

# Lección 1.1: Principios básicos del DDE

**Alfaomega**

Alfaomega-UAQro CIMAT

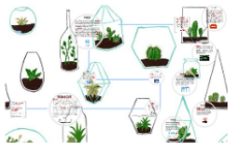
2016

- 1 Presentación
- 2 Contenido general de la Lección 1.1
  - Principios básicos del diseño de experimentos
- 3 Exposición de la Lección 1.1
  - Principios básicos del diseño de experimentos
  - Distribuciones de probabilidad en la respuesta
  - Motivación para plantear diseño de experimentos
  - Definiciones esenciales en el diseño experimental
  - Secuencia del plan experimental
- 4 Bibliografía

- 1 En esta lección se describirán ideas generales que corresponden a la introducción de un curso de diseño de experimentos.
- 2 La relación de diseño de experimentos con la innovación tecnológica.



- 3 Aplicar el diseño de experimentos en diferentes áreas del conocimiento para obtener nuevos resultados.



- 4 Nota: Pulse a la vez las teclas Ctrl y L para ver la presentación en la pantalla completa.

# 1. Principios básicos del diseño de experimentos

- **Objetivos**
- Lógica del diseño experimental
- Algunas definiciones importantes
- Control del error experimental: Lección 1.2. Exactitud de técnicas experimentales
- Principios básicos del diseño de experimentos
- Clasificación y elección de los diseños
- Secuencia de la planeación experimental
- Conocer el lenguaje R y Práctica en los paquetes estadísticos: Lección 1.3
- Plantear un proyecto: Lección 1.4
- Investigaciones en diseño de experimentos: Lección 1.4

# 1. Principios básicos del diseño de experimentos

- Objetivos
- Lógica del diseño experimental
- Algunas definiciones importantes
- Control del error experimental: Lección 1.2. Exactitud de técnicas experimentales
- Principios básicos del diseño de experimentos
- Clasificación y elección de los diseños
- Secuencia de la planeación experimental
- Conocer el lenguaje R y Práctica en los paquetes estadísticos: Lección 1.3
- Plantear un proyecto: Lección 1.4
- Investigaciones en diseño de experimentos: Lección 1.4

# 1. Principios básicos del diseño de experimentos

- Objetivos
- Lógica del diseño experimental
- Algunas definiciones importantes
- Control del error experimental: Lección 1.2. Exactitud de técnicas experimentales
- Principios básicos del diseño de experimentos
- Clasificación y elección de los diseños
- Secuencia de la planeación experimental
- Conocer el lenguaje R y Práctica en los paquetes estadísticos: Lección 1.3
- Plantear un proyecto: Lección 1.4
- Investigaciones en diseño de experimentos: Lección 1.4

# 1. Principios básicos del diseño de experimentos

- Objetivos
- Lógica del diseño experimental
- Algunas definiciones importantes
- Control del error experimental: Lección 1.2. Exactitud de técnicas experimentales
- Principios básicos del diseño de experimentos
- Clasificación y elección de los diseños
- Secuencia de la planeación experimental
- Conocer el lenguaje R y Práctica en los paquetes estadísticos: Lección 1.3
- Plantear un proyecto: Lección 1.4
- Investigaciones en diseño de experimentos: Lección 1.4

# 1. Principios básicos del diseño de experimentos

- Objetivos
- Lógica del diseño experimental
- Algunas definiciones importantes
- Control del error experimental: Lección 1.2. Exactitud de técnicas experimentales
- Principios básicos del diseño de experimentos
  - Clasificación y elección de los diseños
  - Secuencia de la planeación experimental
  - Conocer el lenguaje R y Práctica en los paquetes estadísticos: Lección 1.3
  - Plantear un proyecto: Lección 1.4
  - Investigaciones en diseño de experimentos: Lección 1.4



# 1. Principios básicos del diseño de experimentos

- Objetivos
- Lógica del diseño experimental
- Algunas definiciones importantes
- Control del error experimental: Lección 1.2. Exactitud de técnicas experimentales
- Principios básicos del diseño de experimentos
- Clasificación y elección de los diseños
- Secuencia de la planeación experimental
- Conocer el lenguaje R y Práctica en los paquetes estadísticos: Lección 1.3
- Plantear un proyecto: Lección 1.4
- Investigaciones en diseño de experimentos: Lección 1.4

# 1. Principios básicos del diseño de experimentos

- Objetivos
- Lógica del diseño experimental
- Algunas definiciones importantes
- Control del error experimental: Lección 1.2. Exactitud de técnicas experimentales
- Principios básicos del diseño de experimentos
- Clasificación y elección de los diseños
- Secuencia de la planeación experimental
- Conocer el lenguaje R y Práctica en los paquetes estadísticos: Lección 1.3
- Plantear un proyecto: Lección 1.4
- Investigaciones en diseño de experimentos: Lección 1.4

# 1. Principios básicos del diseño de experimentos

- Objetivos
- Lógica del diseño experimental
- Algunas definiciones importantes
- Control del error experimental: Lección 1.2. Exactitud de técnicas experimentales
- Principios básicos del diseño de experimentos
- Clasificación y elección de los diseños
- Secuencia de la planeación experimental
- Conocer el lenguaje R y Práctica en los paquetes estadísticos: Lección 1.3
- Plantear un proyecto: Lección 1.4
- Investigaciones en diseño de experimentos: Lección 1.4

# 1. Principios básicos del diseño de experimentos

- Objetivos
- Lógica del diseño experimental
- Algunas definiciones importantes
- Control del error experimental: Lección 1.2. Exactitud de técnicas experimentales
- Principios básicos del diseño de experimentos
- Clasificación y elección de los diseños
- Secuencia de la planeación experimental
- Conocer el lenguaje R y Práctica en los paquetes estadísticos: Lección 1.3
- Plantear un proyecto: Lección 1.4
- Investigaciones en diseño de experimentos: Lección 1.4

# 1. Principios básicos del diseño de experimentos

- Objetivos
- Lógica del diseño experimental
- Algunas definiciones importantes
- Control del error experimental: Lección 1.2. Exactitud de técnicas experimentales
- Principios básicos del diseño de experimentos
- Clasificación y elección de los diseños
- Secuencia de la planeación experimental
- Conocer el lenguaje R y Práctica en los paquetes estadísticos: Lección 1.3
- Plantear un proyecto: Lección 1.4
- Investigaciones en diseño de experimentos: Lección 1.4

# Objetivos

- Proporcionar los elementos básicos para desarrollar experimentos eficientes en el uso de recursos, para contestar a preguntas efectivas en aspectos científicos y tecnológicos en las distintas áreas del conocimiento.
- Comprender la metodología del diseño de experimentos como un componente importante en el desarrollo tecnológico.
- Conocer y aplicar diferentes estrategias experimentales, considerando diferentes situaciones y tecnologías.
- Proporcionar los conceptos filosóficos, principios y metodologías para planear y realizar un experimento que permitan la mejora de la calidad.

# Objetivos

- Proporcionar los elementos básicos para desarrollar experimentos eficientes en el uso de recursos, para contestar a preguntas efectivas en aspectos científicos y tecnológicos en las distintas áreas del conocimiento.
- Comprender la metodología del diseño de experimentos como un componente importante en el desarrollo tecnológico.
- Conocer y aplicar diferentes estrategias experimentales, considerando diferentes situaciones y tecnologías.
- Proporcionar los conceptos filosóficos, principios y metodologías para planear y realizar un experimento que permitan la mejora de la calidad.

# Objetivos

- Proporcionar los elementos básicos para desarrollar experimentos eficientes en el uso de recursos, para contestar a preguntas efectivas en aspectos científicos y tecnológicos en las distintas áreas del conocimiento.
- Comprender la metodología del diseño de experimentos como un componente importante en el desarrollo tecnológico.
- Conocer y aplicar diferentes estrategias experimentales, considerando diferentes situaciones y tecnologías.
- Proporcionar los conceptos filosóficos, principios y metodologías para planear y realizar un experimento que permitan la mejora de la calidad.



# Objetivos

- Proporcionar los elementos básicos para desarrollar experimentos eficientes en el uso de recursos, para contestar a preguntas efectivas en aspectos científicos y tecnológicos en las distintas áreas del conocimiento.
- Comprender la metodología del diseño de experimentos como un componente importante en el desarrollo tecnológico.
- Conocer y aplicar diferentes estrategias experimentales, considerando diferentes situaciones y tecnologías.
- Proporcionar los conceptos filosóficos, principios y metodologías para planear y realizar un experimento que permitan la mejora de la calidad.

- Comprender que la metodología de diseño de experimentos es un componente importante en estudios biomédicos, de mercado, sociales, así como en el desarrollo y mejora de productos industriales entre otros.
- Conocer y comprender los conceptos del diseño de experimentos que se emplean con mayor frecuencia en las diferentes áreas del conocimiento.
- Comprender el procedimiento de modelación estadística y el análisis estadístico en la evaluación de los efectos que influyen en la respuesta.
- Adquirir habilidad en el uso de los conceptos de diseño de experimentos realizando ejercicios y discutiendo ejemplos realizados en diferentes disciplinas.
- Aplicar los conceptos estadísticos de esta materia realizando un experimento que simula un proceso en diversas asignaturas.

- Comprender que la metodología de diseño de experimentos es un componente importante en estudios biomédicos, de mercado, sociales, así como en el desarrollo y mejora de productos industriales entre otros.
- Conocer y comprender los conceptos del diseño de experimentos que se emplean con mayor frecuencia en las diferentes áreas del conocimiento.
- Comprender el procedimiento de modelación estadística y el análisis estadístico en la evaluación de los efectos que influyen en la respuesta.
- Adquirir habilidad en el uso de los conceptos de diseño de experimentos realizando ejercicios y discutiendo ejemplos realizados en diferentes disciplinas.
- Aplicar los conceptos estadísticos de esta materia realizando un experimento que simula un proceso en diversas asignaturas.

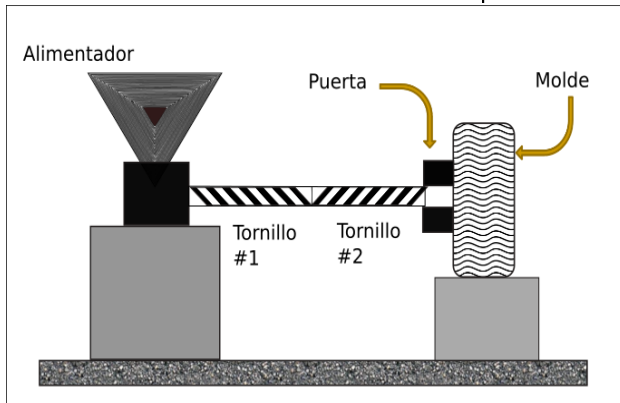
- Comprender que la metodología de diseño de experimentos es un componente importante en estudios biomédicos, de mercado, sociales, así como en el desarrollo y mejora de productos industriales entre otros.
- Conocer y comprender los conceptos del diseño de experimentos que se emplean con mayor frecuencia en las diferentes áreas del conocimiento.
- Comprender el procedimiento de modelación estadística y el análisis estadístico en la evaluación de los efectos que influyen en la respuesta.
- Adquirir habilidad en el uso de los conceptos de diseño de experimentos realizando ejercicios y discutiendo ejemplos realizados en diferentes disciplinas.
- Aplicar los conceptos estadísticos de esta materia realizando un experimento que simula un proceso en diversas asignaturas.

- Comprender que la metodología de diseño de experimentos es un componente importante en estudios biomédicos, de mercado, sociales, así como en el desarrollo y mejora de productos industriales entre otros.
- Conocer y comprender los conceptos del diseño de experimentos que se emplean con mayor frecuencia en las diferentes áreas del conocimiento.
- Comprender el procedimiento de modelación estadística y el análisis estadístico en la evaluación de los efectos que influyen en la respuesta.
- Adquirir habilidad en el uso de los conceptos de diseño de experimentos realizando ejercicios y discutiendo ejemplos realizados en diferentes disciplinas.
- Aplicar los conceptos estadísticos de esta materia realizando un experimento que simula un proceso en diversas asignaturas.

- Comprender que la metodología de diseño de experimentos es un componente importante en estudios biomédicos, de mercado, sociales, así como en el desarrollo y mejora de productos industriales entre otros.
- Conocer y comprender los conceptos del diseño de experimentos que se emplean con mayor frecuencia en las diferentes áreas del conocimiento.
- Comprender el procedimiento de modelación estadística y el análisis estadístico en la evaluación de los efectos que influyen en la respuesta.
- Adquirir habilidad en el uso de los conceptos de diseño de experimentos realizando ejercicios y discutiendo ejemplos realizados en diferentes disciplinas.
- Aplicar los conceptos estadísticos de esta materia realizando un experimento que simula un proceso en diversas asignaturas.

# Procesos de extrusión

Motivación: Caracterización de los procesos



# Ejemplo 1: plástico

## Estudio de caso: Mejorar la elasticidad de un plástico

| Factores de control  | Factores de ruido                    | Característica de calidad  |
|--|--------------------------------------|--|
| Temperatura 1<br>Temperatura 2<br>Velocidad alimentación<br>Tipo de tornillo<br>Velocidad del tornillo 1<br>Velocidad del tornillo 2<br>Puerta (tamaño)<br>Formulación | Humedad<br>Proveedores<br>Operadores | Tensión<br>Elasticidad<br>Rugosidad<br>Espesor<br>Color<br>Costo<br>Producción |



## Ejemplo de un diseño de ocho factores y dos niveles

| Niveles                         | 1     | 2        | Unidades |
|---------------------------------|-------|----------|----------|
| <b>Temperatura 1</b>            | 120   | 140      | °C       |
| <b>Temperatura 2</b>            | 70    | 90       | °C       |
| <b>Velocidad alimentación</b>   | 50    | 60       | g/min    |
| <b>Tipo de tornillo</b>         | Punta | Cilindro |          |
| <b>Velocidad del tornillo 1</b> | 500   | 700      | rpm      |
| <b>Velocidad del tornillo 2</b> | 300   | 400      | rpm      |
| <b>Puerta (tamaño)</b>          | 20    | 30       | cm       |
| <b>Formulación</b>              | SA    | CB       |          |

# Preguntas que surgen en el estudio experimental

- 1 ¿Qué característica (s) de calidad es importante en el problema actual?
- 2 ¿Existen factores que se sospecha que influyen en el resultado, esto es, en la característica de calidad observada? ¿cuáles son?
- 3 ¿Son controlables todos los factores antes mencionados?
- 4 ¿Existen factores que se sospecha que influyen en el resultado pero que no son controlables? ¿Cuáles son?
- 5 ¿Cómo se pueden medir los efectos de un factor?
- 6 ¿Pueden determinarse los niveles de los factores?

# Preguntas que surgen en el estudio experimental

- 1 ¿Qué característica (s) de calidad es importante en el problema actual?
- 2 ¿Existen factores que se sospecha que influyen en el resultado, esto es, en la característica de calidad observada? ¿cuáles son?
- 3 ¿Son controlables todos los factores antes mencionados?
- 4 ¿Existen factores que se sospecha que influyen en el resultado pero que no son controlables? ¿Cuáles son?
- 5 ¿Cómo se pueden medir los efectos de un factor?
- 6 ¿Pueden determinarse los niveles de los factores?

# Preguntas que surgen en el estudio experimental

- 1 ¿Qué característica (s) de calidad es importante en el problema actual?
- 2 ¿Existen factores que se sospecha que influyen en el resultado, esto es, en la característica de calidad observada? ¿cuáles son?
- 3 ¿Son controlables todos los factores antes mencionados?
- 4 ¿Existen factores que se sospecha que influyen en el resultado pero que no son controlables? ¿Cuáles son?
- 5 ¿Cómo se pueden medir los efectos de un factor?
- 6 ¿Pueden determinarse los niveles de los factores?

# Preguntas que surgen en el estudio experimental

- 1 ¿Qué característica (s) de calidad es importante en el problema actual?
- 2 ¿Existen factores que se sospecha que influyen en el resultado, esto es, en la característica de calidad observada? ¿cuáles son?
- 3 ¿Son controlables todos los factores antes mencionados?
- 4 ¿Existen factores que se sospecha que influyen en el resultado pero que no son controlables? ¿Cuáles son?
- 5 ¿Cómo se pueden medir los efectos de un factor?
- 6 ¿Pueden determinarse los niveles de los factores?

# Preguntas que surgen en el estudio experimental

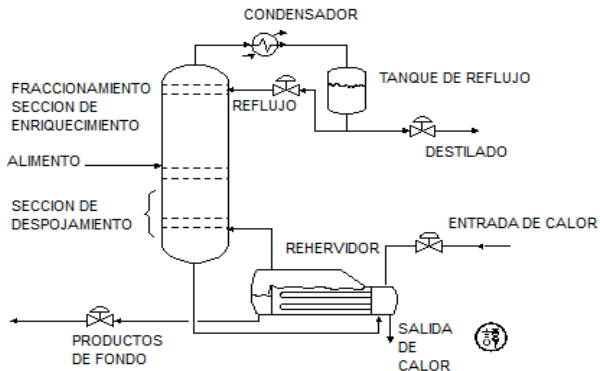
- 1 ¿Qué característica (s) de calidad es importante en el problema actual?
- 2 ¿Existen factores que se sospecha que influyen en el resultado, esto es, en la característica de calidad observada? ¿cuáles son?
- 3 ¿Son controlables todos los factores antes mencionados?
- 4 ¿Existen factores que se sospecha que influyen en el resultado pero que no son controlables? ¿Cuáles son?
- 5 ¿Cómo se pueden medir los efectos de un factor?
- 6 ¿Pueden determinarse los niveles de los factores?

# Preguntas que surgen en el estudio experimental

- 1 ¿Qué característica (s) de calidad es importante en el problema actual?
- 2 ¿Existen factores que se sospecha que influyen en el resultado, esto es, en la característica de calidad observada? ¿cuáles son?
- 3 ¿Son controlables todos los factores antes mencionados?
- 4 ¿Existen factores que se sospecha que influyen en el resultado pero que no son controlables? ¿Cuáles son?
- 5 ¿Cómo se pueden medir los efectos de un factor?
- 6 ¿Pueden determinarse los niveles de los factores?

# Ejemplo en la industria química

La siguiente figura caracteriza un proceso en la industria química





## Ejemplo de destilación

### Aumentar el porcentaje de alcohol en el destilado

| Factores de control | Factores de ruido   | Característica de calidad |
|---------------------|---------------------|---------------------------|
| Temperatura entrada | Operadores          | Composición del destilado |
| Presión entrada     | Composición entrada | Flujo                     |
| Flujo entrada       | Impurezas           | Costo                     |

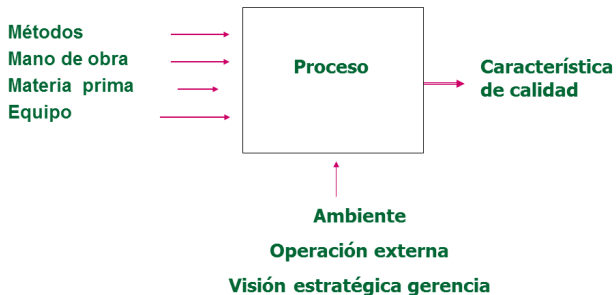
### Ejemplo de un diseño de 3 factores y dos niveles

| Niveles            | 1   | 2   | Unidades |
|--------------------|-----|-----|----------|
| <b>Temperatura</b> | 30  | 70  | °C       |
| <b>Presión</b>     | 1   | 1.5 | Atm      |
| <b>Flujo</b>       | 450 | 500 | lt/hr    |

¿Cómo plantear la estrategia experimental?

# Relación entre las causas y efectos en un proceso

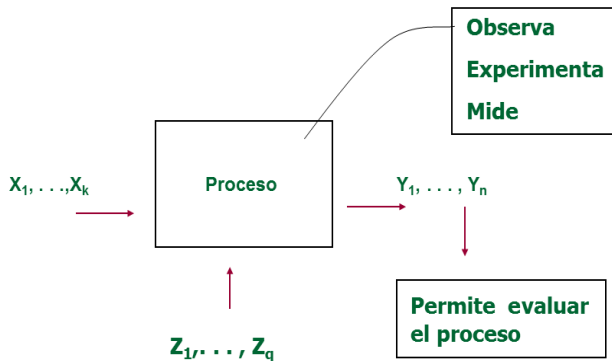
Se presenta una descripción de los factores de control y ruido en un proceso y las posibles respuestas.



- La característica de calidad se muestra como una idea general de la respuesta del proceso.
- Proceso es una representación abstracta que se refiere a difentes áreas de estudio: bioquímicas, médicas, sociales, industriales entre muchas otras.

# Descripción de un proceso: Abstracción

- Factores de control:  $X_1, \dots, X_k$
- Factores de ruido:  $Z_1, \dots, Z_q$
- Respuesta:  $y_1, \dots, y_n$



# El arte de plantear una estrategias experimental

## Estudio del efecto de los factores sobre la respuesta

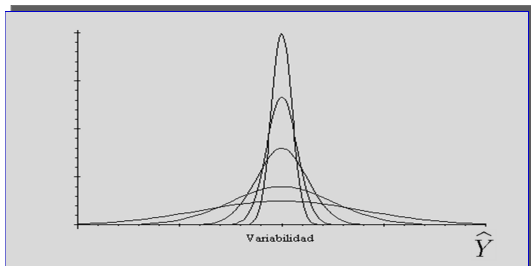
La meta es realizar un estudio experimental para evaluar qué factores influyen en la respuesta y así:

- Generar conocimiento
- Indicar la calidad y variabilidad del producto en: medicina, industrial, químico, alimentos.
- Obtener un modelo estadístico que oriente en el desarrollo del proceso.
- Evaluar la capacidad del proceso en diferentes áreas de la actividad industrial
- Facilitar el conocimiento sobre la vida media del producto: frenos, baterías, así como la vida de anaquel en alimentos, medicamentos.
- Estudiar factores que influyen en tratamientos médicos, biológicos, de mercado.

# Distribuciones de probabilidad simétricas 1

Las distribuciones de probabilidad de la variable de respuesta  $Y$  pueden ser simétricas con diferente varianzas, centradas en la característica del proceso bajo estudio.

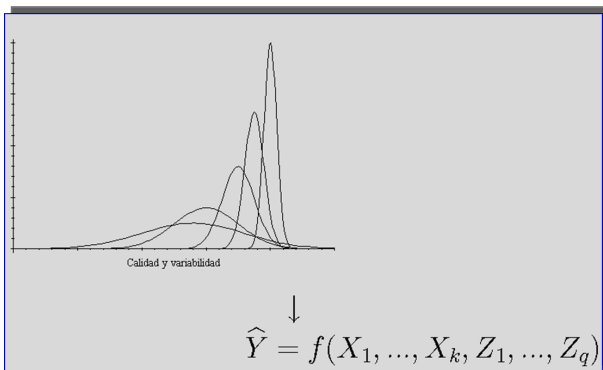
**¿Cómo reducir la varianza?**



## Distribuciones de probabilidad simétricas 2

Distribuciones simétricas con diferentes varianzas, no centradas en la característica, meta, del proceso

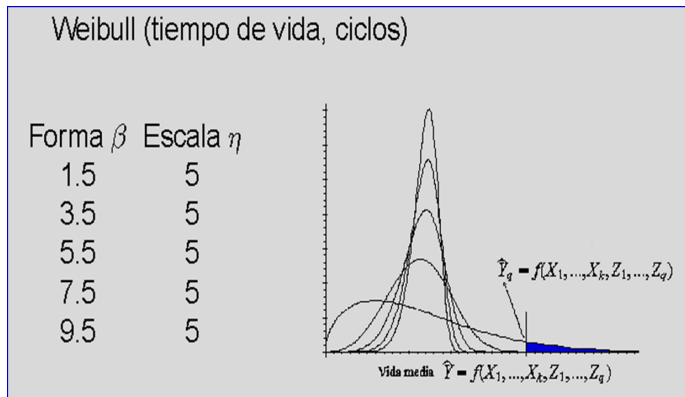
¿Cómo centrar el proceso y reducir la varianza? Respuesta: Mediante la aplicación de una estrategia experimental



# Distribuciones de probabilidad no simétricas

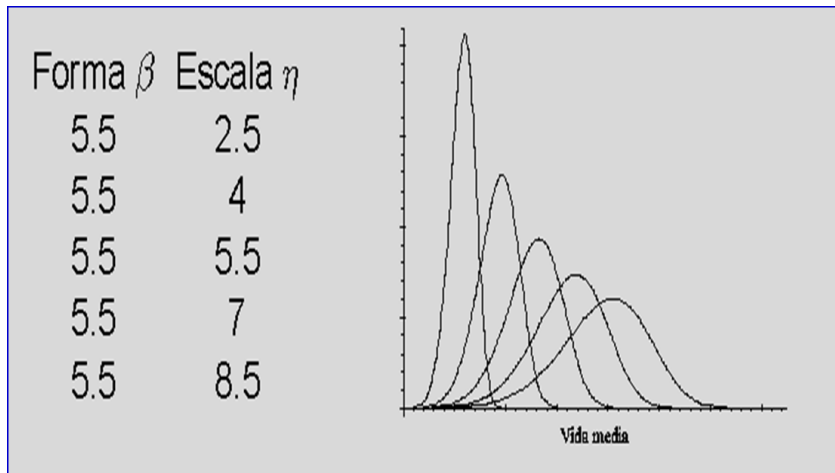
Por ejemplo las distribuciones de probabilidad Weibull, ésta tiene tres parámetros: forma, escala y posición. La gráfica ilustra la distribución con diferentes parámetros de forma

Aplicaciones de la distribución en diseño de experimentos para realizar estudios en: Supervivencia, Degradación, Vida de Anaquel, Corrosión, Prevención



# Distribuciones de probabilidad no simétricas

Ejemplo de las distribuciones Weibull, con diferente parámetro de escala





# Algunas metas para realizar experimentos

- Efectuar experimentos usando prototipos para aprender los conceptos estadísticos básicos en el diseño de experimentos.
- Reducir la variabilidad de un proceso en torno a un valor objetivo.
- Cuantificar la función de pérdida que producen los resultados experimentales.
- Obtener un producto óptimo, confiable y duradero.
- Buscar nuevos tratamientos bioquímicos, médicos, biológicos entre otros para mejorar los procedimientos existentes.

# Algunas metas para realizar experimentos

- Efectuar experimentos usando prototipos para aprender los conceptos estadísticos básicos en el diseño de experimentos.
- Reducir la variabilidad de un proceso en torno a un valor objetivo.
- Cuantificar la función de pérdida que producen los resultados experimentales.
- Obtener un producto óptimo, confiable y duradero.
- Buscar nuevos tratamientos bioquímicos, médicos, biológicos entre otros para mejorar los procedimientos existentes.

# Algunas metas para realizar experimentos

- Efectuar experimentos usando prototipos para aprender los conceptos estadísticos básicos en el diseño de experimentos.
- Reducir la variabilidad de un proceso en torno a un valor objetivo.
- Cuantificar la función de pérdida que producen los resultados experimentales.
- Obtener un producto óptimo, confiable y duradero.
- Buscar nuevos tratamientos bioquímicos, médicos, biológicos entre otros para mejorar los procedimientos existentes.

# Algunas metas para realizar experimentos

- Efectuar experimentos usando prototipos para aprender los conceptos estadísticos básicos en el diseño de experimentos.
- Reducir la variabilidad de un proceso en torno a un valor objetivo.
- Cuantificar la función de pérdida que producen los resultados experimentales.
- Obtener un producto óptimo, confiable y duradero.
- Buscar nuevos tratamientos bioquímicos, médicos, biológicos entre otros para mejorar los procedimientos existentes.

# Algunas metas para realizar experimentos

- Efectuar experimentos usando prototipos para aprender los conceptos estadísticos básicos en el diseño de experimentos.
- Reducir la variabilidad de un proceso en torno a un valor objetivo.
- Cuantificar la función de pérdida que producen los resultados experimentales.
- Obtener un producto óptimo, confiable y duradero.
- Buscar nuevos tratamientos bioquímicos, médicos, biológicos entre otros para mejorar los procedimientos existentes.

# Comentarios sobre la práctica experimental 1

- La calidad será mejorada comprendiendo las necesidades de los clientes y pacientes.
- Se diseña un producto para satisfacer estas necesidades y se diseña el proceso que de como resultado el producto.
- Los métodos para planear los experimentos ayudarán a los participantes a conocer sobre los factores que impactan la calidad de los productos o procesos.
- Usar el conocimiento para mejorar la calidad y realizar los cambios para prevenir problemas y reducir la variabilidad.
- El trabajo experimental es un proceso creativo

# Comentarios sobre la práctica experimental 1

- La calidad será mejorada comprendiendo las necesidades de los clientes y pacientes.
- Se diseña un producto para satisfacer estas necesidades y se diseña el proceso que de como resultado el producto.
- Los métodos para planear los experimentos ayudarán a los participantes a conocer sobre los factores que impactan la calidad de los productos o procesos.
- Usar el conocimiento para mejorar la calidad y realizar los cambios para prevenir problemas y reducir la variabilidad.
- El trabajo experimental es un proceso creativo

# Comentarios sobre la práctica experimental 1

- La calidad será mejorada comprendiendo las necesidades de los clientes y pacientes.
- Se diseña un producto para satisfacer estas necesidades y se diseña el proceso que de como resultado el producto.
- Los métodos para planear los experimentos ayudarán a los participantes a conocer sobre los factores que impactan la calidad de los productos o procesos.
- Usar el conocimiento para mejorar la calidad y realizar los cambios para prevenir problemas y reducir la variabilidad.
- El trabajo experimental es un proceso creativo



# Comentarios sobre la práctica experimental 1

- La calidad será mejorada comprendiendo las necesidades de los clientes y pacientes.
- Se diseña un producto para satisfacer estas necesidades y se diseña el proceso que de como resultado el producto.
- Los métodos para planear los experimentos ayudarán a los participantes a conocer sobre los factores que impactan la calidad de los productos o procesos.
- Usar el conocimiento para mejorar la calidad y realizar los cambios para prevenir problemas y reducir la variabilidad.
- El trabajo experimental es un proceso creativo

# Comentarios sobre la práctica experimental 1

- La calidad será mejorada comprendiendo las necesidades de los clientes y pacientes.
- Se diseña un producto para satisfacer estas necesidades y se diseña el proceso que de como resultado el producto.
- Los métodos para planear los experimentos ayudarán a los participantes a conocer sobre los factores que impactan la calidad de los productos o procesos.
- Usar el conocimiento para mejorar la calidad y realizar los cambios para prevenir problemas y reducir la variabilidad.
- El trabajo experimental es un proceso creativo

# Comentarios sobre la práctica experimental 2

- La lógica del diseño de experimentos y la inferencia estadística se pueden aprender, pero no como una receta, sino como una metodología para seleccionar, manipular, analizar e interpretar un experimento.
- De tal situación, se pueden hacer dos consideraciones que nos pueden llevar a un fracaso.
- Idea creativa + diseño y análisis pobre = fracaso
- Idea trivial + buen diseño y análisis = fracaso

# Comentarios sobre la práctica experimental 2

- La lógica del diseño de experimentos y la inferencia estadística se pueden aprender, pero no como una receta, sino como una metodología para seleccionar, manipular, analizar e interpretar un experimento.
- De tal situación, se pueden hacer dos consideraciones que nos pueden llevar a un fracaso.
- Idea creativa + diseño y análisis pobre = fracaso
- Idea trivial + buen diseño y análisis = fracaso

# Comentarios sobre la práctica experimental 2

- La lógica del diseño de experimentos y la inferencia estadística se pueden aprender, pero no como una receta, sino como una metodología para seleccionar, manipular, analizar e interpretar un experimento.
- De tal situación, se pueden hacer dos consideraciones que nos pueden llevar a un fracaso.
- **Idea creativa + diseño y análisis pobre = fracaso**
- Idea trivial + buen diseño y análisis = fracaso

# Comentarios sobre la práctica experimental 2

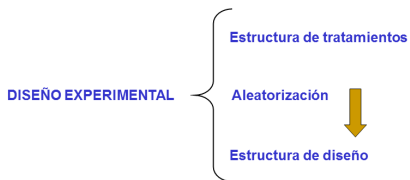
- La lógica del diseño de experimentos y la inferencia estadística se pueden aprender, pero no como una receta, sino como una metodología para seleccionar, manipular, analizar e interpretar un experimento.
- De tal situación, se pueden hacer dos consideraciones que nos pueden llevar a un fracaso.
- **Idea creativa + diseño y análisis pobre = fracaso**
- **Idea trivial + buen diseño y análisis = fracaso**

# Comentarios sobre la práctica experimental 3

Experimentos en las dimensiones de la calidad. Una dificultad en mejorar la calidad es trasladar las necesidades de los clientes en características que sean medibles. Garvin propone ocho dimensiones

|              |  |
|--------------|--|
| Función      | Característica de operación inicial                |
| Aspectos     | Característica de operación inicial                |
|              | Tiempo de espera en línea                          |
| Tiempo       | Tiempo de desarrollo del nuevo producto            |
|              | Tiempo para completar el servicio                  |
| Confiability | Exento de fallas de operación                      |
| Duración     | Uso hasta su reemplazo, o reparación               |
| Uniformidad  | Baja variación entre los productos                 |
| Consistencia | Unidad entre documentación, propaganda, estándares |
| Servicio     | Solución a los problemas y reclamos                |

# Definiciones



## Estructura de tratamientos

**Factor.** Una variable de interés controlada hasta cierto punto por el experimentador, de la que se desea estudiar sus efectos en una o varias respuestas.

**Ejemplo:** se desea medir la dimensión de un cilindro para evaluar su efecto sobre la fricción en un sistema mecánico.

Los factores pueden ser concebidos como cualitativos o cuantitativos



# Definiciones

- **Nivel.** Modalidad específica dentro de un factor.
- *Ejemplo:* si el factor, es el tiempo de operación, el interés puede ser estudiar la respuesta del proceso durante tres periodos diferentes, a saber 10, 30 y 50 seg.
- **Tratamiento.** Se refiere a los distintos niveles de un factor o a una combinación de los niveles de varios factores.
- **Estructura de tratamientos** de un diseño experimental. Consiste del número de tratamientos que el experimentador ha seleccionado para estudiar y/o comparar.

Pueden existir estructuras con uno o varios factores;

- 1 Se pueden considerar todos los tratamientos (diseño factorial) o
- 2 Un subconjunto del total de tratamientos según el interés (diseño factorial incompleto)

# Definiciones

- **Nivel.** Modalidad específica dentro de un factor.
- *Ejemplo:* si el factor, es el tiempo de operación, el interés puede ser estudiar la respuesta del proceso durante tres periodos diferentes, a saber 10, 30 y 50 seg.
- **Tratamiento.** Se refiere a los distintos niveles de un factor o a una combinación de los niveles de varios factores.
- **Estructura de tratamientos** de un diseño experimental. Consiste del número de tratamientos que el experimentador ha seleccionado para estudiar y/o comparar.

Pueden existir estructuras con uno o varios factores;

- 1 Se pueden considerar todos los tratamientos (diseño factorial) o
- 2 Un subconjunto del total de tratamientos según el interés (diseño factorial incompleto)

# Definiciones

- **Nivel.** Modalidad específica dentro de un factor.
- *Ejemplo:* si el factor, es el tiempo de operación, el interés puede ser estudiar la respuesta del proceso durante tres periodos diferentes, a saber 10, 30 y 50 seg.
- **Tratamiento.** Se refiere a los distintos niveles de un factor o a una combinación de los niveles de varios factores.
- **Estructura de tratamientos** de un diseño experimental. Consiste del número de tratamientos que el experimentador ha seleccionado para estudiar y/o comparar.

Pueden existir estructuras con uno o varios factores;

- 1 Se pueden considerar todos los tratamientos (diseño factorial) o
- 2 Un subconjunto del total de tratamientos según el interés (diseño factorial incompleto)

# Definiciones

- **Nivel.** Modalidad específica dentro de un factor.
- *Ejemplo:* si el factor, es el tiempo de operación, el interés puede ser estudiar la respuesta del proceso durante tres periodos diferentes, a saber 10, 30 y 50 seg.
- **Tratamiento.** Se refiere a los distintos niveles de un factor o a una combinación de los niveles de varios factores.
- **Estructura de tratamientos** de un diseño experimental. Consiste del número de tratamientos que el experimentador ha seleccionado para estudiar y/o comparar.

Pueden existir estructuras con uno o varios factores;

- 1 Se pueden considerar todos los tratamientos (diseño factorial) o
- 2 Un subconjunto del total de tratamientos según el interés (diseño factorial incompleto)

# Definiciones

- **Nivel.** Modalidad específica dentro de un factor.
- *Ejemplo:* si el factor, es el tiempo de operación, el interés puede ser estudiar la respuesta del proceso durante tres periodos diferentes, a saber 10, 30 y 50 seg.
- **Tratamiento.** Se refiere a los distintos niveles de un factor o a una combinación de los niveles de varios factores.
- **Estructura de tratamientos** de un diseño experimental. Consiste del número de tratamientos que el experimentador ha seleccionado para estudiar y/o comparar.

Pueden existir estructuras con uno o varios factores;

- 1 Se pueden considerar todos los tratamientos (diseño factorial) o
- 2 Un subconjunto del total de tratamientos según el interés (diseño factorial incompleto)

# Definiciones

- **Nivel.** Modalidad específica dentro de un factor.
- *Ejemplo:* si el factor, es el tiempo de operación, el interés puede ser estudiar la respuesta del proceso durante tres periodos diferentes, a saber 10, 30 y 50 seg.
- **Tratamiento.** Se refiere a los distintos niveles de un factor o a una combinación de los niveles de varios factores.
- **Estructura de tratamientos** de un diseño experimental. Consiste del número de tratamientos que el experimentador ha seleccionado para estudiar y/o comparar.

Pueden existir estructuras con uno o varios factores;

- 1 Se pueden considerar todos los tratamientos (diseño factorial) o
- 2 Un subconjunto del total de tratamientos según el interés (diseño factorial incompleto)

# Definiciones

- **Efecto principal**. Indica la contribución que cada factor tiene sobre las variables de respuesta. Esta se mide evaluando el cambio que se produce en la respuesta en cada nivel del factor.
- **Interacción**. Considerando los efectos sobre las variables de respuesta bajo estudio, la interacción implica una relación o dependencia entre dos o más factores.
- Unidad experimental (UE). Individuo, objeto o unidad de material a la que se le aplica un tratamiento, a ésta se le miden las variables de respuesta bajo estudio.
- **Estructura de Diseño: Bloque**. Conjunto de unidades experimentales agrupadas de acuerdo a su homogeneidad en su respuesta antes de ser tratadas. Al conformar varios bloques se supone que la estructura de tratamientos en sus relaciones internas no se ve afectada al cambiar de bloque.

# Definiciones

- **Efecto principal**. Indica la contribución que cada factor tiene sobre las variables de respuesta. Esta se mide evaluando el cambio que se produce en la respuesta en cada nivel del factor.
- **Interacción**. Considerando los efectos sobre las variables de respuesta bajo estudio, la interacción implica una relación o dependencia entre dos o más factores.
- Unidad experimental (UE). Individuo, objeto o unidad de material a la que se le aplica un tratamiento, a ésta se le miden las variables de respuesta bajo estudio.
- **Estructura de Diseño: Bloque**. Conjunto de unidades experimentales agrupadas de acuerdo a su homogeneidad en su respuesta antes de ser tratadas. Al conformar varios bloques se supone que la estructura de tratamientos en sus relaciones internas no se ve afectada al cambiar de bloque.



# Definiciones

- **Efecto principal**. Indica la contribución que cada factor tiene sobre las variables de respuesta. Esta se mide evaluando el cambio que se produce en la respuesta en cada nivel del factor.
- **Interacción**. Considerando los efectos sobre las variables de respuesta bajo estudio, la interacción implica una relación o dependencia entre dos o más factores.
- Unidad experimental (UE). Individuo, objeto o unidad de material a la que se le aplica un tratamiento, a ésta se le miden las variables de respuesta bajo estudio.
- Estructura de Diseño: **Bloque**. Conjunto de unidades experimentales agrupadas de acuerdo a su homogeneidad en su respuesta antes de ser tratadas. Al conformar varios bloques se supone que la estructura de tratamientos en sus relaciones internas no se ve afectada al cambiar de bloque.

# Definiciones

- **Efecto principal**. Indica la contribución que cada factor tiene sobre las variables de respuesta. Esta se mide evaluando el cambio que se produce en la respuesta en cada nivel del factor.
- **Interacción**. Considerando los efectos sobre las variables de respuesta bajo estudio, la interacción implica una relación o dependencia entre dos o más factores.
- Unidad experimental (UE). Individuo, objeto o unidad de material a la que se le aplica un tratamiento, a ésta se le miden las variables de respuesta bajo estudio.
- **Estructura de Diseño: Bloque**. Conjunto de unidades experimentales agrupadas de acuerdo a su homogeneidad en su respuesta antes de ser tratadas. Al conformar varios bloques se supone que la estructura de tratamientos en sus relaciones internas no se ve afectada al cambiar de bloque.

## Dos suposiciones importantes de la agrupación de UE son

- Los criterios para formar grupos de UE se considera que generan grupos provenientes de una población hipotética de grupos.
- No hay interacción entre los criterios para formar grupos y los tratamientos, es decir, se supone que las diferencias potenciales entre los tratamientos serán consistentes de grupo a grupo (salvo variación aleatoria).

## Dos suposiciones importantes de la agrupación de UE son

- Los criterios para formar grupos de UE se considera que generan grupos provenientes de una población hipotética de grupos.
- No hay interacción entre los criterios para formar grupos y los tratamientos, es decir, se supone que las diferencias potenciales entre los tratamientos serán consistentes de grupo a grupo (salvo variación aleatoria).

# Definiciones

**Covariable.** Medición sobre una unidad experimental de alguna característica que haga diferencia a cada unidad experimental en su respuesta.

| Estructura de tratamiento               | Estructura de diseño            |
|---|---------------------------------|
| Un factor (k niveles)                   | Completamento aleatorio         |
| Arreglo factorial (dos o más factores)  | Bloques completamente aleatorio |
| Arreglo factorial fraccionario          | Cuadrado latino                 |
| Arreglo factorial en parcelas divididas | Greco latino                    |
| Arreglo factorial anidado               | Bloques incompletos             |

# Comparación

## Variación experimental.

Por ejemplo: suponga que se estudian  $k$  tratamientos.

Numéricamente hablando los  $k$  tratamientos se consideran iguales en sus efectos sobre la variable respuesta si sus diferencias versus el promedio total  $\bar{y}_{..}$  son iguales.

Que sean iguales exactamente no es posible en experimentación; por ello la pregunta relevante para el experimentador es:

¿Hasta dónde se pueden considerar que las diferencias son iguales?

$$(\bar{y}_i - y_{..}), i = 1, \dots, k$$

Una variación de extrema importancia es el llamado error experimental:

- Mide las diferencias en respuesta entre UE homogéneas y tratadas de la misma manera. VARIABILIDAD MINIMA del experimento.
- Se supone que el **error experimental** es una variable aleatoria con media 0 y varianza  $\sigma^2$  constante.

Una variación de extrema importancia es el llamado error experimental:

- Mide las diferencias en respuesta entre UE homogéneas y tratadas de la misma manera. VARIABILIDAD MINIMA del experimento.
- Se supone que el **error experimental** es una variable aleatoria con media 0 y varianza  $\sigma^2$  constante.



Si el experimento corresponde de manera adecuada a las dos estructuras del diseño experimental.

$$V(y_{i.}) = \frac{\sigma^2}{n_i}, i = 1, \dots, k$$

La variabilidad de cada promedio sólo depende

- de la variabilidad del error experimental y
- del número de repeticiones del tratamiento correspondiente.

Contar con repeticiones tiene una estimación de  $\sigma^2$ , necesaria para realizar contrastes de hipótesis y construir intervalos de confianza para las diferencias de medias.

Si el experimento corresponde de manera adecuada a las dos estructuras del diseño experimental.

$$V(y_{i.}) = \frac{\sigma^2}{n_i}, i = 1, \dots, k$$

La variabilidad de cada promedio sólo depende

- de la variabilidad del error experimental y
- del número de repeticiones del tratamiento correspondiente.

Contar con repeticiones tiene una estimación de  $\sigma^2$ , necesaria para realizar contrastes de hipótesis y construir intervalos de confianza para las diferencias de medias.

Permite reducir la variabilidad de los promedios, ya que, como se vió, la varianza de  $y_i$ . depende del número de repeticiones  $n_i$ .

Puede incrementar el rango de inferencia del experimento, seleccionando y apropiadamente usando UE menos homogéneas.

Ejercer control sobre la variabilidad del error, ya que la repetición nos impone restricciones que nos llevan a agrupar UE de acuerdo a su respuesta esperada en ausencia de tratamiento y así asignar la variación total entre UE de tal manera que sea maximizada la variabilidad entre grupos y simultáneamente minimizada dentro de grupos.

Las condiciones que determinan el número de repeticiones son:

- **La precisión** requerida en el experimento, es decir, qué tan pequeñas son las diferencias entre la media que se desea detectar por medio del experimento. Entre menor sea la desviación de la hipótesis nula a ser medida o detectada, mayor el número de repeticiones requeridas.
- **La variabilidad** de algunos materiales es mayor que en otros materiales. Entre más variable, más replicaciones y viceversa. Por ejemplo, experimentos con materiales vivos requerirán en general el uso de un mayor número de repeticiones.

Las condiciones que determinan el número de repeticiones son:

- **La precisión** requerida en el experimento, es decir, qué tan pequeñas son las diferencias entre la media que se desea detectar por medio del experimento. Entre menor sea la desviación de la hipótesis nula a ser medida o detectada, mayor el número de repeticiones requeridas.
- **La variabilidad** de algunos materiales es mayor que en otros materiales. Entre más variable, más replicaciones y viceversa. Por ejemplo, experimentos con materiales vivos requerirán en general el uso de un mayor número de repeticiones.

El número de tratamientos afecta la precisión de un experimento. **Si el número de tratamientos aumenta y el número de repeticiones por tratamiento se mantiene constante, de cualquier manera aumenta el tamaño del experimento**, así como los grados de libertad para estimar  $\sigma^2$ . En este caso la precisión del estimador mejora.

Si la precisión alcanza un grado más alto del requerido, se puede bajar el número de repeticiones.

Si el **número de tratamientos aumenta** pero se mantiene el **tamaño del experimento constante**, es decir el mismo número de repeticiones a repartirse entre los diferentes tratamientos, habrá obviamente menos repeticiones por tratamiento y menos grados de libertad para el estimador de  $\sigma^2$ , con lo que la precisión será más pobre.

El diseño experimental también puede afectar la precisión de un experimento y el número de repeticiones requeridas. **Dependiendo del diseño se puede disminuir o aumentar el número de repeticiones.**

### Advertencia:

Se debe tener muy presente que, sin una apropiada planeación del experimento, el análisis subsiguiente e interpretación sufrirán las consecuencias

# Aplicación del plan experimental

## Prototipos: Lección 1.4

**Los primeros tres pasos constituyen la etapa de planeación previa al experimento.**

Para el diseño eficiente de experimentos es recomendable explícitamente tener clara, mediante el diálogo en un equipo de trabajo multidisciplinario, la siguiente información:

- **Título del experimento:** en donde se exprese de manera sintética el cuerpo substancial de la experimentación.
- **Objetivos:** búsqueda de consensos claros y operables.
- **Aposos relevantes para los objetivos:** se refieren a la información de experimentos previos, datos rutinariamente recolectados, información sobre las leyes físicas o información proveniente de opiniones de expertos



# Aplicación del plan experimental

## Prototipos: Lección 1.4

**Los primeros tres pasos constituyen la etapa de planeación previa al experimento.**

Para el diseño eficiente de experimentos es recomendable explícitamente tener clara, mediante el diálogo en un equipo de trabajo multidisciplinario, la siguiente información:

- **Título del experimento:** en donde se exprese de manera sintética el cuerpo substancial de la experimentación.
- **Objetivos:** búsqueda de consensos claros y operables.
- **Aposos relevantes para los objetivos:** se refieren a la información de experimentos previos, datos rutinariamente recolectados, información sobre las leyes físicas o información proveniente de opiniones de expertos

# Aplicación del plan experimental

## Prototipos: Lección 1.4

**Los primeros tres pasos constituyen la etapa de planeación previa al experimento.**

Para el diseño eficiente de experimentos es recomendable explícitamente tener clara, mediante el diálogo en un equipo de trabajo multidisciplinario, la siguiente información:

- **Título del experimento:** en donde se exprese de manera sintética el cuerpo substancial de la experimentación.
- **Objetivos:** búsqueda de consensos claros y operables.
- **Apoyos relevantes para los objetivos:** se refieren a la información de experimentos previos, datos rutinariamente recolectados, información sobre las leyes físicas o información proveniente de opiniones de expertos

# Caracterización de factores y respuestas

- Consideraciones sobre la variable respuesta:
  - Reconociendo los objetivos de la experimentación.
  - Estudie e identifique los mecanismos fundamentales que afecten a los objetivos.
  - Finalmente seleccione la respuesta que incremente la posibilidad de entender los mecanismos
  - En general se recomienda que la variable respuesta sea: Continua, ya que aporta mayor información.

# Caracterización de factores y respuestas

- Consideraciones sobre la variable respuesta:
  - Reconociendo los objetivos de la experimentación.
  - Estudie e identifique los mecanismos fundamentales que afecten a los objetivos.
  - Finalmente seleccione la respuesta que incremente la posibilidad de entender los mecanismos
  - En general se recomienda que la variable respuesta sea: Continua, ya que aporta mayor información.

# Caracterización de factores y respuestas

- Consideraciones sobre la variable respuesta:
  - Reconociendo los objetivos de la experimentación.
  - Estudie e identifique los mecanismos fundamentales que afecten a los objetivos.
  - Finalmente seleccione la respuesta que incremente la posibilidad de entender los mecanismos
  - En general se recomienda que la variable respuesta sea: Continua, ya que aporta mayor información.

# Caracterización de factores y respuestas

- Consideraciones sobre la variable respuesta:
  - Reconociendo los objetivos de la experimentación.
  - Estudie e identifique los mecanismos fundamentales que afecten a los objetivos.
  - Finalmente seleccione la respuesta que incremente la posibilidad de entender los mecanismos
  - En general se recomienda que la variable respuesta sea: Continua, ya que aporta mayor información.

# Caracterización de factores y respuestas

- Consideraciones sobre la variable respuesta:
  - Reconociendo los objetivos de la experimentación.
  - Estudie e identifique los mecanismos fundamentales que afecten a los objetivos.
  - Finalmente seleccione la respuesta que incremente la posibilidad de entender los mecanismos
  - En general se recomienda que la variable respuesta sea: Continua, ya que aporta mayor información.

- **Consideraciones sobre factores.**

En general es importante diferenciar entre dos diferentes tipos de factores

- Factores de ruido: factores que son influyentes, pero que no pueden ser controlados en la vida real.
- Factores de control: factores de los que se piensa que son muy influyentes en la variable de respuesta y son controlables en la práctica.



- **Consideraciones sobre factores.**

En general es importante diferenciar entre dos diferentes tipos de factores

- Factores de ruido: factores que son influyentes, pero que no pueden ser controlados en la vida real.
- Factores de control: factores de los que se piensa que son muy influyentes en la variable de respuesta y son controlables en la práctica.

- **Consideraciones sobre factores.**

En general es importante diferenciar entre dos diferentes tipos de factores

- Factores de ruido: factores que son influyentes, pero que no pueden ser controlados en la vida real.
- Factores de control: factores de los que se piensa que son muy influyentes en la variable de respuesta y son controlables en la práctica.

- **Consideraciones sobre interacciones.**

Las siguientes preguntas son útiles:

En general, los factores interactúan, si los efectos de uno sobre la respuesta depende de los efectos del otro

- ¿Hay interacciones que están justificadamente ausentes en el experimento?
- ¿Hay interacciones que deban ser estimadas sin confusiones con efectos principiantes?
- ¿Existe un tratamiento de los factores de control, tal que produzca un efecto adecuado en la respuesta ante el ruido?

- **Consideraciones sobre interacciones.**

Las siguientes preguntas son útiles:

En general, los factores interactúan, si los efectos de uno sobre la respuesta depende de los efectos del otro

- ¿Hay interacciones que están justificadamente ausentes en el experimento?
- ¿Hay interacciones que deban ser estimadas sin confusiones con efectos principiantes?
- ¿Existe un tratamiento de los factores de control, tal que produzca un efecto adecuado en la respuesta ante el ruido?

- **Consideraciones sobre interacciones.**

Las siguientes preguntas son útiles:

En general, los factores interactúan, si los efectos de uno sobre la respuesta depende de los efectos del otro

- ¿Hay interacciones que están justificadamente ausentes en el experimento?
- ¿Hay interacciones que deban ser estimadas sin confusiones con efectos principiantes?
- ¿Existe un tratamiento de los factores de control, tal que produzca un efecto adecuado en la respuesta ante el ruido?

- **Consideraciones sobre interacciones.**

Las siguientes preguntas son útiles:

En general, los factores interactúan, si los efectos de uno sobre la respuesta depende de los efectos del otro

- ¿Hay interacciones que están justificadamente ausentes en el experimento?
- ¿Hay interacciones que deban ser estimadas sin confusiones con efectos principiantes?
- ¿Existe un tratamiento de los factores de control, tal que produzca un efecto adecuado en la respuesta ante el ruido?

# El experimento

## ● Restricciones sobre el experimento

- Facilidad de cambios en factores de control.
  - Métodos de adquisición de datos, de materiales, el número de pruebas,
  - El tipo de unidad experimental, regiones experimentales *ilegales* o irrelevantes,
  - Límites de la aleatorización, orden de las pruebas, costos asociados a cambios en los factores de control durante el experimento.
- En función de las estructuras de tratamiento y diseño se escoge un **esquema experimental**. Si por algún criterio existen preferencias en los diseños estadísticos y sus razones.
  - Una vez revisado lo anterior se procede a generar una **propuesta de análisis y de técnicas de presentación de datos**. Materia técnica de suma amplitud, no tratada en este capítulo.

# El experimento

- **Restricciones sobre el experimento**

- Facilidad de cambios en factores de control.
  - Métodos de adquisición de datos, de materiales, el número de pruebas,
  - El tipo de unidad experimental, regiones experimentales *ilegales* o irrelevantes,
  - Límites de la aleatorización, orden de las pruebas, costos asociados a cambios en los factores de control durante el experimento.
- En función de las estructuras de tratamiento y diseño se escoge un **esquema experimental**. Si por algún criterio existen preferencias en los diseños estadísticos y sus razones.
  - Una vez revisado lo anterior se procede a generar una **propuesta de análisis y de técnicas de presentación de datos**. Materia técnica de suma amplitud, no tratada en este capítulo.



# El experimento

- **Restricciones sobre el experimento**

- Facilidad de cambios en factores de control.
  - Métodos de adquisición de datos, de materiales, el número de pruebas,
  - El tipo de unidad experimental, regiones experimentales *ilegales* o irrelevantes,
  - Límites de la aleatorización, orden de las pruebas, costos asociados a cambios en los factores de control durante el experimento.
- En función de las estructuras de tratamiento y diseño se escoge un **esquema experimental**. Si por algún criterio existen preferencias en los diseños estadísticos y sus razones.
  - Una vez revisado lo anterior se procede a generar una **propuesta de análisis y de técnicas de presentación de datos**. Materia técnica de suma amplitud, no tratada en este capítulo.

# El experimento

- **Restricciones sobre el experimento**

- Facilidad de cambios en factores de control.
  - Métodos de adquisición de datos, de materiales, el número de pruebas,
  - El tipo de unidad experimental, regiones experimentales *ilegales* o irrelevantes,
  - Límites de la aleatorización, orden de las pruebas, costos asociados a cambios en los factores de control durante el experimento.
- En función de las estructuras de tratamiento y diseño se escoge un **esquema experimental**. Si por algún criterio existen preferencias en los diseños estadísticos y sus razones.
  - Una vez revisado lo anterior se procede a generar una **propuesta de análisis y de técnicas de presentación de datos**. Materia técnica de suma amplitud, no tratada en este capítulo.

# El experimento

## ● Restricciones sobre el experimento

- Facilidad de cambios en factores de control.
  - Métodos de adquisición de datos, de materiales, el número de pruebas,
  - El tipo de unidad experimental, regiones experimentales *ilegales* o irrelevantes,
  - Límites de la aleatorización, orden de las pruebas, costos asociados a cambios en los factores de control durante el experimento.
- En función de las estructuras de tratamiento y diseño se escoge un **esquema experimental**. Si por algún criterio existen preferencias en los diseños estadísticos y sus razones.
  - Una vez revisado lo anterior se procede a generar una **propuesta de análisis y de técnicas de presentación de datos**. Materia técnica de suma amplitud, no tratada en este capítulo.

# El experimento

## ● Restricciones sobre el experimento

- Facilidad de cambios en factores de control.
  - Métodos de adquisición de datos, de materiales, el número de pruebas,
  - El tipo de unidad experimental, regiones experimentales *ilegales* o irrelevantes,
  - Límites de la aleatorización, orden de las pruebas, costos asociados a cambios en los factores de control durante el experimento.
- En función de las estructuras de tratamiento y diseño se escoge un **esquema experimental**. Si por algún criterio existen preferencias en los diseños estadísticos y sus razones.
- Una vez revisado lo anterior se procede a generar una **propuesta de análisis y de técnicas de presentación de datos**. Materia técnica de suma amplitud, no tratada en este capítulo.

# El experimento

- **Restricciones sobre el experimento**

- Facilidad de cambios en factores de control.
  - Métodos de adquisición de datos, de materiales, el número de pruebas,
  - El tipo de unidad experimental, regiones experimentales *ilegales* o irrelevantes,
  - Límites de la aleatorización, orden de las pruebas, costos asociados a cambios en los factores de control durante el experimento.
- En función de las estructuras de tratamiento y diseño se escoge un **esquema experimental**. Si por algún criterio existen preferencias en los diseños estadísticos y sus razones.
  - Una vez revisado lo anterior se procede a generar una **propuesta de análisis y de técnicas de presentación de datos**. Materia técnica de suma amplitud, no tratada en este capítulo.

# Realización y análisis

- Responsable del experimento.
- Pruebas iniciales, si las habrá o no y sus razones. Generalmente se utilizan para estimar de manera preliminar la varianza del error experimental y/o afinar el uso de técnicas experimentales.
- Experimento. Se realiza trabajo experimental y con ello se obtienen los datos.
- Análisis de datos e inferencia estadística a partir de datos.
- Conclusiones y recomendaciones. Como producto del análisis, no es difícil imaginar qué nuevas cuestiones pueden surgir, por lo que se puede plantear la necesidad de realizar nuevas investigaciones.

# Realización y análisis

- Responsable del experimento.
- Pruebas iniciales, si las habrá o no y sus razones. Generalmente se utilizan para estimar de manera preliminar la varianza del error experimental y/o afinar el uso de técnicas experimentales.
- Experimento. Se realiza trabajo experimental y con ello se obtienen los datos.
- Análisis de datos e inferencia estadística a partir de datos.
- Conclusiones y recomendaciones. Como producto del análisis, no es difícil imaginar qué nuevas cuestiones pueden surgir, por lo que se puede plantear la necesidad de realizar nuevas investigaciones.

# Realización y análisis

- Responsable del experimento.
- Pruebas iniciales, si las habrá o no y sus razones. Generalmente se utilizan para estimar de manera preliminar la varianza del error experimental y/o afinar el uso de técnicas experimentales.
- Experimento. Se realiza trabajo experimental y con ello se obtienen los datos.
- Análisis de datos e inferencia estadística a partir de datos.
- Conclusiones y recomendaciones. Como producto del análisis, no es difícil imaginar qué nuevas cuestiones pueden surgir, por lo que se puede plantear la necesidad de realizar nuevas investigaciones.



# Realización y análisis

- Responsable del experimento.
- Pruebas iniciales, si las habrá o no y sus razones. Generalmente se utilizan para estimar de manera preliminar la varianza del error experimental y/o afinar el uso de técnicas experimentales.
- Experimento. Se realiza trabajo experimental y con ello se obtienen los datos.
- Análisis de datos e inferencia estadística a partir de datos.
- Conclusiones y recomendaciones. Como producto del análisis, no es difícil imaginar qué nuevas cuestiones pueden surgir, por lo que se puede plantear la necesidad de realizar nuevas investigaciones.

# Realización y análisis

- Responsable del experimento.
- Pruebas iniciales, si las habrá o no y sus razones. Generalmente se utilizan para estimar de manera preliminar la varianza del error experimental y/o afinar el uso de técnicas experimentales.
- Experimento. Se realiza trabajo experimental y con ello se obtienen los datos.
- Análisis de datos e inferencia estadística a partir de datos.
- Conclusiones y recomendaciones. Como producto del análisis, no es difícil imaginar qué nuevas cuestiones pueden surgir, por lo que se puede plantear la necesidad de realizar nuevas investigaciones.

# Referencias de libros clásicos del diseño experimental

- Box G.E.P., Hunter, W.G. Y Hunter J.S. (2005). Statistics for experimenters . John Wiley and Sons Inc. New York.
- Fisher R.A. (1971). The Design of Experiments. Ninth Edition. Hafner Press New York, Collier Macmillan Publishers, London.
- Hicks, C.R. (1994). Fundamental Concepts in the Design of Experiments. Fourth Edition. Holt, Rinehart and Winston, New York
- Lorenzen, T.J. And Anderson, V. (1993) Design of experiments. A no name Approach. Marcel Dekker Inc. New York.
- Méndez, I. (1976). Modelos Estadísticos Lineales. FOCCA/CONACYT. México.
- Montgomery, D.C. (2008). Diseño y Análisis de Experimentos. Grupo Editorial Iberoamérica. México.
- Steel R.G.D. Y Torrie J.H. (1980). Principles and Procedures of Statistics A Bionetrical Approach, 2ed ed. McGraw Hill. New York

# Referencias de libros clásicos del diseño experimental

- Box G.E.P., Hunter, W.G. Y Hunter J.S. (2005). Statistics for experimenters . John Wiley and Sons Inc. New York.
- Fisher R.A. (1971). The Design of Experiments. Ninth Edition. Hafner Press New York, Collier Macmillan Publishers, London.
- Hicks, C.R. (1994). Fundamental Concepts in the Design of Experiments. Fourth Edition. Holt, Rinehart and Winston, New York
- Lorenzen, T.J. And Anderson, V. (1993) Design of experiments. A no name Approach. Marcel Dekker Inc. New York.
- Méndez, I. (1976). Modelos Estadísticos Lineales. FOCCA/CONACYT. México.
- Montgomery, D.C. (2008). Diseño y Análisis de Experimentos. Grupo Editorial Iberoamérica. México.
- Steel R.G.D. Y Torrie J.H. (1980). Principles and Procedures of Statistics A Bionetrical Approach, 2ed ed. McGraw Hill. New York

# Referencias de libros clásicos del diseño experimental

- Box G.E.P., Hunter, W.G. Y Hunter J.S. (2005). Statistics for experimenters . John Wiley and Sons Inc. New York.
- Fisher R.A. (1971). The Design of Experiments. Ninth Edition. Hafner Press New York, Collier Macmillan Publishers, London.
- Hicks, C.R. (1994). Fundamental Concepts in the Design of Experiments. Fourth Edition. Holt, Rinehart and Winston, New York
- Lorenzen, T.J. And Anderson, V. (1993) Design of experiments. A no name Approach. Marcel Dekker Inc. New York.
- Méndez, I. (1976). Modelos Estadísticos Lineales. FOCCA/CONACYT. México.
- Montgomery, D.C. (2008). Diseño y Análisis de Experimentos. Grupo Editorial Iberoamérica. México.
- Steel R.G.D. Y Torrie J.H. (1980). Principles and Procedures of Statistics A Bionetrical Approach, 2ed ed. McGraw Hill. New York

## Referencias de libros clásicos del diseño experimental

- Box G.E.P., Hunter, W.G. Y Hunter J.S. (2005). Statistics for experimenters . John Wiley and Sons Inc. New York.
- Fisher R.A. (1971). The Design of Experiments. Ninth Edition. Hafner Press New York, Collier Macmillan Publishers, London.
- Hicks, C.R. (1994). Fundamental Concepts in the Design of Experiments. Fourth Edition. Holt, Rinehart and Winston, New York
- Lorenzen, T.J. And Anderson, V. (1993) Design of experiments. A no name Approach. Marcel Dekker Inc. New York.
- Méndez, I. (1976). Modelos Estadísticos Lineales. FOCCA/CONACYT. México.
- Montgomery, D.C. (2008). Diseño y Análisis de Experimentos. Grupo Editorial Iberoamérica. México.
- Steel R.G.D. Y Torrie J.H. (1980). Principles and Procedures of Statistics A Bionetrical Approach, 2ed ed. McGraw Hill. New York

## Referencias de libros clásicos del diseño experimental

- Box G.E.P., Hunter, W.G. Y Hunter J.S. (2005). Statistics for experimenters . John Wiley and Sons Inc. New York.
- Fisher R.A. (1971). The Design of Experiments. Ninth Edition. Hafner Press New York, Collier Macmillan Publishers, London.
- Hicks, C.R. (1994). Fundamental Concepts in the Design of Experiments. Fourth Edition. Holt, Rinehart and Winston, New York
- Lorenzen, T.J. And Anderson, V. (1993) Design of experiments. A no name Approach. Marcel Dekker Inc. New York.
- Méndez, I. (1976). Modelos Estadísticos Lineales. FOCCA/CONACYT. México.
- Montgomery, D.C. (2008). Diseño y Análisis de Experimentos. Grupo Editorial Iberoamérica. México.
- Steel R.G.D. Y Torrie J.H. (1980). Principles and Procedures of Statistics A Bionetrical Approach, 2ed ed. McGraw Hill. New York

## Referencias de libros clásicos del diseño experimental

- Box G.E.P., Hunter, W.G. Y Hunter J.S. (2005). Statistics for experimenters . John Wiley and Sons Inc. New York.
- Fisher R.A. (1971). The Design of Experiments. Ninth Edition. Hafner Press New York, Collier Macmillan Publishers, London.
- Hicks, C.R. (1994). Fundamental Concepts in the Design of Experiments. Fourth Edition. Holt, Rinehart and Winston, New York
- Lorenzen, T.J. And Anderson, V. (1993) Design of experiments. A no name Approach. Marcel Dekker Inc. New York.
- Méndez, I. (1976). Modelos Estadísticos Lineales. FOCCA/CONACYT. México.
- Montgomery, D.C. (2008). Diseño y Análisis de Experimentos. Grupo Editorial Iberoamérica. México.
- Steel R.G.D. Y Torrie J.H. (1980). Principles and Procedures of Statistics A Bionetrical Approach, 2ed ed. McGraw Hill. New York



## Referencias de libros clásicos del diseño experimental

- Box G.E.P., Hunter, W.G. Y Hunter J.S. (2005). Statistics for experimenters . John Wiley and Sons Inc. New York.
- Fisher R.A. (1971). The Design of Experiments. Ninth Edition. Hafner Press New York, Collier Macmillan Publishers, London.
- Hicks, C.R. (1994). Fundamental Concepts in the Design of Experiments. Fourth Edition. Holt, Rinehart and Winston, New York
- Lorenzen, T.J. And Anderson, V. (1993) Design of experiments. A no name Approach. Marcel Dekker Inc. New York.
- Méndez, I. (1976). Modelos Estadísticos Lineales. FOCCA/CONACYT. México.
- Montgomery, D.C. (2008). Diseño y Análisis de Experimentos. Grupo Editorial Iberoamérica. México.
- Steel R.G.D. Y Torrie J.H. (1980). Principles and Procedures of Statistics A Bionetrical Approach, 2ed ed. McGraw Hill. New York