

Benemérita Universidad Autónoma de Puebla

Aplicaciones de la estadística en la ingeniería

Oropeza Hernández Gema



Junio 2018

Resumen

La estadística se aplica en varios ámbitos desde la antigüedad para tener control sobre las cosas, en la salud, la economía, las ciencias sociales y por supuesto en la ingeniería.

Existen muchas herramientas estadísticas para trabajar con los datos de alguna muestra, con el fin de analizar los resultados y tomar decisiones en base a ello. En el ámbito de la ingeniería se aplica para control de calidad, mejoras en procesos, pronósticos, control del personal, seguridad industrial, entre otros muchos usos.

A pesar de ser una ciencia exacta, también se pueden cometer errores (Outliers) por lo que es importante saber aplicar las técnicas y herramientas.

Palabras clave: Estadística, aplicar, análisis, herramientas, inferir.

Introducción

La estadística es una ciencia que ayuda a recopilar y analizar datos para su posterior interpretación con un fin en específico, esta puede utilizarse para diferentes objetivos en diferentes ramas.

En el presente trabajo, se desarrolla el tema de la estadística aplicada en la ingeniería, tocando subtemas de estadística que son fundamentales para los procesos y que son los que más se usan en el sector industrial, así como ejemplos de cómo estos se utilizan desde la antigüedad hasta la actualidad.

El marco teórico se basa en diversas fuentes como libros, revista, bases de datos y páginas web de las que anteriormente se evaluó su fiabilidad.

Objetivo

Investigar las aplicaciones más comunes de la estadística en la ingeniería, principalmente, en la industria, para verla desde el punto de vista práctico, es decir, en donde pueden usarse las herramientas y técnicas estadísticas para lograr alguna optimización, mejora o control.

1. Estadística

La estadística estudia los métodos científicos para recoger, organizar, resumir y analizar datos, permite obtener conclusiones válidas y tomar decisiones razonables basadas en el análisis previo. La estadística es, por tanto, la ciencia que recoge, clasifica y analiza la información que se presenta habitualmente mediante datos agregados que permiten que las observaciones puedan cuantificarse, medirse, estimarse y compararse utilizando medidas de tendencia central, medidas de distribución, métodos gráficos, etc.

H.G. Wells (1954) señala que “Llegará un día en el que el razonamiento estadístico será tan necesario para el ciudadano como ahora lo es la habilidad de leer y escribir”.

La estadística ha emergido como una disciplina indispensable en la actualidad, sirve para orientar las iniciativas y lograr mejores resultados, que son factores indispensables para alcanzar los objetivos que se planteen.

El papel de la Estadística en la Ciencia y la Ingeniería hoy en día es crucial, fundamentalmente porque al analizar datos recopilados en experimentos de cualquier tipo, se observa en la mayoría de las ocasiones que dichos datos están sujetos a algún tipo de incertidumbre. El investigador o el profesional, debe tomar decisiones respecto de su objeto de análisis basándose en esos datos, para lo cual debe dotarse de herramientas adecuadas.

La estadística descriptiva resume la información contenida en los datos recogidos y la estadística inferencial demuestra asociaciones y permite hacer comparaciones entre características observadas.

1.1 Antecedentes

La palabra estadística se origina en las técnicas de recolección, organización, conservación, y tratamiento de los datos propios de un estado, con que los antiguos gobernantes controlaban sus súbditos y dominios económicos. Estas

técnicas evolucionaron a la par con el desarrollo de las matemáticas, utilizando sus herramientas en el proceso del análisis e interpretación de la información.

Para mediados del siglo XVII en Europa, los juegos de azar eran frecuentes, De Méré, un apostador consultó al famoso matemático y filósofo Blaise Pascal para que le revelara las leyes que controlan el juego de los dados, el cual, interesado en el tema, y junto a Pierre de Fermat dieron origen a la teoría de la probabilidad, la cual se ha venido desarrollando y constituyéndose como la base primordial de la estadística.

Actualmente se reconoce la importancia de la estadística aplicada en el desarrollo de investigaciones en diversos campos; cada vez son más los profesionales de diferentes disciplinas que requieren de métodos estadísticos como muestreo, simulación, diseño de experimentos, modelación estadística e inferencial, para llevar a cabo análisis de datos e interpretación.

1.2 Análisis

El avance tecnológico en la informática ha contribuido enormemente al desarrollo de la estadística, sobre todo en la manipulación de la información. La estadística, entonces, dejó de ser una técnica exclusiva de los científicos, para convertirse en una herramienta imprescindible de todas las ciencias.

El objetivo del análisis estadístico es identificar tendencias, recoger y escudriñar cada muestra de datos individual desde los cuales se puede extraer las muestras.

Al buscar cierto resultado en un problema o decisión, los métodos estadísticos aplicados en forma antojadiza pueden dar cualquier resultado por lo que se debe hacer un análisis consiente y prudente, evitando malas interpretaciones. E. Ezcurra es de la opinión de que “En la medida en la que torture el tiempo suficiente a sus datos, ellos dirán lo que usted desea escuchar”.

En la probabilidad, se considera un experimento antes de que se realice, en estadística, tenemos que inferir cosas sobre los valores de los parámetros a partir

de los resultados observados de un experimento ya realizado, por lo que ambas se complementan.

Todo problema se reduce, en algún momento, a la verificación de un enunciado a través de la puesta a prueba de una hipótesis que puede ser rechazada con cierto riesgo de equivocación o aceptada provisoriamente.

1.3 Aplicación

Desde el enfoque empresarial e industrial, la estadística es una de las herramientas más usadas, por ejemplo: En una empresa se sospecha que hay franjas horarias donde los accidentes laborales son más frecuentes. Para estudiar este fenómeno, contabilizan los accidentes laborales que sufren los trabajadores según franjas horarias, durante un año. Los resultados aparecen en la tabla.

Horas del día	Número de accidentes
8-10 h.	47
10-12 h.	52
13-15 h.	57
15-17 h.	63

Tabla 1. Accidentes por hora del día
Sáenz C., Antonio (2012). *Apuntes de estadística para ingenieros*

Con esa información, los responsables de seguridad de la empresa deben decidir si hay franjas horarias donde los accidentes son más probables o si, por el contrario, éstos ocurren absolutamente al azar, utilizando herramientas y métodos estadísticos, parametrizando y luego interpretando el resultado no solo en números, sino también en la realidad.

El ejemplo anterior muestra cómo se puede aplicar la estadística en diferentes ámbitos, no solo en lo productivo o de calidad.

Otros ejemplos de lo que se puede calcular y medir con la estadística en la industria y la razón para hacerlo son:

- Ensamblajes por minuto de un obrero promedio: Para tener un control y ver en qué se puede mejorar para reducir tiempos.
- Edad de operarios: Para saber que operarios ya podrían retirarse y considerar la necesidad de contratar nuevo personal.

- Número promedio de hijos de los trabajadores: Datos como estos son necesario a la hora de asegurarlos o para ciertas prestaciones.
- Experiencia laboral o escolaridad de los empleados.
- Gastos en mantenimiento por mes: Para ver si puede haber un ahorro.
- Inasistencias al trabajo y causas: Para buscar bajar la tasa de inasistencias.
- Consumo de un recurso durante la fabricación de un lote: Para control y buscar mejoras o disminución de desperdicio.

2. Parametrización

Parametrizar es declarar parámetros, en estadística cuantitativos, para trabajar con cualquier sistema. Para diseñar un modelo matemático en estadística inferencial, podemos organizar las operaciones en cinco pasos:

1. Declaración de objetivos.
2. Diseño, modelado y parametrización.
3. Análisis.
4. Mejora del diseño.
5. Descripción del diseño.

Luego de modelar entra en juego la estadística, ya que se comienzan a diseñar parámetros, constantes o variables, haciéndose así la parametrización. Para cualquier valor dado en el diseño de parámetros, estos representaran un objeto, que al aplicarle herramientas y procesos estadísticos se ajustarán al diseño más satisfactorio y admisible.

3. Control Estadístico de la calidad

El control estadístico de la calidad es una colección de herramientas aplicadas a procesos industriales (mano de obra, materias primas medidas, máquinas y medio ambiente), procesos administrativos y/o servicios con objeto de verificar si todas y cada una de las partes del proceso y servicio cumplen con unas ciertas exigencias de calidad y ayudar a cumplirlas, son fundamentales en las actividades de mejora

de la calidad. La mejora de la calidad significa la sistemática eliminación del desperdicio.

La calidad de los productos y servicios se ha vuelto hoy en día uno de los factores de decisión más importantes en la mayor parte de las empresas. En consecuencia, la mejora de la calidad se ha convertido en un aspecto importante en muchas corporaciones.

3.1 Control Estadístico de procesos

El control estadístico de procesos (CEP) es una herramienta muy poderosa para lograr la estabilidad del proceso y mejorar la capacidad de este. Se puede considerar como un conjunto de herramientas para la resolución de problemas que pueden aplicarse en cualquier proceso.

Dentro de los objetivos estratégicos de una empresa debe encontrarse la mejora continua de los procesos, con el fin de aumentar su desempeño, eficiencia y eficacia así como favorecer una mejora de la satisfacción de los clientes, tanto internos como externos. Para esto se necesita una cultura de mejoramiento, las estructuras organizativas, los recursos y las herramientas estadísticas para que el cambio forme parte de la actividad diaria. Para garantizar el mejoramiento continuo en una empresa que tenga diseñado los procesos de su Sistema de Gestión de la Calidad, y los indicadores de desempeño de los mismos, se utilizan técnicas y herramientas para el análisis, control, seguimiento y mejora de dichos procesos.

3.1.1 Herramientas

En la actualidad existen una serie de metodologías, técnicas y herramientas que pueden desarrollarse en una organización, para apoyar el diseño del Sistema de Gestión de la Calidad, la implantación de los principios de la Calidad Total, y/o para llevar a cabo el proceso de Mejora Continua. Ejemplos de estas son:

- Histograma.
- Diagrama de Pareto.

- Diagrama causa-efecto (Ishikawa).
- Diagrama defecto-concentración.
- Carta de control.
- Diagrama de dispersión.
- Hoja de verificación.
- Diagrama de correlación.
- Benchmarking.
- Metodología 5S.
- Metodología 6 sigma.
- Gráficos de control y capacidad del proceso.

A continuación se muestra una tabla de ciertos procesos, indicadores y herramientas utilizadas comúnmente en la industria.

Procesos	Indicadores	Técnicas y herramientas
Gestión de la Dirección	Desempeño de los procesos	Diagrama de barras
	Cumplimiento de los objetivos.	
Gestión de la Calidad.	Respuesta de las no conformidades	Ploteo de datos, Diagramas de barras Diagrama de caja, Diagrama Pareto, Diagrama Causa-efecto,
	Cumplimiento medición de la satisfacción.	
	Cumplimiento plan de auditorías internas	Diagrama de barras
Compras	Representación de productos estrellas.	Diagramas de barras Diagrama Pareto, Ploteo de datos, Diagrama de caja, Análisis de capacidad, Series cronológicas, Gráfico de control
	Rotación de Inventarios.	
	Satisfacción de la demanda	
	Cumplimiento del Plan de Compra	Gráfico de barra. Diagrama de caja, Diagrama Causa-efecto
	Todos los indicadores	Análisis de correlación
Almacenaje y Entrega	Cumplimiento de la demanda confirmada.	Diagrama causa-efecto, Diagrama Pareto, Diagramas de barras, Ploteo de datos, Diagrama de caja, Análisis de capacidad, Series cronológicas, Gráfico de control.
	Índice de cumplimiento del ciclo de distribución.	
	Índice de Notas de Crédito.	Diagrama Causa-efecto, Diagrama Pareto, Ploteo de datos, Diagrama de caja, Gráfico de control Análisis de capacidad, Gráfico de control. Diagramas de barras
	Índice de mermas.	
Gestión de los Recursos Humanos	Cumplimiento Plan de Capacitación.	Diagrama de barra, Diagrama de caja, Diagrama causa-efecto,
	Cumplimiento de la evaluación de desempeño.	
	Índice de desempeño de los trabajadores.	

Tabla 2. Técnicas y herramientas
Villar, Leisis & Ferrer Mayra (2016). *Aplicación de herramientas estadísticas para el análisis de indicadores*

Al utilizarlas, se logra aumentar la cultura en el uso de técnicas para el procesamiento y análisis de datos en la empresa; mejorar la toma de decisiones basadas en datos; permite conocer el comportamiento de los indicadores de los procesos; facilita la interpretación de los resultados para todos los directivos; ilustra la utilidad de las herramientas y propicia la utilización de otras técnicas en el futuro.

3.2 Aplicaciones del control estadístico de la calidad

Los métodos estadísticos juegan un papel importante en la mejora de la calidad, algunas de sus aplicaciones son:

- En el diseño y desarrollo de productos para comparar materiales o ingredientes y para determinar las tolerancias del sistema y sus componentes. Esto reduce de manera significativa costos y tiempo.
- Para determinar la capacidad de un proceso de manufactura, llevando a mayores rendimientos y menores costos de fabricación.
- En pruebas de duración, ayuda proporcionando datos de confiabilidad y rendimiento, conduce a productos nuevos o con una duración mayor y menos costos de mantenimiento.

3.3. Diagramas de Dispersión

Los diagramas de dispersión son una herramienta muy útil en las predicciones ya sea para tomar una decisión o contemplar algún gasto. Se realiza graficando los puntos y dibujando una recta de regresión, ninguna podrá pasar por todos los puntos, así que se debe buscar la que pase tan cerca a ellos verticalmente como sea posible.

Ejemplo de aplicación de la estadística en los pronósticos económicos para prever gastos en invernaderos:

Un diagrama de dispersión muestra que existe una fuerte relación lineal entre el promedio de la temperatura exterior de los días de un mes y el promedio del consumo diario de gas durante ese mes en un invernadero. Se quiere utilizar dicha

relación para predecir su consumo de gas. Si un mes tiene un promedio de 10 grados-día por día, ¿Cuánto gas se utilizará en ese mes?

Luego de realizar una predicción mediante los diagramas de dispersión se puede inferir que el gasto de gas será de aprox. 12.5 m³.

4. Modelos de regresión

El Análisis de Regresión es la técnica estadística de uso más frecuente para investigar y modelar la relación entre variables. Su atractivo y utilidad generalmente son el resultado de usar una ecuación para expresar la relación entre una variable de interés (la respuesta) y un conjunto de variables predictorias relacionadas.

4.1 Regresión lineal

El pronóstico de regresión lineal simple es un modelo óptimo para patrones de demanda con tendencia (creciente o decreciente), es decir, patrones que presenten una relación de linealidad entre la demanda y el tiempo.

Un ejemplo de aplicación para pronósticos es el siguiente:

La juguetería Gaby desea estimar mediante regresión lineal simple las ventas para el mes de julio de su nuevo carrito infantil "Mate". La información del comportamiento de las ventas de todos sus almacenes de cadena se presenta en el siguiente tabulado.

	Mes	Ventas
1	Enero	7000
2	Febrero	9000
3	Marzo	5000
4	Abril	11000
5	Mayo	10000
6	Junio	13000

Tabla 3. Ventas por mes
Elaboración Propia

Se realizan los cálculos pertinentes:

$$\bar{X} = \frac{(7000 + 9000 + 5000 + 11000 + 10000 + 13000)}{6}$$

$$\bar{X} = 9166,67$$

$$\bar{t} = \frac{(1 + 2 + 3 + 4 + 5 + 6)}{6}$$

$$\bar{t} = 3,5$$

$$a = 9166,67 - [(1114,28) \cdot (3,5)]$$

$$a = 5266,68$$

$$\hat{X}_7 = 5266,68 + [(1114,28) \cdot (7)]$$

$$\hat{X}_7 = 13067$$

Y finalmente podemos determinar que el pronóstico de ventas para el período 7 es equivalente a 13067 unidades. Esto nos ayuda a tomar decisiones pertinentes y anticipadas sobre la producción, materia prima y distribución.

4.2 Regresión no lineal

Los modelos de regresión no lineal tienen por meta construir modelos exactos, mediante ecuaciones funcionales que permitan predecir, controlar u optimizar problemas no lineales a lo cual se conoce como Análisis de Datos Funcionales.

5. Ajuste de Curvas

El ajuste de curvas es un proceso mediante el cual, dado un conjunto de N pares de puntos (X,Y), se determina una función matemática $f(x)$ de tal manera que la suma de los cuadrados de la diferencia entre la imagen real y la correspondiente obtenida mediante la función ajustada en cada punto sea mínima.

El ajuste de curvas puede utilizarse para la resolución de una variedad de problemas en la industria, por ejemplo:

Una fábrica de Embutidos produce 5000 empaques diarios de salchichas. La máquina A produce 3000 empaques, de los cuales el 2% quedan mal embutidos (defectuosos) y la maquina B produce los 2000 restantes de los que se sabe el 4% son defectuosos. Determinar la probabilidad de que un envase elegido al azar sea defectuoso y que proceda de la máquina A o de la máquina B.

- Probabilidad de que el empaque defectuoso sea de la Máquina A $p(A/D) = p(A \cap D) / p(D) = 0.012 / 0.028 = 0.4286$
Corresponde al 4.2 % aproximadamente.
- Probabilidad de que el empaque defectuoso sea de la Máquina B $p(B/D) = p(B \cap D) / p(D) = 0.016 / 0.028 = 0.5714$
Corresponde al 5.7 % aproximadamente.

Para mejorar las estimaciones en la toma de decisiones, se hace necesaria la aplicación del Teorema de Bayes donde las estadísticas que se realizan consisten

en observar el análisis de los datos, lo que permite al investigador realizar inferencias o hacer exclusiones u opiniones personales sobre el tema de estudio.

5.1 Incertidumbre

En nuestros días, son de uso cotidiano las diferentes técnicas estadísticas que partiendo de observaciones muestrales o históricas, crean modelos lógico-matemáticos que se "aventuran" describir o pronosticar un determinado fenómeno con cierto grado de certidumbre medible.

La estadística desempeña un importante papel en temas donde interviene la variabilidad, dando lugar a la incertidumbre. Más allá de los datos, la estadística es esencialmente el estudio de la incertidumbre, lo que conlleva a la necesidad de investigar un fenómeno desde el enfoque científico.

La estadística no es la única rama del conocimiento que se ha ocupado del estudio de la incertidumbre, la probabilidad examina la manera en como la aleatoriedad en una parte de un sistema afecta a otra, proporcionando a través del modelo de una variable aleatoria o de un proceso estocástico, estimaciones y/o predicciones sobre los datos a producirse, es decir, describe la incertidumbre del fenómeno.

5.1.1 Outliers y errores

Un Outliers (valor atípico) es una observación o un conjunto de observaciones que parecen ser inconsistentes con el resto del conjunto de datos, la presencia de outliers en un conjunto de datos puede conducir a errores en el intento de hacer inferencias acerca de la población de la que proceden, de ahí que la presencia de estos plantee un problema fundamental en el análisis de datos.

La incertidumbre estadística es la aleatoriedad o el error proveniente de varias fuentes al usar la metodología estadística, la probabilidad de que pase algo malo, en términos de teoría de decisiones, las pérdidas promedio o las pérdidas que se pronostican cuando algo malo sucede.

Cuando se estudian relaciones entre variables, la estadística muestra relaciones estadísticas y no relaciones causales. En general si no tenemos cuidado podemos llegar a obtener las conclusiones más absurdas o sesgadas, por eso debemos hacer el análisis con cuidado y conocer las variables, para que al interpretarlo no tomemos decisiones que puedan resultar perjudiciales.

6. Aplicaciones en otros ámbitos

La estadística sirve para explorar y explotar la información social, biológica, económica, y en ciencias físicas, por lo que es importante el “vender” la estadística como algo necesario para las generaciones actuales y futuras.

La estadística aplicada trata sobre cómo y cuándo utilizar los procedimientos matemáticos y cómo interpretar los resultados que se obtienen y puede utilizarse en muchos campos, como:

- En las ciencias naturales: para la descripción de modelos termodinámicos complejos, en física cuántica, en mecánica de fluidos o en la teoría cinética de los gases, entre otros muchos.
- En las ciencias sociales y económicas: en el desarrollo de la demografía y la sociología aplicada.
- En economía: para analizar parámetros macro y microeconómicos.
- En las ciencias médicas: estudiar la evolución de las enfermedades y los enfermos, los índices de mortalidad, el grado de eficacia de un medicamento, etc.
- En la ingeniería: Para la planeación, presupuestos, control de procesos y calidad, seguridad industrial, cálculos de producción, entre otras.

Conclusión

Después de investigar, leer y redactar sobre estadística, parametrización, herramientas, métodos e inclusive ejemplos, puedo tener un panorama más general sobre el empleo de la estadística en la ingeniería, conozco más de cómo esta puede usarse para resolver problemas comunes de una empresa o en la toma de decisiones. No obstante, no es en el único ámbito que puede utilizarse, ya que tiene diversas aplicaciones en lo social, medicina, economía y otras ciencias.

Bibliografía

Guarín S., Norberto (2002). Estadística aplicada. Universidad Nacional de Colombia. Extraído el 7 de Junio, 2018 del sitio:

http://fcbi.unillanos.edu.co/proyectos/Facultad/php/tutoriales/upload_tutos/Curso%20De%20Estadistica%20Aplicada.pdf

López P., Arturo (2016). Ajuste Bayesiano de Curvas. Tesis para obtener el título de Maestro en ciencias matemáticas, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla.

López P., Gabriela. (2017). Modelos de regresión para datos funcionales por la metodología de kernel reproductor en espacios de Hilbert. Tesis para obtener el título de Maestro en ciencias matemáticas, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla.

Marjorie G., Hahn (2001). New exposition on Probability and statistics. 2-5. Extraído el 9 de Junio, 2018, de la base de datos AIP.

<https://www.proxydgb.buap.mx:2458/doi/pdf/10.1109/MCISE.2004.1255827>

Marone, Luis. (1994). Aportes de la ciencia básica a la cultura y la sociedad. Interciencia, Vol. 19 #5, 264-266.

Moore, David S., Trad. Comas, Jordi (1995). Estadística aplicada básica (pp. 118-120). España: Editorial Antoni Bosch.

Navarrina, Fermín. & Casteleiro, Manuel. (1991). A general methodological analysis for optimum design. International journal for numerical methods in engineering, Vol. 3 #1, 85-111.

Runger, George. & Montgomery Douglas. (1996). trad. por Urbina, Mendal & Edmundo G.: Probabilidad y estadística aplicadas a la ingeniería. (pp. 831-834, 856). México: Editorial Mc Graw Hill.

Sáenz C., Antonio (2012). Apuntes de estadística para ingenieros. Universidad Jaén. Extraído el 7 de Junio del 2018 del sitio:

<http://www4.ujaen.es/~ajsaez/recursos/EstadisticaIngenieros.pdf>

Seoane, Martin., Lureñas S., Martín & Moreno, Segovia (2007). Estadística: Estadística Descriptiva y Estadística Inferencial. Extraído el 8 de Junio, 2018, de la base de datos ScienceDirect.

www.proxydgb.buap.mx:2179/science/article/pii/S113835930773945X

Villar, Leisis & Ferrer Mayra (2016). Aplicación de herramientas estadísticas para el análisis de indicadores. 3-12. Extraído el 8 de Junio, 2018, de la base de datos EBSCO.

<http://www.proxydgb.buap.mx:2209/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=4&sid=4a8a31dc-6c87-434c-b8b0-56439efc3d15%40sessionmgr103>

Visweswariah, Chandu (2007). Fear, uncertainty and statistics. Extraído el 8 de Junio, 2018, de la base de datos ACM.

<https://www.proxydgb.buap.mx:2066/citation.cfm?id=1232032>