	0,0036	0,0003	0	8	
9	1	1	1	0,9999	0,9992	0,9963	0,9876	0,9662	0,9231	0,8491	0,7392	0,5968	0,4357	0,2784	0,1484	0,0611	0,0168	0,0022	0,0001	9	
10	1	1	1	1	0,9999	0,9993	0,9972	0,9907	0,9745	0,9408	0,8796	0,7827	0,6481	0,4845	0,3135	0,1642	0,0617	0,0127	0,0006	10	
11	1	1	1	1	1	0,9999	0,9995	0,9981	0,9937	0,9824	0,9576	0,9095	0,8273	0,7031	0,5387	0,3518	0,1773	0,0556	0,0055	11	
12	1	1	1	1	1	1	0,9999	0,9997	0,9989	0,9963	0,9893	0,9729	0,9383	0,8732	0,7639	0,6020	0,3958	0,1841	0,0362	12	
13	1	1	1	1	1	1	1	0,9999	0,9995	0,9983	0,9948	0,9858	0,9647	0,9198	0,8329	0,6814	0,4510	0,1710	0,0367	13	
14	1	1	1	1	1	1	1	1	0,9999	0,9995	0,9984	0,9953	0,9866	0,9648	0,9126	0,7941	0,5367	0,1710	0,0367	14	
15	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,9999	0,9997	0,9990	0,9967	0,9902	0,9739	0,9365	0,8593	0,7161	0,4853	0,1892	15
16	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,9999	0,9997	0,9990	0,9967	0,9900	0,9719	0,9257	0,8147	0,5599	0,1892	16
17	0	0,4401	0,1853	0,0743	0,0281	0,0100	0,0033	0,0010	0,0003	0,0001	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	17
18	0	0,8108	0,5147	0,2839	0,1407	0,0635	0,0261	0,0098	0,0033	0,0010	0,0003	0,0001	0	0	0	0	0	0	0	0	18
19	0	0,9571	0,7892	0,5614	0,3518	0,1971	0,0994	0,0451	0,0183	0,0066	0,0021	0,0006	0,0001	0	0	0	0	0	0	0	19
20	0	0,9930	0,9316	0,7899	0,5981	0,4050	0,2459	0,1339	0,0651	0,0281	0,0106	0,0035	0,0009	0,0002	0	0	0	0	0	0	20
21	0	0,9991	0,9830	0,9709	0,9582	0,9459	0,9329	0,9198	0,9066	0,8934	0,8802	0,8670	0,8538	0,8406	0,8274	0,8142	0,8010	0,7878	0,7746	0,7614	21
22	0	0,9999	0,9967	0,9765	0,9183	0,8103	0,6598	0,4900	0,3288	0,1976	0,1051	0,0486	0,0191	0,0062	0,0016	0,0003	0	0	0	0	22
23	0	1	0,9995	0,9944	0,9733	0,9204	0,8247	0,6881	0,5272	0,3660	0,2272	0,1241	0,0583	0,0229	0,0071	0,0016	0,0002	0	0	0	23
24	0	1	0,9999	0,9989	0,9930	0,9729	0,9256	0,8406	0,7161	0,5629	0,4018	0,2559	0,1423	0,0671	0,0257	0,0075	0,0015	0,0002	0	0	24
25	0	1	1	0,9998	0,9985	0,9925	0,9743	0,9529	0,8577	0,7441	0,5982	0,4371	0,2839	0,1594	0,0744	0,0271	0,0070	0,0011	0,0001	0	25
26	0	1	1	1	0,9998	0,9984	0,9929	0,9771	0,9417	0,8759	0,7728	0,6340	0,4728	0,3119	0,1753	0,0796	0,0267	0,0056	0,0005	0	26
27	0	1	1	1	1	0,9997	0,9984	0,9938	0,9809	0,9514	0,8949	0,8024	0,6712	0,5100	0,3402	0,1897	0,0817	0,0235	0,0033	0,0001	27
28	0	1	1	1	1	1	0,9997	0,9987	0,9951	0,9851	0,9616	0,9147	0,8334	0,7108	0,5501	0,3698	0,2018	0,0791	0,0170	0,0009	28
29	0	1	1	1	1	1	1	0,9998	0,9991	0,9965	0,9894	0,9719	0,9349	0,8661	0,7541	0,5950	0,4019	0,2101	0,0684	0,0070	29
30	0	1	1	1	1	1	1	1	0,9999	0,9994	0,9979	0,9934	0,9817	0,9549	0,9006	0,8029	0,6482	0,4386	0,2108	0,0429	30
31	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0,9999	0,9997	0,9990	0,9967	0,9902	0,9739	0,9365	0,8593	0,7161	0,4853	0,1892	31
32	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,9999	0,9997	0,9990	0,9967	0,9900	0,9719	0,9257	0,8147	0,5599	0,1892	32
33	0	0,4181	0,1668	0,0631	0,0225	0,0075	0,0023	0,0007	0,0002	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	33
34	0	0,7922	0,4818	0,2525	0,1182	0,0501	0,0193	0,0067	0,0021	0,0006	0,0001	0	0	0	0	0	0	0	0	0	34
35	0	0,9497	0,7618	0,5198	0,3096	0,1637	0,0774	0,0327	0,0123	0,0041	0,0012	0,0003	0,0001	0	0	0	0	0	0	0	35
36	0	0,9912	0,9174	0,7556	0,5489	0,3530	0,2019	0,1028	0,0464	0,0184	0,0064	0,0019	0,0005	0,0001	0	0	0	0	0	0	36
37	0	0,9988	0,9779	0,9013	0,7582	0,5739	0,3887	0,2348	0,1260	0,0596	0,0245	0,0086	0,0025	0,0006	0,0001	0	0	0	0	0	37
38	0	0,9999	0,9953	0,9681	0,8943	0,7653	0,5968	0,4197	0,2639	0,1471	0,0717	0,0301	0,0106	0,0030	0,0007	0,0001	0	0	0	0	38
39	0	1	0,9992	0,9917	0,9623	0,8929	0,7752	0,6188	0,4478	0,2902	0,1662	0,0826	0,0348	0,0120	0,0032	0,0006	0,0001	0	0	0	39
40	0	1	0,9999	0,9983	0,9891	0,9598	0,8954	0,7872	0,6405	0,4743	0,3145	0,1834	0,0919	0,0383	0,0127	0,0031	0,0005	0	0	0	40
41	0	1	1	0,9997	0,9974	0,9876	0,9597	0,9006	0,8011	0,6626	0,5000	0,3374	0,1989	0,0994	0,0403	0,0124	0,0026	0,0003	0	0	41

Continuación ... Distribución Binomial

n	x	Valores de p																		x	n
		0,05	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40	0,45	0,50	0,55	0,60	0,65	0,70	0,75	0,80	0,85	0,90	0,95	
9	1	1	1	1	0,9995	0,9969	0,9873	0,9617	0,9081	0,8166	0,6855	0,5257	0,3595	0,2128	0,1046	0,0402	0,0109	0,0017	0,0001	0	9
10	1	1	1	1	0,9999	0,9994	0,9968	0,9880	0,9652	0,9174	0,8338	0,7098	0,5522	0,3812	0,2248	0,1071	0,0377	0,0083	0,0008	0	10
11	1	1	1	1	1	0,9999	0,9993	0,9970	0,9894	0,9699	0,9283	0,8529	0,7361	0,5803	0,4032	0,2347	0,1057	0,0319	0,0047	0,0001	11
12	1	1	1	1	1	1	0,9999	0,9994	0,9975	0,9914	0,9755	0,9404	0,8740	0,7652	0,6113	0,4261	0,2418	0,0987	0,0221	0,0012	12
13	1	1	1	1	1	1	1	0,9999	0,9995	0,9981	0,9936	0,9816	0,9536	0,8972	0,7981	0,6470	0,4511	0,2444	0,0826	0,0088	13
14	1	1	1	1	1	1	1	1	0,9999	0,9997	0,9988	0,9959	0,9877	0,9673	0,9226	0,8363	0,6904	0,4802	0,2382	0,0503	14
15	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,9999	0,9994	0,9979	0,9933	0,9807	0,9499	0,8818	0,7475	0,5182	0,2078	15
16	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,9998	0,9994	0,9993	0,9977	0,9925	0,9775	0,9369	0,8332	0,5819	16
17	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	17
18	0	0,3972	0,1501	0,0536	0,0180	0,0056	0,0016	0,0004	0,0001	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	18
1	1	0,7735	0,4503	0,2241	0,0991	0,0395	0,0142	0,0046	0,0013	0,0003	0,0001	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
2	1	0,9419	0,7338	0,4797	0,2713	0,1353	0,0600	0,0236	0,0082	0,0025	0,0007	0,0001	0	0	0	0	0	0	0	0	2
3	1	0,9891	0,9018	0,7202	0,5010	0,3057	0,1646	0,0783	0,0328	0,0120	0,0038	0,0010	0,0002	0	0	0	0	0	0	0	3
4	1	0,9985	0,9718	0,8794	0,7164	0,5187	0,3327	0,1886	0,0942	0,0411	0,0154	0,0049	0,0013	0,0003	0	0	0	0	0	0	4
5	1	0,9998	0,9936	0,9581	0,8671	0,7175	0,5344	0,3550	0,2088	0,1077	0,0481	0,0183	0,0058	0,0014	0,0003	0	0	0	0	0	5
6	1	1	0,9988	0,9882	0,9487	0,8610	0,7217	0,5491	0,3743	0,2258	0,1189	0,0537	0,0203	0,0062	0,0014	0,0002	0	0	0	0	6
7	1	1	0,9998	0,9973	0,9837	0,9431	0,8593	0,7283	0,5634	0,3915	0,2403	0,1280	0,0576	0,0212	0,0061	0,0012	0,0002	0	0	0	7
8	1	1	1	0,9995	0,9957	0,9807	0,9404	0,8609	0,7368	0,5778	0,4073	0,2527	0,1347	0,0597	0,0210	0,0054	0,0009	0,0001	0	0	8
9	1	1	1	0,9999	0,9991	0,9946	0,9790	0,9403	0,8653	0,7473	0,5927	0,4222	0,2632	0,1391	0,0596	0,0193	0,0043	0,0005	0	0	9
10	1	1	1	1	0,9998	0,9988	0,9939	0,9788	0,9424	0,8720	0,7597	0,6085	0,4366	0,2717	0,1407	0,0569	0,0163	0,0027	0,0002	0	10
11	1	1	1	1	1	0,9998	0,9986	0,9938	0,9797	0,9463	0,8811	0,7742	0,6257	0,4509	0,2783	0,1390	0,0513	0,0118	0,0012	0	11
12	1	1	1	1	1	1	0,9997	0,9986	0,9942	0,9817	0,9519	0,8923	0,7912	0,6450	0,4656	0,2825	0,1329	0,0419	0,0064	0,0002	12
13	1	1	1	1	1	1	1	0,9997	0,9987	0,9951	0,9846	0,9589	0,9058	0,8114	0,6673	0,4813	0,2836	0,1206	0,0282	0,0015	13
14	1	1	1	1	1	1	1	1	0,9998	0,9990	0,9962	0,9880	0,9672	0,9217	0,8354	0,6943	0,4990	0,2798	0,0982	0,0109	14
15	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,9999	0,9993	0,9975	0,9918	0,9764	0,9400	0,8647	0,7287	0,5203	0,2662	0,0581	15
16	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,9999	0,9997	0,9987	0,9954	0,9858	0,9605	0,9009	0,7759	0,5497	0,2265	16
17	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,9999	0,9996	0,9984	0,9944	0,9820	0,9464	0,8499	0,6028	1	17
18	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	18
19	0	0,3774	0,1351	0,0456	0,0144	0,0042	0,0011	0,0003	0,0001	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	19
1	1	0,7547	0,4203	0,1985	0,0829	0,0310	0,0104	0,0031	0,0008	0,0002	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
2	1	0,9335	0,7054	0,4413	0,2369	0,1113	0,0462	0,0170	0,0055	0,0015	0,0004	0,0001	0	0	0	0	0	0	0	0	2
3	1	0,9868	0,8850	0,6841	0,4551	0,2631	0,1332	0,0591	0,0230	0,0077	0,0022	0,0005	0,0001	0	0	0	0	0	0	0	3
4	1	0,9980	0,9648	0,8556	0,6733	0,4654	0,2822	0,1500	0,0696	0,0280	0,0096	0,0028	0,0006	0,0001	0	0	0	0	0	0	4

Continuación ... Distribución Binomial

n	x	Valores de p																			x	n	
		0,05	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40	0,45	0,50	0,55	0,60	0,65	0,70	0,75	0,80	0,85	0,90	0,95			
19	5	0,9998	0,9914	0,9463	0,8369	0,6678	0,4739	0,2968	0,1629	0,0777	0,0318	0,0109	0,0031	0,0007	0,0001	0	0	0	0	0	5	19	
	6	1	0,9983	0,9837	0,9324	0,8251	0,6655	0,4812	0,3081	0,1727	0,0835	0,0342	0,0116	0,0031	0,0006	0,0001	0	0	0	0	6	19	
	7	1	0,9997	0,9959	0,9767	0,9225	0,8180	0,6656	0,4878	0,3169	0,1796	0,0871	0,0352	0,0114	0,0028	0,0005	0	0	0	0	7	19	
	8	1	1	0,9992	0,9933	0,9713	0,9161	0,8145	0,6675	0,4940	0,3238	0,1841	0,0885	0,0347	0,0105	0,0023	0,0003	0	0	0	8	19	
	9	1	1	0,9999	0,9984	0,9911	0,9674	0,9125	0,8139	0,6710	0,5000	0,3290	0,1861	0,0875	0,0326	0,0089	0,0016	0,0001	0	0	9	19	
	10	1	1	1	0,9997	0,9977	0,9895	0,9653	0,9115	0,8159	0,6762	0,5060	0,3325	0,1855	0,0839	0,0287	0,0067	0,0008	0	0	10	19	
	11	1	1	1	1	0,9995	0,9972	0,9886	0,9648	0,9129	0,8204	0,6831	0,5122	0,3344	0,1820	0,0775	0,0233	0,0041	0,0003	0	11	19	
	12	1	1	1	1	0,9999	0,9994	0,9969	0,9884	0,9658	0,9165	0,8273	0,6919	0,5188	0,3345	0,1749	0,0676	0,0163	0,0017	0	12	19	
	13	1	1	1	1	1	0,9999	0,9993	0,9969	0,9891	0,9682	0,9223	0,8371	0,7032	0,5261	0,3322	0,1631	0,0537	0,0086	0,0002	13	19	
	14	1	1	1	1	1	1	0,9999	0,9994	0,9972	0,9904	0,9720	0,9304	0,8500	0,7178	0,5346	0,3267	0,1444	0,0352	0,0020	14	19	
	15	1	1	1	1	1	1	1	0,9999	0,9995	0,9978	0,9923	0,9770	0,9409	0,8668	0,7369	0,5449	0,3159	0,1150	0,0132	15	19	
	16	1	1	1	1	1	1	1	1	0,9999	0,9996	0,9985	0,9945	0,9830	0,9538	0,8887	0,7631	0,5587	0,2946	0,0665	16	19	
	17	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,9998	0,9992	0,9969	0,9896	0,9690	0,9171	0,8015	0,5797	0,2453	17	19	
	18	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,9999	0,9997	0,9989	0,9958	0,9856	0,9544	0,8649	0,6226	18	19	
	19	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	19	19	
20	0	0,3585	0,1216	0,0388	0,0115	0,0032	0,0008	0,0002	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	
	1	0,7358	0,3917	0,1756	0,0692	0,0243	0,0076	0,0021	0,0005	0,0001	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	20	
	2	0,9245	0,6769	0,4049	0,2061	0,0913	0,0355	0,0121	0,0036	0,0009	0,0002	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	20	
	3	0,9841	0,8670	0,6477	0,4114	0,2252	0,1071	0,0444	0,0160	0,0049	0,0013	0,0003	0	0	0	0	0	0	0	0	3	20	
	4	0,9974	0,9568	0,8298	0,6296	0,4148	0,2375	0,1182	0,0510	0,0189	0,0059	0,0015	0,0003	0	0	0	0	0	0	0	4	20	
	5	0,9997	0,9887	0,9327	0,8042	0,6172	0,4164	0,2454	0,1256	0,0553	0,0207	0,0064	0,0016	0,0003	0	0	0	0	0	0	5	20	
	6	1	0,9976	0,9781	0,9133	0,7858	0,6080	0,4166	0,2500	0,1299	0,0577	0,0214	0,0065	0,0015	0,0003	0	0	0	0	0	6	20	
	7	1	0,9996	0,9941	0,9679	0,8982	0,7723	0,6010	0,4159	0,2520	0,1316	0,0580	0,0210	0,0060	0,0013	0,0002	0	0	0	0	7	20	
	8	1	0,9999	0,9987	0,9900	0,9591	0,8867	0,7624	0,5956	0,4143	0,2517	0,1308	0,0565	0,0196	0,0051	0,0009	0,0001	0	0	0	8	20	
	9	1	1	0,9998	0,9974	0,9861	0,9520	0,8782	0,7553	0,5914	0,4119	0,2493	0,1275	0,0532	0,0171	0,0039	0,0006	0	0	0	9	20	
	10	1	1	1	0,9994	0,9961	0,9829	0,9468	0,8725	0,7507	0,5881	0,4086	0,2447	0,1218	0,0480	0,0139	0,0026	0,0002	0	0	10	20	
	11	1	1	1	1	0,9999	0,9991	0,9949	0,9804	0,9435	0,8692	0,7483	0,5857	0,4044	0,2376	0,1133	0,0409	0,0100	0,0013	0,0001	11	20	
	12	1	1	1	1	1	0,9998	0,9987	0,9940	0,9790	0,9420	0,8684	0,7480	0,5841	0,3990	0,2277	0,1018	0,0321	0,0059	0,0004	12	20	
	13	1	1	1	1	1	1	0,9997	0,9985	0,9935	0,9786	0,9423	0,8701	0,7500	0,5834	0,3920	0,2142	0,0867	0,0219	0,0024	13	20	
	14	1	1	1	1	1	1	1	0,9997	0,9984	0,9936	0,9793	0,9447	0,8744	0,7546	0,5836	0,3828	0,1958	0,0673	0,0113	0,0003	14	20
	15	1	1	1	1	1	1	1	1	0,9997	0,9985	0,9941	0,9811	0,9490	0,8818	0,7625	0,5852	0,3704	0,1702	0,0432	0,0026	15	20
	16	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,9997	0,9987	0,9951	0,9840	0,9556	0,8929	0,7748	0,5886	0,3523	0,1330	0,0159	16	20

Continuación ... Distribución Binomial

n	x	Valores de p																			x
		0,05	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40	0,45	0,50	0,55	0,60	0,65	0,70	0,75	0,80	0,85	0,90	0,95	
20	17	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,9998	0,9991	0,9964	0,9879	0,9645	0,9087	0,7939	0,5951	0,3231	0,0755	17
18	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,9999	0,9995	0,9979	0,9924	0,9757	0,9308	0,8244	0,6083	0,2642	18	
19	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,9998	0,9992	0,9968	0,9885	0,9612	0,8784	0,6415	19
20	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	20
21	0	0,3406	0,1094	0,0329	0,0092	0,0024	0,0006	0,0001	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	0,7170	0,3647	0,1550	0,0576	0,0190	0,0056	0,0014	0,0003	0,0001	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
2	1	0,9151	0,6484	0,3705	0,1787	0,0745	0,0271	0,0086	0,0024	0,0006	0,0001	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
3	1	0,9811	0,8480	0,6113	0,3704	0,1917	0,0856	0,0331	0,0110	0,0031	0,0007	0,0001	0	0	0	0	0	0	0	0	3
4	1	0,9968	0,9478	0,8025	0,5860	0,3674	0,1984	0,0924	0,0370	0,0126	0,0036	0,0008	0,0002	0	0	0	0	0	0	0	4
5	1	0,9996	0,9856	0,9173	0,7693	0,5666	0,3627	0,2009	0,0957	0,0389	0,0133	0,0037	0,0008	0,0001	0	0	0	0	0	0	5
6	1	0,9967	0,9713	0,8915	0,7436	0,5505	0,3567	0,2002	0,0964	0,0392	0,0132	0,0036	0,0007	0,0001	0	0	0	0	0	0	6
7	1	0,9994	0,9917	0,9569	0,8701	0,7230	0,5365	0,3495	0,1971	0,0946	0,0379	0,0123	0,0031	0,0006	0,0001	0	0	0	0	0	7
8	1	0,9999	0,9980	0,9856	0,9439	0,8523	0,7059	0,5237	0,3413	0,1917	0,0908	0,0352	0,0108	0,0024	0,0004	0	0	0	0	0	8
9	1	1	0,9996	0,9959	0,9794	0,9324	0,8377	0,6914	0,5117	0,3318	0,1841	0,0849	0,0313	0,0087	0,0017	0,0002	0	0	0	0	9
10	1	1	0,9999	0,9990	0,9936	0,9736	0,9228	0,8256	0,6790	0,5000	0,3210	0,1744	0,0772	0,0264	0,0064	0,0010	0,0001	0	0	0	10
11	1	1	1	0,9998	0,9983	0,9913	0,9687	0,9151	0,8159	0,6682	0,4883	0,3086	0,1623	0,0676	0,0206	0,0041	0,0004	0	0	0	11
12	1	1	1	1	1	0,9996	0,9976	0,9892	0,9648	0,9092	0,8083	0,6587	0,4763	0,2941	0,1477	0,0561	0,0144	0,0020	0,0001	0	12
13	1	1	1	1	1	0,9999	0,9994	0,9969	0,9877	0,9621	0,9054	0,8029	0,6505	0,4635	0,2770	0,1299	0,0431	0,0083	0,0006	0	13
14	1	1	1	1	1	1	0,9999	0,9993	0,9964	0,9868	0,9608	0,9036	0,7998	0,6433	0,4495	0,2564	0,1085	0,0287	0,0033	0	14
15	1	1	1	1	1	1	1	0,9999	0,9992	0,9963	0,9867	0,9611	0,9043	0,7991	0,6373	0,4334	0,2307	0,0827	0,0144	0,0004	15
16	1	1	1	1	1	1	1	1	0,9998	0,9992	0,9964	0,9874	0,9630	0,9076	0,8016	0,6326	0,4140	0,1975	0,0522	0,0032	16
17	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,9999	0,9993	0,9969	0,9890	0,9669	0,9144	0,8083	0,6296	0,3887	0,1520	0,0189	17
18	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,9999	0,9994	0,9976	0,9914	0,9729	0,9255	0,8213	0,6295	0,3516	0,0849	18
19	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,9999	0,9997	0,9986	0,9944	0,9810	0,9424	0,8450	0,6353	0,2830	19
20	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,9999	0,9994	0,9976	0,9908	0,9671	0,8906	0,6594	0,21	20
21	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	21
22	0	0,3235	0,0985	0,0280	0,0074	0,0018	0,0004	0,0001	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	0,6982	0,3392	0,1367	0,0480	0,0149	0,0041	0,0010	0,0002	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
2	1	0,9052	0,6200	0,3382	0,1545	0,0606	0,0207	0,0061	0,0016	0,0003	0,0001	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
3	1	0,9778	0,8281	0,5752	0,3320	0,1624	0,0681	0,0245	0,0076	0,0020	0,0004	0,0001	0	0	0	0	0	0	0	0	3
4	1	0,9960	0,9379	0,7738	0,5429	0,3235	0,1645	0,0716	0,0266	0,0083	0,0022	0,0005	0,0001	0	0	0	0	0	0	0	4
5	1	0,9994	0,9818	0,9001	0,7326	0,5168	0,3134	0,1629	0,0722	0,0271	0,0085	0,0021	0,0004	0,0001	0	0	0	0	0	0	5

Continuación ... Distribución Binomial

n	x	Valores de p																			x	n	
		0,05	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40	0,45	0,50	0,55	0,60	0,65	0,70	0,75	0,80	0,85	0,90	0,95			
22	6	0,9999	0,9956	0,9632	0,8670	0,6994	0,4942	0,3022	0,1584	0,0705	0,0262	0,0080	0,0019	0,0003	0	0	0	0	0	0	6	22	
7	1	0,9991	0,9886	0,9439	0,8385	0,6713	0,4736	0,2898	0,1518	0,0669	0,0243	0,0070	0,0016	0,0002	0	0	0	0	0	0	7		
8	1	0,9999	0,9970	0,9799	0,9254	0,8135	0,6466	0,4540	0,2764	0,1431	0,0617	0,0215	0,0058	0,0011	0,0001	0	0	0	0	0	8		
9	1	1	0,9993	0,9939	0,9705	0,9084	0,7916	0,6244	0,4350	0,2617	0,1328	0,0551	0,0180	0,0043	0,0007	0,0001	0	0	0	0	9		
10	1	1	0,9999	0,9984	0,9900	0,9613	0,8930	0,7720	0,6037	0,4159	0,2457	0,1207	0,0474	0,0140	0,0029	0,0003	0	0	0	0	10		
11	1	1	1	0,9997	0,9971	0,9860	0,9526	0,8793	0,7543	0,5841	0,3963	0,2280	0,1070	0,0387	0,0100	0,0016	0,0001	0	0	0	11		
12	1	1	1	0,9999	0,9993	0,9957	0,9820	0,9449	0,8672	0,7383	0,5650	0,3756	0,2084	0,0916	0,0295	0,0061	0,0007	0	0	0	12		
13	1	1	1	1	0,9999	0,9989	0,9942	0,9785	0,9383	0,8569	0,7236	0,5460	0,3534	0,1865	0,0746	0,0201	0,0030	0,0001	0	0	13		
14	1	1	1	1	1	0,9998	0,9984	0,9930	0,9757	0,9331	0,8482	0,7102	0,5264	0,3287	0,1615	0,0561	0,0114	0,0009	0	0	14		
15	1	1	1	1	1	1	0,9997	0,9981	0,9920	0,9738	0,9295	0,8416	0,6978	0,5058	0,3006	0,1330	0,0368	0,0044	0,0001	0	15		
16	1	1	1	1	1	1	0,9999	0,9996	0,9979	0,9915	0,9729	0,9278	0,8371	0,6866	0,4832	0,2674	0,0999	0,0182	0,0006	0	16		
17	1	1	1	1	1	1	1	0,9999	0,9995	0,9978	0,9917	0,9734	0,9284	0,8355	0,6765	0,4571	0,2262	0,0621	0,0040	0	17		
18	1	1	1	1	1	1	1	1	0,9999	0,9996	0,9980	0,9924	0,9755	0,9319	0,8376	0,6680	0,4248	0,1719	0,0222	0	18		
19	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,9999	0,9997	0,9984	0,9939	0,9793	0,9394	0,8455	0,6618	0,3800	0,0948	0	19		
20	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,9998	0,9990	0,9959	0,9851	0,9520	0,8633	0,6608	0,3018	0	20		
21	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,9999	0,9996	0,9982	0,9926	0,9720	0,9015	0,6765	0	21		
22	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	22		
23	0	0,3074	0,0886	0,0238	0,0059	0,0013	0,0003	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	23	
1	0	0,6794	0,3151	0,1204	0,0398	0,0116	0,0030	0,0007	0,0001	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1		
2	0	0,8948	0,5920	0,3080	0,1332	0,0492	0,0157	0,0043	0,0010	0,0002	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2		
3	0	0,9742	0,8073	0,5396	0,2965	0,1370	0,0538	0,0181	0,0052	0,0012	0,0002	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3		
4	0	0,9951	0,9269	0,7440	0,5007	0,2832	0,1356	0,0551	0,0190	0,0055	0,0013	0,0002	0	0	0	0	0	0	0	0	4		
5	0	0,9992	0,9774	0,8811	0,6947	0,4685	0,2688	0,1309	0,0540	0,0186	0,0053	0,0012	0,0002	0	0	0	0	0	0	0	5		
6	0	0,9999	0,9942	0,9537	0,8402	0,6537	0,4399	0,2534	0,1240	0,0510	0,0173	0,0048	0,0010	0,0002	0	0	0	0	0	0	6		
7	1	0,9988	0,9848	0,9285	0,8037	0,6181	0,4136	0,2373	0,1152	0,0466	0,0153	0,0040	0,0008	0,0001	0	0	0	0	0	0	7		
8	1	0,9998	0,9958	0,9727	0,9037	0,7709	0,5860	0,3884	0,2203	0,1050	0,0411	0,0128	0,0030	0,0005	0,0001	0	0	0	0	0	8		
9	1	1	0,9990	0,9911	0,9592	0,8799	0,7408	0,5562	0,3636	0,2024	0,0937	0,0349	0,0100	0,0021	0,0003	0	0	0	0	0	9		
10	1	1	0,9998	0,9975	0,9851	0,9454	0,8575	0,7129	0,5278	0,3388	0,1836	0,0813	0,0283	0,0072	0,0012	0,0001	0	0	0	0	10		
11	1	1	1	0,9994	0,9954	0,9786	0,9318	0,8364	0,6865	0,5000	0,3135	0,1636	0,0682	0,0214	0,0046	0,0006	0	0	0	0	11		
12	1	1	1	1	0,9999	0,9988	0,9928	0,9717	0,9187	0,8164	0,6612	0,4722	0,2871	0,1425	0,0546	0,0149	0,0025	0,0002	0	0	12		
13	1	1	1	1	1	0,9997	0,9979	0,9900	0,9651	0,9063	0,7976	0,6364	0,4438	0,2592	0,1201	0,0408	0,0089	0,0010	0	0	13		
14	1	1	1	1	1	1	0,9999	0,9995	0,9970	0,9872	0,9589	0,8950	0,7797	0,6116	0,4140	0,2291	0,0963	0,0273	0,0042	0,0002	0	14	

Continuación ... Distribución Binomial

n	x	Valores de p																			x	n
		0,05	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40	0,45	0,50	0,55	0,60	0,65	0,70	0,75	0,80	0,85	0,90	0,95		
15	1	1	1	1	1	0,9999	0,9992	0,9960	0,9847	0,9534	0,8848	0,7627	0,5864	0,3819	0,1963	0,0715	0,0152	0,0012	0	15		
16	1	1	1	1	1	0,9998	0,9990	0,9952	0,9827	0,9490	0,8760	0,7466	0,5601	0,3463	0,1598	0,0463	0,0058	0,0001	16			
17	1	1	1	1	1	0,9998	0,9988	0,9947	0,9814	0,9460	0,8691	0,7312	0,5315	0,3053	0,1189	0,0226	0,0008	17				
18	1	1	1	1	1	0,9998	0,9987	0,9945	0,9810	0,9449	0,8644	0,7168	0,4993	0,2560	0,0731	0,0049	18					
19	1	1	1	1	1	0,9998	0,9988	0,9948	0,9819	0,9462	0,8630	0,7035	0,4604	0,1927	0,0258	19						
20	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,9998	0,9990	0,9957	0,9843	0,9508	0,8668	0,6920	0,4080	0,1052	20			
21	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,9999	0,9993	0,9970	0,9884	0,9602	0,8796	0,6849	0,3206	21			
22	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,9997	0,9987	0,9941	0,9762	0,9114	0,6926	22			
23	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	23			
24	0	0,2920	0,0798	0,0202	0,0047	0,0010	0,0002	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	24		
1	0,6608	0,2925	0,1059	0,0331	0,0090	0,0022	0,0005	0,0001	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1			
2	0,8841	0,5643	0,2798	0,1145	0,0398	0,0119	0,0030	0,0007	0,0001	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2			
3	0,9702	0,7857	0,5049	0,2639	0,1150	0,0424	0,0133	0,0035	0,0008	0,0001	0	0	0	0	0	0	0	0	3			
4	0,9940	0,9149	0,7134	0,4599	0,2466	0,1111	0,0422	0,0134	0,0036	0,0008	0,0001	0	0	0	0	0	0	0	4			
5	0,9990	0,9723	0,8606	0,6559	0,4222	0,2288	0,1044	0,0400	0,0127	0,0033	0,0007	0,0001	0	0	0	0	0	0	5			
6	0,9999	0,9925	0,9428	0,8111	0,6074	0,3886	0,2106	0,0960	0,0364	0,0113	0,0028	0,0005	0,0001	0	0	0	0	0	6			
7	1	0,9983	0,9801	0,9108	0,7662	0,5647	0,3575	0,1919	0,0863	0,0320	0,0095	0,0022	0,0004	0	0	0	0	0	7			
8	1	0,9997	0,9941	0,9638	0,8787	0,7250	0,5257	0,3279	0,1730	0,0758	0,0269	0,0075	0,0016	0,0002	0	0	0	0	8			
9	1	0,9999	0,9985	0,9874	0,9453	0,8472	0,6866	0,4891	0,2991	0,1537	0,0648	0,0217	0,0055	0,0010	0,0001	0	0	0	9			
10	1	1	0,9997	0,9962	0,9787	0,9258	0,8167	0,6502	0,4539	0,2706	0,1341	0,0535	0,0164	0,0036	0,0005	0	0	0	10			
11	1	1	0,9999	0,9990	0,9928	0,9686	0,9058	0,7870	0,6151	0,4194	0,2420	0,1143	0,0423	0,0115	0,0021	0,0002	0	0	11			
12	1	1	1	0,9998	0,9979	0,9885	0,9577	0,8857	0,7580	0,5806	0,3849	0,2130	0,0942	0,0314	0,0072	0,0010	0,0001	0	12			
13	1	1	1	1	0,9995	0,9964	0,9836	0,9465	0,8659	0,7294	0,5461	0,3498	0,1833	0,0742	0,0213	0,0038	0,0003	0	13			
14	1	1	1	1	0,9999	0,9990	0,9945	0,9783	0,9352	0,8463	0,7009	0,5109	0,3134	0,1528	0,0547	0,0126	0,0015	0,0001	14			
15	1	1	1	1	1	0,9998	0,9984	0,9925	0,9731	0,9242	0,8270	0,6721	0,4743	0,2750	0,1213	0,0362	0,0059	0,0003	15			
16	1	1	1	1	1	1	0,9996	0,9978	0,9905	0,9680	0,9137	0,8081	0,6425	0,4353	0,2338	0,0892	0,0199	0,0017	16			
17	1	1	1	1	1	1	0,9999	0,9995	0,9972	0,9887	0,9636	0,9040	0,7894	0,6114	0,3926	0,1889	0,0572	0,0075	0,0001	17		
18	1	1	1	1	1	1	0,9999	0,9993	0,9967	0,9873	0,9600	0,8956	0,7712	0,5778	0,3441	0,1394	0,0277	0,0010	18			
19	1	1	1	1	1	1	1	0,9999	0,9992	0,9964	0,9866	0,9578	0,8889	0,7534	0,5401	0,2866	0,0851	0,0060	19			
20	1	1	1	1	1	1	1	1	0,9999	0,9992	0,9965	0,9867	0,9576	0,8850	0,7361	0,4951	0,2143	0,0298	20			
21	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,9999	0,9993	0,9970	0,9881	0,9602	0,8855	0,7202	0,4357	0,1159	21			
22	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,9999	0,9995	0,9978	0,9910	0,9669	0,8941	0,7075	0,3392	22			

Continuación ... Distribución Binomial

n	x	Valores de p																			x	n
		0,05	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40	0,45	0,50	0,55	0,60	0,65	0,70	0,75	0,80	0,85	0,90	0,95		
24	23	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,9998	0,9990	0,9953	0,9798	0,9202	0,7080	23	24
24	24	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	24	24
25	0	0,2774	0,0718	0,0172	0,0038	0,0008	0,0001	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	25
1	1	0,6424	0,2712	0,0931	0,0274	0,0070	0,0016	0,0003	0,0001	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
2	2	0,8729	0,5371	0,2537	0,0982	0,0321	0,0090	0,0021	0,0004	0,0001	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
3	3	0,9659	0,7636	0,4711	0,2340	0,0962	0,0332	0,0097	0,0024	0,0005	0,0001	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
4	4	0,9928	0,9020	0,6821	0,4207	0,2137	0,0905	0,0320	0,0095	0,0023	0,0005	0,0001	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
5	5	0,9988	0,9666	0,8385	0,6167	0,3783	0,1935	0,0826	0,0294	0,0086	0,0020	0,0004	0,0001	0	0	0	0	0	0	0	0	5
6	6	0,9998	0,9905	0,9305	0,7800	0,5611	0,3407	0,1734	0,0736	0,0258	0,0073	0,0016	0,0003	0	0	0	0	0	0	0	0	6
7	7	1	0,9977	0,9745	0,8909	0,7265	0,5118	0,3061	0,1536	0,0639	0,0216	0,0058	0,0012	0,0002	0	0	0	0	0	0	0	7
8	8	1	0,9995	0,9920	0,9532	0,8506	0,6769	0,4668	0,2735	0,1340	0,0539	0,0174	0,0043	0,0008	0,0001	0	0	0	0	0	0	8
9	9	1	0,9999	0,9979	0,9827	0,9287	0,8106	0,6303	0,4246	0,2424	0,1148	0,0440	0,0132	0,0029	0,0005	0	0	0	0	0	0	9
10	10	1	1	0,9995	0,9944	0,9703	0,9022	0,7712	0,5858	0,3843	0,2122	0,0960	0,0344	0,0093	0,0018	0,0002	0	0	0	0	0	10
11	11	1	1	0,9999	0,9985	0,9893	0,9558	0,8746	0,7323	0,5426	0,3450	0,1827	0,0778	0,0255	0,0060	0,0009	0,0001	0	0	0	0	11
12	12	1	1	1	0,9996	0,9966	0,9825	0,9396	0,8462	0,6937	0,5000	0,3063	0,1538	0,0604	0,0175	0,0034	0,0004	0	0	0	0	12
13	13	1	1	1	0,9999	0,9991	0,9940	0,9745	0,9222	0,8173	0,6550	0,4574	0,2677	0,1254	0,0442	0,0107	0,0015	0,0001	0	0	0	13
14	14	1	1	1	1	0,9998	0,9982	0,9907	0,9656	0,9040	0,7878	0,6157	0,4142	0,2288	0,0978	0,0297	0,0056	0,0005	0	0	0	14
15	15	1	1	1	1	1	0,9995	0,9971	0,9868	0,9560	0,8852	0,7576	0,5754	0,3697	0,1894	0,0713	0,0173	0,0021	0,0001	0	0	15
16	16	1	1	1	1	1	0,9999	0,9992	0,9957	0,9826	0,9461	0,8660	0,7265	0,5332	0,3231	0,1494	0,0468	0,0080	0,0005	0	0	16
17	17	1	1	1	1	1	1	0,9998	0,9988	0,9942	0,9784	0,9361	0,8464	0,6939	0,4882	0,2735	0,1091	0,0255	0,0023	0	0	17
18	18	1	1	1	1	1	1	1	0,9997	0,9984	0,9927	0,9742	0,9264	0,8266	0,6593	0,4389	0,2200	0,0695	0,0095	0,0002	0	18
19	19	1	1	1	1	1	1	1	0,9999	0,9996	0,9980	0,9914	0,9706	0,9174	0,8065	0,6217	0,3833	0,1615	0,0334	0,0012	0	19
20	20	1	1	1	1	1	1	1	1	0,9999	0,9995	0,9977	0,9905	0,9680	0,9095	0,7863	0,5793	0,3179	0,0980	0,0072	0	20
21	21	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,9999	0,9995	0,9976	0,9903	0,9668	0,9038	0,7660	0,5289	0,2364	0,0341	0	21
22	22	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,9999	0,9996	0,9979	0,9910	0,9679	0,9018	0,7463	0,4629	0,1271	0	22
23	23	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,9999	0,9997	0,9984	0,9930	0,9726	0,9069	0,7288	0,3576	0	23
24	24	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,9999	0,9992	0,9828	0,9282	0,7226	0	24	24
25	25	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	25	25
26	0	0,2635	0,0646	0,0146	0,0030	0,0006	0,0001	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	26
1	1	0,6241	0,2513	0,0817	0,0227	0,0055	0,0011	0,0002	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
2	2	0,8614	0,5105	0,2296	0,0841	0,0258	0,0067	0,0015	0,0003	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
3	3	0,9613	0,7409	0,4385	0,2068	0,0802	0,0260	0,0070	0,0016	0,0003	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3

Continuación ... Distribución Binomial

n	x	Valores de p																			x	n	
		0,05	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40	0,45	0,50	0,55	0,60	0,65	0,70	0,75	0,80	0,85	0,90	0,95			
26	4	0,9915	0,8882	0,6505	0,3833	0,1844	0,0733	0,0242	0,0066	0,0015	0,0003	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	26	
5	5	0,9985	0,9601	0,8150	0,5775	0,3371	0,1626	0,0649	0,0214	0,0058	0,0012	0,0002	0	0	0	0	0	0	0	0	5	5	
	6	0,9998	0,9881	0,9167	0,7474	0,5154	0,2965	0,1416	0,0559	0,0180	0,0047	0,0009	0,0001	0	0	0	0	0	0	0	6		
7	7	1	0,9970	0,9679	0,8687	0,6852	0,4605	0,2596	0,1216	0,0467	0,0145	0,0035	0,0007	0,0001	0	0	0	0	0	0	7	7	
	8	1	0,9994	0,9894	0,9408	0,8195	0,6274	0,4106	0,2255	0,1024	0,0378	0,0110	0,0025	0,0004	0	0	0	0	0	0	8		
9	9	1	0,9999	0,9970	0,9768	0,9091	0,7705	0,5731	0,3642	0,1936	0,0843	0,0293	0,0079	0,0015	0,0002	0	0	0	0	0	9	9	
	10	1	1	0,9993	0,9921	0,9599	0,8747	0,7219	0,5213	0,3204	0,1635	0,0674	0,0217	0,0052	0,0009	0,0001	0	0	0	0	10		
11	11	1	1	0,9998	0,9977	0,9845	0,9397	0,8384	0,6737	0,4713	0,2786	0,1350	0,0518	0,0150	0,0030	0,0004	0	0	0	0	11	11	
	12	1	1	1	0,9994	0,9948	0,9745	0,9168	0,8007	0,6257	0,4225	0,2383	0,1082	0,0377	0,0094	0,0015	0,0001	0	0	0	12		
13	13	1	1	1	1	0,9999	0,9985	0,9906	0,9623	0,8918	0,7617	0,5775	0,3743	0,1993	0,0832	0,0255	0,0052	0,0006	0	0	13	13	
	14	1	1	1	1	1	0,9996	0,9970	0,9850	0,9482	0,8650	0,7214	0,5287	0,3263	0,1616	0,0603	0,0155	0,0023	0,0002	0	14		
15	15	1	1	1	1	1	0,9999	0,9991	0,9948	0,9783	0,9326	0,8365	0,6796	0,4787	0,2781	0,1253	0,0401	0,0079	0,0007	0	15	15	
	16	1	1	1	1	1	1	0,9998	0,9985	0,9921	0,9707	0,9157	0,8064	0,6358	0,4269	0,2295	0,0909	0,0232	0,0030	0,0001	16		
17	17	1	1	1	1	1	1	0,9996	0,9975	0,9890	0,9622	0,8976	0,7745	0,5894	0,3726	0,1805	0,0592	0,0106	0,0006	0	17	17	
	18	1	1	1	1	1	1	0,9999	0,9993	0,9965	0,9855	0,9533	0,8784	0,7404	0,5395	0,3148	0,1313	0,0321	0,0030	0	18		
19	19	1	1	1	1	1	1	1	0,9999	0,9991	0,9953	0,9820	0,9441	0,8584	0,7035	0,4846	0,2526	0,0833	0,0119	0,0002	19	19	
	20	1	1	1	1	1	1	1	0,9998	0,9988	0,9942	0,9786	0,9351	0,8374	0,6629	0,4225	0,1850	0,0399	0,0015	20			
21	21	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,9997	0,9985	0,9934	0,9758	0,9267	0,8156	0,6167	0,3495	0,1118	0,0085	21	21
	22	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,9997	0,9984	0,9930	0,9740	0,9198	0,7932	0,5615	0,2591	0,0387	22		
23	23	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,9997	0,9985	0,9933	0,9742	0,9159	0,7704	0,4895	0,1386	23	23	
	24	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,9998	0,9989	0,9945	0,9773	0,9183	0,7487	0,3759	24			
25	25	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,9999	0,9994	0,9970	0,9854	0,9354	0,7365	25	25	
	26	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	26		
27	0	0,2503	0,0581	0,0124	0,0024	0,0004	0,0001	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	27	27
	1	0,6061	0,2326	0,0716	0,0187	0,0042	0,0008	0,0001	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1		
2	2	0,8495	0,4846	0,2074	0,0718	0,0207	0,0051	0,0010	0,0002	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	
	3	0,9563	0,7179	0,4072	0,1823	0,0666	0,0202	0,0051	0,0011	0,0002	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3		
4	4	0,9900	0,8734	0,6187	0,3480	0,1583	0,0591	0,0182	0,0046	0,0009	0,0002	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	4	
	5	0,9981	0,9529	0,7903	0,5387	0,2989	0,1358	0,0507	0,0155	0,0038	0,0008	0,0001	0	0	0	0	0	0	0	0	5		
6	6	0,9997	0,9853	0,9014	0,7134	0,4708	0,2563	0,1148	0,0421	0,0125	0,0030	0,0005	0,0001	0	0	0	0	0	0	0	6	6	
	7	1	0,9961	0,9602	0,8444	0,6427	0,4113	0,2183	0,0953	0,0338	0,0096	0,0021	0,0003	0	0	0	0	0	0	0	7		
8	8	1	0,9991	0,9862	0,9263	0,7859	0,5773	0,3577	0,1839	0,0774	0,0261	0,0069	0,0014	0,0002	0	0	0	0	0	0	8	8	

Continuación ... Distribución Binomial

n	x	Valores de p																		x	n		
		0,05	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40	0,45	0,50	0,55	0,60	0,65	0,70	0,75	0,80	0,85	0,90			0,95	
27	9	1	0,9998	0,9958	0,9656	0,8867	0,7776	0,5162	0,3087	0,1526	0,0610	0,0193	0,0046	0,0008	0,0001	0	0	0	0	0	9	27	
10	1	1	0,9989	0,9890	0,9472	0,8434	0,6698	0,4585	0,2633	0,1239	0,0464	0,0134	0,0028	0,0004	0	0	0	0	0	0	10		
11	1	1	0,9998	0,9965	0,9784	0,9202	0,7976	0,6127	0,4034	0,2210	0,0978	0,0337	0,0086	0,0015	0,0002	0	0	0	0	0	11		
12	1	1	1	0,9990	0,9922	0,9641	0,8894	0,7499	0,5562	0,3506	0,1815	0,0743	0,0229	0,0050	0,0007	0	0	0	0	0	12		
13	1	1	1	0,9998	0,9976	0,9857	0,9464	0,8553	0,7005	0,5000	0,2995	0,1447	0,0536	0,0143	0,0024	0,0002	0	0	0	0	13		
14	1	1	1	1	0,9993	0,9950	0,9771	0,9257	0,8185	0,6494	0,4438	0,2501	0,1106	0,0359	0,0078	0,0010	0	0	0	0	14		
15	1	1	1	1	0,9998	0,9985	0,9914	0,9663	0,9022	0,7790	0,5966	0,3873	0,2024	0,0798	0,0216	0,0035	0,0002	0	0	0	15		
16	1	1	1	1	1	0,9996	0,9972	0,9866	0,9536	0,8761	0,7367	0,5415	0,3302	0,1566	0,0528	0,0110	0,0011	0	0	0	16		
17	1	1	1	1	1	0,9999	0,9992	0,9954	0,9807	0,9390	0,8474	0,6913	0,4838	0,2724	0,1133	0,0304	0,0042	0,0002	0	0	17		
18	1	1	1	1	1	1	0,9998	0,9986	0,9931	0,9739	0,9226	0,8161	0,6423	0,4227	0,2141	0,0737	0,0138	0,0009	0	0	18		
19	1	1	1	1	1	1	0,9997	0,9979	0,9904	0,9662	0,9047	0,7817	0,5887	0,3573	0,1556	0,0398	0,0039	0	0	0	19		
20	1	1	1	1	1	1	0,9999	0,9995	0,9970	0,9875	0,9579	0,8852	0,7437	0,5292	0,2866	0,0986	0,0147	0,0003	0	0	20		
21	1	1	1	1	1	1	1	0,9999	0,9992	0,9962	0,9845	0,9493	0,8642	0,7011	0,4613	0,2097	0,0471	0,0019	0	0	21		
22	1	1	1	1	1	1	1	1	0,9998	0,9991	0,9954	0,9818	0,9409	0,8417	0,6520	0,3813	0,1266	0,0100	0	0	22		
23	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,9998	0,9989	0,9949	0,9798	0,9334	0,8177	0,5928	0,2821	0,0437	0	0	23		
24	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,9998	0,9990	0,9949	0,9793	0,9282	0,7926	0,5154	0,1505	0	0	24		
25	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,9999	0,9992	0,9958	0,9813	0,9284	0,7674	0,3939	0	0	25	
26	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,9999	0,9996	0,9976	0,9876	0,9419	0,7497	0	0	26	
27	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	27		
28	0	0,2378	0,0523	0,0106	0,0019	0,0003	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	28		
1	0,5883	0,2152	0,0627	0,0155	0,0033	0,0006	0,0001	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1		
2	0,8373	0,4594	0,1871	0,0612	0,0166	0,0038	0,0007	0,0001	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2		
3	0,9509	0,6946	0,3772	0,1602	0,0551	0,0157	0,0037	0,0007	0,0001	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3		
4	0,9883	0,8579	0,5869	0,3149	0,1354	0,0474	0,0136	0,0032	0,0006	0,0001	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4		
5	0,9977	0,9450	0,7646	0,5005	0,2638	0,1128	0,0393	0,0111	0,0025	0,0005	0,0001	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5		
6	0,9996	0,9821	0,8848	0,6784	0,4279	0,2202	0,0923	0,0315	0,0086	0,0019	0,0003	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6		
7	1	0,9950	0,9514	0,8182	0,5997	0,3648	0,1821	0,0740	0,0242	0,0063	0,0012	0,0002	0	0	0	0	0	0	0	0	7		
8	1	0,9988	0,9823	0,9100	0,7501	0,5275	0,3089	0,1485	0,0578	0,0178	0,0043	0,0008	0,0001	0	0	0	0	0	0	0	8		
9	1	0,9998	0,9944	0,9609	0,8615	0,6825	0,4607	0,2588	0,1187	0,0436	0,0125	0,0027	0,0004	0	0	0	0	0	0	0	9		
10	1	1	0,9985	0,9851	0,9321	0,8087	0,6160	0,3986	0,2135	0,0925	0,0315	0,0081	0,0015	0,0002	0	0	0	0	0	0	10		
11	1	1	0,9996	0,9950	0,9706	0,8972	0,7529	0,5510	0,3404	0,1725	0,0696	0,0215	0,0048	0,0007	0,0001	0	0	0	0	0	11		
12	1	1	0,9999	0,9985	0,9888	0,9509	0,8572	0,6950	0,4875	0,2858	0,1355	0,0499	0,0136	0,0025	0,0003	0	0	0	0	0	12		

Continuación ... Distribución Binomial

n	x	Valores de p																	x n	
		0,05	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40	0,45	0,50	0,55	0,60	0,65	0,70	0,75	0,80	0,85	0,90	0,95
28	13	1	1	1	0,9996	0,9962	0,9792	0,9264	0,8132	0,6356	0,4253	0,2346	0,1025	0,0337	0,0077	0,0011	0,0001	0	0	0
14	14	1	1	1	0,9999	0,9989	0,9923	0,9663	0,8975	0,7654	0,5747	0,3644	0,1868	0,0736	0,0208	0,0038	0,0004	0	0	0
15	15	1	1	1	1	0,9997	0,9975	0,9864	0,9501	0,8645	0,7142	0,5125	0,3050	0,1428	0,0491	0,0112	0,0015	0,0001	0	0
16	16	1	1	1	1	0,9999	0,9993	0,9952	0,9785	0,9304	0,8275	0,6596	0,4490	0,2471	0,1028	0,0294	0,0050	0,0004	0	0
17	17	1	1	1	1	1	0,9998	0,9985	0,9919	0,9685	0,9075	0,7865	0,6014	0,3840	0,1913	0,0679	0,0149	0,0015	0	0
18	18	1	1	1	1	1	1	0,9996	0,9973	0,9875	0,9564	0,8813	0,7412	0,5393	0,3175	0,1385	0,0391	0,0056	0,0002	0
19	19	1	1	1	1	1	1	0,9999	0,9992	0,9957	0,9822	0,9422	0,8515	0,6911	0,4725	0,2499	0,0900	0,0177	0,0012	0
20	20	1	1	1	1	1	1	1	0,9998	0,9988	0,9937	0,9758	0,9260	0,8179	0,6352	0,4003	0,1818	0,0486	0,0050	0
21	21	1	1	1	1	1	1	1	1	0,9997	0,9981	0,9914	0,9685	0,9077	0,7798	0,5721	0,3216	0,1152	0,0179	0,0004
22	22	1	1	1	1	1	1	1	1	0,9999	0,9995	0,9975	0,9889	0,9607	0,8872	0,7362	0,4995	0,2354	0,0550	0,0023
23	23	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,9999	0,9994	0,9968	0,9864	0,9526	0,8646	0,6851	0,4131	0,1421	0,0117
24	24	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,9999	0,9993	0,9963	0,9843	0,9449	0,8398	0,6228	0,3054	0,0491
25	25	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,9999	0,9993	0,9962	0,9834	0,9388	0,8129	0,5406	0,1627
26	26	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,9999	0,9994	0,9967	0,9845	0,9373	0,7848	0,4117
27	27	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,9997	0,9981	0,9894	0,9477	0,7622
28	28	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
29	0	0,2259	0,0471	0,0090	0,0015	0,0002	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	0,5708	0,1989	0,0549	0,0128	0,0025	0,0004	0,0001	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	2	0,8249	0,4350	0,1684	0,0520	0,0133	0,0028	0,0005	0,0001	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	3	0,9452	0,6710	0,3487	0,1404	0,0455	0,0121	0,0026	0,0005	0,0001	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	4	0,9864	0,8416	0,5555	0,2839	0,1153	0,0379	0,0101	0,0022	0,0004	0,0001	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	5	0,9973	0,9363	0,7379	0,4634	0,2317	0,0932	0,0303	0,0080	0,0017	0,0003	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	6	0,9995	0,9784	0,8667	0,6429	0,3868	0,1880	0,0738	0,0233	0,0059	0,0012	0,0002	0	0	0	0	0	0	0	0
7	7	0,9999	0,9938	0,9414	0,7903	0,5568	0,3214	0,1507	0,0570	0,0172	0,0041	0,0007	0,0001	0	0	0	0	0	0	0
8	8	1	0,9984	0,9777	0,8916	0,7125	0,4787	0,2645	0,1187	0,0427	0,0121	0,0026	0,0004	0	0	0	0	0	0	0
9	9	1	0,9997	0,9926	0,9507	0,8337	0,6360	0,4076	0,2147	0,0913	0,0307	0,0080	0,0015	0,0002	0	0	0	0	0	0
10	10	1	0,9999	0,9978	0,9803	0,9145	0,7708	0,5617	0,3427	0,1708	0,0680	0,0210	0,0049	0,0008	0,0001	0	0	0	0	0
11	11	1	1	0,9995	0,9931	0,9610	0,8706	0,7050	0,4900	0,2833	0,1325	0,0486	0,0135	0,0027	0,0003	0	0	0	0	0
12	12	1	1	0,9999	0,9978	0,9842	0,9348	0,8207	0,6374	0,4213	0,2291	0,0992	0,0329	0,0079	0,0013	0,0001	0	0	0	0
13	13	1	1	1	0,9994	0,9944	0,9707	0,9022	0,7659	0,5689	0,3555	0,1801	0,0710	0,0206	0,0041	0,0005	0	0	0	0
14	14	1	1	1	0,9999	0,9982	0,9883	0,9524	0,8638	0,7070	0,5000	0,2930	0,1362	0,0476	0,0117	0,0018	0,0001	0	0	0
15	15	1	1	1	1	0,9995	0,9959	0,9794	0,9290	0,8199	0,6445	0,4311	0,2341	0,0978	0,0293	0,0056	0,0006	0	0	0
16	16	1	1	1	1	0,9999	0,9987	0,9921	0,9671	0,9008	0,7709	0,5787	0,3626	0,1793	0,0652	0,0158	0,0022	0,0001	0	0

Continuación ... Distribución Binomial

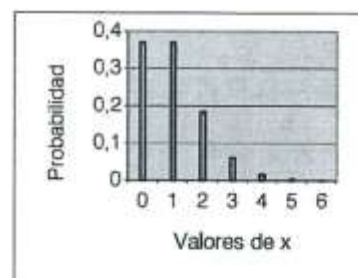
n	x	Valores de p																			x	n
		0,05	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40	0,45	0,50	0,55	0,60	0,65	0,70	0,75	0,80	0,85	0,90	0,95		
29	17	1	1	1	1	1	0,9997	0,9973	0,9865	0,9514	0,8675	0,7167	0,5100	0,2950	0,1294	0,0390	0,0069	0,0005	0	0	17	29
18	1	1	1	1	1	1	0,9999	0,9992	0,9951	0,9790	0,9320	0,8292	0,6573	0,4383	0,2292	0,0855	0,0197	0,0022	0,0001	0	18	
19	1	1	1	1	1	1	0,9998	0,9985	0,9920	0,9693	0,9087	0,7853	0,5924	0,3640	0,1663	0,0493	0,0074	0,0003	0	19		
20	1	1	1	1	1	1	1	0,9996	0,9974	0,9879	0,9573	0,8813	0,7355	0,5213	0,2875	0,1084	0,0223	0,0016	0	20		
21	1	1	1	1	1	1	1	0,9999	0,9993	0,9959	0,9828	0,9430	0,8493	0,6786	0,4432	0,2097	0,0586	0,0062	0,0001	21		
22	1	1	1	1	1	1	1	1	0,9998	0,9988	0,9941	0,9767	0,9262	0,8120	0,6132	0,3571	0,1333	0,0216	0,0005	22		
23	1	1	1	1	1	1	1	1	0,9997	0,9983	0,9920	0,9697	0,9068	0,7683	0,5366	0,2621	0,0637	0,0027	23			
24	1	1	1	1	1	1	1	1	0,9999	0,9996	0,9978	0,9899	0,9621	0,8847	0,7161	0,4445	0,1584	0,0136	24			
25	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,9999	0,9995	0,9974	0,9879	0,9545	0,8596	0,6513	0,3290	0,0548	25			
26	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,9999	0,9995	0,9972	0,9867	0,9480	0,8316	0,5650	0,1751	26			
27	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,9999	0,9996	0,9975	0,9872	0,9451	0,8011	0,4292	27	
28	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,9998	0,9985	0,9910	0,9529	0,7741	28	
29	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	29	
30	0	0,2146	0,0424	0,0076	0,0012	0,0002	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	30	
1	0,5535	0,1837	0,0480	0,0105	0,0020	0,0003	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1		
2	0,8122	0,4114	0,1514	0,0442	0,0106	0,0021	0,0003	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2		
3	0,9392	0,6474	0,3217	0,1227	0,0374	0,0093	0,0019	0,0003	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3		
4	0,9844	0,8245	0,5245	0,2552	0,0979	0,0302	0,0075	0,0015	0,0002	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4		
5	0,9967	0,9268	0,7106	0,4275	0,2026	0,0766	0,0233	0,0057	0,0011	0,0002	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5		
6	0,9994	0,9742	0,8474	0,6070	0,3481	0,1595	0,0586	0,0172	0,0040	0,0007	0,0001	0	0	0	0	0	0	0	0	6		
7	0,9999	0,9922	0,9302	0,7608	0,5143	0,2814	0,1238	0,0435	0,0121	0,0026	0,0004	0	0	0	0	0	0	0	0	7		
8	1	0,9980	0,9722	0,8713	0,6736	0,4315	0,2247	0,0940	0,0312	0,0081	0,0016	0,0002	0	0	0	0	0	0	0	8		
9	1	0,9995	0,9903	0,9389	0,8034	0,5888	0,3575	0,1763	0,0694	0,0214	0,0050	0,0009	0,0001	0	0	0	0	0	0	9		
10	1	0,9999	0,9971	0,9744	0,8943	0,7304	0,5078	0,2915	0,1350	0,0494	0,0138	0,0029	0,0004	0	0	0	0	0	0	10		
11	1	1	0,9992	0,9905	0,9493	0,8407	0,6548	0,4311	0,2327	0,1002	0,0334	0,0083	0,0014	0,0002	0	0	0	0	0	11		
12	1	1	0,9998	0,9969	0,9784	0,9155	0,7802	0,5785	0,3592	0,1808	0,0714	0,0212	0,0045	0,0006	0,0001	0	0	0	0	12		
13	1	1	1	0,9991	0,9918	0,9599	0,8737	0,7145	0,5025	0,2923	0,1356	0,0481	0,0124	0,0021	0,0002	0	0	0	0	13		
14	1	1	1	0,9998	0,9973	0,9831	0,9348	0,8246	0,6448	0,4278	0,2309	0,0971	0,0301	0,0064	0,0008	0,0001	0	0	0	14		
15	1	1	1	0,9999	0,9992	0,9936	0,9699	0,9029	0,7691	0,5722	0,3552	0,1754	0,0652	0,0169	0,0027	0,0002	0	0	0	15		
16	1	1	1	1	0,9998	0,9979	0,9876	0,9519	0,8644	0,7077	0,4975	0,2835	0,1263	0,0401	0,0082	0,0009	0	0	0	16		
17	1	1	1	1	0,9999	0,9994	0,9955	0,9788	0,9286	0,8192	0,6408	0,4215	0,2198	0,0845	0,0216	0,0031	0,0002	0	0	17		
18	1	1	1	1	1	0,9998	0,9986	0,9917	0,9666	0,8998	0,7673	0,5689	0,3452	0,1593	0,0507	0,0095	0,0008	0	0	18		
19	1	1	1	1	1	1	0,9996	0,9971	0,9862	0,9506	0,8650	0,7085	0,4922	0,2696	0,1057	0,0256	0,0029	0,0001	0	19		

Continuación ... Distribución Binomial

n	x	Valores de p																		x	n	
		0,05	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40	0,45	0,50	0,55	0,60	0,65	0,70	0,75	0,80	0,85	0,90			0,95
30	20	1	1	1	1	1	1	0,9999	0,9991	0,9950	0,9786	0,9306	0,8237	0,6425	0,4112	0,1966	0,0611	0,0097	0,0005	0	20	30
21		1	1	1	1	1	1	1	0,9998	0,9984	0,9919	0,9688	0,9060	0,7753	0,5685	0,3264	0,1287	0,0278	0,0020	0	21	
22		1	1	1	1	1	1	1	1	0,9996	0,9974	0,9879	0,9565	0,8762	0,7186	0,4857	0,2392	0,0698	0,0078	0,0001	22	
23		1	1	1	1	1	1	1	1	0,9999	0,9993	0,9960	0,9828	0,9414	0,8405	0,6519	0,3930	0,1526	0,0258	0,0006	23	
24		1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,9998	0,9989	0,9943	0,9767	0,9234	0,7974	0,5725	0,2894	0,0732	0,0033	24	
25		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,9998	0,9985	0,9925	0,9698	0,9021	0,7448	0,4755	0,1755	0,0156	25	
26		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,9997	0,9981	0,9907	0,9626	0,8773	0,6783	0,3526	0,0608	26	
27		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,9997	0,9979	0,9894	0,9558	0,8486	0,5886	0,1878	27	
28		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,9997	0,9980	0,9895	0,9520	0,8163	0,4465	28	
29		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,9998	0,9988	0,9924	0,9576	0,7854	29	
30		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	30	

Tabla 3. Probabilidades acumuladas de la Distribución de Poisson

$$P(X \leq x) = \sum_{x=0}^x \frac{e^{-\mu} \mu^x}{x!} \quad x = 0, 1, 2, 3, \dots, n$$



$$P(X \leq 2 | \mu = 0,50) = 0,9856$$

x	μ								x
	0,02	0,04	0,06	0,08	0,10	0,15	0,20	0,25	
0	0,9802	0,9608	0,9418	0,9231	0,9048	0,8607	0,8187	0,7788	0
1	0,9998	0,9992	0,9983	0,9970	0,9953	0,9898	0,9825	0,9735	1
2	1	1	1	0,9999	0,9998	0,9995	0,9989	0,9978	2
3				1	1	1	0,9999	0,9999	3
							1	1	

x	μ								x
	0,30	0,35	0,40	0,45	0,50	0,55	0,60	0,65	
0	0,7408	0,7047	0,6703	0,6376	0,6065	0,5769	0,5488	0,5220	0
1	0,9631	0,9513	0,9384	0,9246	0,9098	0,8943	0,8781	0,8614	1
2	0,9964	0,9945	0,9921	0,9891	0,9856	0,9815	0,9769	0,9717	2
3	0,9997	0,9995	0,9992	0,9988	0,9982	0,9975	0,9966	0,9956	3
4	1	1	0,9999	0,9999	0,9998	0,9997	0,9996	0,9994	4
5			1	1	1	1	1	0,9999	5
6								1	6

x	μ								x
	0,70	0,75	0,80	0,85	0,90	0,95	1,0	1,1	
0	0,4966	0,4724	0,4493	0,4274	0,4066	0,3867	0,3679	0,3329	0
1	0,8442	0,8266	0,8088	0,7907	0,7725	0,7541	0,7358	0,6990	1
2	0,9659	0,9595	0,9526	0,9451	0,9371	0,9287	0,9197	0,9004	2
3	0,9942	0,9927	0,9909	0,9889	0,9865	0,9839	0,9810	0,9743	3
4	0,9992	0,9989	0,9986	0,9982	0,9977	0,9971	0,9963	0,9946	4
5	0,9999	0,9999	0,9998	0,9997	0,9997	0,9995	0,9994	0,9990	5
6	1	1	1	1	1	1	0,9999	0,9999	6
7							1	1	7

x	μ								x
	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	
0	0,3012	0,2725	0,2466	0,2231	0,2019	0,1827	0,1653	0,1496	0
1	0,6626	0,6268	0,5918	0,5578	0,5249	0,4932	0,4628	0,4337	1
2	0,8795	0,8571	0,8335	0,8088	0,7834	0,7572	0,7306	0,7037	2
3	0,9662	0,9569	0,9463	0,9344	0,9212	0,9068	0,8913	0,8747	3
4	0,9923	0,9893	0,9857	0,9814	0,9763	0,9704	0,9636	0,9559	4
5	0,9985	0,9978	0,9968	0,9955	0,9940	0,9920	0,9896	0,9868	5
6	0,9997	0,9996	0,9994	0,9991	0,9987	0,9981	0,9974	0,9966	6
7	1	1	0,9999	0,9998	0,9997	0,9996	0,9994	0,9992	7
8			1	1	1	1	0,9999	0,9998	8
9							1	1	9

Continuación ... Distribución de Poisson

x	μ								x
	2,0	2,2	2,4	2,6	2,8	3,0	3,2	3,4	
0	0,1353	0,1108	0,0907	0,0743	0,0608	0,0498	0,0408	0,0334	0
1	0,4060	0,3546	0,3084	0,2674	0,2311	0,1991	0,1712	0,1468	1
2	0,6767	0,6227	0,5697	0,5184	0,4695	0,4232	0,3799	0,3397	2
3	0,8571	0,8194	0,7787	0,7360	0,6919	0,6472	0,6025	0,5584	3
4	0,9473	0,9275	0,9041	0,8774	0,8477	0,8153	0,7806	0,7442	4
5	0,9834	0,9751	0,9643	0,9510	0,9349	0,9161	0,8946	0,8705	5
6	0,9955	0,9925	0,9884	0,9828	0,9756	0,9665	0,9554	0,9421	6
7	0,9989	0,9980	0,9967	0,9947	0,9919	0,9881	0,9832	0,9769	7
8	0,9998	0,9995	0,9991	0,9985	0,9976	0,9962	0,9943	0,9917	8
9	1	1	0,9998	0,9996	0,9993	0,9989	0,9982	0,9973	9
10			1	1	0,9998	0,9997	0,9995	0,9992	10
11					1	1	1	0,9998	11
12								1	12

x	μ									x
	3,6	3,8	4,0	4,2	4,4	4,6	4,8	5,0	5,2	
0	0,0273	0,0224	0,0183	0,0150	0,0123	0,0101	0,0082	0,0067	0,0055	0
1	0,1257	0,1074	0,0916	0,0780	0,0663	0,0563	0,0477	0,0404	0,0342	1
2	0,3027	0,2689	0,2381	0,2102	0,1851	0,1626	0,1425	0,1247	0,1088	2
3	0,5152	0,4735	0,4335	0,3954	0,3594	0,3257	0,2942	0,2650	0,2381	3
4	0,7064	0,6678	0,6288	0,5898	0,5512	0,5132	0,4763	0,4405	0,4061	4
5	0,8441	0,8156	0,7851	0,7531	0,7199	0,6858	0,6510	0,6160	0,5809	5
6	0,9267	0,9091	0,8893	0,8675	0,8436	0,8180	0,7908	0,7622	0,7324	6
7	0,9692	0,9599	0,9489	0,9361	0,9214	0,9049	0,8867	0,8666	0,8449	7
8	0,9883	0,9840	0,9786	0,9721	0,9642	0,9549	0,9442	0,9319	0,9181	8
9	0,9960	0,9942	0,9919	0,9889	0,9851	0,9805	0,9749	0,9682	0,9603	9
10	0,9987	0,9981	0,9972	0,9959	0,9943	0,9922	0,9896	0,9863	0,9823	10
11	0,9996	0,9994	0,9991	0,9986	0,9980	0,9971	0,9960	0,9945	0,9927	11
12	1	0,9998	0,9997	0,9996	0,9993	0,9990	0,9986	0,9980	0,9972	12
13		1	1	1	0,9998	0,9997	0,9995	0,9993	0,9990	13
14					1	1	1	0,9998	0,9997	14
15								1	1	15

Continuación ... Distribución de Poisson

x	μ									x
	5,4	5,6	5,8	6,0	6,2	6,4	6,6	6,8	7,0	
0	0,0045	0,0037	0,0030	0,0025	0,0020	0,0017	0,0014	0,0011	0,0009	0
1	0,0289	0,0244	0,0206	0,0174	0,0146	0,0123	0,0103	0,0087	0,0073	1
2	0,0948	0,0824	0,0715	0,0620	0,0536	0,0463	0,0400	0,0344	0,0296	2
3	0,2133	0,1906	0,1700	0,1512	0,1342	0,1189	0,1052	0,0928	0,0818	3
4	0,3733	0,3422	0,3127	0,2851	0,2592	0,2351	0,2127	0,1920	0,1730	4
5	0,5461	0,5119	0,4783	0,4457	0,4141	0,3837	0,3547	0,3270	0,3007	5
6	0,7017	0,6703	0,6384	0,6063	0,5742	0,5423	0,5108	0,4799	0,4497	6
7	0,8217	0,7970	0,7710	0,7440	0,7160	0,6873	0,6581	0,6285	0,5987	7
8	0,9027	0,8857	0,8672	0,8472	0,8259	0,8033	0,7796	0,7548	0,7291	8
9	0,9512	0,9409	0,9292	0,9161	0,9016	0,8858	0,8686	0,8502	0,8305	9
10	0,9775	0,9718	0,9651	0,9574	0,9486	0,9386	0,9274	0,9151	0,9015	10
11	0,9904	0,9875	0,9841	0,9799	0,9750	0,9693	0,9627	0,9552	0,9467	11
12	0,9962	0,9949	0,9932	0,9912	0,9887	0,9857	0,9821	0,9779	0,9730	12
13	0,9986	0,9980	0,9973	0,9964	0,9952	0,9937	0,9920	0,9898	0,9872	13
14	0,9995	0,9993	0,9990	0,9986	0,9981	0,9974	0,9966	0,9956	0,9943	14
15	1	0,9998	0,9996	0,9995	0,9993	0,9990	0,9986	0,9982	0,9976	15
16		1	1	0,9998	0,9997	0,9996	0,9995	0,9993	0,9990	16
17				1	1	1	0,9998	0,9997	0,9996	17
18							1	1	1	18

x	μ									x
	7,2	7,4	7,6	7,8	8,0	8,5	9,0	9,5	10,0	
0	0,0007	0,0006	0,0005	0,0004	0,0003	0,0002	0,0001	0,0001	0,0000	0
1	0,0061	0,0051	0,0043	0,0036	0,0030	0,0019	0,0012	0,0008	0,0005	1
2	0,0255	0,0219	0,0188	0,0161	0,0138	0,0093	0,0062	0,0042	0,0028	2
3	0,0719	0,0632	0,0554	0,0485	0,0424	0,0301	0,0212	0,0149	0,0103	3
4	0,1555	0,1395	0,1249	0,1117	0,0996	0,0744	0,0550	0,0403	0,0293	4
5	0,2759	0,2526	0,2307	0,2103	0,1912	0,1496	0,1157	0,0885	0,0671	5
6	0,4204	0,3920	0,3646	0,3384	0,3134	0,2562	0,2068	0,1649	0,1301	6
7	0,5689	0,5393	0,5100	0,4812	0,4530	0,3856	0,3239	0,2687	0,2202	7
8	0,7027	0,6757	0,6482	0,6204	0,5925	0,5231	0,4557	0,3918	0,3328	8
9	0,8096	0,7877	0,7649	0,7411	0,7166	0,6530	0,5874	0,5218	0,4579	9
10	0,8867	0,8707	0,8535	0,8352	0,8159	0,7634	0,7060	0,6453	0,5830	10
11	0,9371	0,9265	0,9148	0,9020	0,8881	0,8487	0,8030	0,7520	0,6968	11
12	0,9673	0,9609	0,9536	0,9454	0,9362	0,9091	0,8758	0,8364	0,7916	12
13	0,9841	0,9805	0,9762	0,9714	0,9658	0,9486	0,9261	0,8981	0,8645	13
14	0,9927	0,9908	0,9886	0,9859	0,9827	0,9726	0,9585	0,9400	0,9165	14
15	0,9969	0,9959	0,9948	0,9934	0,9918	0,9862	0,9780	0,9665	0,9513	15
16	0,9987	0,9983	0,9978	0,9971	0,9963	0,9934	0,9889	0,9823	0,9730	16
17	0,9995	0,9993	0,9991	0,9988	0,9984	0,9970	0,9947	0,9911	0,9857	17
18	1	0,9997	0,9996	0,9995	0,9993	0,9987	0,9976	0,9957	0,9928	18
19		1	1	1	0,9997	0,9995	0,9989	0,9980	0,9965	19
20					1	0,9998	0,9996	0,9991	0,9984	20
21						1	1	0,9996	0,9993	21
22								1	0,9997	22
23									1	23

Continuación ... Distribución de Poisson

x	μ									x
	10,5	11,0	11,5	12,0	12,5	13,0	13,5	14,0	14,5	
2	0,0018	0,0012	0,0008	0,0005	0,0003	0,0002	0,0001	0,0001	0,0001	2
3	0,0071	0,0049	0,0034	0,0023	0,0016	0,0011	0,0007	0,0005	0,0003	3
4	0,0211	0,0151	0,0107	0,0076	0,0053	0,0037	0,0026	0,0018	0,0012	4
5	0,0504	0,0375	0,0277	0,0203	0,0148	0,0107	0,0077	0,0055	0,0039	5
6	0,1016	0,0786	0,0603	0,0458	0,0346	0,0259	0,0193	0,0142	0,0105	6
7	0,1785	0,1432	0,1137	0,0895	0,0698	0,0540	0,0415	0,0316	0,0239	7
8	0,2794	0,2320	0,1906	0,1550	0,1249	0,0998	0,0790	0,0621	0,0484	8
9	0,3971	0,3405	0,2888	0,2424	0,2014	0,1658	0,1353	0,1094	0,0878	9
10	0,5207	0,4599	0,4017	0,3472	0,2971	0,2517	0,2112	0,1757	0,1449	10
11	0,6387	0,5793	0,5198	0,4616	0,4058	0,3532	0,3045	0,2600	0,2201	11
12	0,7420	0,6887	0,6329	0,5760	0,5190	0,4631	0,4093	0,3585	0,3111	12
13	0,8253	0,7813	0,7330	0,6815	0,6278	0,5730	0,5182	0,4644	0,4125	13
14	0,8879	0,8540	0,8153	0,7720	0,7250	0,6751	0,6233	0,5704	0,5176	14
15	0,9317	0,9074	0,8783	0,8444	0,8060	0,7636	0,7178	0,6694	0,6192	15
16	0,9604	0,9441	0,9236	0,8987	0,8693	0,8355	0,7975	0,7559	0,7112	16
17	0,9781	0,9678	0,9542	0,9370	0,9158	0,8905	0,8609	0,8272	0,7897	17
18	0,9885	0,9823	0,9738	0,9626	0,9481	0,9302	0,9084	0,8826	0,8530	18
19	0,9942	0,9907	0,9857	0,9787	0,9694	0,9573	0,9421	0,9235	0,9012	19
20	0,9972	0,9953	0,9925	0,9884	0,9827	0,9750	0,9649	0,9521	0,9362	20
21	0,9987	0,9977	0,9962	0,9939	0,9906	0,9859	0,9796	0,9712	0,9604	21
22	0,9994	0,9990	0,9982	0,9970	0,9951	0,9924	0,9885	0,9833	0,9763	22
23	0,9998	0,9995	0,9992	0,9985	0,9975	0,9960	0,9938	0,9907	0,9863	23
24	1	1	0,9996	0,9993	0,9988	0,9980	0,9968	0,9950	0,9924	24
25			1	0,9997	0,9994	0,9990	0,9984	0,9974	0,9959	25
26				1	0,9997	0,9995	0,9992	0,9987	0,9979	26
27					1	1	0,9996	0,9994	0,9989	27
28							1	0,9997	0,9995	28
29								1	0,9998	29
30									1	30

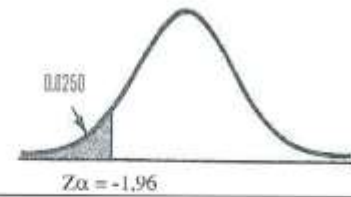
Continuación ... Distribución de Poisson

x	μ									x
	15	16	17	18	19	20	21	22	23	
4	0,0009	0,0004	0,0002	0,0001	0	0	0	0	0	4
5	0,0028	0,0014	0,0007	0,0003	0,0002	0,0001	0	0	0	5
6	0,0076	0,0040	0,0021	0,0010	0,0005	0,0003	0,0001	0,0001	0	6
7	0,0180	0,0100	0,0054	0,0029	0,0015	0,0008	0,0004	0,0002	0,0001	7
8	0,0374	0,0220	0,0126	0,0071	0,0039	0,0021	0,0011	0,0006	0,0003	8
9	0,0699	0,0433	0,0261	0,0154	0,0089	0,0050	0,0028	0,0015	0,0008	9
10	0,1185	0,0774	0,0491	0,0304	0,0183	0,0108	0,0063	0,0035	0,0020	10
11	0,1848	0,1270	0,0847	0,0549	0,0347	0,0214	0,0129	0,0076	0,0044	11
12	0,2676	0,1931	0,1350	0,0917	0,0606	0,0390	0,0245	0,0151	0,0091	12
13	0,3632	0,2745	0,2009	0,1426	0,0984	0,0661	0,0434	0,0278	0,0174	13
14	0,4657	0,3675	0,2808	0,2081	0,1497	0,1049	0,0716	0,0477	0,0311	14
15	0,5681	0,4667	0,3715	0,2867	0,2148	0,1565	0,1111	0,0769	0,0520	15
16	0,6641	0,5660	0,4677	0,3751	0,2920	0,2211	0,1629	0,1170	0,0821	16
17	0,7489	0,6593	0,5640	0,4686	0,3784	0,2970	0,2270	0,1690	0,1228	17
18	0,8195	0,7423	0,6550	0,5622	0,4695	0,3814	0,3017	0,2325	0,1748	18
19	0,8752	0,8122	0,7363	0,6509	0,5606	0,4703	0,3843	0,3060	0,2377	19
20	0,9170	0,8682	0,8055	0,7307	0,6472	0,5591	0,4710	0,3869	0,3101	20
21	0,9469	0,9108	0,8615	0,7991	0,7255	0,6437	0,5577	0,4716	0,3894	21
22	0,9673	0,9418	0,9047	0,8551	0,7931	0,7206	0,6405	0,5564	0,4723	22
23	0,9805	0,9633	0,9367	0,8989	0,8490	0,7875	0,7160	0,6374	0,5551	23
24	0,9888	0,9777	0,9594	0,9317	0,8933	0,8432	0,7822	0,7117	0,6346	24
25	0,9938	0,9869	0,9748	0,9554	0,9269	0,8878	0,8377	0,7771	0,7077	25
26	0,9967	0,9925	0,9848	0,9718	0,9514	0,9221	0,8826	0,8324	0,7723	26
27	0,9983	0,9959	0,9912	0,9827	0,9687	0,9475	0,9175	0,8775	0,8274	27
28	0,9991	0,9978	0,9950	0,9897	0,9805	0,9657	0,9436	0,9129	0,8726	28
29	0,9996	0,9989	0,9973	0,9941	0,9882	0,9782	0,9626	0,9398	0,9085	29
30	0,9998	0,9994	0,9986	0,9967	0,9930	0,9865	0,9758	0,9595	0,9360	30
31	1	0,9997	0,9993	0,9982	0,9960	0,9919	0,9848	0,9735	0,9564	31
32		1	0,9996	0,9990	0,9978	0,9953	0,9907	0,9831	0,9711	32
33			1	0,9995	0,9988	0,9973	0,9945	0,9895	0,9813	33
34				1	0,9994	0,9985	0,9968	0,9936	0,9882	34
35					0,9997	0,9992	0,9982	0,9962	0,9927	35
36					1	0,9996	0,9990	0,9978	0,9956	36
37						1	0,9995	0,9988	0,9974	37
38							0,9997	0,9993	0,9985	38
39							1	0,9996	0,9992	39
40								1	0,9996	40
41									1	41

Tabla 5. Probabilidades acumuladas de la Distribución Normal Estándar

$$F(Z_\alpha) = \int_{-\infty}^{Z_\alpha} \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}Z^2} dz$$

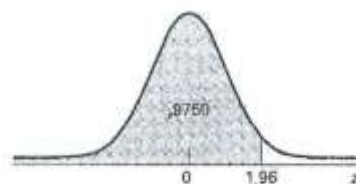
$$P(Z \leq -1,96) = 0,0250$$



Segundo decimal de z											
z	-0,09	-0,08	-0,07	-0,06	-0,05	-0,04	-0,03	-0,02	-0,01	0,00	z
-4,0	...	...	...	...	...	...	...	...	...	0,000003	-4,0
-3,9	0,00003	0,00003	0,00004	0,00004	0,00004	0,00004	0,00004	0,00004	0,00005	0,00005	-3,9
-3,8	0,00005	0,00005	0,00005	0,00006	0,00006	0,00006	0,00006	0,00007	0,00007	0,00007	-3,8
-3,7	0,00008	0,00008	0,00008	0,00008	0,00009	0,00009	0,00010	0,00010	0,00010	0,00011	-3,7
-3,6	0,00011	0,00012	0,00012	0,00013	0,00013	0,00014	0,00014	0,00015	0,00015	0,00016	-3,6
-3,5	0,00017	0,00017	0,00018	0,00019	0,00019	0,00020	0,00021	0,00022	0,00022	0,00023	-3,5
-3,4	0,00024	0,00025	0,00026	0,00027	0,00028	0,00029	0,00030	0,00031	0,00032	0,00034	-3,4
-3,3	0,00035	0,00036	0,00038	0,00039	0,00040	0,00042	0,00043	0,00045	0,00047	0,00048	-3,3
-3,2	0,00050	0,00052	0,00054	0,00056	0,00058	0,00060	0,00062	0,00064	0,00066	0,00069	-3,2
-3,1	0,00071	0,00074	0,00076	0,00079	0,00082	0,00084	0,00087	0,00090	0,00094	0,00097	-3,1
-3,0	0,00100	0,00104	0,00107	0,00111	0,00114	0,00118	0,00122	0,00126	0,00131	0,00135	-3,0
-2,9	0,00139	0,00144	0,00149	0,00154	0,00159	0,00164	0,00169	0,00175	0,00181	0,00187	-2,9
-2,8	0,00193	0,00199	0,00205	0,00212	0,00219	0,00226	0,00233	0,00240	0,00248	0,00256	-2,8
-2,7	0,00264	0,00272	0,00280	0,00289	0,00298	0,00307	0,00317	0,00326	0,00336	0,00347	-2,7
-2,6	0,00357	0,00368	0,00379	0,00391	0,00402	0,00415	0,00427	0,00440	0,00453	0,00466	-2,6
-2,5	0,00480	0,00494	0,00508	0,00523	0,00539	0,00554	0,00570	0,00587	0,00604	0,00621	-2,5
-2,4	0,00639	0,00657	0,00676	0,00695	0,00714	0,00734	0,00755	0,00776	0,00798	0,00820	-2,4
-2,3	0,00842	0,00866	0,00889	0,00914	0,00939	0,00964	0,00990	0,01017	0,01044	0,01072	-2,3
-2,2	0,01101	0,01130	0,01160	0,01191	0,01222	0,01255	0,01287	0,01321	0,01355	0,01390	-2,2
-2,1	0,01426	0,01463	0,01500	0,01539	0,01578	0,01618	0,01659	0,01700	0,01743	0,01786	-2,1
-2,0	0,01831	0,01876	0,01923	0,01970	0,02018	0,02068	0,02118	0,02169	0,02222	0,02275	-2,0
-1,9	0,02330	0,02385	0,02442	0,02500	0,02559	0,02619	0,02680	0,02743	0,02807	0,02872	-1,9
-1,8	0,02938	0,03005	0,03074	0,03144	0,03216	0,03288	0,03362	0,03438	0,03515	0,03593	-1,8
-1,7	0,03673	0,03754	0,03836	0,03920	0,04006	0,04093	0,04182	0,04272	0,04363	0,04457	-1,7
-1,6	0,04551	0,04648	0,04746	0,04846	0,04947	0,05050	0,05155	0,05262	0,05370	0,05480	-1,6
-1,5	0,05592	0,05705	0,05821	0,05938	0,06057	0,06178	0,06301	0,06426	0,06552	0,06681	-1,5
-1,4	0,06811	0,06944	0,07078	0,07215	0,07353	0,07493	0,07636	0,07780	0,07927	0,08076	-1,4
-1,3	0,08226	0,08379	0,08534	0,08692	0,08851	0,09012	0,09176	0,09342	0,09510	0,09680	-1,3
-1,2	0,09853	0,10027	0,10204	0,10383	0,10565	0,10749	0,10935	0,11123	0,11314	0,11507	-1,2
-1,1	0,11702	0,11900	0,12100	0,12302	0,12507	0,12714	0,12924	0,13136	0,13350	0,13567	-1,1
-1,0	0,13786	0,14007	0,14231	0,14457	0,14686	0,14917	0,15151	0,15386	0,15625	0,15866	-1,0
-0,9	0,16109	0,16354	0,16602	0,16853	0,17106	0,17361	0,17619	0,17879	0,18141	0,18406	-0,9
-0,8	0,18673	0,18943	0,19215	0,19489	0,19766	0,20045	0,20327	0,20611	0,20897	0,21186	-0,8
-0,7	0,21476	0,21770	0,22065	0,22363	0,22663	0,22965	0,23270	0,23576	0,23885	0,24196	-0,7
-0,6	0,24510	0,24825	0,25143	0,25463	0,25785	0,26109	0,26435	0,26763	0,27093	0,27425	-0,6
-0,5	0,27760	0,28096	0,28434	0,28774	0,29116	0,29460	0,29806	0,30153	0,30503	0,30854	-0,5
-0,4	0,31207	0,31561	0,31918	0,32276	0,32636	0,32997	0,33360	0,33724	0,34090	0,34458	-0,4
-0,3	0,34827	0,35197	0,35569	0,35942	0,36317	0,36693	0,37070	0,37448	0,37828	0,38209	-0,3
-0,2	0,38591	0,38974	0,39358	0,39743	0,40129	0,40517	0,40905	0,41294	0,41683	0,42074	-0,2
-0,1	0,42465	0,42858	0,43251	0,43644	0,44038	0,44433	0,44828	0,45224	0,45620	0,46017	-0,1
0,0	0,46414	0,46812	0,47210	0,47608	0,48006	0,48405	0,48803	0,49202	0,49601	0,50000	0,0

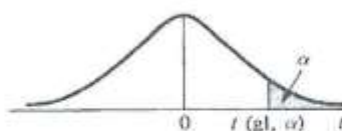
Continuación ... Distribución Normal Estándar

$$P(Z \leq 1,96) = 0,975$$



Segundo decimal de z											
z	0,00	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09	z
0,0	0,50000	0,50399	0,50798	0,51197	0,51595	0,51994	0,52392	0,52790	0,53188	0,53586	0,0
0,1	0,53983	0,54380	0,54776	0,55172	0,55567	0,55962	0,56356	0,56749	0,57142	0,57535	0,1
0,2	0,57926	0,58317	0,58706	0,59095	0,59483	0,59871	0,60257	0,60642	0,61026	0,61409	0,2
0,3	0,61791	0,62172	0,62552	0,62930	0,63307	0,63683	0,64058	0,64431	0,64803	0,65173	0,3
0,4	0,65542	0,65910	0,66276	0,66640	0,67003	0,67364	0,67724	0,68082	0,68439	0,68793	0,4
0,5	0,69146	0,69497	0,69847	0,70194	0,70540	0,70884	0,71226	0,71566	0,71904	0,72240	0,5
0,6	0,72575	0,72907	0,73237	0,73565	0,73891	0,74215	0,74537	0,74857	0,75175	0,75490	0,6
0,7	0,75804	0,76115	0,76424	0,76730	0,77035	0,77337	0,77637	0,77935	0,78230	0,78524	0,7
0,8	0,78814	0,79103	0,79389	0,79673	0,79955	0,80234	0,80511	0,80785	0,81057	0,81327	0,8
0,9	0,81594	0,81859	0,82121	0,82381	0,82639	0,82894	0,83147	0,83398	0,83646	0,83891	0,9
1,0	0,84134	0,84375	0,84614	0,84849	0,85083	0,85314	0,85543	0,85769	0,85993	0,86214	1,0
1,1	0,86433	0,86650	0,86864	0,87076	0,87286	0,87493	0,87698	0,87900	0,88100	0,88298	1,1
1,2	0,88493	0,88686	0,88877	0,89065	0,89251	0,89435	0,89617	0,89796	0,89973	0,90147	1,2
1,3	0,90320	0,90490	0,90658	0,90824	0,90988	0,91149	0,91308	0,91466	0,91621	0,91774	1,3
1,4	0,91924	0,92073	0,92220	0,92364	0,92507	0,92647	0,92785	0,92922	0,93056	0,93189	1,4
1,5	0,93319	0,93448	0,93574	0,93699	0,93822	0,93943	0,94062	0,94179	0,94295	0,94408	1,5
1,6	0,94520	0,94630	0,94738	0,94845	0,94950	0,95053	0,95154	0,95254	0,95352	0,95449	1,6
1,7	0,95543	0,95637	0,95728	0,95818	0,95907	0,95994	0,96080	0,96164	0,96246	0,96327	1,7
1,8	0,96407	0,96485	0,96562	0,96638	0,96712	0,96784	0,96856	0,96926	0,96995	0,97062	1,8
1,9	0,97128	0,97193	0,97257	0,97320	0,97381	0,97441	0,97500	0,97558	0,97615	0,97670	1,9
2,0	0,97725	0,97778	0,97831	0,97882	0,97932	0,97982	0,98030	0,98077	0,98124	0,98169	2,0
2,1	0,98214	0,98257	0,98300	0,98341	0,98382	0,98422	0,98461	0,98500	0,98537	0,98574	2,1
2,2	0,98610	0,98645	0,98679	0,98713	0,98745	0,98778	0,98809	0,98840	0,98870	0,98899	2,2
2,3	0,98928	0,98956	0,98983	0,99010	0,99036	0,99061	0,99086	0,99111	0,99134	0,99158	2,3
2,4	0,99180	0,99202	0,99224	0,99245	0,99266	0,99286	0,99305	0,99324	0,99343	0,99361	2,4
2,5	0,99379	0,99396	0,99413	0,99430	0,99446	0,99461	0,99477	0,99492	0,99506	0,99520	2,5
2,6	0,99534	0,99547	0,99560	0,99573	0,99585	0,99598	0,99609	0,99621	0,99632	0,99643	2,6
2,7	0,99653	0,99664	0,99674	0,99683	0,99693	0,99702	0,99711	0,99720	0,99728	0,99736	2,7
2,8	0,99744	0,99752	0,99760	0,99767	0,99774	0,99781	0,99788	0,99795	0,99801	0,99807	2,8
2,9	0,99813	0,99819	0,99825	0,99831	0,99836	0,99841	0,99846	0,99851	0,99856	0,99861	2,9
3,0	0,99865	0,99869	0,99874	0,99878	0,99882	0,99886	0,99889	0,99893	0,99896	0,99900	3,0
3,1	0,99903	0,99906	0,99910	0,99913	0,99916	0,99918	0,99921	0,99924	0,99926	0,99929	3,1
3,2	0,99931	0,99934	0,99936	0,99938	0,99940	0,99942	0,99944	0,99946	0,99948	0,99950	3,2
3,3	0,99952	0,99953	0,99955	0,99957	0,99958	0,99960	0,99961	0,99962	0,99964	0,99965	3,3
3,4	0,99966	0,99968	0,99969	0,99970	0,99971	0,99972	0,99973	0,99974	0,99975	0,99976	3,4
3,5	0,99977	0,99978	0,99978	0,99979	0,99980	0,99981	0,99981	0,99982	0,99983	0,99983	3,5
3,6	0,99984	0,99985	0,99985	0,99986	0,99986	0,99987	0,99987	0,99988	0,99988	0,99989	3,6
3,7	0,99989	0,99990	0,99990	0,99990	0,99991	0,99991	0,99992	0,99992	0,99992	0,99992	3,7
3,8	0,99993	0,99993	0,99993	0,99994	0,99994	0,99994	0,99994	0,99995	0,99995	0,99995	3,8
3,9	0,99995	0,99995	0,99996	0,99996	0,99996	0,99996	0,99996	0,99996	0,99997	0,99997	3,9
4,0	0,99997	0,99997	0,99997	0,99997	0,99997	0,99997	0,99998	0,99998	0,99998	0,99998	4,0

Tabla 6. Valores críticos Distribución *t* de Student



$$P(t_6 \leq 3,1427) = 0,99$$

g.l.	t _{0,600}	t _{0,700}	t _{0,750}	t _{0,800}	t _{0,900}	t _{0,950}	t _{0,975}	t _{0,990}	t _{0,995}	t _{0,999}	g.l.
1	0,3249	0,7265	1,0000	1,3764	3,0777	6,3138	12,7062	31,8205	63,6567	318,3088	1
2	0,2887	0,6172	0,8165	1,0607	1,8856	2,9200	4,3027	6,9646	9,9248	22,3271	2
3	0,2767	0,5844	0,7649	0,9785	1,6377	2,3534	3,1824	4,5407	5,8409	10,2145	3
4	0,2707	0,5686	0,7407	0,9410	1,5332	2,1318	2,7764	3,7469	4,6041	7,1732	4
5	0,2672	0,5594	0,7267	0,9195	1,4759	2,0150	2,5706	3,3649	4,0321	5,8934	5
6	0,2648	0,5534	0,7176	0,9057	1,4398	1,9432	2,4469	3,1427	3,7074	5,2076	6
7	0,2632	0,5491	0,7111	0,8960	1,4149	1,8946	2,3646	2,9980	3,4995	4,7853	7
8	0,2619	0,5459	0,7064	0,8889	1,3968	1,8595	2,3060	2,8965	3,3554	4,5008	8
9	0,2610	0,5435	0,7027	0,8834	1,3830	1,8331	2,2622	2,8214	3,2498	4,2968	9
10	0,2602	0,5415	0,6998	0,8791	1,3722	1,8125	2,2281	2,7638	3,1693	4,1437	10
11	0,2596	0,5399	0,6974	0,8755	1,3634	1,7959	2,2010	2,7181	3,1058	4,0247	11
12	0,2590	0,5386	0,6955	0,8726	1,3562	1,7823	2,1788	2,6810	3,0545	3,9296	12
13	0,2586	0,5375	0,6938	0,8702	1,3502	1,7709	2,1604	2,6503	3,0123	3,8520	13
14	0,2582	0,5366	0,6924	0,8681	1,3450	1,7613	2,1448	2,6245	2,9768	3,7874	14
15	0,2579	0,5357	0,6912	0,8662	1,3406	1,7531	2,1314	2,6025	2,9467	3,7328	15
16	0,2576	0,5350	0,6901	0,8647	1,3368	1,7459	2,1199	2,5835	2,9208	3,6862	16
17	0,2573	0,5344	0,6892	0,8633	1,3334	1,7396	2,1098	2,5669	2,8982	3,6458	17
18	0,2571	0,5338	0,6884	0,8620	1,3304	1,7341	2,1009	2,5524	2,8784	3,6105	18
19	0,2569	0,5333	0,6876	0,8610	1,3277	1,7291	2,0930	2,5395	2,8609	3,5794	19
20	0,2567	0,5329	0,6870	0,8600	1,3253	1,7247	2,0860	2,5280	2,8453	3,5518	20
21	0,2566	0,5325	0,6864	0,8591	1,3232	1,7207	2,0796	2,5176	2,8314	3,5272	21
22	0,2564	0,5321	0,6858	0,8583	1,3212	1,7171	2,0739	2,5083	2,8188	3,5050	22
23	0,2563	0,5317	0,6853	0,8575	1,3195	1,7139	2,0687	2,4999	2,8073	3,4850	23
24	0,2562	0,5314	0,6848	0,8569	1,3178	1,7109	2,0639	2,4922	2,7969	3,4668	24
25	0,2561	0,5312	0,6844	0,8562	1,3163	1,7081	2,0595	2,4851	2,7874	3,4502	25
26	0,2560	0,5309	0,6840	0,8557	1,3150	1,7056	2,0555	2,4786	2,7787	3,4350	26
27	0,2559	0,5306	0,6837	0,8551	1,3137	1,7033	2,0518	2,4727	2,7707	3,4210	27
28	0,2558	0,5304	0,6834	0,8546	1,3125	1,7011	2,0484	2,4671	2,7633	3,4082	28
29	0,2557	0,5302	0,6830	0,8542	1,3114	1,6991	2,0452	2,4620	2,7564	3,3962	29
30	0,2556	0,5300	0,6828	0,8538	1,3104	1,6973	2,0423	2,4573	2,7500	3,3852	30
35	0,2553	0,5292	0,6816	0,8520	1,3062	1,6896	2,0301	2,4377	2,7238	3,3400	35
40	0,2550	0,5286	0,6807	0,8507	1,3031	1,6839	2,0211	2,4233	2,7045	3,3069	40
60	0,2545	0,5272	0,6786	0,8477	1,2958	1,6706	2,0003	2,3901	2,6603	3,2317	60
80	0,2542	0,5265	0,6776	0,8461	1,2922	1,6641	1,9901	2,3739	2,6387	3,1953	80
100	0,2540	0,5261	0,6770	0,8452	1,2901	1,6602	1,9840	2,3642	2,6259	3,1737	100
∞	0,2534	0,5244	0,6745	0,8417	1,2816	1,6450	1,9602	2,3267	2,5763	3,0910	∞

TABLA 3-Distribución Chi Cuadrado χ^2

P = Probabilidad de encontrar un valor mayor o igual que el chi cuadrado tabulado, v = Grados de Libertad

v/p	0,001	0,0025	0,005	0,01	0,025	0,05	0,1	0,15	0,2	0,25	0,3	0,35	0,4	0,45	0,5
1	10,8274	9,1404	7,8794	6,6349	5,0239	3,8415	2,7055	2,0722	1,6424	1,3233	1,0742	0,8735	0,7083	0,5707	0,4549
2	13,8150	11,9827	10,5965	9,2104	7,3778	5,9915	4,6052	3,7942	3,2189	2,7726	2,4079	2,0996	1,8326	1,5970	1,3863
3	16,2660	14,3202	12,8381	11,3449	9,3484	7,8147	6,2514	5,3170	4,6416	4,0853	3,6649	3,2831	2,9462	2,6430	2,3660
4	18,4662	16,4238	14,8602	13,2767	11,1433	9,4877	7,7794	6,7449	5,9886	5,3853	4,8784	4,4377	4,0446	3,6871	3,3567
5	20,5147	18,3854	16,7496	15,0863	12,8325	11,0705	9,2363	8,1152	7,2893	6,6257	6,0644	5,5731	5,1319	4,7278	4,3515
6	22,4575	20,2491	18,5475	16,8119	14,4494	12,5916	10,6446	9,4461	8,5581	7,8408	7,2311	6,6948	6,2108	5,7652	5,3481
7	24,3213	22,0402	20,2777	18,4753	16,0128	14,0671	12,0170	10,7479	9,8032	9,0371	8,3834	7,8061	7,2832	6,8000	6,3458
8	26,1239	23,7742	21,9549	20,0902	17,5345	15,5073	13,3616	12,0271	11,0301	10,2189	9,5245	8,9094	8,3505	7,8325	7,3441
9	27,8767	25,4625	23,5893	21,6660	19,0228	16,9190	14,6837	13,2880	12,2421	11,3887	10,6564	10,0060	9,4136	8,8632	8,3428
10	29,5879	27,1119	25,1881	23,2093	20,4832	18,3070	15,9872	14,5339	13,4420	12,5489	11,7807	11,0971	10,4732	9,8922	9,3418
11	31,2635	28,7291	26,7569	24,7250	21,9200	19,6752	17,2750	15,7671	14,6314	13,7007	12,8987	12,1836	11,5298	10,9199	10,3410
12	32,9092	30,3182	28,2997	26,2170	23,3367	21,0261	18,5493	16,9893	15,8120	14,8454	14,0111	13,2661	12,5838	11,9463	11,3403
13	34,5274	31,8830	29,8193	27,6882	24,7356	22,3620	19,8119	18,2020	16,9848	15,9839	15,1187	14,3451	13,6356	12,9717	12,3398
14	36,1239	33,4262	31,3194	29,1412	26,1189	23,6848	21,0641	19,4062	18,1508	17,1169	16,2221	15,4209	14,6853	13,9961	13,3393
15	37,6978	34,9494	32,8015	30,5780	27,4884	24,9558	22,3071	20,6030	19,3107	18,2451	17,3217	16,4940	15,7332	15,0197	14,3389
16	39,2518	36,4555	34,2671	31,9999	28,8453	26,2962	23,5418	21,7931	20,4651	19,3689	18,4179	17,5646	16,7795	16,0425	15,3385
17	40,7911	37,9462	35,7184	33,4087	30,1910	27,5871	24,7690	22,9770	21,6146	20,4887	19,5110	18,6330	17,8244	17,0646	16,3382
18	42,3119	39,4220	37,1564	34,8052	31,5264	28,8693	25,9894	24,1555	22,7595	21,6049	20,6014	19,6993	18,8679	18,0860	17,3379
19	43,8194	40,8847	38,5821	36,1908	32,8523	30,1435	27,2036	25,3289	23,9004	22,7178	21,6891	20,7638	19,9102	19,1069	18,3376
20	45,3142	42,3358	39,9969	37,5663	34,1696	31,4104	28,4120	26,4976	25,0375	23,8277	22,7745	21,8265	20,9514	20,1272	19,3374
21	46,7963	43,7749	41,4009	38,9322	35,4789	32,6706	29,6151	27,6620	26,1711	24,9348	23,8578	22,8876	21,9915	21,1470	20,3372
22	48,2676	45,2041	42,7957	40,2894	36,7807	33,9245	30,8133	28,8224	27,3015	26,0393	24,9390	23,9473	23,0307	22,1663	21,3370
23	49,7276	46,6231	44,1814	41,6383	38,0756	35,1725	32,0069	29,9792	28,4288	27,1413	26,0184	25,0055	24,0689	23,1852	22,3369
24	51,1790	48,0336	45,5584	42,9798	39,3641	36,4150	33,1962	31,1325	29,5533	28,2412	27,0960	26,0625	25,1064	24,2037	23,3367
25	52,6187	49,4351	46,9280	44,3140	40,6465	37,6525	34,3816	32,2825	30,6752	29,3388	28,1719	27,1183	26,1430	25,2218	24,3366
26	54,0511	50,8291	48,2898	45,6416	41,9231	38,8851	35,5632	33,4295	31,7946	30,4346	29,2463	28,1730	27,1789	26,2395	25,3365
27	55,4751	52,2152	49,6450	46,9628	43,1945	40,1133	36,7412	34,5736	32,9117	31,5284	30,3193	29,2266	28,2141	27,2569	26,3363
28	56,8918	53,5939	50,9936	48,2782	44,4608	41,3372	37,9159	35,7150	34,0266	32,6205	31,3909	30,2791	29,2486	28,2740	27,3362
29	58,3006	54,9662	52,3355	49,5878	45,7223	42,5569	39,0875	36,8538	35,1394	33,7109	32,4612	31,3308	30,2825	29,2908	28,3361

TABLA 3-Distribución Chi Cuadrado χ^2 . (Continuación)

v/p	0,001	0,0025	0,005	0,01	0,025	0,05	0,1	0,15	0,2	0,25	0,3	0,35	0,4	0,45	0,5
30	59,7022	56,3325	53,6719	50,8922	46,9792	43,7730	40,2560	37,9902	36,2502	34,7997	33,5302	32,3815	31,3159	30,3073	29,3360
31	61,0980	57,6921	55,0025	52,1914	48,2319	44,9853	41,4217	39,1244	37,3591	35,8871	34,5981	33,4314	32,3486	31,3235	30,3359
32	62,4873	59,0461	56,3280	53,4857	49,4804	46,1942	42,5847	40,2563	38,4663	36,9730	35,6649	34,4804	33,3809	32,3394	31,3359
33	63,8694	60,3953	57,6483	54,7754	50,7251	47,3999	43,7452	41,3861	39,5718	38,0575	36,7307	35,5287	34,4126	33,3551	32,3358
34	65,2471	61,7382	58,9637	56,0609	51,9660	48,6024	44,9032	42,5140	40,6756	39,1408	37,7954	36,5763	35,4438	34,3706	33,3357
35	66,6192	63,0760	60,2746	57,3420	53,2033	49,8018	46,0588	43,6399	41,7780	40,2228	38,8591	37,6231	36,4746	35,3858	34,3356
36	67,9850	64,4097	61,5811	58,6192	54,4373	50,9985	47,2122	44,7641	42,8788	41,3036	39,9220	38,6693	37,5049	36,4008	35,3356
37	69,3476	65,7384	62,8832	59,8926	55,6680	52,1923	48,3634	45,8864	43,9782	42,3833	40,9839	39,7148	38,5348	37,4156	36,3355
38	70,7039	67,0628	64,1812	61,1620	56,8955	53,3835	49,5126	47,0072	45,0763	43,4619	42,0450	40,7597	39,5643	38,4302	37,3354
39	72,0550	68,3830	65,4753	62,4281	58,1201	54,5722	50,6598	48,1263	46,1730	44,5395	43,1053	41,8040	40,5935	39,4446	38,3354
40	73,4029	69,6987	66,7660	63,6908	59,3417	55,7585	51,8050	49,2438	47,2685	45,6160	44,1649	42,8477	41,6222	40,4589	39,3353
45	80,0776	76,2229	73,1660	69,9569	65,4101	61,6562	57,5053	54,8105	52,7288	50,9849	49,4517	48,0584	46,7607	45,5274	44,3351
50	86,6603	82,6637	79,4898	76,1538	71,4202	67,5048	63,1671	60,3460	58,1638	56,3336	54,7228	53,2576	51,8916	50,5923	49,3349
55	93,1671	89,0344	85,7491	82,2920	77,3804	73,3115	68,7962	65,8550	63,5772	61,6650	59,9804	58,4469	57,0160	55,6539	54,3348
60	99,6078	95,3443	91,9518	88,3794	83,2977	79,0820	74,3970	71,3411	68,9721	66,9815	65,2265	63,6277	62,1348	60,7128	59,3347
70	112,3167	107,8079	104,2148	100,4251	95,0231	90,5313	85,5270	82,2553	79,7147	77,5766	75,6893	73,9677	72,3583	70,8236	69,3345
80	124,8389	120,1018	116,3209	112,3288	106,6285	101,8795	96,5782	93,1058	90,4053	88,1303	86,1197	84,2840	82,5663	80,9266	79,3343
90	137,2082	132,2554	128,2987	124,1162	118,1359	113,1452	107,5650	103,9040	101,0537	98,6499	96,5238	94,5809	92,7614	91,0234	89,3342
100	149,4488	144,2925	140,1697	135,8069	129,5613	124,3421	118,4980	114,6588	111,6667	109,1412	106,9058	104,8615	102,9459	101,1149	99,3341
120	173,6184	168,0814	163,6485	158,9500	152,2113	146,5673	140,2326	136,0620	132,8063	130,0546	127,6159	125,3833	123,2890	121,2850	119,3340
140	197,4498	191,5653	186,8465	181,8405	174,6478	168,6130	161,8270	157,3517	153,8537	150,8941	148,2686	145,8629	143,6043	141,4413	139,3339
160	221,0197	214,8081	209,8238	204,5300	196,9152	190,5164	183,3106	178,5517	174,8283	171,6752	168,8759	166,3092	163,8977	161,5868	159,3338
180	244,3723	237,8548	232,6198	227,0563	219,0442	212,3039	204,7036	199,6786	195,7434	192,4086	189,4462	186,7282	184,1732	181,7234	179,3338
200	267,5388	260,7350	255,2638	249,4452	241,0578	233,9942	226,0210	220,7441	216,6088	213,1022	209,9854	207,1244	204,4337	201,8526	199,3337
250	324,8306	317,3609	311,3460	304,9393	295,6885	287,8815	279,0504	273,1944	268,5987	264,6970	261,2253	258,0355	255,0327	252,1497	249,3337
300	381,4239	373,3509	366,8439	359,9064	349,8745	341,3951	331,7885	325,4090	320,3971	316,1383	312,3460	308,8589	305,5741	302,4182	299,3336
500	603,4458	593,3580	585,2060	576,4931	563,8514	553,1269	540,9303	532,8028	526,4014	520,9505	516,0874	511,6081	507,3816	503,3147	499,3335
600	712,7726	701,8322	692,9809	683,5155	669,7690	658,0936	644,8004	635,9329	628,8157	622,9876	617,6713	612,7718	608,1468	603,6942	599,3335

TABLA 3-Distribución Chi Cuadrado χ^2 . (Continuación)

v/p	0,55	0,6	0,65	0,7	0,75	0,8	0,85	0,9	0,95	0,975	0,99	0,995	0,9975	0,999
1	0,3573	0,2750	0,2059	0,1485	0,1015	0,0642	0,0358	0,0158	0,0039	0,0010	0,0002	0,0000	0,0000	0,0000
2	1,1957	1,0217	0,8616	0,7133	0,5754	0,4463	0,3250	0,2107	0,1026	0,0506	0,0201	0,0100	0,0050	0,0020
3	2,1095	1,8692	1,6416	1,4237	1,2125	1,0052	0,7978	0,5844	0,3518	0,2158	0,1148	0,0717	0,0449	0,0243
4	3,0469	2,7528	2,4701	2,1947	1,9226	1,6488	1,3665	1,0636	0,7107	0,4844	0,2971	0,2070	0,1449	0,0908
5	3,9959	3,6555	3,3251	2,9999	2,6746	2,3425	1,9938	1,6103	1,1455	0,8312	0,5543	0,4118	0,3075	0,2102
6	4,9519	4,5702	4,1973	3,8276	3,4546	3,0701	2,6613	2,2041	1,6354	1,2373	0,8721	0,6757	0,5266	0,3810
7	5,9125	5,4932	5,0816	4,6713	4,2549	3,8223	3,3583	2,8331	2,1673	1,6899	1,2390	0,9893	0,7945	0,5985
8	6,8766	6,4226	5,9753	5,5274	5,0706	4,5936	4,0782	3,4895	2,7326	2,1797	1,6465	1,3444	1,1042	0,8571
9	7,8434	7,3570	6,8763	6,3933	5,8988	5,3801	4,8165	4,1682	3,3351	2,7004	2,0879	1,7349	1,4501	1,1519
10	8,8124	8,2955	7,7832	7,2672	6,7372	6,1791	5,5701	4,8652	3,9403	3,2470	2,5582	2,1558	1,8274	1,4787
11	9,7831	9,2373	8,6952	8,1479	7,5841	6,9887	6,3364	5,5778	4,5748	3,8157	3,0535	2,6032	2,2321	1,8338
12	10,7553	10,1820	9,6115	9,0343	8,4384	7,8073	7,1138	6,3038	5,2260	4,4038	3,5706	3,0738	2,6612	2,2141
13	11,7288	11,1291	10,5315	9,9257	9,2991	8,6339	7,9008	7,0415	5,8919	5,0087	4,1069	3,5650	3,1118	2,6172
14	12,7034	12,0785	11,4548	10,8215	10,1653	9,4673	8,6963	7,7895	6,5706	5,6287	4,6604	4,0747	3,5820	3,0407
15	13,6790	13,0298	12,3809	11,7212	11,0365	10,3070	9,4993	8,5468	7,2609	6,2621	5,2294	4,6009	4,0697	3,4825
16	14,6555	13,9827	13,3096	12,6243	11,9122	11,1521	10,3090	9,3122	7,9616	6,9077	5,8122	5,1422	4,5734	3,9417
17	15,6328	14,9373	14,2406	13,5307	12,7919	12,0023	11,1249	10,0852	8,6718	7,5642	6,4077	5,6973	5,0916	4,4162
18	16,6108	15,8932	15,1738	14,4399	13,6753	12,8570	11,9462	10,8649	9,3904	8,2307	7,0149	6,2648	5,6234	4,9048
19	17,5894	16,8504	16,1089	15,3517	14,5620	13,7158	12,7727	11,6509	10,1170	8,9065	7,6327	6,8439	6,1673	5,4067
20	18,5687	17,8088	17,0458	16,2659	15,4518	14,5784	13,6039	12,4426	10,8508	9,5908	8,2604	7,4338	6,7228	5,9210
21	19,5485	18,7683	17,9843	17,1823	16,3444	15,4446	14,4393	13,2396	11,5913	10,2829	8,8972	8,0336	7,2889	6,4467
22	20,5288	19,7288	18,9243	18,1007	17,2396	16,3140	15,2787	14,0415	12,3380	10,9823	9,5425	8,6427	7,8648	6,9829
23	21,5095	20,6902	19,8657	19,0211	18,1373	17,1865	16,1219	14,8480	13,0905	11,6885	10,1957	9,2604	8,4503	7,5291
24	22,4908	21,6525	20,8084	19,9432	19,0373	18,0618	16,9686	15,6587	13,8484	12,4011	10,8563	9,8862	9,0441	8,0847
25	23,4724	22,6156	21,7524	20,8670	19,9393	18,9397	17,8184	16,4734	14,6114	13,1197	11,5240	10,5196	9,6462	8,6494
26	24,4544	23,5794	22,6075	21,7924	20,8434	19,8202	18,6714	17,2919	15,3792	13,8439	12,1982	11,1602	10,2561	9,2222
27	25,4367	24,5440	23,6337	22,7192	21,7494	20,7030	19,5272	18,1139	16,1514	14,5734	12,8785	11,8077	10,8733	9,8029
28	26,4195	25,5092	24,5909	23,6475	22,6572	21,5880	20,3857	18,9392	16,9279	15,3079	13,5647	12,4613	11,4973	10,3907
29	27,4025	26,4751	25,5391	24,5770	23,5666	22,4751	21,2468	19,7677	17,7084	16,0471	14,2564	13,1211	12,1278	10,9861

TABLA 3-Distribución Chi Cuadrado χ^2 . (Continuación)

v/p	0,55	0,6	0,65	0,7	0,75	0,8	0,85	0,9	0,95	0,975	0,99	0,995	0,9975	0,999
30	28,3858	27,4416	26,4881	25,5078	24,4776	23,3641	22,1103	20,5992	18,4927	16,7908	14,9535	13,7867	12,7646	11,5876
31	29,3694	28,4087	27,4381	26,4397	25,3901	24,2551	22,9762	21,4336	19,2806	17,5387	15,6555	14,4577	13,4073	12,1961
32	30,3533	29,3763	28,3889	27,3728	26,3041	25,1478	23,8442	22,2706	20,0719	18,2908	16,3622	15,1340	14,0555	12,8104
33	31,3375	30,3444	29,3405	28,3069	27,2194	26,0422	24,7143	23,1102	20,8665	19,0467	17,0735	15,8152	14,7092	13,4312
34	32,3219	31,3130	30,2928	29,2421	28,1361	26,9383	25,5864	23,9522	21,6643	19,8062	17,7891	16,5013	15,3679	14,0568
35	33,3065	32,2821	31,2458	30,1782	29,0540	27,8359	26,4604	24,7966	22,4650	20,5694	18,5089	17,1917	16,0315	14,6881
36	34,2913	33,2517	32,1995	31,1152	29,9730	28,7350	27,3363	25,6433	23,2686	21,3359	19,2326	17,8868	16,7000	15,3243
37	35,2764	34,2216	33,1539	32,0532	30,8933	29,6355	28,2138	26,4921	24,0749	22,1056	19,9603	18,5859	17,3730	15,9652
38	36,2617	35,1920	34,1089	32,9919	31,8146	30,5373	29,0931	27,3430	24,8839	22,8785	20,6914	19,2888	18,0501	16,6109
39	37,2472	36,1628	35,0645	33,9315	32,7369	31,4405	29,9739	28,1958	25,6954	23,6543	21,4261	19,9958	18,7318	17,2612
40	38,2328	37,1340	36,0207	34,8719	33,6603	32,3449	30,8563	29,0505	26,5093	24,4331	22,1642	20,7066	19,4171	17,9166
45	43,1638	41,9950	40,8095	39,5847	38,2910	36,8844	35,2895	33,3504	30,6123	28,3662	25,9012	24,3110	22,8994	21,2509
50	48,0986	46,8638	45,6100	44,3133	42,9421	41,4492	39,7539	37,6886	34,7642	32,3574	29,7067	27,9908	26,4636	24,6736
55	53,0367	51,7391	50,4204	49,0554	47,6105	46,0356	44,2448	42,0596	38,9581	36,3981	33,5705	31,7349	30,0974	28,1731
60	57,9775	56,6200	55,2394	53,8091	52,2938	50,6406	48,7587	46,4589	43,1880	40,4817	37,4848	35,5344	33,7909	31,7381
70	67,8664	66,3961	64,8990	63,3460	61,6983	59,8978	57,8443	55,3289	51,7393	48,7575	45,4417	43,2753	41,3323	39,0358
80	77,7631	76,1879	74,5825	72,9153	71,1445	69,2070	66,9938	64,2778	60,3915	57,1532	53,5400	51,1719	49,0430	46,5197
90	87,6661	85,9925	84,2854	82,5111	80,6247	78,5584	76,1954	73,2911	69,1260	65,6466	61,7540	59,1963	56,8918	54,1559
100	97,5744	95,8078	94,0046	92,1290	90,1332	87,9453	85,4406	82,3581	77,9294	74,2219	70,0650	67,3275	64,8571	61,9182
120	117,4041	115,4646	113,4825	111,4186	109,2197	106,8056	104,0374	100,6236	95,7046	91,5726	86,9233	83,8517	81,0726	77,7555
140	137,2476	135,1491	133,0028	130,7657	128,3800	125,7580	122,7476	119,0293	113,6594	109,1368	104,0343	100,6547	97,5908	93,9253
160	157,1019	154,8555	152,5564	150,1583	147,5988	144,7834	141,5475	137,5457	131,7560	126,8700	121,3457	117,6791	114,3496	110,3592
180	176,9652	174,5799	172,1373	169,5879	166,8653	163,8682	160,4206	156,1526	149,9687	144,7413	138,8205	134,8843	131,3050	127,0114
200	196,8359	194,3193	191,7409	189,0486	186,1717	183,0028	179,3550	174,8353	168,2785	162,7280	156,4321	152,2408	148,4262	143,8420
250	246,5387	243,7202	240,8297	237,8085	234,5768	231,0128	226,9048	221,8059	214,3915	208,0978	200,9387	196,1604	191,8020	186,5537
300	296,2700	293,1786	290,0062	286,6878	283,1353	279,2143	274,6901	269,0679	260,8781	253,9122	245,9727	240,6631	235,8126	229,9620
500	495,3734	491,3709	487,2569	482,9462	478,3231	473,2099	467,2962	459,9261	449,1467	439,9360	429,3874	422,3034	415,8081	407,9458
600	594,9938	590,6057	586,0930	581,3623	576,2859	570,6681	564,1661	556,0560	544,1801	534,0185	522,3654	514,5285	507,3385	498,6219

Tabla 5. VALORES F DE LA DISTRIBUCIÓN F DE FISHER

1 - $\alpha = 0.9$
1 - $\alpha = P (F \leq f_{\alpha, v_1, v_2})$
 v_1 = grados de libertad del numerador
 v_2 = grados de libertad del denominador

$\frac{v_2}{v_1}$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	39.864	49.500	53.693	56.833	57.240	58.204	58.906	59.439	59.857	60.195	60.473	60.705	60.902	61.073	61.220	61.350	61.465	61.566	61.658	61.740
2	8.526	9.000	9.162	9.243	9.293	9.326	9.349	9.367	9.381	9.392	9.401	9.408	9.415	9.420	9.425	9.429	9.433	9.436	9.439	9.441
3	5.538	5.462	5.391	5.343	5.309	5.285	5.266	5.252	5.240	5.230	5.222	5.216	5.210	5.206	5.200	5.196	5.193	5.190	5.187	5.184
4	4.545	4.325	4.191	4.107	4.051	4.010	3.979	3.955	3.936	3.920	3.907	3.896	3.886	3.878	3.870	3.864	3.858	3.853	3.848	3.844
5	4.060	3.780	3.619	3.520	3.453	3.405	3.368	3.339	3.316	3.297	3.282	3.268	3.257	3.247	3.238	3.230	3.223	3.217	3.212	3.207
6	3.776	3.463	3.289	3.181	3.108	3.055	3.014	2.983	2.958	2.937	2.920	2.905	2.892	2.881	2.871	2.863	2.855	2.848	2.842	2.836
7	3.589	3.257	3.074	2.961	2.883	2.827	2.785	2.752	2.725	2.703	2.684	2.668	2.654	2.643	2.632	2.623	2.615	2.607	2.601	2.595
8	3.458	3.113	2.924	2.806	2.726	2.668	2.624	2.589	2.561	2.538	2.519	2.502	2.488	2.475	2.464	2.454	2.446	2.438	2.431	2.425
9	3.360	3.006	2.813	2.693	2.611	2.551	2.505	2.469	2.440	2.416	2.396	2.379	2.364	2.351	2.340	2.330	2.320	2.312	2.305	2.298
10	3.285	2.924	2.728	2.605	2.522	2.461	2.414	2.377	2.347	2.323	2.302	2.284	2.269	2.255	2.244	2.233	2.224	2.215	2.208	2.201
11	3.225	2.860	2.660	2.535	2.451	2.389	2.342	2.304	2.274	2.248	2.227	2.209	2.193	2.179	2.167	2.156	2.147	2.138	2.130	2.123
12	3.177	2.807	2.606	2.480	2.394	2.331	2.283	2.245	2.214	2.188	2.166	2.147	2.131	2.117	2.105	2.094	2.084	2.075	2.067	2.060
13	3.136	2.763	2.560	2.434	2.347	2.283	2.234	2.195	2.164	2.138	2.116	2.097	2.080	2.066	2.053	2.042	2.032	2.023	2.014	2.007
14	3.102	2.726	2.522	2.395	2.307	2.243	2.193	2.154	2.122	2.096	2.073	2.054	2.037	2.022	2.010	1.998	1.988	1.978	1.970	1.962
15	3.073	2.695	2.490	2.361	2.273	2.208	2.158	2.119	2.086	2.059	2.037	2.017	2.000	1.985	1.972	1.961	1.950	1.941	1.932	1.924
16	3.048	2.668	2.462	2.333	2.244	2.178	2.128	2.088	2.055	2.028	2.005	1.985	1.968	1.953	1.940	1.928	1.917	1.908	1.899	1.891
17	3.026	2.645	2.437	2.308	2.218	2.152	2.102	2.061	2.028	2.001	1.978	1.958	1.941	1.925	1.912	1.900	1.889	1.879	1.870	1.862
18	3.007	2.624	2.416	2.286	2.196	2.130	2.079	2.038	2.005	1.977	1.954	1.933	1.916	1.900	1.887	1.875	1.864	1.854	1.845	1.837
19	2.990	2.606	2.397	2.266	2.176	2.109	2.058	2.017	1.984	1.956	1.932	1.912	1.894	1.878	1.865	1.852	1.841	1.831	1.822	1.814
20	2.975	2.589	2.380	2.249	2.158	2.091	2.040	1.999	1.965	1.937	1.913	1.892	1.875	1.859	1.845	1.833	1.821	1.811	1.802	1.794
21	2.961	2.575	2.365	2.233	2.142	2.075	2.023	1.982	1.948	1.920	1.896	1.875	1.857	1.841	1.827	1.815	1.803	1.793	1.784	1.776
22	2.949	2.561	2.351	2.219	2.128	2.060	2.008	1.967	1.933	1.904	1.880	1.859	1.841	1.825	1.811	1.798	1.787	1.777	1.768	1.759
23	2.937	2.549	2.339	2.207	2.115	2.047	1.995	1.953	1.919	1.890	1.866	1.845	1.827	1.811	1.796	1.784	1.772	1.762	1.753	1.744
24	2.927	2.538	2.327	2.195	2.103	2.035	1.983	1.941	1.906	1.877	1.853	1.832	1.814	1.797	1.783	1.770	1.759	1.748	1.739	1.730
25	2.918	2.528	2.317	2.184	2.092	2.024	1.971	1.929	1.895	1.866	1.841	1.820	1.802	1.785	1.771	1.758	1.746	1.736	1.726	1.718
26	2.909	2.519	2.307	2.174	2.082	2.014	1.961	1.919	1.884	1.855	1.830	1.809	1.790	1.774	1.760	1.747	1.735	1.724	1.715	1.706
27	2.901	2.511	2.299	2.165	2.073	2.005	1.952	1.909	1.874	1.845	1.820	1.799	1.780	1.764	1.749	1.736	1.724	1.714	1.704	1.695
28	2.894	2.503	2.291	2.157	2.064	1.996	1.943	1.900	1.865	1.836	1.811	1.790	1.771	1.754	1.740	1.726	1.715	1.704	1.694	1.685
29	2.887	2.495	2.283	2.149	2.057	1.988	1.935	1.892	1.857	1.827	1.802	1.781	1.762	1.745	1.731	1.717	1.705	1.695	1.685	1.676
30	2.881	2.489	2.276	2.142	2.049	1.980	1.927	1.884	1.849	1.819	1.794	1.773	1.754	1.737	1.722	1.709	1.697	1.686	1.676	1.667
40	2.835	2.440	2.226	2.091	1.997	1.927	1.873	1.829	1.793	1.763	1.737	1.715	1.695	1.678	1.662	1.649	1.636	1.625	1.615	1.605
50	2.809	2.412	2.197	2.061	1.966	1.895	1.840	1.795	1.758	1.728	1.702	1.680	1.660	1.643	1.627	1.613	1.600	1.588	1.578	1.568
60	2.791	2.393	2.177	2.041	1.946	1.875	1.819	1.773	1.736	1.707	1.681	1.659	1.637	1.620	1.603	1.589	1.576	1.564	1.553	1.543
70	2.779	2.380	2.164	2.027	1.931	1.860	1.804	1.758	1.721	1.691	1.665	1.643	1.621	1.603	1.587	1.572	1.559	1.547	1.536	1.526
80	2.769	2.370	2.154	2.016	1.921	1.849	1.793	1.746	1.710	1.679	1.653	1.631	1.609	1.590	1.574	1.559	1.546	1.534	1.523	1.513
90	2.762	2.363	2.146	2.008	1.912	1.841	1.785	1.739	1.702	1.670	1.643	1.620	1.599	1.581	1.564	1.549	1.536	1.524	1.513	1.503
100	2.756	2.356	2.139	2.000	1.904	1.834	1.778	1.732	1.695	1.663	1.636	1.612	1.592	1.573	1.557	1.542	1.528	1.516	1.505	1.494
200	2.731	2.329	2.111	1.973	1.876	1.804	1.747	1.701	1.663	1.631	1.603	1.579	1.558	1.539	1.522	1.507	1.493	1.480	1.468	1.458
500	2.716	2.313	2.095	1.956	1.859	1.786	1.729	1.683	1.644	1.612	1.583	1.559	1.537	1.518	1.501	1.485	1.471	1.458	1.446	1.435
1000	2.711	2.308	2.089	1.950	1.853	1.780	1.723	1.676	1.638	1.605	1.577	1.552	1.531	1.511	1.494	1.478	1.464	1.451	1.439	1.428

Elaborada por Irene Patricia Valdez y Alfaro.

Tabla 5. VALORES F DE LA DISTRIBUCIÓN F DE FISHER

1 - α = 0.9

1 - α = P (F $\leq$ f _{α ,v₁,v₂})

$\frac{v_1}{v_2}$	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	40	50	60	70	80	90	100	200	500	1000
1	61.815	61.883	61.945	62.002	62.055	62.103	62.148	62.189	62.229	62.265	62.299	62.329	62.358	62.384	62.407	62.427	62.442	63.167	63.264	63.296
2	9.444	9.446	9.448	9.450	9.451	9.453	9.454	9.456	9.457	9.458	9.459	9.460	9.461	9.462	9.463	9.464	9.465	9.486	9.489	9.490
3	5.182	5.180	5.178	5.176	5.175	5.173	5.172	5.170	5.169	5.168	5.167	5.166	5.165	5.164	5.163	5.162	5.161	5.144	5.139	5.135
4	3.841	3.837	3.834	3.831	3.828	3.826	3.823	3.821	3.819	3.817	3.815	3.813	3.811	3.809	3.807	3.805	3.803	3.778	3.769	3.762
5	3.202	3.198	3.194	3.191	3.187	3.184	3.181	3.179	3.176	3.174	3.171	3.168	3.165	3.162	3.159	3.156	3.153	3.126	3.116	3.107
6	2.831	2.827	2.822	2.818	2.815	2.811	2.808	2.805	2.803	2.800	2.797	2.794	2.791	2.788	2.785	2.782	2.779	2.746	2.734	2.725
7	2.589	2.584	2.580	2.575	2.571	2.568	2.564	2.561	2.558	2.555	2.552	2.549	2.546	2.543	2.540	2.537	2.534	2.497	2.484	2.473
8	2.419	2.414	2.409	2.404	2.400	2.396	2.392	2.389	2.386	2.383	2.380	2.377	2.374	2.371	2.368	2.365	2.362	2.321	2.307	2.295
9	2.292	2.287	2.282	2.277	2.272	2.268	2.265	2.262	2.259	2.255	2.252	2.249	2.246	2.243	2.240	2.237	2.234	2.189	2.174	2.162
10	2.194	2.189	2.183	2.178	2.174	2.170	2.166	2.162	2.159	2.155	2.152	2.149	2.146	2.143	2.140	2.137	2.134	2.087	2.071	2.059
11	2.117	2.111	2.105	2.100	2.095	2.091	2.087	2.083	2.080	2.076	2.072	2.068	2.065	2.062	2.059	2.056	2.053	2.005	1.989	1.975
12	2.053	2.047	2.041	2.036	2.031	2.027	2.022	2.019	2.015	2.011	2.007	2.003	2.000	1.996	1.993	1.990	1.987	1.938	1.921	1.907
13	2.000	1.994	1.988	1.983	1.978	1.973	1.969	1.965	1.961	1.958	1.954	1.950	1.947	1.943	1.940	1.937	1.934	1.884	1.866	1.850
14	1.955	1.949	1.943	1.938	1.933	1.928	1.923	1.919	1.916	1.912	1.908	1.904	1.901	1.897	1.894	1.891	1.888	1.836	1.818	1.801
15	1.917	1.911	1.905	1.899	1.894	1.889	1.885	1.880	1.876	1.873	1.869	1.865	1.862	1.858	1.855	1.852	1.849	1.796	1.778	1.761
16	1.884	1.877	1.871	1.866	1.860	1.855	1.851	1.847	1.843	1.839	1.835	1.831	1.828	1.824	1.821	1.818	1.815	1.761	1.743	1.726
17	1.855	1.848	1.842	1.836	1.831	1.826	1.821	1.817	1.813	1.809	1.805	1.801	1.798	1.794	1.791	1.788	1.785	1.730	1.712	1.695
18	1.829	1.823	1.816	1.810	1.805	1.800	1.795	1.791	1.787	1.783	1.779	1.775	1.771	1.767	1.764	1.761	1.758	1.702	1.684	1.667
19	1.807	1.800	1.793	1.787	1.782	1.777	1.772	1.767	1.763	1.759	1.755	1.751	1.747	1.743	1.740	1.737	1.734	1.677	1.659	1.642
20	1.786	1.779	1.773	1.767	1.761	1.756	1.751	1.746	1.742	1.738	1.734	1.730	1.726	1.722	1.719	1.716	1.713	1.655	1.637	1.620
21	1.768	1.761	1.754	1.748	1.742	1.737	1.732	1.728	1.723	1.719	1.715	1.711	1.707	1.703	1.700	1.697	1.694	1.635	1.617	1.600
22	1.751	1.744	1.737	1.731	1.726	1.720	1.715	1.711	1.706	1.702	1.698	1.694	1.690	1.686	1.683	1.680	1.677	1.617	1.599	1.582
23	1.736	1.729	1.722	1.716	1.710	1.705	1.700	1.695	1.691	1.686	1.682	1.678	1.674	1.670	1.667	1.664	1.661	1.600	1.582	1.565
24	1.722	1.715	1.708	1.702	1.696	1.691	1.686	1.681	1.676	1.672	1.668	1.664	1.660	1.656	1.653	1.650	1.647	1.585	1.567	1.550
25	1.710	1.702	1.695	1.689	1.683	1.678	1.672	1.668	1.663	1.659	1.655	1.651	1.647	1.643	1.640	1.637	1.634	1.571	1.553	1.536
26	1.698	1.690	1.683	1.677	1.671	1.666	1.660	1.656	1.651	1.647	1.643	1.639	1.635	1.631	1.628	1.625	1.622	1.559	1.541	1.524
27	1.687	1.680	1.673	1.666	1.660	1.655	1.649	1.645	1.640	1.636	1.632	1.628	1.624	1.620	1.617	1.614	1.611	1.547	1.529	1.512
28	1.677	1.669	1.662	1.655	1.650	1.644	1.639	1.634	1.630	1.625	1.621	1.617	1.613	1.609	1.605	1.602	1.600	1.535	1.517	1.500
29	1.668	1.660	1.653	1.647	1.640	1.635	1.630	1.625	1.620	1.616	1.611	1.607	1.603	1.599	1.595	1.592	1.590	1.524	1.506	1.489
30	1.659	1.651	1.644	1.638	1.632	1.626	1.621	1.616	1.611	1.606	1.602	1.598	1.594	1.590	1.586	1.583	1.580	1.513	1.495	1.478
40	1.596	1.588	1.581	1.574	1.568	1.562	1.556	1.551	1.546	1.541	1.536	1.531	1.526	1.521	1.517	1.514	1.511	1.443	1.424	1.407
50	1.559	1.551	1.543	1.536	1.529	1.523	1.517	1.512	1.507	1.502	1.497	1.492	1.487	1.482	1.477	1.473	1.470	1.400	1.381	1.364
60	1.534	1.526	1.518	1.511	1.504	1.498	1.492	1.486	1.481	1.475	1.470	1.465	1.460	1.455	1.450	1.445	1.441	1.369	1.350	1.333
70	1.517	1.508	1.500	1.493	1.486	1.479	1.473	1.467	1.462	1.456	1.451	1.445	1.440	1.435	1.430	1.425	1.421	1.348	1.329	1.312
80	1.503	1.495	1.487	1.479	1.472	1.465	1.459	1.453	1.448	1.443	1.437	1.432	1.427	1.422	1.417	1.412	1.408	1.334	1.315	1.298
90	1.493	1.484	1.476	1.468	1.461	1.455	1.448	1.442	1.437	1.432	1.427	1.422	1.417	1.412	1.407	1.403	1.400	1.325	1.306	1.289
100	1.485	1.476	1.468	1.460	1.453	1.446	1.440	1.434	1.428	1.423	1.418	1.413	1.408	1.403	1.398	1.393	1.390	1.314	1.295	1.278
200	1.448	1.438	1.430	1.422	1.414	1.407	1.400	1.394	1.388	1.383	1.378	1.373	1.368	1.363	1.358	1.353	1.350	1.272	1.253	1.236
500	1.425	1.416	1.407	1.399	1.391	1.384	1.377	1.370	1.364	1.358	1.353	1.348	1.343	1.338	1.333	1.328	1.325	1.246	1.227	1.210
1000	1.418	1.408	1.399	1.391	1.383	1.376	1.369	1.362	1.356	1.350	1.345	1.340	1.335	1.330	1.325	1.320	1.317	1.237	1.218	1.201

Elaborada por Irene Patricia Valdez y Alfaro.

Tabla 5. VALORES F DE LA DISTRIBUCIÓN F DE FISHER

1 - α = 0.95
1 - α = P (F ≤ f_{α, v₁, v₂)}

v₁ = grados de libertad del numerador
v₂ = grados de libertad del denominador

$\frac{v_2}{v_1}$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	161.446	159.499	215.707	224.583	230.180	233.988	236.767	238.884	240.543	241.882	242.981	243.905	244.690	245.353	245.949	246.456	246.917	247.324	247.688	248.016
2	18.513	19.000	19.164	19.247	19.296	19.329	19.353	19.371	19.385	19.396	19.405	19.412	19.419	19.424	19.429	19.433	19.437	19.440	19.443	19.446
3	10.128	9.552	9.277	9.117	9.013	8.941	8.887	8.845	8.812	8.785	8.763	8.745	8.729	8.715	8.703	8.692	8.683	8.675	8.667	8.660
4	7.709	6.944	6.591	6.368	6.256	6.163	6.094	6.041	5.999	5.964	5.936	5.912	5.891	5.873	5.858	5.844	5.832	5.821	5.811	5.803
5	6.608	5.786	5.409	5.182	5.050	4.950	4.876	4.818	4.772	4.735	4.704	4.678	4.655	4.636	4.619	4.604	4.590	4.579	4.568	4.558
6	5.987	5.143	4.757	4.534	4.387	4.284	4.207	4.147	4.099	4.060	4.027	4.000	3.976	3.956	3.938	3.922	3.908	3.896	3.884	3.874
7	5.591	4.737	4.347	4.120	3.972	3.869	3.787	3.726	3.677	3.637	3.603	3.575	3.550	3.529	3.511	3.494	3.480	3.467	3.455	3.445
8	5.318	4.459	4.066	3.838	3.688	3.581	3.500	3.438	3.388	3.347	3.313	3.284	3.259	3.237	3.218	3.202	3.187	3.173	3.161	3.150
9	5.117	4.256	3.863	3.633	3.482	3.374	3.293	3.230	3.179	3.137	3.102	3.073	3.048	3.025	3.006	2.989	2.974	2.960	2.948	2.936
10	4.965	4.103	3.708	3.478	3.326	3.217	3.135	3.072	3.020	2.978	2.943	2.913	2.887	2.865	2.845	2.828	2.812	2.798	2.785	2.774
11	4.844	3.982	3.587	3.357	3.204	3.095	3.012	2.948	2.896	2.854	2.818	2.788	2.761	2.739	2.719	2.701	2.685	2.671	2.658	2.646
12	4.747	3.885	3.490	3.259	3.106	2.996	2.913	2.849	2.796	2.753	2.717	2.687	2.660	2.637	2.617	2.599	2.583	2.568	2.555	2.544
13	4.667	3.806	3.411	3.179	3.025	2.915	2.832	2.767	2.714	2.671	2.635	2.604	2.577	2.554	2.534	2.515	2.499	2.484	2.471	2.459
14	4.600	3.739	3.344	3.112	2.958	2.848	2.764	2.699	2.646	2.602	2.565	2.534	2.507	2.484	2.463	2.445	2.428	2.413	2.400	2.388
15	4.543	3.682	3.287	3.056	2.901	2.790	2.707	2.641	2.588	2.544	2.507	2.475	2.448	2.424	2.403	2.385	2.368	2.353	2.340	2.328
16	4.494	3.634	3.238	3.007	2.852	2.741	2.657	2.591	2.538	2.494	2.456	2.425	2.397	2.373	2.352	2.333	2.317	2.302	2.288	2.276
17	4.451	3.592	3.197	2.966	2.810	2.699	2.614	2.548	2.494	2.450	2.413	2.381	2.353	2.329	2.308	2.289	2.272	2.257	2.243	2.230
18	4.414	3.555	3.160	2.928	2.773	2.661	2.577	2.510	2.456	2.412	2.374	2.342	2.314	2.290	2.269	2.250	2.233	2.217	2.203	2.191
19	4.381	3.522	3.127	2.895	2.740	2.628	2.544	2.477	2.423	2.378	2.340	2.308	2.280	2.256	2.234	2.215	2.198	2.182	2.168	2.155
20	4.351	3.493	3.098	2.866	2.711	2.599	2.514	2.447	2.393	2.348	2.310	2.278	2.250	2.225	2.203	2.184	2.167	2.151	2.137	2.124
21	4.325	3.467	3.072	2.840	2.685	2.573	2.488	2.420	2.365	2.321	2.283	2.250	2.222	2.197	2.176	2.156	2.139	2.123	2.109	2.096
22	4.301	3.443	3.049	2.817	2.661	2.549	2.464	2.397	2.342	2.297	2.259	2.226	2.198	2.173	2.151	2.131	2.114	2.098	2.084	2.071
23	4.279	3.422	3.028	2.796	2.640	2.528	2.442	2.375	2.320	2.275	2.236	2.204	2.176	2.150	2.128	2.108	2.091	2.075	2.061	2.048
24	4.260	3.403	3.009	2.777	2.621	2.508	2.422	2.355	2.300	2.255	2.216	2.183	2.155	2.130	2.108	2.088	2.070	2.054	2.040	2.027
25	4.242	3.385	2.991	2.759	2.603	2.490	2.404	2.337	2.282	2.236	2.197	2.165	2.137	2.111	2.089	2.069	2.051	2.035	2.021	2.007
26	4.225	3.368	2.975	2.743	2.587	2.474	2.388	2.321	2.265	2.220	2.181	2.148	2.119	2.094	2.072	2.052	2.034	2.018	2.003	1.990
27	4.210	3.354	2.960	2.728	2.572	2.459	2.373	2.306	2.250	2.204	2.165	2.132	2.103	2.078	2.056	2.036	2.018	2.002	1.987	1.974
28	4.196	3.340	2.947	2.714	2.558	2.445	2.359	2.291	2.236	2.190	2.151	2.118	2.089	2.064	2.041	2.021	2.003	1.987	1.972	1.959
29	4.183	3.328	2.934	2.701	2.545	2.432	2.346	2.278	2.223	2.177	2.138	2.104	2.075	2.050	2.027	2.007	1.989	1.973	1.958	1.945
30	4.171	3.316	2.922	2.689	2.533	2.421	2.334	2.266	2.211	2.165	2.126	2.092	2.063	2.037	2.015	1.995	1.976	1.960	1.945	1.932
40	4.085	3.232	2.839	2.606	2.449	2.336	2.249	2.180	2.124	2.077	2.038	1.999	1.969	1.943	1.921	1.901	1.881	1.864	1.849	1.834
50	4.034	3.183	2.790	2.557	2.400	2.286	2.199	2.130	2.073	2.026	1.986	1.947	1.917	1.891	1.869	1.848	1.828	1.811	1.796	1.781
60	4.001	3.150	2.758	2.525	2.368	2.254	2.167	2.097	2.040	1.993	1.952	1.913	1.883	1.857	1.835	1.814	1.794	1.777	1.762	1.747
70	3.978	3.128	2.736	2.503	2.346	2.231	2.144	2.074	2.017	1.969	1.928	1.889	1.859	1.833	1.811	1.790	1.770	1.753	1.737	1.722
80	3.960	3.111	2.719	2.486	2.329	2.214	2.126	2.056	1.999	1.951	1.910	1.871	1.841	1.815	1.793	1.772	1.752	1.734	1.718	1.703
90	3.947	3.098	2.706	2.473	2.316	2.201	2.113	2.043	1.986	1.938	1.897	1.858	1.828	1.802	1.780	1.759	1.739	1.721	1.705	1.690
100	3.936	3.087	2.696	2.463	2.305	2.191	2.103	2.032	1.975	1.927	1.886	1.847	1.817	1.791	1.769	1.748	1.728	1.710	1.694	1.679
200	3.888	3.041	2.650	2.417	2.259	2.144	2.056	1.985	1.927	1.879	1.837	1.800	1.769	1.742	1.719	1.698	1.677	1.658	1.642	1.626
500	3.860	3.014	2.623	2.390	2.232	2.117	2.028	1.957	1.899	1.850	1.808	1.772	1.740	1.712	1.688	1.666	1.645	1.625	1.607	1.592
1000	3.851	3.005	2.614	2.381	2.223	2.108	2.019	1.948	1.889	1.840	1.798	1.762	1.730	1.702	1.678	1.656	1.635	1.614	1.597	1.581

Elaborada por Irene Patricia Valdez y Alfaro.

Tabla 5. VALORES F DE LA DISTRIBUCIÓN F DE FISHER

1 - α = 0.95

1 - α = P (F $\leq$ f_{0.95(v1,v2)})

$\frac{v_2}{v_1}$	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	40	50	60	70	80	90	100	200	500	1000
1	248.307	248.579	248.823	249.052	249.260	249.453	249.631	249.798	249.951	250.096	251.144	251.774	252.196	252.498	252.723	252.898	253.043	253.676	254.062	254.186
2	19.448	19.450	19.452	19.454	19.456	19.457	19.459	19.460	19.461	19.463	19.471	19.476	19.479	19.481	19.483	19.485	19.486	19.491	19.494	19.495
3	8.654	8.648	8.643	8.638	8.634	8.630	8.628	8.623	8.620	8.617	8.594	8.581	8.572	8.566	8.561	8.557	8.554	8.540	8.532	8.529
4	5.795	5.787	5.781	5.774	5.769	5.763	5.759	5.754	5.750	5.746	5.717	5.699	5.688	5.679	5.673	5.668	5.664	5.646	5.635	5.632
5	4.949	4.941	4.934	4.927	4.921	4.915	4.910	4.905	4.900	4.896	4.864	4.844	4.831	4.822	4.815	4.809	4.805	4.785	4.773	4.769
6	3.865	3.856	3.849	3.841	3.835	3.829	3.823	3.818	3.813	3.808	3.774	3.754	3.740	3.730	3.722	3.716	3.712	3.690	3.678	3.673
7	3.435	3.426	3.418	3.410	3.404	3.397	3.391	3.386	3.381	3.376	3.340	3.319	3.304	3.294	3.286	3.280	3.275	3.252	3.239	3.234
8	3.140	3.131	3.123	3.115	3.108	3.102	3.095	3.090	3.084	3.079	3.043	3.020	3.005	2.994	2.986	2.980	2.975	2.951	2.937	2.932
9	2.926	2.917	2.908	2.900	2.893	2.886	2.880	2.874	2.869	2.864	2.826	2.803	2.787	2.776	2.768	2.761	2.756	2.731	2.717	2.712
10	2.754	2.744	2.735	2.727	2.720	2.713	2.706	2.700	2.695	2.690	2.651	2.627	2.611	2.600	2.591	2.584	2.578	2.553	2.539	2.534
11	2.636	2.626	2.617	2.609	2.601	2.594	2.588	2.582	2.576	2.570	2.531	2.507	2.490	2.478	2.469	2.462	2.457	2.431	2.415	2.410
12	2.533	2.523	2.514	2.505	2.498	2.491	2.484	2.478	2.472	2.466	2.426	2.401	2.384	2.372	2.363	2.356	2.350	2.323	2.307	2.302
13	2.448	2.438	2.429	2.420	2.412	2.405	2.398	2.392	2.386	2.380	2.339	2.314	2.297	2.284	2.275	2.267	2.261	2.234	2.218	2.212
14	2.377	2.367	2.357	2.349	2.341	2.333	2.326	2.320	2.314	2.308	2.266	2.241	2.223	2.210	2.201	2.193	2.187	2.159	2.142	2.136
15	2.316	2.306	2.297	2.288	2.280	2.272	2.265	2.259	2.253	2.247	2.204	2.178	2.160	2.147	2.137	2.130	2.123	2.095	2.078	2.072
16	2.264	2.254	2.244	2.235	2.227	2.220	2.212	2.206	2.200	2.194	2.151	2.124	2.106	2.093	2.083	2.075	2.068	2.039	2.022	2.016
17	2.219	2.208	2.199	2.190	2.181	2.174	2.167	2.160	2.154	2.148	2.104	2.077	2.058	2.045	2.035	2.027	2.020	1.991	1.973	1.967
18	2.179	2.168	2.159	2.150	2.141	2.134	2.126	2.119	2.113	2.107	2.063	2.035	2.017	2.003	1.993	1.985	1.978	1.948	1.929	1.923
19	2.144	2.133	2.123	2.114	2.106	2.098	2.090	2.084	2.077	2.071	2.026	1.999	1.980	1.966	1.955	1.947	1.940	1.910	1.891	1.884
20	2.112	2.102	2.092	2.082	2.074	2.066	2.059	2.052	2.045	2.039	1.994	1.966	1.946	1.932	1.922	1.913	1.907	1.875	1.856	1.850
21	2.084	2.073	2.063	2.054	2.045	2.037	2.030	2.023	2.016	2.010	1.965	1.936	1.916	1.902	1.891	1.883	1.876	1.845	1.825	1.818
22	2.059	2.048	2.038	2.028	2.020	2.012	2.004	1.997	1.990	1.984	1.938	1.909	1.889	1.875	1.864	1.856	1.849	1.817	1.797	1.790
23	2.036	2.025	2.014	2.005	1.996	1.988	1.981	1.973	1.967	1.961	1.914	1.885	1.865	1.850	1.839	1.830	1.823	1.791	1.771	1.764
24	2.015	2.003	1.993	1.984	1.975	1.967	1.959	1.952	1.945	1.939	1.892	1.863	1.842	1.828	1.816	1.808	1.800	1.768	1.747	1.740
25	1.995	1.984	1.974	1.964	1.955	1.947	1.939	1.932	1.926	1.919	1.872	1.842	1.822	1.807	1.796	1.787	1.779	1.746	1.725	1.718
26	1.978	1.966	1.956	1.946	1.938	1.929	1.921	1.914	1.907	1.901	1.853	1.823	1.803	1.788	1.778	1.769	1.760	1.728	1.705	1.698
27	1.961	1.950	1.940	1.930	1.921	1.913	1.905	1.898	1.891	1.884	1.836	1.806	1.785	1.770	1.758	1.749	1.742	1.708	1.686	1.679
28	1.946	1.935	1.924	1.915	1.906	1.897	1.889	1.882	1.875	1.869	1.820	1.790	1.769	1.754	1.742	1.733	1.725	1.691	1.669	1.662
29	1.932	1.921	1.910	1.901	1.891	1.883	1.875	1.868	1.861	1.854	1.805	1.775	1.754	1.738	1.726	1.717	1.710	1.675	1.653	1.645
30	1.919	1.908	1.897	1.887	1.878	1.870	1.862	1.854	1.847	1.841	1.792	1.761	1.740	1.724	1.712	1.703	1.695	1.660	1.637	1.630
40	1.826	1.814	1.803	1.793	1.783	1.775	1.766	1.759	1.751	1.744	1.693	1.660	1.637	1.621	1.608	1.597	1.589	1.551	1.526	1.517
50	1.771	1.759	1.748	1.737	1.727	1.718	1.710	1.702	1.694	1.687	1.634	1.599	1.578	1.558	1.544	1.534	1.525	1.484	1.457	1.448
60	1.735	1.722	1.711	1.700	1.690	1.681	1.672	1.664	1.656	1.649	1.594	1.559	1.534	1.516	1.502	1.491	1.481	1.438	1.409	1.399
70	1.709	1.696	1.685	1.674	1.664	1.654	1.646	1.637	1.629	1.622	1.566	1.530	1.505	1.486	1.471	1.459	1.450	1.404	1.374	1.364
80	1.689	1.677	1.665	1.654	1.644	1.634	1.626	1.617	1.609	1.602	1.545	1.508	1.482	1.463	1.448	1.436	1.426	1.379	1.347	1.336
90	1.675	1.662	1.650	1.639	1.629	1.619	1.610	1.601	1.593	1.586	1.528	1.491	1.465	1.445	1.429	1.417	1.407	1.358	1.326	1.314
100	1.663	1.650	1.638	1.627	1.616	1.607	1.598	1.589	1.581	1.573	1.515	1.477	1.450	1.430	1.415	1.402	1.392	1.342	1.308	1.296
200	1.609	1.596	1.583	1.572	1.561	1.551	1.542	1.533	1.524	1.516	1.455	1.415	1.386	1.364	1.346	1.332	1.321	1.283	1.251	1.240
500	1.577	1.563	1.551	1.539	1.528	1.518	1.508	1.499	1.490	1.482	1.419	1.376	1.345	1.322	1.303	1.288	1.275	1.210	1.159	1.138
1000	1.566	1.553	1.540	1.528	1.517	1.507	1.497	1.488	1.479	1.471	1.406	1.363	1.332	1.308	1.289	1.273	1.260	1.190	1.134	1.110

Elaborada por Irene Patricia Valdez y Alfaro.

Tabla 5. VALORES F DE LA DISTRIBUCIÓN F DE FISHER

$1 - \alpha = 0.975$

$1 - \alpha = P (F \leq f_{\alpha, V_1, V_2})$

$V_2 \backslash V_1$	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	40	50	60	70	80	90	100	200	500	1000
1	994.303	995.351	996.341	997.272	998.087	998.843	999.542	1000.240	1000.823	1001.405	1005.596	1008.098	1009.787	1011.009	1011.911	1012.610	1013.163	1015.724	1017.237	1017.761
2	39.450	39.452	39.455	39.457	39.458	39.459	39.461	39.462	39.463	39.465	39.473	39.478	39.481	39.484	39.486	39.487	39.488	39.493	39.496	39.497
3	14.155	14.144	14.134	14.124	14.115	14.107	14.100	14.093	14.088	14.081	14.036	14.010	13.992	13.979	13.970	13.962	13.956	13.929	13.913	13.908
4	8.546	8.533	8.522	8.511	8.501	8.492	8.483	8.475	8.468	8.461	8.411	8.381	8.360	8.346	8.335	8.328	8.319	8.288	8.270	8.264
5	6.314	6.301	6.289	6.278	6.268	6.258	6.250	6.242	6.234	6.227	6.175	6.144	6.123	6.107	6.096	6.087	6.080	6.048	6.028	6.022
6	5.154	5.141	5.128	5.117	5.107	5.097	5.088	5.080	5.072	5.065	5.012	4.980	4.959	4.943	4.932	4.923	4.915	4.882	4.862	4.856
7	4.452	4.439	4.426	4.415	4.405	4.395	4.386	4.378	4.370	4.362	4.309	4.276	4.254	4.239	4.227	4.218	4.210	4.176	4.156	4.149
8	3.985	3.971	3.959	3.947	3.937	3.927	3.918	3.909	3.901	3.894	3.840	3.807	3.784	3.768	3.756	3.747	3.739	3.705	3.684	3.677
9	3.652	3.638	3.626	3.614	3.604	3.594	3.584	3.576	3.568	3.560	3.505	3.472	3.449	3.433	3.421	3.411	3.403	3.368	3.347	3.340
10	3.403	3.390	3.377	3.365	3.355	3.345	3.335	3.327	3.319	3.311	3.255	3.221	3.198	3.182	3.169	3.160	3.152	3.116	3.094	3.087
11	3.211	3.197	3.184	3.173	3.162	3.152	3.142	3.133	3.125	3.118	3.061	3.027	3.004	2.987	2.974	2.964	2.956	2.920	2.898	2.890
12	3.057	3.043	3.031	3.019	3.008	2.998	2.988	2.979	2.971	2.963	2.906	2.871	2.848	2.831	2.818	2.808	2.800	2.763	2.740	2.733
13	2.932	2.918	2.905	2.893	2.882	2.872	2.862	2.853	2.845	2.837	2.780	2.744	2.720	2.703	2.690	2.680	2.671	2.634	2.611	2.603
14	2.828	2.814	2.801	2.789	2.778	2.767	2.758	2.749	2.740	2.732	2.674	2.638	2.614	2.597	2.583	2.573	2.565	2.528	2.503	2.495
15	2.740	2.726	2.713	2.701	2.689	2.679	2.669	2.660	2.652	2.644	2.585	2.549	2.524	2.506	2.493	2.482	2.474	2.435	2.411	2.403
16	2.665	2.651	2.637	2.625	2.614	2.603	2.594	2.584	2.576	2.568	2.509	2.472	2.447	2.429	2.415	2.405	2.398	2.357	2.333	2.324
17	2.600	2.585	2.572	2.560	2.548	2.538	2.528	2.519	2.510	2.502	2.442	2.405	2.380	2.362	2.348	2.337	2.329	2.289	2.264	2.256
18	2.543	2.529	2.515	2.503	2.491	2.481	2.471	2.461	2.453	2.445	2.384	2.347	2.321	2.303	2.289	2.278	2.269	2.229	2.204	2.195
19	2.493	2.478	2.465	2.452	2.441	2.430	2.420	2.411	2.402	2.394	2.333	2.295	2.270	2.251	2.237	2.226	2.217	2.176	2.150	2.142
20	2.448	2.434	2.420	2.408	2.396	2.385	2.375	2.366	2.357	2.348	2.287	2.249	2.223	2.205	2.190	2.179	2.170	2.128	2.103	2.094
21	2.409	2.394	2.380	2.368	2.356	2.345	2.335	2.325	2.317	2.308	2.246	2.208	2.182	2.163	2.148	2.137	2.128	2.086	2.060	2.051
22	2.373	2.358	2.344	2.332	2.320	2.309	2.299	2.289	2.280	2.272	2.210	2.171	2.145	2.125	2.111	2.099	2.090	2.047	2.021	2.012
23	2.340	2.325	2.312	2.299	2.287	2.276	2.266	2.256	2.247	2.239	2.176	2.137	2.111	2.091	2.077	2.065	2.056	2.013	1.988	1.977
24	2.311	2.296	2.282	2.269	2.257	2.246	2.236	2.226	2.217	2.209	2.146	2.107	2.080	2.060	2.045	2.034	2.024	1.981	1.954	1.945
25	2.284	2.269	2.255	2.242	2.230	2.219	2.209	2.199	2.190	2.182	2.118	2.079	2.052	2.032	2.017	2.005	1.996	1.952	1.924	1.915
26	2.259	2.244	2.230	2.217	2.205	2.194	2.184	2.174	2.165	2.157	2.093	2.053	2.026	2.006	1.991	1.979	1.969	1.925	1.897	1.888
27	2.237	2.222	2.208	2.195	2.183	2.171	2.161	2.151	2.142	2.133	2.069	2.029	2.002	1.982	1.966	1.954	1.945	1.900	1.872	1.862
28	2.216	2.201	2.187	2.174	2.161	2.150	2.140	2.130	2.121	2.112	2.048	2.007	1.980	1.959	1.944	1.932	1.922	1.877	1.848	1.839
29	2.196	2.181	2.167	2.154	2.142	2.131	2.120	2.110	2.101	2.092	2.028	1.987	1.959	1.939	1.923	1.911	1.901	1.855	1.827	1.817
30	2.178	2.163	2.149	2.136	2.124	2.112	2.102	2.092	2.083	2.074	2.009	1.968	1.940	1.920	1.904	1.892	1.882	1.835	1.806	1.797
40	2.051	2.035	2.020	2.007	1.994	1.983	1.972	1.962	1.952	1.943	1.875	1.832	1.803	1.781	1.764	1.751	1.741	1.691	1.659	1.648
50	1.976	1.960	1.945	1.931	1.919	1.907	1.895	1.885	1.875	1.866	1.796	1.752	1.721	1.698	1.681	1.667	1.656	1.603	1.569	1.557
60	1.927	1.911	1.896	1.882	1.869	1.857	1.845	1.835	1.825	1.816	1.744	1.699	1.667	1.643	1.625	1.611	1.599	1.543	1.507	1.495
70	1.882	1.876	1.861	1.847	1.833	1.821	1.810	1.799	1.789	1.779	1.707	1.660	1.628	1.604	1.585	1.570	1.558	1.500	1.463	1.449
80	1.866	1.850	1.835	1.820	1.807	1.795	1.783	1.772	1.762	1.752	1.679	1.632	1.599	1.574	1.555	1.540	1.527	1.467	1.428	1.414
90	1.846	1.830	1.814	1.800	1.787	1.774	1.763	1.752	1.741	1.731	1.657	1.610	1.576	1.551	1.531	1.516	1.503	1.441	1.401	1.388
100	1.830	1.814	1.798	1.784	1.770	1.758	1.746	1.735	1.725	1.715	1.640	1.592	1.558	1.532	1.512	1.496	1.483	1.420	1.378	1.363
200	1.759	1.742	1.726	1.712	1.698	1.685	1.673	1.661	1.650	1.640	1.562	1.511	1.474	1.447	1.425	1.406	1.393	1.320	1.269	1.250
500	1.717	1.700	1.684	1.669	1.655	1.641	1.629	1.617	1.606	1.596	1.515	1.462	1.423	1.394	1.370	1.351	1.338	1.254	1.192	1.166
1000	1.703	1.686	1.670	1.654	1.640	1.627	1.614	1.603	1.591	1.581	1.499	1.445	1.406	1.376	1.352	1.332	1.316	1.230	1.162	1.132

Elaborada por Irene Patricia Valdez y Alfaro.

Tabla 5. VALORES F DE LA DISTRIBUCIÓN F DE FISHER

1 - α = 0.99																					
1 - α = P (F ≤ f_{α,v1,v2})																					
		v1 = grados de libertad del numerador																			
		v2 = grados de libertad del denominador																			
v1 \ v2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
1	4052.185	4999.340	5403.534	5624.257	5763.955	5856.950	5928.334	5960.954	6022.397	6055.925	6083.399	6106.682	6126.774	6143.004	6156.974	6170.012	6181.188	6191.432	6200.748	6208.662	
2	98.502	99.000	99.164	99.251	99.302	99.331	99.357	99.375	99.380	99.397	99.408	99.419	99.422	99.426	99.433	99.437	99.441	99.444	99.448	99.448	
3	34.116	30.816	29.457	28.710	28.237	27.911	27.671	27.489	27.345	27.228	27.132	27.052	26.983	26.924	26.872	26.826	26.786	26.751	26.719	26.690	
4	21.198	18.000	16.694	15.977	15.522	15.207	14.976	14.789	14.659	14.546	14.452	14.374	14.306	14.249	14.198	14.154	14.114	14.079	14.048	14.019	
5	16.268	13.274	12.060	11.392	10.967	10.672	10.456	10.289	10.158	10.051	9.963	9.888	9.825	9.770	9.722	9.680	9.643	9.609	9.580	9.553	
6	13.745	10.825	9.780	9.148	8.746	8.469	8.200	8.102	7.976	7.874	7.780	7.718	7.657	7.605	7.559	7.519	7.483	7.451	7.422	7.396	
7	12.246	9.547	8.451	7.847	7.460	7.191	6.993	6.840	6.719	6.620	6.538	6.469	6.410	6.359	6.314	6.275	6.240	6.209	6.181	6.155	
8	11.259	8.649	7.591	7.006	6.632	6.371	6.178	6.025	5.911	5.814	5.734	5.667	5.609	5.559	5.515	5.477	5.442	5.412	5.384	5.359	
9	10.562	8.022	6.992	6.422	6.057	5.802	5.613	5.467	5.351	5.257	5.178	5.111	5.055	4.995	4.962	4.924	4.890	4.860	4.833	4.808	
10	10.044	7.599	6.592	5.994	5.636	5.366	5.200	5.057	4.942	4.849	4.772	4.706	4.650	4.601	4.558	4.520	4.487	4.457	4.430	4.405	
11	9.646	7.206	6.217	5.668	5.316	5.059	4.896	4.744	4.632	4.539	4.462	4.397	4.342	4.293	4.251	4.213	4.180	4.150	4.123	4.099	
12	9.330	6.927	5.953	5.412	5.064	4.821	4.640	4.499	4.388	4.296	4.220	4.155	4.100	4.052	4.010	3.972	3.939	3.910	3.883	3.858	
13	9.074	6.701	5.739	5.205	4.862	4.620	4.441	4.302	4.191	4.100	4.025	3.960	3.905	3.857	3.815	3.778	3.745	3.716	3.689	3.665	
14	8.862	6.515	5.564	5.035	4.695	4.456	4.278	4.140	4.030	3.939	3.864	3.800	3.745	3.696	3.656	3.619	3.585	3.556	3.529	3.505	
15	8.683	6.359	5.417	4.893	4.556	4.318	4.142	4.004	3.895	3.805	3.730	3.666	3.612	3.564	3.522	3.485	3.452	3.423	3.396	3.372	
16	8.531	6.226	5.292	4.773	4.437	4.202	4.026	3.890	3.780	3.691	3.616	3.553	3.498	3.451	3.409	3.372	3.339	3.310	3.283	3.259	
17	8.400	6.112	5.185	4.669	4.336	4.101	3.927	3.791	3.682	3.593	3.518	3.455	3.401	3.353	3.312	3.275	3.242	3.212	3.185	3.162	
18	8.285	6.013	5.092	4.579	4.248	4.015	3.841	3.705	3.597	3.508	3.434	3.371	3.316	3.269	3.227	3.190	3.158	3.128	3.101	3.077	
19	8.185	5.926	5.010	4.500	4.171	3.939	3.765	3.631	3.523	3.434	3.360	3.297	3.242	3.195	3.153	3.116	3.084	3.054	3.027	2.999	
20	8.096	5.849	4.938	4.431	4.103	3.871	3.699	3.564	3.457	3.368	3.294	3.231	3.177	3.130	3.088	3.051	3.018	2.989	2.962	2.938	
21	8.017	5.780	4.874	4.369	4.042	3.812	3.640	3.506	3.398	3.310	3.236	3.173	3.119	3.072	3.030	2.993	2.960	2.931	2.904	2.880	
22	7.945	5.719	4.817	4.313	3.988	3.758	3.587	3.453	3.346	3.258	3.184	3.121	3.067	3.019	2.978	2.941	2.908	2.879	2.852	2.827	
23	7.881	5.664	4.765	4.264	3.939	3.710	3.539	3.406	3.299	3.211	3.137	3.074	3.020	2.973	2.931	2.894	2.861	2.832	2.805	2.780	
24	7.823	5.614	4.718	4.218	3.895	3.667	3.496	3.363	3.256	3.168	3.094	3.032	2.977	2.930	2.889	2.852	2.819	2.790	2.762	2.738	
25	7.770	5.568	4.675	4.177	3.855	3.627	3.457	3.324	3.217	3.129	3.056	2.993	2.939	2.892	2.850	2.813	2.780	2.751	2.724	2.699	
26	7.721	5.526	4.637	4.140	3.818	3.591	3.421	3.288	3.182	3.094	3.021	2.958	2.904	2.857	2.815	2.778	2.745	2.715	2.688	2.664	
27	7.677	5.488	4.601	4.106	3.785	3.558	3.388	3.256	3.149	3.062	2.988	2.926	2.872	2.824	2.783	2.746	2.713	2.683	2.656	2.632	
28	7.636	5.453	4.568	4.074	3.754	3.528	3.358	3.226	3.120	3.032	2.959	2.896	2.842	2.795	2.753	2.716	2.683	2.653	2.626	2.602	
29	7.598	5.420	4.538	4.045	3.725	3.499	3.330	3.198	3.092	3.005	2.931	2.868	2.814	2.767	2.725	2.689	2.656	2.626	2.599	2.574	
30	7.562	5.390	4.510	4.018	3.699	3.473	3.305	3.173	3.067	2.979	2.906	2.843	2.789	2.742	2.700	2.663	2.630	2.600	2.573	2.549	
40	7.314	5.178	4.313	3.828	3.514	3.291	3.124	2.993	2.888	2.801	2.727	2.665	2.611	2.563	2.522	2.484	2.451	2.421	2.394	2.369	
50	7.171	5.057	4.199	3.720	3.408	3.186	3.020	2.890	2.785	2.698	2.625	2.563	2.508	2.461	2.419	2.382	2.348	2.318	2.290	2.265	
60	7.077	4.977	4.126	3.649	3.339	3.119	2.953	2.823	2.718	2.632	2.559	2.496	2.442	2.394	2.352	2.315	2.281	2.251	2.223	2.198	
70	7.011	4.922	4.074	3.597	3.291	3.071	2.906	2.776	2.672	2.586	2.512	2.449	2.395	2.346	2.304	2.268	2.234	2.204	2.176	2.150	
80	6.963	4.881	4.036	3.563	3.255	3.036	2.871	2.742	2.637	2.551	2.478	2.415	2.361	2.313	2.271	2.235	2.199	2.169	2.141	2.115	
90	6.925	4.849	4.007	3.535	3.228	3.009	2.845	2.715	2.611	2.524	2.451	2.389	2.334	2.286	2.244	2.208	2.172	2.142	2.114	2.088	
100	6.895	4.824	3.984	3.513	3.206	2.988	2.823	2.694	2.590	2.503	2.430	2.368	2.313	2.265	2.223	2.187	2.151	2.120	2.092	2.067	
200	6.753	4.713	3.881	3.414	3.110	2.893	2.727	2.601	2.497	2.411	2.338	2.275	2.220	2.172	2.129	2.091	2.057	2.026	1.997	1.971	
500	6.686	4.648	3.821	3.357	3.054	2.838	2.673	2.547	2.443	2.356	2.283	2.220	2.166	2.117	2.075	2.036	2.002	1.970	1.942	1.915	
1000	6.660	4.626	3.801	3.338	3.036	2.820	2.655	2.529	2.425	2.339	2.265	2.203	2.148	2.099	2.056	2.018	1.983	1.952	1.923	1.897	

Elaborada por Irene Patricia Valdez y Alfaro.

Elaborada por Irene Patricia Valdez y Alfaro.

Tabla 5. VALORES F DE LA DISTRIBUCIÓN F DE FISHER

1 - α = 0.99

1 - α = P (F ≤ f_{α,v1,v2})

$\frac{v_2}{v_1}$	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	40	50	60	70	80	90	100	200	500	1000
1	6216.113	6223.097	6228.685	6234.273	6239.861	6244.518	6249.174	6252.900	6257.091	6260.350	6266.427	6302.260	6312.970	6320.886	6326.474	6330.665	6333.925	6349.757	6359.536	6362.795
2	99.451	99.455	99.455	99.455	99.459	99.462	99.462	99.462	99.462	99.466	99.477	99.477	99.484	99.484	99.484	99.488	99.491	99.491	99.489	99.499
3	26.664	26.639	26.617	26.597	26.579	26.562	26.546	26.531	26.517	26.504	26.411	26.354	26.316	26.289	26.269	26.253	26.241	26.183	26.148	26.137
4	13.994	13.970	13.949	13.928	13.911	13.894	13.878	13.864	13.850	13.838	13.745	13.690	13.652	13.626	13.605	13.590	13.577	13.520	13.486	13.475
5	9.528	9.506	9.485	9.466	9.449	9.433	9.418	9.404	9.391	9.379	9.291	9.236	9.202	9.176	9.157	9.142	9.130	9.075	9.042	9.032
6	7.372	7.351	7.331	7.313	7.296	7.281	7.266	7.253	7.240	7.229	7.143	7.091	7.057	7.032	7.013	6.998	6.987	6.934	6.901	6.891
7	6.132	6.111	6.092	6.074	6.058	6.043	6.029	6.016	6.003	5.992	5.908	5.858	5.824	5.799	5.781	5.766	5.755	5.702	5.671	5.660
8	5.336	5.316	5.297	5.279	5.263	5.248	5.234	5.221	5.209	5.198	5.116	5.065	5.032	5.007	4.989	4.975	4.963	4.911	4.880	4.869
9	4.786	4.765	4.746	4.729	4.713	4.698	4.684	4.672	4.660	4.649	4.567	4.517	4.483	4.459	4.441	4.426	4.415	4.363	4.332	4.321
10	4.393	4.373	4.354	4.337	4.321	4.296	4.283	4.270	4.258	4.247	4.165	4.115	4.082	4.058	4.039	4.025	4.014	3.962	3.930	3.920
11	4.077	4.057	4.038	4.021	4.005	3.990	3.977	3.964	3.952	3.941	3.860	3.810	3.776	3.752	3.734	3.719	3.708	3.656	3.624	3.613
12	3.836	3.816	3.798	3.780	3.765	3.750	3.736	3.724	3.712	3.701	3.619	3.569	3.535	3.511	3.493	3.478	3.467	3.414	3.382	3.372
13	3.643	3.622	3.604	3.587	3.571	3.556	3.543	3.530	3.518	3.507	3.425	3.375	3.341	3.317	3.298	3.284	3.272	3.219	3.187	3.176
14	3.483	3.463	3.444	3.427	3.412	3.397	3.383	3.371	3.359	3.348	3.266	3.215	3.181	3.157	3.138	3.124	3.112	3.059	3.026	3.015
15	3.350	3.330	3.311	3.294	3.278	3.264	3.250	3.237	3.225	3.214	3.132	3.081	3.047	3.022	3.004	2.989	2.977	2.923	2.891	2.880
16	3.237	3.216	3.198	3.181	3.165	3.150	3.137	3.124	3.112	3.101	3.018	2.967	2.933	2.908	2.889	2.875	2.863	2.808	2.775	2.764
17	3.139	3.119	3.101	3.083	3.068	3.053	3.039	3.026	3.014	3.003	2.920	2.869	2.835	2.810	2.791	2.776	2.764	2.709	2.676	2.664
18	3.055	3.035	3.016	2.999	2.983	2.968	2.955	2.942	2.930	2.919	2.835	2.784	2.749	2.724	2.705	2.690	2.678	2.623	2.589	2.577
19	2.981	2.961	2.942	2.925	2.909	2.894	2.880	2.868	2.856	2.844	2.761	2.709	2.674	2.649	2.630	2.614	2.602	2.547	2.512	2.501
20	2.916	2.895	2.877	2.859	2.843	2.829	2.815	2.802	2.790	2.778	2.695	2.643	2.608	2.582	2.563	2.548	2.535	2.479	2.445	2.433
21	2.857	2.837	2.818	2.801	2.785	2.770	2.756	2.743	2.731	2.720	2.636	2.584	2.548	2.523	2.503	2.488	2.476	2.419	2.384	2.372
22	2.805	2.785	2.766	2.749	2.733	2.718	2.704	2.691	2.679	2.667	2.583	2.531	2.495	2.469	2.450	2.434	2.422	2.365	2.329	2.317
23	2.758	2.738	2.719	2.702	2.686	2.671	2.657	2.644	2.632	2.620	2.536	2.483	2.447	2.421	2.401	2.386	2.373	2.316	2.280	2.268
24	2.716	2.695	2.676	2.659	2.643	2.628	2.614	2.601	2.589	2.577	2.492	2.440	2.403	2.377	2.357	2.342	2.329	2.271	2.235	2.223
25	2.677	2.657	2.638	2.620	2.604	2.589	2.575	2.562	2.550	2.538	2.453	2.400	2.364	2.337	2.317	2.302	2.289	2.230	2.194	2.182
26	2.642	2.621	2.602	2.585	2.569	2.554	2.540	2.526	2.514	2.503	2.417	2.364	2.327	2.301	2.281	2.265	2.252	2.193	2.156	2.144
27	2.609	2.589	2.570	2.552	2.536	2.521	2.507	2.494	2.481	2.470	2.384	2.330	2.294	2.267	2.247	2.231	2.218	2.159	2.122	2.109
28	2.579	2.559	2.540	2.522	2.506	2.491	2.477	2.464	2.451	2.440	2.354	2.300	2.263	2.236	2.216	2.200	2.187	2.127	2.090	2.077
29	2.552	2.531	2.512	2.495	2.478	2.463	2.449	2.436	2.423	2.412	2.325	2.271	2.234	2.207	2.187	2.171	2.158	2.097	2.060	2.047
30	2.526	2.506	2.487	2.469	2.453	2.437	2.423	2.410	2.398	2.386	2.299	2.245	2.208	2.019	1.991	1.969	1.952	1.874	1.833	1.819
40	2.346	2.325	2.306	2.288	2.271	2.256	2.241	2.228	2.215	2.203	2.114	2.058	2.019	1.991	1.969	1.952	1.938	1.874	1.833	1.819
50	2.242	2.221	2.202	2.183	2.167	2.151	2.136	2.123	2.110	2.098	2.007	1.949	1.909	1.880	1.857	1.839	1.825	1.757	1.713	1.698
60	2.175	2.153	2.134	2.115	2.098	2.083	2.068	2.054	2.041	2.028	1.936	1.877	1.836	1.806	1.783	1.764	1.749	1.678	1.633	1.617
70	2.127	2.106	2.086	2.067	2.050	2.034	2.019	2.005	1.992	1.980	1.888	1.826	1.785	1.754	1.730	1.711	1.695	1.622	1.574	1.558
80	2.092	2.070	2.050	2.032	2.015	1.999	1.983	1.969	1.956	1.944	1.849	1.788	1.746	1.714	1.690	1.671	1.655	1.579	1.530	1.512
90	2.065	2.043	2.023	2.004	1.987	1.971	1.956	1.942	1.928	1.916	1.820	1.759	1.718	1.684	1.659	1.639	1.623	1.546	1.494	1.476
100	2.043	2.021	2.001	1.983	1.965	1.949	1.934	1.919	1.906	1.893	1.797	1.735	1.692	1.659	1.634	1.614	1.598	1.518	1.466	1.447
200	1.947	1.925	1.905	1.886	1.868	1.851	1.836	1.821	1.807	1.794	1.694	1.629	1.583	1.548	1.521	1.499	1.481	1.399	1.328	1.304
500	1.891	1.869	1.848	1.829	1.810	1.794	1.778	1.763	1.749	1.735	1.633	1.566	1.517	1.481	1.452	1.428	1.408	1.306	1.232	1.201
1000	1.872	1.850	1.829	1.810	1.791	1.774	1.758	1.743	1.729	1.716	1.613	1.544	1.495	1.458	1.428	1.404	1.383	1.278	1.195	1.159

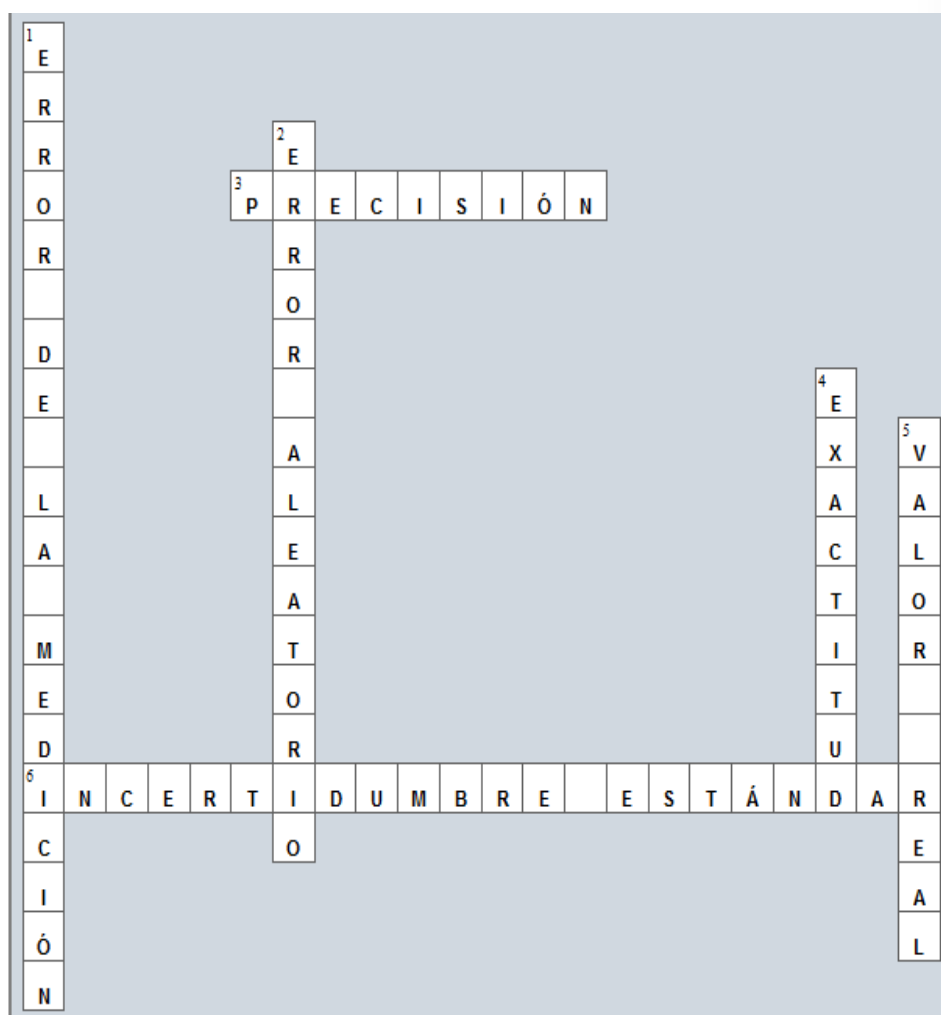
Elaborada por Irene Patricia Valdez y Alfaro.

9

RESPUESTAS DE LOS EJERCICIOS

4. Conceptos de estadística descriptiva e inferencia

a) Crucigrama



b)

b.1) Moda: es de 15 días

Mediana no se menciona

b.2) Medida de posición que utilizaría: el promedio, representa un balance de los costos

c) Media: 9,875

Mediana: 9,5

Moda: No hay

Desviación de la media: 4,625

Varianza: 36,696

Desviación estándar 5,667

c) ¿Cuál de las proposiciones es la correcta?

Opción f

5. Distribución de frecuencias

a) Sopa de letras

- Clase
- Datos continuos
- Datos discretos
- Desviación estándar
- Distribución de frecuencias
- Distribución f

- Distribución rectangular
- Distribución t
- Estadístico
- Gaussiana
- Grados de libertad
- Histograma
- Intervalos de confianza
- Media aritmética
- Prueba de hipótesis
- Prueba de medias
- Rango
- Variable aleatoria

b) Valor de $t = 2,7638$

$$t = \frac{\bar{X} - \mu'}{s / \sqrt{n}}$$

$$t = \frac{318 - 300}{\frac{25}{\sqrt{11}}}$$

$$t = 2,39$$

c)

$$1. P(z \geq 1,26) = 1 - P(z \leq 1,26)$$

$$1 - 0,8962$$

$$0,1038$$

$$2. P(z \leq -0,28) = P(z \leq 0,28)$$

$$0,6103$$

$$3. P(-1,43 \leq z \leq -0,48)$$

$$P(0,48 \leq z \leq 1,43)$$

$$P(z \leq 1,43) - P(z \leq 0,48)$$

$$0,9236 - 0,6844$$

$$0,2392$$

d)

- Mediciones son menores a 109 mm: 27
- Mediciones son mayores de 109 mm: 53
- Mediciones están entre 69 mm y 109 mm: 65

e)

Clases	Frecuencia absoluta	Frecuencia acumulada	Frecuencia relativa
17-24	2	-	6,25
25-28	3	5	9,37

29-32	10	15	31,25
33-36	8	23	25,0
37-40	7	30	21,87
41-52	2	32	6,25
TOTAL	32		100

f)

Clase: es un intervalo que se establece para poder agrupar los datos de manera exhaustiva y mutuamente excluyente

Intervalo de clase define cuales datos son aptos para clasificar en la clase mediante el establecimiento de los límites mínimo y máximo.

Punto medio de clase es el dato central de la clase en cuestion, definido por la suma de los limites minimo y maximo de la clase dividida entre dos.

Frecuencia absoluta es la cantidad de datos neta que están incluidos y clasificados dentro de una clase

Frecuencia relativa es la proporcion de datos incluidos en una clase, definida por la división de la frecuencia absoluta de la clase entre el total de datos a clasificar.

Frecuencia acumulada es la suma sucesiva de las frecuencias, sea absoluta o relativa, de cada clase donde el resultado de toda la suma sucesiva debe ser igual a la cantidad total de datos analizados.

g)

d. Un 26% de las mediciones se encuentra entre 65 mm y 70 mm. R/ Frecuencia Relativa

e. 29 alumnos pasaron el curso. R/ 1- (Frecuencia absoluta acumulada de las clases que contienen los datos menores a 70 pts en la calificación.)

f. El 40% de las incertidumbres de las mediciones es por intervención del observador. R/ Frecuencia relativa.

h) Rellene los espacios vacios de la siguiente distribución de frecuencias

Clases	Frecuencia absoluta	Frecuencia acumulada	Frecuencia relativa	Puntos medios
17-24	3	3	10	21
25-28	4	7	13	27
29-32	6	13	20	31
33-36	8	21	27	35
37-40	5	26	17	39
41-52	4	30	13	47
TOTAL	30		100	

i) -MEDIA ARITMÉTICA

- MODA
- LA MEDIANA

j) DESVIACIÓN ESTÁNDAR

definida como el promedio aritmético de los valores absolutos de la desviación de cada valor de la variable con respecto a la media aritmética

LA VARIANZA

es el promedio de los cuadrados de las desviaciones, para cada elemento, x_i , respecto a la media

DESVIACIONES MEDIAS

k)

96,70	96,50	101,85	95,90	83,40	94,45	88,70	97,35
84,45	49,85	107,15	105,65	65,35	84,70	87,00	97,95
67,20	98,40	115,40	76,60	102,60	97,75	105,40	100,70
102,05	76,26	103,25	77,00	96,00	107,90	74,10	80,70
121,35	92,90	106,45	81,95	76,70	79,05	99,15	101,20
75,80	90,45	117,10	113,20	100,40	87,60	95,50	69,95
99,90	101,50	61,50	92,35	90,05	108,65	77,55	95,90
55,30	89,75	112,05	86,65	103,25	99,05	109,25	72,75
88,95	104,75	93,80	111,90	94,90	91,90	68,65	98,20
97,70	93,10	108,45	117,75	92,55	85,10	98,85	110,55

Datos

n: 80, min: 49,85, Max: 121,35, Rango: $121,35 - 49,85 = 74,05$, numero de clases: raíz cuadrada(80)=8,9~9, Ancho de clase: rango/numero de clases= $74,05/9=$

6. Incertidumbre

a)

Fuente de incertidumbre	Tipo
Calibración de patrones	B
Deriva	B
Repetibilidad	A
Condiciones ambientales	B
Resolución	B

b)

1) Rectangular, 2,89

2) Rectangular 0,29

3) Normal, 0,013

4) Normal 7,5

5) 3,92

10 LINKS Y PAGINAS DE INTERES

Canal explicativo para los temas de estadística. Profesor10demates en youtube.

https://www.youtube.com/channel/UCx2Y_55MBCq3lkc3aOtmAiw

Instituto Nacional de Estadística y Sensos

www.inec.go.cr