

# Diseño de Experimentos UTB

## Introducción

UTB

Universidad Tecnológica de Bolívar

Posgrado 2022

יהודה

יהושע

# Principales exponentes del diseño de experimentos

- *El diseño experimental (DE) tiene inicio teórico a partir de 1935 por Sir Ronald A. Fisher (1890 – 1962), desarrollados en la Estación Agrícola Experimental de Rothamsted, en el Reino Unido, donde introdujo el concepto de aleatorización y el análisis de varianza.*



# Principales exponentes del diseño de experimentos

- *A lo largo de varias décadas, la teoría del diseño de experimentos y sus aplicaciones se consolidaron y expandieron, y en años recientes, recibieron un fuerte impulso por las contribuciones de Genichi Taguchi, un estadístico japonés ampliamente conocido en Occidente.*





- *El diseño experimental es una técnica estadística utilizada para conocer el comportamiento de una variable respuesta a partir de diferentes combinaciones de factores (variables de entrada) de un proceso, que al cambiar afectan la respuesta.*

# El diseño de experimentos



- *El diseño experimental es una técnica estadística utilizada para conocer el comportamiento de una variable respuesta a partir de diferentes combinaciones de factores (variables de entrada) de un proceso, que al cambiar afectan la respuesta.*

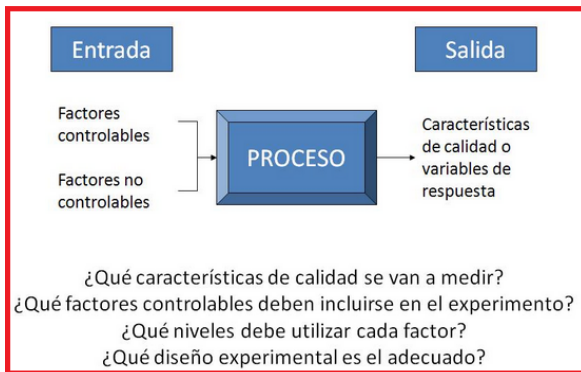


- *Consiste en la manipulación sistemática de las variables de entrada de un proceso para entender el efecto que estas pueden causar en la variable respuesta.*

# El diseño de experimentos



Un proceso puede considerarse como una “caja negra” a la cual ingresan diversas variables que interactúan para producir un resultado.



# El diseño de experimentos



- Las variables que ingresan al proceso se denominan *variables de entrada* (factores o variables independientes) y el resultado: *variable de salida* (respuesta o variable dependiente).



# El diseño de experimentos



- Las variables que ingresan al proceso se denominan *variables de entrada* (factores o variables independientes) y el resultado: *variable de salida* (respuesta o variable dependiente).
- *La búsqueda de combinaciones óptimas de las variables de entrada da lugar al diseño experimental.*

# El diseño de experimentos



- Las variables que ingresan al proceso se denominan *variables de entrada* (factores o variables independientes) y el resultado: *variable de salida* (respuesta o variable dependiente).
- *La búsqueda de combinaciones óptimas de las variables de entrada da lugar al diseño experimental.*
- *Es ampliamente utilizado en las empresas debido a que éste permite visualizar situaciones que pueden suceder a partir de la realización de un proceso.*

# El diseño de experimentos



- Las variables que ingresan al proceso se denominan *variables de entrada* (factores o variables independientes) y el resultado: *variable de salida* (respuesta o variable dependiente).
- *La búsqueda de combinaciones óptimas de las variables de entrada da lugar al diseño experimental.*
- *Es ampliamente utilizado en las empresas debido a que éste permite visualizar situaciones que pueden suceder a partir de la realización de un proceso.*
- En la industria se utiliza principalmente para:

# El diseño de experimentos



- Las variables que ingresan al proceso se denominan *variables de entrada* (factores o variables independientes) y el resultado: *variable de salida* (respuesta o variable dependiente).
- *La búsqueda de combinaciones óptimas de las variables de entrada da lugar al diseño experimental.*
- Es ampliamente utilizado en las empresas debido a que éste permite visualizar situaciones que pueden suceder a partir de la realización de un proceso.
- En la industria se utiliza principalmente para:
  - Buscar el mejoramiento del rendimiento de un proceso.

# El diseño de experimentos



- Las variables que ingresan al proceso se denominan *variables de entrada* (factores o variables independientes) y el resultado: *variable de salida* (respuesta o variable dependiente).
- *La búsqueda de combinaciones óptimas de las variables de entrada da lugar al diseño experimental.*
- Es ampliamente utilizado en las empresas debido a que éste permite visualizar situaciones que pueden suceder a partir de la realización de un proceso.
- En la industria se utiliza principalmente para:
  - Buscar el mejoramiento del rendimiento de un proceso.
  - Para reducir la variabilidad y permitir que haya un mayor acercamiento a los parámetros de la empresa.

# El diseño de experimentos



- Las variables que ingresan al proceso se denominan *variables de entrada* (factores o variables independientes) y el resultado: *variable de salida* (respuesta o variable dependiente).
- *La búsqueda de combinaciones óptimas de las variables de entrada da lugar al diseño experimental.*
- Es ampliamente utilizado en las empresas debido a que éste permite visualizar situaciones que pueden suceder a partir de la realización de un proceso.
- En la industria se utiliza principalmente para:
  - Buscar el mejoramiento del rendimiento de un proceso.
  - Para reducir la variabilidad y permitir que haya un mayor acercamiento a los parámetros de la empresa.
  - Para reducir tiempos de procesamiento y reducir costos.



- El Diseño Experimental (DE) utiliza técnicas como:



- El Diseño Experimental (DE) utiliza técnicas como:
  - *Regresión Múltiple,*





- El Diseño Experimental (DE) utiliza técnicas como:
  - *Regresión Múltiple,*
  - *Superficie de Respuesta,*



- El Diseño Experimental (DE) utiliza técnicas como:
  - *Regresión Múltiple,*
  - *Superficie de Respuesta,*
  - *Diseño de parámetros y*



- El Diseño Experimental (DE) utiliza técnicas como:
  - *Regresión Múltiple,*
  - *Superficie de Respuesta,*
  - *Diseño de parámetros y*
  - varias extensiones del *Análisis de Varianza (ANOVA)*, así como los:



- El Diseño Experimental (DE) utiliza técnicas como:
  - *Regresión Múltiple*,
  - *Superficie de Respuesta*,
  - *Diseño de parámetros* y
  - varias extensiones del *Análisis de Varianza* (ANOVA), así como los:
    - análisis gráficos y las *Comparaciones Múltiples*.



- El Diseño Experimental (DE) utiliza técnicas como:
  - *Regresión Múltiple*,
  - *Superficie de Respuesta*,
  - *Diseño de parámetros* y
  - varias extensiones del *Análisis de Varianza* (ANOVA), así como los:
    - análisis gráficos y las *Comparaciones Múltiples*.
  - Optimización múltiple

# Herramientas de uso del diseño de experimentos

- *El diseño de un experimento como herramienta para la investigación genera inquietudes que deben responderse antes de ejecutarse como:*

# Herramientas de uso del diseño de experimentos

- *El diseño de un experimento como herramienta para la investigación genera inquietudes que deben responderse antes de ejecutarse como:*
- ❶ ¿Cuáles son los factores controlables que se estudiarán en esta investigación?

# Herramientas de uso del diseño de experimentos

- *El diseño de un experimento como herramienta para la investigación genera inquietudes que deben responderse antes de ejecutarse como:*
- ① ¿Cuáles son los factores controlables que se estudiarán en esta investigación?
  - ① Pueden incluirse factores de ruido o incontrolables.



# Herramientas de uso del diseño de experimentos

- *El diseño de un experimento como herramienta para la investigación genera inquietudes que deben responderse antes de ejecutarse como:*
- 1 ¿Cuáles son los factores controlables que se estudiarán en esta investigación?
    - 1 Pueden incluirse factores de ruido o incontrolables.
  - 2 ¿Cuántos niveles involucran los factores que afectan la característica de calidad que se vá a mejorar?

# Herramientas de uso del diseño de experimentos

- *El diseño de un experimento como herramienta para la investigación genera inquietudes que deben responderse antes de ejecutarse como:*
  - 1 ¿Cuáles son los factores controlables que se estudiarán en esta investigación?
    - 1 Pueden incluirse factores de ruido o incontrolables.
  - 2 ¿Cuántos niveles involucran los factores que afectan la característica de calidad que se vá a mejorar?
  - 3 ¿Cómo se va a medir el efecto de los factores estudiados?

# Herramientas de uso del diseño de experimentos

- *El diseño de un experimento como herramienta para la investigación genera inquietudes que deben responderse antes de ejecutarse como:*
- 1 ¿Cuáles son los factores controlables que se estudiarán en esta investigación?
    - 1 Pueden incluirse factores de ruido o incontrolables.
  - 2 ¿Cuántos niveles involucran los factores que afectan la característica de calidad que se vá a mejorar?
  - 3 ¿Cómo se va a medir el efecto de los factores estudiados?
  - 4 ¿Cuántas veces deberá ejecutarse el experimento?

# Herramientas de uso del diseño de experimentos

- *El diseño de un experimento como herramienta para la investigación genera inquietudes que deben responderse antes de ejecutarse como:*
- 1 ¿Cuáles son los factores controlables que se estudiarán en esta investigación?
    - 1 Pueden incluirse factores de ruido o incontrolables.
  - 2 ¿Cuántos niveles involucran los factores que afectan la característica de calidad que se vá a mejorar?
  - 3 ¿Cómo se va a medir el efecto de los factores estudiados?
  - 4 ¿Cuántas veces deberá ejecutarse el experimento?
  - 5 ¿Cuál será la forma de análisis o tipo de diseño experimental?

# Herramientas de uso del diseño de experimentos

- *El diseño de un experimento como herramienta para la investigación genera inquietudes que deben responderse antes de ejecutarse como:*

- 1 ¿Cuáles son los factores controlables que se estudiarán en esta investigación?
  - 1 Pueden incluirse factores de ruido o incontrolables.
- 2 ¿Cuántos niveles involucran los factores que afectan la característica de calidad que se vá a mejorar?
- 3 ¿Cómo se va a medir el efecto de los factores estudiados?
- 4 ¿Cuántas veces deberá ejecutarse el experimento?
- 5 ¿Cuál será la forma de análisis o tipo de diseño experimental?
- 6 ¿A partir de que valores se considera importante el efecto de un factor?

# Etapas de un diseño de experimentos

- 1 *Definir los objetivos del experimento.* Identificar todas las posibles fuentes de variación, incluyendo:

# Etapas de un diseño de experimentos

- 1 *Definir los objetivos del experimento.* Identificar todas las posibles fuentes de variación, incluyendo:
  - 1 factores tratamiento y sus niveles,

# Etapas de un diseño de experimentos

- ① *Definir los objetivos del experimento.* Identificar todas las posibles fuentes de variación, incluyendo:
  - ① factores tratamiento y sus niveles,
  - ② unidades experimentales,



# Etapas de un diseño de experimentos

- ① *Definir los objetivos del experimento.* Identificar todas las posibles fuentes de variación, incluyendo:
  - ① factores tratamiento y sus niveles,
  - ② unidades experimentales,
  - ③ factores que afectan la variabilidad: factores bloque, factores ruido y covariables.

# Etapas de un diseño de experimentos

- ① *Definir los objetivos del experimento.* Identificar todas las posibles fuentes de variación, incluyendo:
  - ① factores tratamiento y sus niveles,
  - ② unidades experimentales,
  - ③ factores que afectan la variabilidad: factores bloque, factores ruido y covariables.
- ② Elegir una regla de asignación de las unidades experimentales a las condiciones de estudio (tratamientos).

# Etapas de un diseño de experimentos

- ① *Definir los objetivos del experimento.* Identificar todas las posibles fuentes de variación, incluyendo:
  - ① factores tratamiento y sus niveles,
  - ② unidades experimentales,
  - ③ factores que afectan la variabilidad: factores bloque, factores ruido y covariables.
- ② Elegir una regla de asignación de las unidades experimentales a las condiciones de estudio (tratamientos).
- ③ Especificar las medidas con que se trabajará (la respuesta), el procedimiento experimental y anticiparse a las posibles dificultades.

# Etapas de un diseño de experimentos

- ① *Definir los objetivos del experimento.* Identificar todas las posibles fuentes de variación, incluyendo:
  - ① factores tratamiento y sus niveles,
  - ② unidades experimentales,
  - ③ factores que afectan la variabilidad: factores bloque, factores ruido y covariables.
- ② Elegir una regla de asignación de las unidades experimentales a las condiciones de estudio (tratamientos).
- ③ Especificar las medidas con que se trabajará (la respuesta), el procedimiento experimental y anticiparse a las posibles dificultades.
- ④ **Ejecutar un experimento piloto.**

# Etapas de un diseño de experimentos

- ➊ *Definir los objetivos del experimento.* Identificar todas las posibles fuentes de variación, incluyendo:
  - ➊ factores tratamiento y sus niveles,
  - ➋ unidades experimentales,
  - ➌ factores que afectan la variabilidad: factores bloque, factores ruido y covariables.
- ➋ Elegir una regla de asignación de las unidades experimentales a las condiciones de estudio (tratamientos).
- ➌ Especificar las medidas con que se trabajará (la respuesta), el procedimiento experimental y anticiparse a las posibles dificultades.
- ➍ Ejecutar un experimento piloto.
- ➎ **Especificar el modelo.**

# Etapas de un diseño de experimentos

- ❶ *Definir los objetivos del experimento.* Identificar todas las posibles fuentes de variación, incluyendo:
  - ❶ factores tratamiento y sus niveles,
  - ❷ unidades experimentales,
  - ❸ factores que afectan la variabilidad: factores bloque, factores ruido y covariables.
- ❷ Elegir una regla de asignación de las unidades experimentales a las condiciones de estudio (tratamientos).
- ❸ Especificar las medidas con que se trabajará (la respuesta), el procedimiento experimental y anticiparse a las posibles dificultades.
- ❹ Ejecutar un experimento piloto.
- ❺ Especificar el modelo.
- ❻ **Esquematizar los pasos del análisis.**

# Etapas de un diseño de experimentos

- ❶ *Definir los objetivos del experimento.* Identificar todas las posibles fuentes de variación, incluyendo:
  - ❶ factores tratamiento y sus niveles,
  - ❷ unidades experimentales,
  - ❸ factores que afectan la variabilidad: factores bloque, factores ruido y covariables.
- ❷ Elegir una regla de asignación de las unidades experimentales a las condiciones de estudio (tratamientos).
- ❸ Especificar las medidas con que se trabajará (la respuesta), el procedimiento experimental y anticiparse a las posibles dificultades.
- ❹ Ejecutar un experimento piloto.
- ❺ Especificar el modelo.
- ❻ Esquematizar los pasos del análisis.
- ❼ **Determinar el tamaño muestral.**

# Etapas de un diseño de experimentos

- ❶ *Definir los objetivos del experimento.* Identificar todas las posibles fuentes de variación, incluyendo:
  - ❶ factores tratamiento y sus niveles,
  - ❷ unidades experimentales,
  - ❸ factores que afectan la variabilidad: factores bloque, factores ruido y covariables.
- ❷ Elegir una regla de asignación de las unidades experimentales a las condiciones de estudio (tratamientos).
- ❸ Especificar las medidas con que se trabajará (la respuesta), el procedimiento experimental y anticiparse a las posibles dificultades.
- ❹ Ejecutar un experimento piloto.
- ❺ Especificar el modelo.
- ❻ Esquematizar los pasos del análisis.
- ❼ Determinar el tamaño muestral.
- ❽ **Revisar las decisiones anteriores. Modificarlas si se considera necesario.**



# Principios básicos del diseño de experimentos



- Las bases de un diseño de experimentos son: replicación, aleatoriedad y bloqueo.

# Principios básicos del diseño de experimentos



- Las bases de un diseño de experimentos son: replicación, aleatoriedad y bloqueo.
- **Repetición o replicación.** Es el número de ocasiones que se efectúa una misma condición experimental en la prueba o experimento que se esta haciendo.

# Principios básicos del diseño de experimentos



- Las bases de un diseño de experimentos son: replicación, aleatoriedad y bloqueo.
- **Repetición o replicación.** Es el número de ocasiones que se efectúa una misma condición experimental en la prueba o experimento que se esta haciendo.
- **Aleatorización.** Es el orden en que se ejecutan las condiciones experimentales en el experimento.

# Principios básicos del diseño de experimentos



- Las bases de un diseño de experimentos son: replicación, aleatoriedad y bloqueo.
- **Repetición o replicación.** Es el número de ocasiones que se efectúa una misma condición experimental en la prueba o experimento que se esta haciendo.
- **Aleatorización.** Es el orden en que se ejecutan las condiciones experimentales en el experimento.
- **Bloqueo.** Es una técnica utilizada con el fin de aumentar la precisión del experimento.

# Principios básicos del diseño de experimentos



- Las bases de un diseño de experimentos son: replicación, aleatoriedad y bloqueo.
- **Repetición o replicación.** Es el número de ocasiones que se efectúa una misma condición experimental en la prueba o experimento que se esta haciendo.
- **Aleatorización.** Es el orden en que se ejecutan las condiciones experimentales en el experimento.
- **Bloqueo.** Es una técnica utilizada con el fin de aumentar la precisión del experimento.
  - Se usa cuando se conoce la fuente de variabilidad y se puede controlar.

# Principios básicos del diseño de experimentos



- Las bases de un diseño de experimentos son: replicación, aleatoriedad y bloqueo.
- **Repetición o replicación.** Es el número de ocasiones que se efectúa una misma condición experimental en la prueba o experimento que se esta haciendo.
- **Aleatorización.** Es el orden en que se ejecutan las condiciones experimentales en el experimento.
- **Bloqueo.** Es una técnica utilizada con el fin de aumentar la precisión del experimento.
  - Se usa cuando se conoce la fuente de variabilidad y se puede controlar.
  - Al controlarla se reduce la variabilidad introducida por esta fuente y se evita que esta influya en la respuesta cuando no se esta interesado en el efecto de la misma.

# Conceptos básicos del diseño de experimentos



● **Unidad experimental.**



## Unidad experimental.

- Unidad a la cual se le aplica un sólo tratamiento (que puede ser una combinación de muchos factores) en una reproducción del experimento.



# Conceptos básicos del diseño de experimentos



- **Unidad experimental.**

- Unidad a la cual se le aplica un sólo tratamiento (que puede ser una combinación de muchos factores) en una reproducción del experimento.

- **Error experimental.**



## Unidad experimental.

- Unidad a la cual se le aplica un sólo tratamiento (que puede ser una combinación de muchos factores) en una reproducción del experimento.

## Error experimental.

- Describe la situación de no llegar a resultados idénticos con dos unidades experimentales tratadas de igual forma y refleja:



## Unidad experimental.

- Unidad a la cual se le aplica un sólo tratamiento (que puede ser una combinación de muchos factores) en una reproducción del experimento.

## Error experimental.

- Describe la situación de no llegar a resultados idénticos con dos unidades experimentales tratadas de igual forma y refleja:
  - errores de experimentación



## Unidad experimental.

- Unidad a la cual se le aplica un sólo tratamiento (que puede ser una combinación de muchos factores) en una reproducción del experimento.

## Error experimental.

- Describe la situación de no llegar a resultados idénticos con dos unidades experimentales tratadas de igual forma y refleja:
  - errores de experimentación
  - errores de observación



## Unidad experimental.

- Unidad a la cual se le aplica un sólo tratamiento (que puede ser una combinación de muchos factores) en una reproducción del experimento.

## Error experimental.

- Describe la situación de no llegar a resultados idénticos con dos unidades experimentales tratadas de igual forma y refleja:
  - errores de experimentación
  - errores de observación
  - errores de medición



## Unidad experimental.

- Unidad a la cual se le aplica un sólo tratamiento (que puede ser una combinación de muchos factores) en una reproducción del experimento.

## Error experimental.

- Describe la situación de no llegar a resultados idénticos con dos unidades experimentales tratadas de igual forma y refleja:
  - errores de experimentación
  - errores de observación
  - errores de medición
  - variación del material experimental (esto es, entre unidades experimentales)



## Unidad experimental.

- Unidad a la cual se le aplica un sólo tratamiento (que puede ser una combinación de muchos factores) en una reproducción del experimento.

## Error experimental.

- Describe la situación de no llegar a resultados idénticos con dos unidades experimentales tratadas de igual forma y refleja:
  - errores de experimentación
  - errores de observación
  - errores de medición
  - variación del material experimental (esto es, entre unidades experimentales)
  - efectos combinados de factores extraños que pudieran influir las características en estudio, pero respecto a los cuales no se ha llamado la atención en la investigación.

# Four Eras in the History of DOX

- *Los orígenes agrícolas, 1908 – 1940s*



# Four Eras in the History of DOX

- *Los orígenes agrícolas, 1908 – 1940s*
  - W.S. Gossett and the t-test (1908)

# Four Eras in the History of DOX

- *Los orígenes agrícolas, 1908 – 1940s*
  - W.S. Gossett and the t-test (1908)
  - R. A. Fisher & sus compañeros de trabajo

# Four Eras in the History of DOX

- *Los orígenes agrícolas, 1908 – 1940s*
  - W.S. Gossett and the t-test (1908)
  - R. A. Fisher & sus compañeros de trabajo
  - Profundo impacto en la ciencia agrícola

# Four Eras in the History of DOX

- *Los orígenes agrícolas, 1908 – 1940s*
  - W.S. Gossett and the t-test (1908)
  - R. A. Fisher & sus compañeros de trabajo
  - Profundo impacto en la ciencia agrícola
  - Diseños factoriales, ANOVA

# Four Eras in the History of DOX

- *Los orígenes agrícolas, 1908 – 1940s*
  - W.S. Gossett and the t-test (1908)
  - R. A. Fisher & sus compañeros de trabajo
  - Profundo impacto en la ciencia agrícola
  - Diseños factoriales, ANOVA
- *La primera era industrial, 1951 – tarde 1970s*

# Four Eras in the History of DOX

- *Los orígenes agrícolas, 1908 – 1940s*
  - W.S. Gossett and the t-test (1908)
  - R. A. Fisher & sus compañeros de trabajo
  - Profundo impacto en la ciencia agrícola
  - Diseños factoriales, ANOVA
- *La primera era industrial, 1951 – tarde 1970s*
  - Box & Wilson, superficies de respuesta

# Four Eras in the History of DOX

- *Los orígenes agrícolas, 1908 – 1940s*
  - W.S. Gossett and the t-test (1908)
  - R. A. Fisher & sus compañeros de trabajo
  - Profundo impacto en la ciencia agrícola
  - Diseños factoriales, ANOVA
- *La primera era industrial, 1951 – tarde 1970s*
  - Box & Wilson, superficies de respuesta
  - Aplicaciones en la industria química y de proceso

# Four Eras in the History of DOX

- *Los orígenes agrícolas, 1908 – 1940s*
  - W.S. Gossett and the t-test (1908)
  - R. A. Fisher & sus compañeros de trabajo
  - Profundo impacto en la ciencia agrícola
  - Diseños factoriales, ANOVA
- *La primera era industrial, 1951 – tarde 1970s*
  - Box & Wilson, superficies de respuesta
  - Aplicaciones en la industria química y de proceso
- *La segunda era industrial, tarde 1970s – 1990*



# Four Eras in the History of DOX

- *Los orígenes agrícolas, 1908 – 1940s*
  - W.S. Gossett and the t-test (1908)
  - R. A. Fisher & sus compañeros de trabajo
  - Profundo impacto en la ciencia agrícola
  - Diseños factoriales, ANOVA
- *La primera era industrial, 1951 – tarde 1970s*
  - Box & Wilson, superficies de respuesta
  - Aplicaciones en la industria química y de proceso
- *La segunda era industrial, tarde 1970s – 1990*
  - Iniciativas de mejora de calidad en muchas empresas

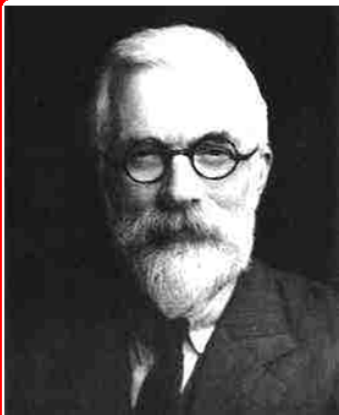
# Four Eras in the History of DOX

- *Los orígenes agrícolas, 1908 – 1940s*
  - W.S. Gossett and the t-test (1908)
  - R. A. Fisher & sus compañeros de trabajo
  - Profundo impacto en la ciencia agrícola
  - Diseños factoriales, ANOVA
- *La primera era industrial, 1951 – tarde 1970s*
  - Box & Wilson, superficies de respuesta
  - Aplicaciones en la industria química y de proceso
- *La segunda era industrial, tarde 1970s – 1990*
  - Iniciativas de mejora de calidad en muchas empresas
  - Taguchi y el diseño robusto de parámetros, diseño robusto

# Four Eras in the History of DOX

- *Los orígenes agrícolas, 1908 – 1940s*
  - W.S. Gossett and the t-test (1908)
  - R. A. Fisher & sus compañeros de trabajo
  - Profundo impacto en la ciencia agrícola
  - Diseños factoriales, ANOVA
- *La primera era industrial, 1951 – tarde 1970s*
  - Box & Wilson, superficies de respuesta
  - Aplicaciones en la industria química y de proceso
- *La segunda era industrial, tarde 1970s – 1990*
  - Iniciativas de mejora de calidad en muchas empresas
  - Taguchi y el diseño robusto de parámetros, diseño robusto
- *La era moderna, comenzando alrededor de 1990*

# Four Eras in the History of DOX



R. A. Fisher (1890 – 1962)



George E. P. Box



MONTGOMERY C. DOUGLAS. Diseño y Análisis de Experimentos. Segunda Edición. LIMUSA WILEY



GUTIERREZ H y DE LA VARA R. Análisis y Diseño de Experimentos. Segunda Edición. Mc Graw Hill.



KUEHL ROBERT. Diseño de Experimentos. Segunda Edición. Thomson.



VICENTE M, GIRON P, NIETO C, PÉREZ T. Diseño de Experimentos. Pearson Prentice Hall.



DEVORE JAY. Probabilidad y Estadística para Ingeniería y Ciencias. Sexta Edición.



WALPOLE MYERS. Probabilidad y Estadística. Cuarta Edición. Mc Graw Hill.



<http://halweb.uc3m.es/esp/Personal/personas/jmmarin/esp/Disenno/Int>