


UNIDAD 1

INTRODUCCIÓN AL DISEÑO EXPERIMENTAL

TEMA 1: LA EXPERIMENTACIÓN



Importancia del diseño experimental



Juan Pablo Sucre Reyes



Importancia del diseño experimental

- Herramienta que el investigador / ingeniero en ejercicio puede usar en:
 - a) Diseño y desarrollo de productos: robustos a factores ambientales y a otras fuentes de variabilidad (reducción en el tiempo y costo del ciclo del producto).
 - b) Desarrollo y mejoramiento de procesos: de manufactura y/o servicios.
 - c) Diseño estadístico de experimentos: descubrir algo acerca de un proceso o sistema particular (conclusiones válidas y objetivas)



Minitab 15 ►

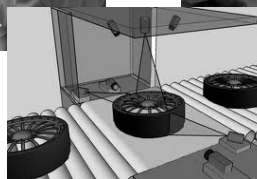
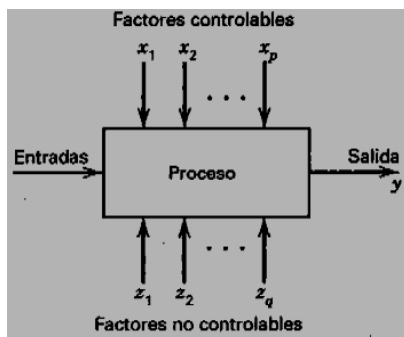


Juan Pablo Sucre Reyes

USP

1. Estrategia de experimentación = enfoque de planeación y acción

- *Experimento* = prueba o serie de pruebas en las que se hacen cambios deliberados en las variables de entrada de un proceso o sistema para observar e identificar las razones de los cambios que pudieran observarse en la respuesta de salida.
- Estudia el desempeño de procesos y sistemas. El proceso puede ser: *una combinación de máquinas, métodos, personas u otros recursos*; que transforman cierta entrada en una salida que posee una o más respuestas observables.
- Los experimentos incluyen muchos factores (variables). El objetivo del experimentador es determinar la influencia que tienen éstos sobre la salida.



Juan Pablo Sucre Reyes

USP

1. Estrategia de experimentación = enfoque de planeación y acción

•Ejemplo: A un investigador le gusta mucho el golf, pero no le gusta practicar; por lo que busca siempre la forma más sencilla de bajar su puntuación. Ha identificado 8 factores influyentes; de los cuales puede ignorar aquellos con efectos pequeños. En el curso de su experimento sólo puede jugar 8 rondas de golf.

1. El tipo de palo usado (grande o normal).
2. El tipo de pelota usada (de goma de balata o de tres piezas).
3. Caminar cargando los palos de golf o hacer el recorrido en un carrito.
4. Beber agua o cerveza durante el juego.
5. Jugar en la mañana o en la tarde.
6. Jugar cuando hace frío o cuando hace calor.
7. El tipo de spikes usados en los zapatos de golf (metálicos o de hule).
8. Jugar en un día con viento o en uno apacible.

•a) Enfoque de la mejor conjetura: Combinación arbitraria de los factores, ensayo y error. Exige conocimiento técnico/teórico (sistema estudiado) y experiencia práctica.

Desventajas: Mejor conjetura inicial nunca hallada o al contrario muy satisfactoria.



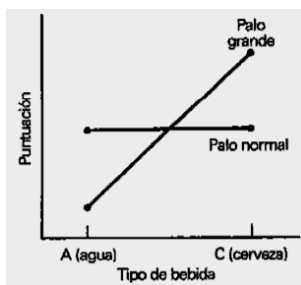
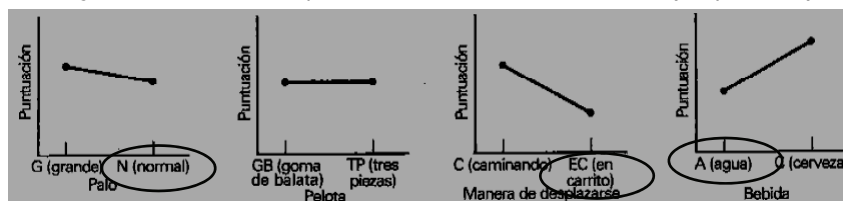
Juan Pablo Sucre Reyes



1. Estrategia de experimentación = enfoque de planeación y acción

•b) Enfoque un factor a la vez: Selección de un punto de partida (línea base de nivel) para cada factor, y variación de cada uno en su rango con los restantes constantes; originando una serie de gráficas con la variable de respuesta para su interpretación.

Desventajas: No considera la posible interacción entre factores (muy común).



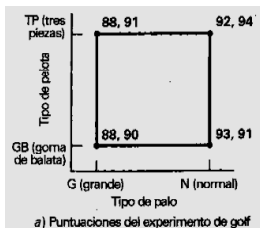
Juan Pablo Sucre Reyes



1. Estrategia de experimentación = enfoque de planeación y acción

•c) **Enfoque factorial:** Los factores se hacen variar en conjunto. Permite investigar los efectos individuales (o los efectos principales) de cada factor y determinar si existe alguna interacción entre los factores. Hace uso eficiente de los datos experimentales.

Ejemplo diseño factorial 2² (dos factores, dos niveles c/u): Resultados obtenidos.

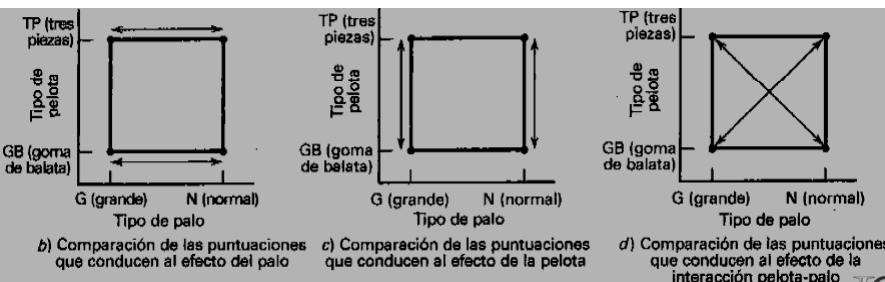


a) Puntuaciones del experimento de golf

$$\text{Efecto del palo} = \frac{92+94+93+91}{4} - \frac{88+91+88+90}{4} = 3.25$$

$$\text{Efecto de la pelota} = \frac{88+91+92+94}{4} - \frac{88+90+93+91}{4} = 0.75$$

$$\text{Efecto de la interacción pelota-palo} = \frac{92+94+88+90}{4} - \frac{88+91+93+91}{4} = 0.25$$



b) Comparación de las puntuaciones que conducen al efecto del palo

c) Comparación de las puntuaciones que conducen al efecto de la pelota

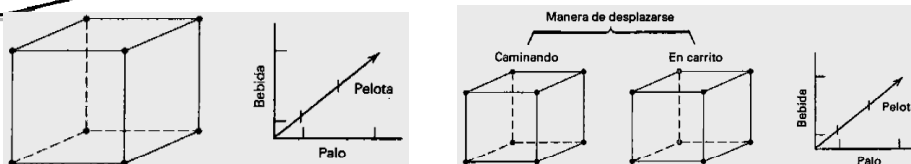
d) Comparación de las puntuaciones que conducen al efecto de la interacción pelota-palo

Juan Pablo Sucre Reyes



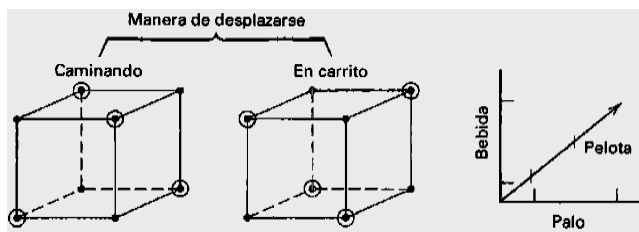
1. Estrategia de experimentación = enfoque de planeación y acción

Ejemplo diseño factorial 2³ (3 factores, 2 niveles c/u): Combinaciones representadas.



Ejemplo diseño factorial 2⁴ (4 factores, 2 niveles c/u): Combinaciones representadas.

- Regla general: Si hay k factores, c/u con 2 niveles, el diseño requiere 2^k corridas (muchas veces impracticable en el tiempo y los recursos)
- Un *experimento factorial fraccionado* realiza sólo un subconjunto de las corridas (investigación, desarrollo industrial, mejoramiento de procesos).



Juan Pablo Sucre Reyes



2. Aplicaciones del diseño experimental

- *Ámbito de la ingeniería:* Mejoras en el desempeño de un proceso y el desarrollo de procesos nuevos: mejores rendimientos, variabilidad reducida y conformidad más cercana, reducción del tiempo de desarrollo y de los costos globales.
- *Ámbito de diseño de ingeniería:* desarrollo de productos nuevos y mejoras en productos existentes: evaluación de diseños básicos y/o materiales alternativos, selección de parámetros eficientes de diseño, determinación de parámetros clave.



Juan Pablo Sucre Reyes



2. Aplicaciones del diseño experimental

- *Ámbito de la ingeniería:* Mejoras en el desempeño de un proceso y el desarrollo de procesos nuevos: mejores rendimientos, variabilidad reducida y conformidad más cercana, reducción del tiempo de desarrollo y de los costos globales.
- *Ámbito de diseño de ingeniería:* desarrollo de productos nuevos y mejoras en productos existentes: evaluación de diseños básicos y/o materiales alternativos, selección de parámetros eficientes de diseño, determinación de parámetros clave.



Cuida de TU BEBÉ

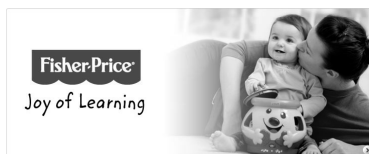


Juan Pablo Sucre Reyes



3. Principios básicos

- **Diseño estadístico de experimentos:** proceso de planeación que permite recabar datos adecuados que puedan analizarse con métodos estadísticos y llegar a conclusiones válidas y objetivas.
- Son 3: realización de réplicas (repetición del experimento básico ≠ mediciones repetidas), la aleatorización (asignación del material y orden de ensayos al azar) y la formación de bloques (técnica que reduce o elimina la variabilidad transmitida por factores perturbadores no influyentes).



Juan Pablo Sucre Reyes



4. Pautas generales para diseñar experimentos

- Necesarias para aplicar el enfoque estadístico en diseño y análisis de experimentos.

Tabla 1-1 Pautas generales para diseñar un experimento

- | | |
|---|------------------------------------|
| <ol style="list-style-type: none"> 1. Identificación y exposición del problema. 2. Elección de los factores, los niveles y los rangos.* 3. Selección de la variable de respuesta.* 4. Elección del diseño experimental. 5. Realización del experimento. 6. Análisis estadístico de los datos. 7. Conclusiones y recomendaciones. | } Planeación previa al experimento |
|---|------------------------------------|

* En la práctica, los pasos 2 y 3 suelen hacerse simultáneamente o en el orden inverso.



- **1. Identificación y enunciación del problema:** requiere un enfoque de equipo para desarrollar todas las ideas sobre los objetivos del experimento (áreas involucradas). Permite una mejor comprensión del fenómeno estudiado y la solución final respectiva
- **Objetivo global:** uno sólo: caracterización o optimización; varios: confirmación, descubrimiento y estabilidad.



Juan Pablo Sucre Reyes



4. Pautas generales para diseñar experimentos

- ~~2. Elección de los factores, los niveles y los rangos:~~ Los factores que influyen en el desempeño del proceso o sistema pueden ser factores potenciales del diseño (factores del diseño, factores constantes, factores que permiten variar) o perturbadores (controlables, no controlables, o de ruido).
- Seleccionados los factores, debe elegir sus rangos de variación; además de los niveles específicos con los que se realizarán las corridas (conocimiento del proceso).
- ~~3. Selección de la variable de respuesta:~~ variable que proporciona información útil acerca del proceso bajo estudio: promedio, desviación estándar (o ambos), de ésta.



USP

4. Pautas generales para diseñar experimentos

- ~~4. Elección del diseño experimental:~~ Consideración del tamaño de la muestra (número de réplicas), selección de un orden de corridas adecuado, y la determinación de si entran en juego o no la formación de bloques u otras restricciones sobre la aleatorización (catálogo o software estadístico).
- ~~5. Realización del experimento:~~ exige monitoreo del proceso para asegurarse la acción conforme a lo planeado. Se pueden realizar algunas corridas piloto o de prueba.



Juan Pablo Sucre Reyes

USP

4. Pautas generales para diseñar experimentos

- ~~6. Análisis estadístico de los datos:~~ agregan objetividad a la toma de decisiones. Métodos gráficos simples para el análisis e interpretación de datos, pruebas de hipótesis, estimación de intervalos de confianza, o *modelos empíricos* (ecuación derivada de los datos con análisis residual y grado de ajuste o bondad).
- ~~7. Conclusiones y recomendaciones:~~ Métodos gráficos útiles para presentar resultados. Deben realizarse corridas de seguimiento o pruebas de confirmación que validen las conclusiones del experimento.



Minitab 15

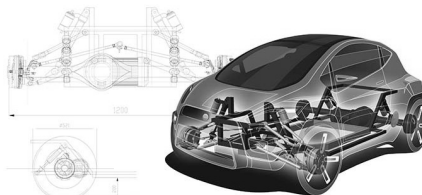
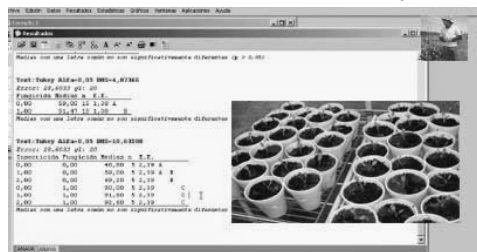


Juan Pablo Sucre Reyes



5. Breve historia del diseño estadístico

- Existen 4 eras del desarrollo moderno del diseño experimental estadístico:
 - a) Era agrícola (1920-1930):* Sir Ronald A. Fisher desarrolló las ideas que llevaron a los 3 principios básicos. Incorporó sistemáticamente los principios estadísticos; incluyó el diseño factorial y análisis de varianza (agricultura, biología).
 - b) Era industrial (1930 - 1970):* desarrollo de las metodologías de superficies de respuesta MSR (Box-Wilson). Dos características: inmediatez y secuencialidad.
 - c) Era de la calidad (1978 - 1995):* Genichi Taguchi propuso el diseño paramétrico robusto; procesos insensibles a factores ambientales u otros difíciles de controlar; con diseños factoriales fraccionados y otros métodos nuevos; después cuestionados.

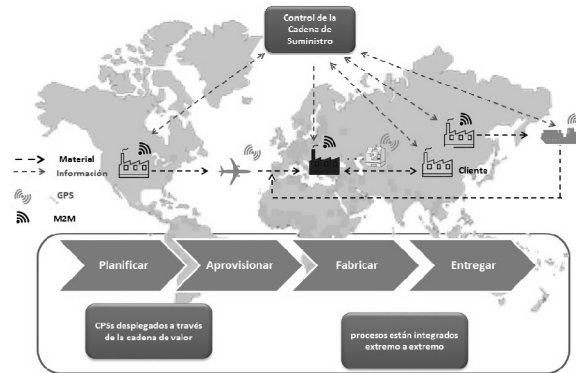


Juan Pablo Sucre Reyes



5. Breve historia del diseño estadístico

• *d) Era alternativa: (1995 -)* varios enfoques nuevos y útiles para problemas experimentales en el mundo industrial, con alternativas a métodos técnicos de Taguchi para la optimización de procesos

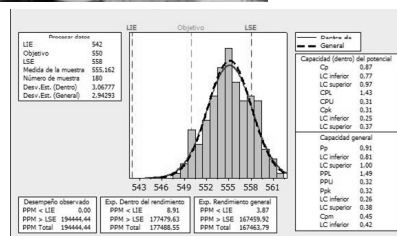


Juan Pablo Sucre Reyes



6. Uso de técnicas estadísticas en la investigación

- Incrementan la eficiencia de la experimentación y fortalecen las conclusiones.
- El uso correcto de las técnicas estadísticas en la experimentación requiere:
 - Uso de conocimientos no estadísticos del problema: capacitación y experiencia.
 - Mantener el diseño y el análisis simples: no exagerar con las técnicas a usar.
 - Diferenciar la significación práctica y la significación estadística: valor práctico.
 - Los experimentos en general son iterativos: enfoque secuencial progresivo.



Juan Pablo Sucre Reyes



GRACIAS POR SU ATENCIÓN.....



Juan Pablo Sucre Reyes