

**Metodologías para la mejora y su impacto en los resultados**

# **DISEÑO DE EXPERIMENTOS**

**Dr. Ing. Martín Tanco**



**XIV Congreso de Calidad y Medio Ambiente en la Automoción  
Madrid, 22 de Octubre 2009**

# Índice

---

- Introducción
- Ventajas del DoE sobre un-factor-a-la-vez
- Historia
- Aplicaciones
- Ejemplo de una aplicación

# Experimentación

Experimento: Provocar cambios deliberados (pruebas, ensayos) en el proceso, para poder identificar el impacto en la(s) respuesta(s).

- ¿Quiénes experimentan?
  - Todas las personas
  - Todo los tipos de industrias
- ¿Para qué Experimentan?
  - Apagar fuegos
  - Mejorar procesos y productos
  - Factor clave para el éxito – Aprendizaje

El objetivo es presentar el Diseño de Experimentos, sus aplicaciones y sus ventajas para **estimular** el uso de esta herramienta en la industria

# Introducción

- Intentar disponer de **datos históricos** para analizarlos
- Analizando los datos del pasado existen riesgos importantes
  - Ausencia de datos
  - Inconsistencia de datos
  - Existencia de variables altamente relacionadas
- Datos históricos  **Escuchar** pasivamente al proceso
- Experimentación  **Conversación activa con el proceso**
- Con la respuesta a las preguntas específicamente dirigidas es más factible de conseguir lo que uno desea conocer del proceso

# ¿Cómo se Experimenta?

Existen básicamente tres **estrategias** para experimentar

- **Mejor Acierto: Prueba y error**
- **Un-factor-a-la-vez (OFAT):** Método científico que modifica una variable a la vez para visualizar el efecto de cada variable en la respuesta
- **Diseño de Experimentos:** Metodología para aplicar sistemáticamente la estadística al proceso de experimentación

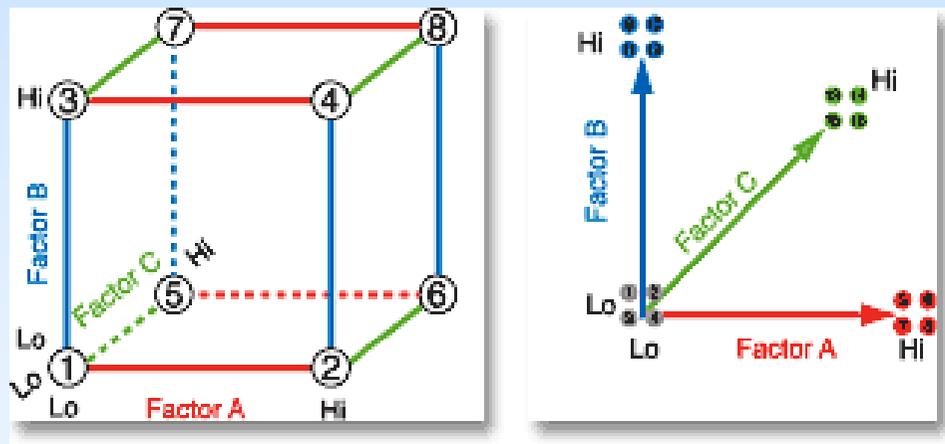
# Definiciones

- Consiste en realizar una serie de pruebas en las que se inducen cambios deliberados a las variables de un proceso para poder identificar las causas de los cambios en la respuesta de salida elegida (Montgomery 2005)
- Técnica estructurada para poder eficientemente caracterizar, mejorar y optimizar un proceso o producto a través de la recolección, análisis e interpretación de los datos (Box et al. 2005 )



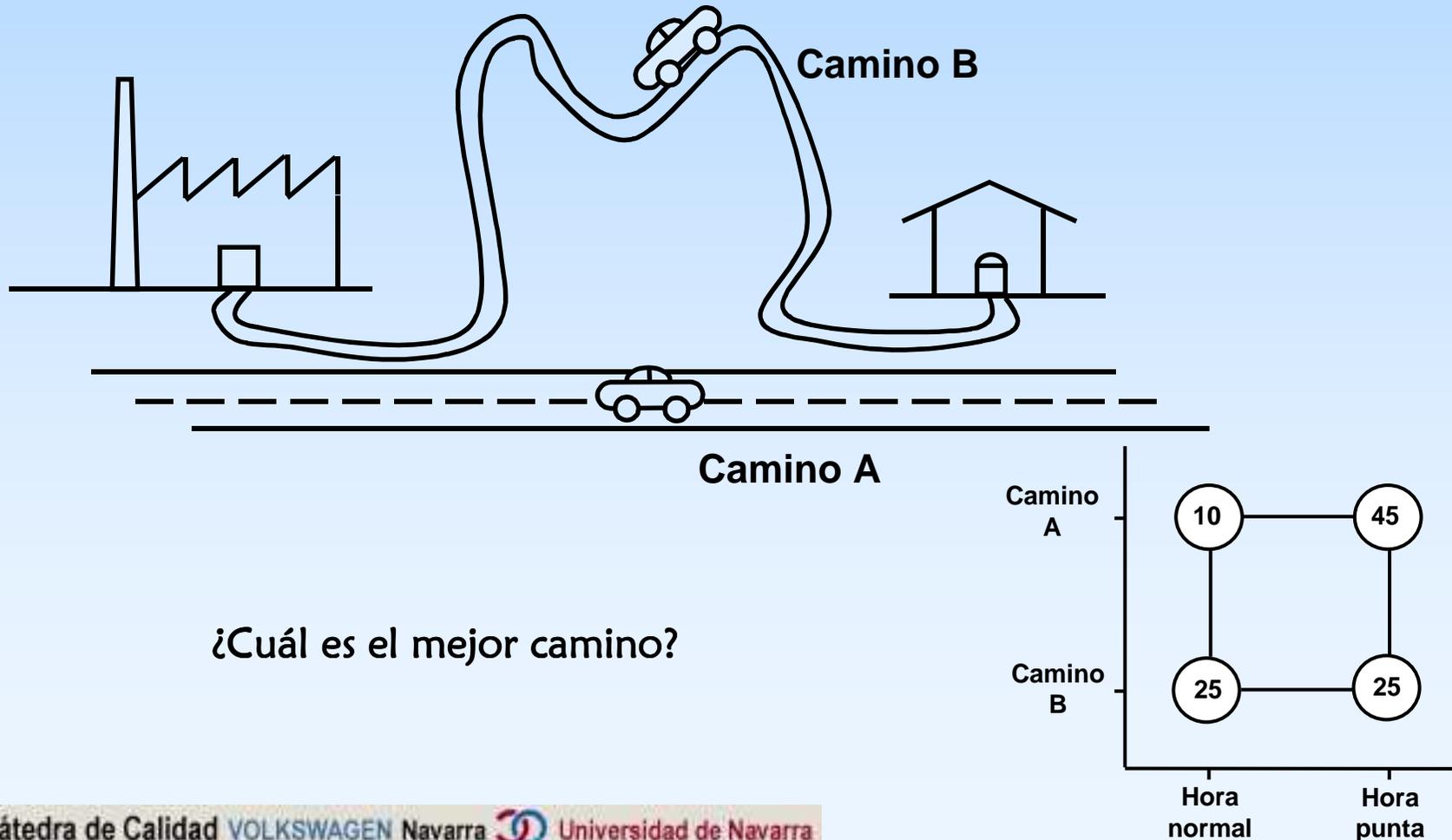
# Ventajas del DOE

- Requiere menos recursos (pruebas, tiempo, material) para la cantidad de información obtenida
- La estimación de los efectos es mucho más precisa
- Otorga información experimental en una zona más amplia



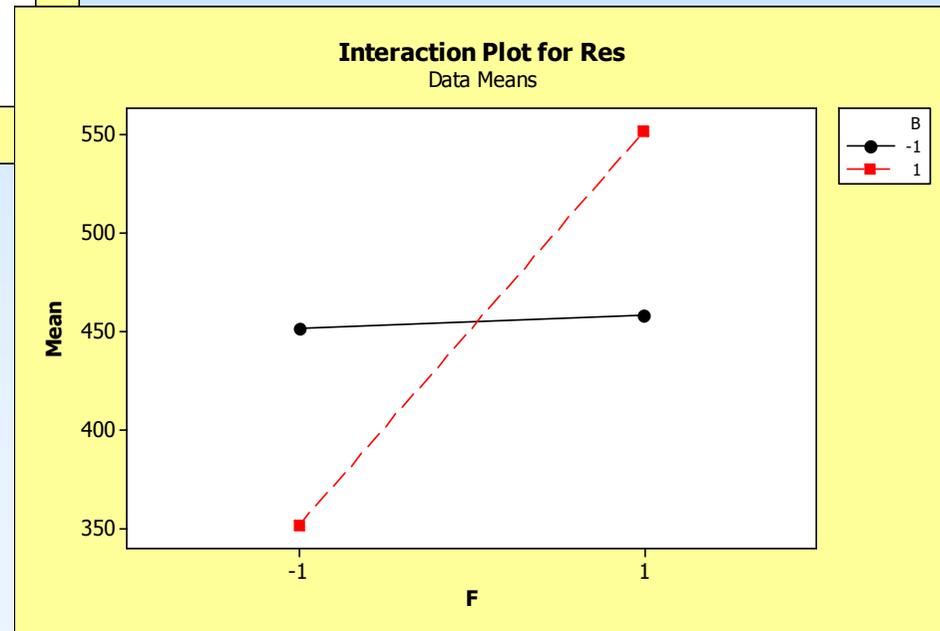
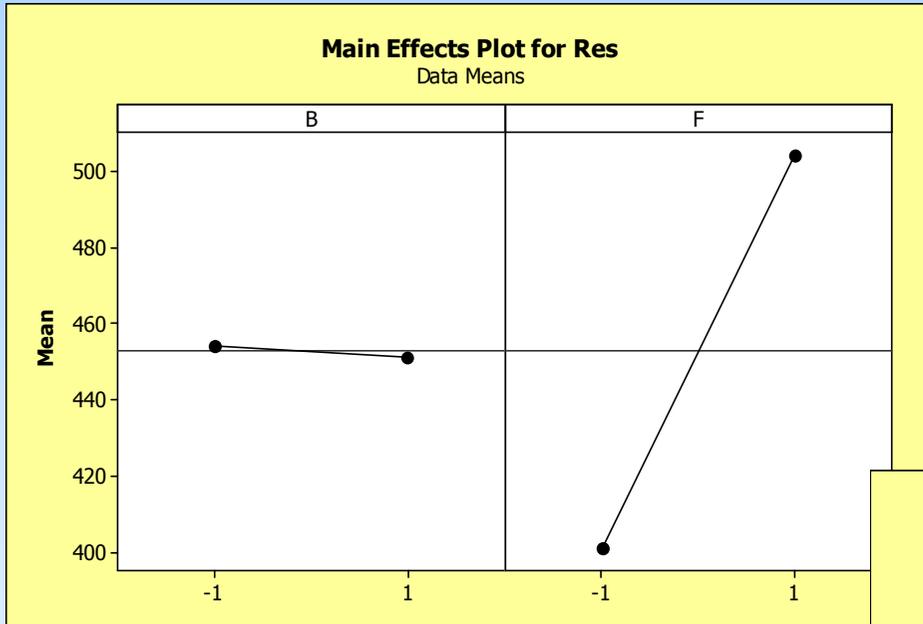
# Ventajas del DOE

- Las **interacciones** entre los factores pueden ser estimadas
- Previene de la obtención de **sub-óptimos** de la respuesta

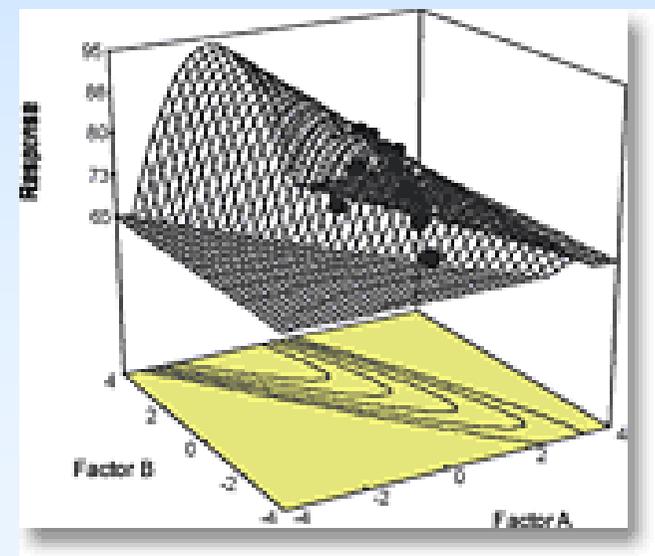
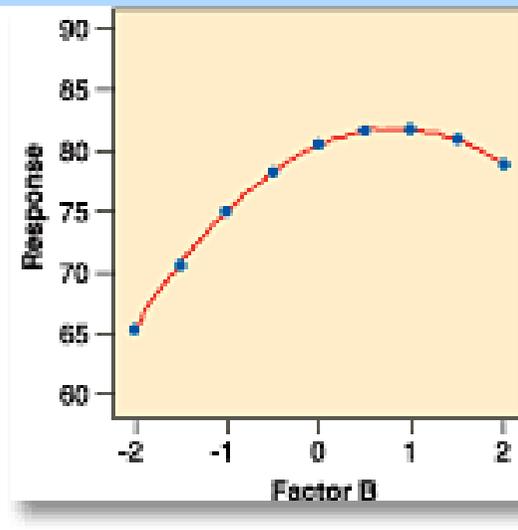
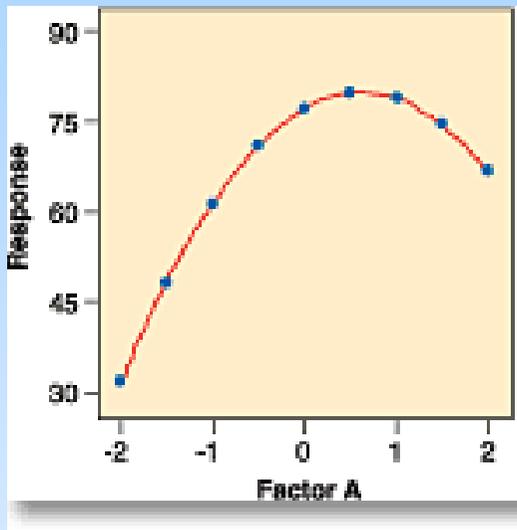


# Ventajas del DOE

## EJEMPLO PIENSOS



# Ventajas del DOE

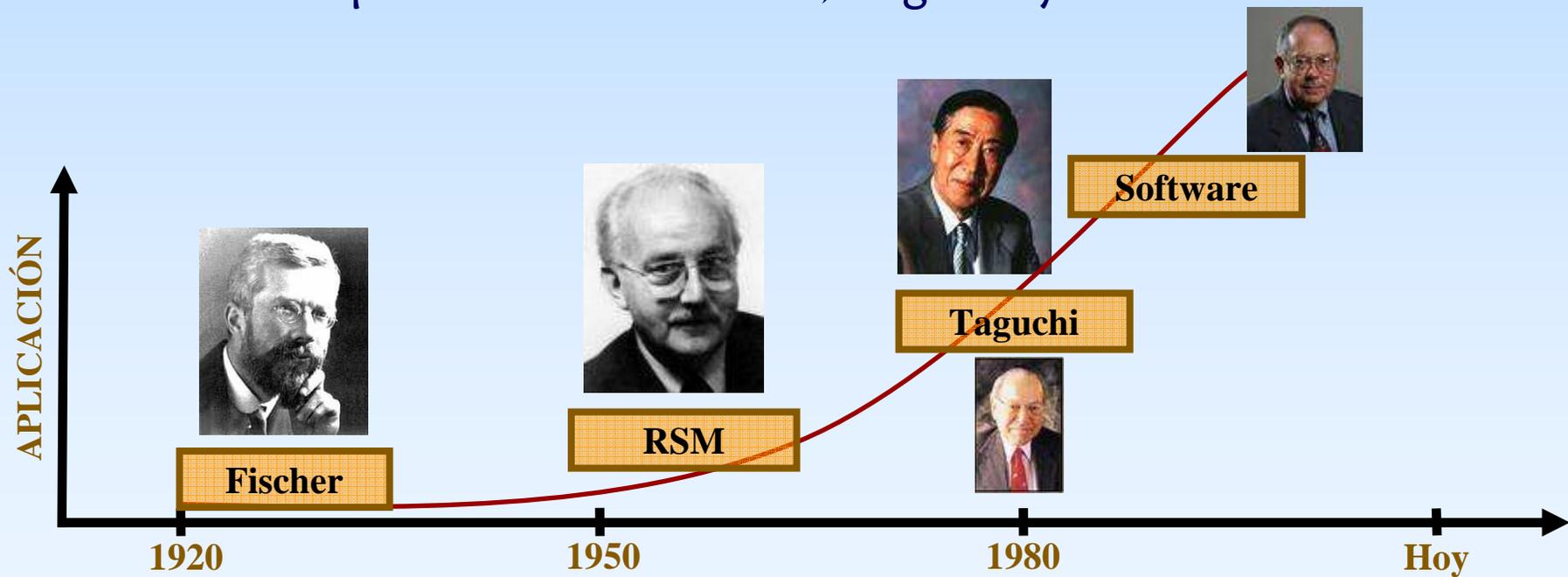


# Excusas para no aplicar DoE

- “Siempre hemos experimentado con un-factor-a-la-vez”
- “Experimentamos de a un factor para no confundirnos”
- “Mis datos tienen mucha variabilidad para aplicarlo”
- “Un diseño estadístico llevaría muchos experimentos”
- “No tenemos tiempo”
- “No hay interacciones en el proceso”
- “Nos preocuparemos de la estadística, después de hacer los experimentos”
- “Es muy complicado”
- “Parece genial... Pero, ¿cuando lo puedo aplicar?”
- ...

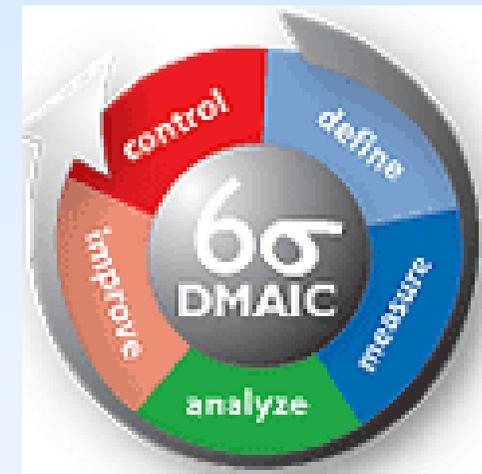
# Historia

- Cuatro épocas.
- Comienzos en el 1920, con el trabajo de Sir Ronald Fisher en un plantío de patatas.
- Tres enfoques distintos: Clásico, Taguchi y Shainin



# Seis Sigma

- DMAIC: Modelo Estructurado, definido y sistemático
- “In God we Trust, everyone else bring DATA”
- Ofrece amplia gama de herramientas (“Toolbox”)
- Seis sigma ha hecho popular al DoE (Brady 2006)
- El DoE es una herramienta importante para Seis Sigma (Montgomery, 2006)



# Aplicaciones

---

- Se puede aplicar en **todos** los tipos de industria.
- Dentro de la industria se puede aplicar en casi **todas** las áreas. Se utiliza mayormente en I+D y Producción.
- Produce máximos beneficios cuando se aplica al **diseño** de los productos, ya que las mejoras son casi ilimitadas.
- Se aplica también a la **investigación** científica, aunque posee algunas diferencias

# Aplicaciones - Empresas

- JOHN DEERE: ahorra anualmente USD 500K<sup>1</sup>
- KODAK: mejora la confiabilidad de sus productos<sup>2</sup>
- CRAYOLA: Aumenta 3,5 veces visitas a web<sup>3</sup>
- CHEVRON: 50M en ahorro de materias primas<sup>4</sup>
- Automoción – Prácticamente todas...



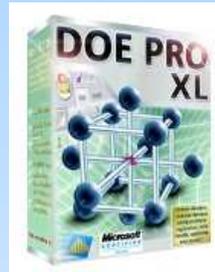
1 – John Deere, Sci Tech Journal; 2 – Kodak, Metal Forming Journal 1996, 3 – Crayola, Harvard Business Review 2001,  
4- Chevron, DoE FAQ Alert 2003

# Software/ Libros

## EXCLUSIVOS



Design Expert 7.1



DoE PRO XL

## CLASICOS



## GENERALES

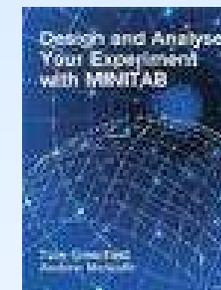
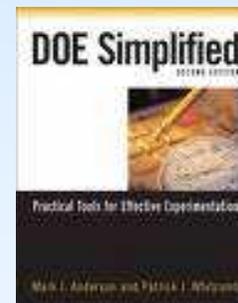


Minitab 15

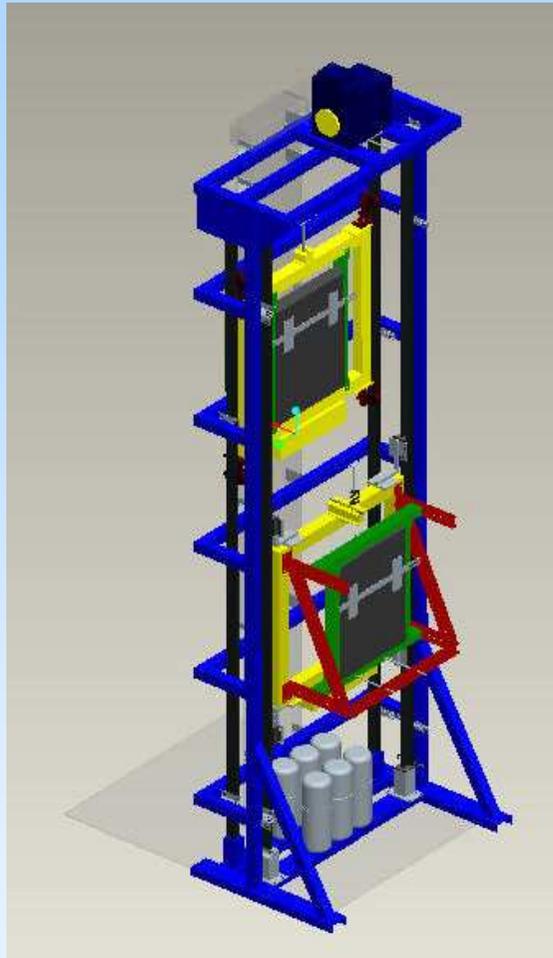


JMP 8.0 /SAS

## SOFTWARE ESPECIFICO



# Aplicaciones - Caracterización



## Banco de Pruebas



Desconocimiento de la influencia de los parámetros en el confort

Respuestas :

Coeficientes de rozamiento

Aceleraciones

Algunos Factores:

Descentramiento de Cargas, Tipo de

Rozaderas, Lubricación, Carga,

Velocidad, Estrechamiento,

An application of Design of Experiments in a real lift test rig, Elisabeth Viles, Martín Tanco, Inge Isasa, Unai Arteche, Xabier Sagartzazu, Quality and Reliability Engineering International, 24,7, In press.

# Aplicaciones - Mejora



## Soldadura Láser

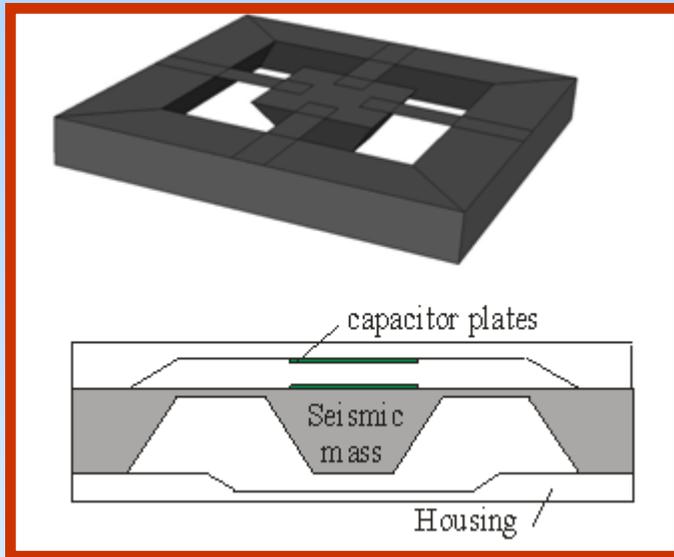
3% defectuosos

Objetivo:  
Reducir 50%

Resultado:  
Reducción del  
97% (0,1%)

Applying Design of Experiments to improve a laser welding process, Martín Tanco, Laura Ilzarbe, Elisabeth Viles,, Ma. Jesus Álvarez, Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part B, 2009, 222 (8): 1035-1042

# Aplicaciones - Optimización



## Factores

$X_1$ : Espesor de la masa sísmica

$X_2$ : Espesor de los brazos

$X_3$ : Área de la masa sísmica

$X_4$ : Largo de los brazos

$X_5$ : Ancho de los brazos

Maximizar la sensibilidad, para un rango de frecuencias

A computer experiment application to the design and optimization of a capacitive accelerometer. Ma. Jesus Álvarez, N. Gil-Negrete, Laura Ilzarbe, Martín Tanco, Elisabeth Viles, Applied Stochastic Models in Business and Industry 2009, 24(4), pag 417-428

**Metodologías para la mejora y su impacto en los resultados**

# **DISEÑO DE EXPERIMENTOS**

**Dr. Ing. Martín Tanco**



**XIV Congreso de Calidad y Medio Ambiente en la Automoción  
Madrid, 22 de Octubre 2009**

# Aplicaciones

El DoE se puede utilizar en las industrias para:

- Mejorar los procesos, ya sea mejorando una eficiencia, su confiabilidad o su rendimiento.
- Aprender de los procesos y sus fallos.
- Establecer relaciones de causa-efecto entre las entradas y salidas
- Lograr producciones que cumplan con las especificaciones que sean a su vez robustos a ruidos externos.
- Establecer una región (o ventana) del proceso donde unos factores pueden operar.
- Fijar especificaciones y tolerancias para los productos y procesos.
- Obtener una ecuación polinómicas que modele el comportamiento de la respuesta de un proceso cuando se varían los factores.