

# Lección-5.4

Diseño Factorial  $2^{4-1}$ .  
Motivación un caso: grosor de pintura.

**Alfaomega**

UAQro-CIMAT

2017



- 1 Descripción de ideas y actividades que se realizarán en esta lección.
  - La lección 5.2 motiva la necesidad de fraccionar un experimento se mostrará un ejemplo de un diseño  $2^{4-1}$ , éste representa la continuación de la lección 4.1. Además en esa lección se propone el análisis de dos variables, la media y varianza.
  - En esta lección se describe el procedimiento para fraccionar un diseño:  $2^{k-1}$ .
  - Se presenta un caso de estudio para describir la planeación, realización y análisis de este tipo de diseño para  $2^{5-2}$ .
  - Mediante el uso del lenguaje de programación R, se estudiará la parte operativa con el fin de reforzar el conocimiento estadístico de los resultados. Lección 5.2
- 2 El procedimiento del caso de estudio se puede repetir en actividades que realizamos en nuestros trabajos, estudios o investigaciones en medicina, biología, sicología entre otras áreas.

- 1 Descripción de ideas y actividades que se realizarán en esta lección.
  - La lección 5.2 motiva la necesidad de fraccionar un experimento se mostrará un ejemplo de un diseño  $2^{4-1}$ , éste representa la continuación de la lección 4.1. Además en esa lección se propone el análisis de dos variables, la media y varianza.
  - En esta lección se describe el procedimiento para fraccionar un diseño:  $2^{k-1}$ .
  - Se presenta un caso de estudio para describir la planeación, realización y análisis de este tipo de diseño para  $2^{5-2}$ .
  - Mediante el uso del lenguaje de programación R, se estudiará la parte operativa con el fin de reforzar el conocimiento estadístico de los resultados. Lección 5.2
- 2 El procedimiento del caso de estudio se puede repetir en actividades que realizamos en nuestros trabajos, estudios o investigaciones en medicina, biología, sicología entre otras áreas.

- 1 Descripción de ideas y actividades que se realizarán en esta lección.
  - La lección 5.2 motiva la necesidad de fraccionar un experimento se mostrará un ejemplo de un diseño  $2^{4-1}$ , éste representa la continuación de la lección 4.1. Además en esa lección se propone el análisis de dos variables, la media y varianza.
  - En esta lección se describe el procedimiento para fraccionar un diseño:  $2^{k-1}$ .
  - Se presenta un caso de estudio para describir la planeación, realización y análisis de este tipo de diseño para  $2^{5-2}$ .
  - Mediante el uso del lenguaje de programación R, se estudiará la parte operativa con el fin de reforzar el conocimiento estadístico de los resultados. Lección 5.2
- 2 El procedimiento del caso de estudio se puede repetir en actividades que realizamos en nuestros trabajos, estudios o investigaciones en medicina, biología, sicología entre otras áreas.

- 1 Descripción de ideas y actividades que se realizarán en esta lección.
  - La lección 5.2 motiva la necesidad de fraccionar un experimento se mostrará un ejemplo de un diseño  $2^{4-1}$ , éste representa la continuación de la lección 4.1. Además en esa lección se propone el análisis de dos variables, la media y varianza.
  - En esta lección se describe el procedimiento para fraccionar un diseño:  $2^{k-1}$ .
  - Se presenta un caso de estudio para describir la planeación, realización y análisis de este tipo de diseño para  $2^{5-2}$ .
  - Mediante el uso del lenguaje de programación R, se estudiará la parte operativa con el fin de reforzar el conocimiento estadístico de los resultados. Lección 5.2
- 2 El procedimiento del caso de estudio se puede repetir en actividades que realizamos en nuestros trabajos, estudios o investigaciones en medicina, biología, sicología entre otras áreas.

- 1 Descripción de ideas y actividades que se realizarán en esta lección.
  - La lección 5.2 motiva la necesidad de fraccionar un experimento se mostrará un ejemplo de un diseño  $2^{4-1}$ , éste representa la continuación de la lección 4.1. Además en esa lección se propone el análisis de dos variables, la media y varianza.
  - En esta lección se describe el procedimiento para fraccionar un diseño:  $2^{k-1}$ .
  - Se presenta un caso de estudio para describir la planeación, realización y análisis de este tipo de diseño para  $2^{5-2}$ .
  - Mediante el uso del lenguaje de programación R, se estudiará la parte operativa con el fin de reforzar el conocimiento estadístico de los resultados. Lección 5.2
- 2 El procedimiento del caso de estudio se puede repetir en actividades que realizamos en nuestros trabajos, estudios o investigaciones en medicina, biología, sicología entre otras áreas.

- 1 Descripción de ideas y actividades que se realizarán en esta lección.
  - La lección 5.2 motiva la necesidad de fraccionar un experimento se mostrará un ejemplo de un diseño  $2^{4-1}$ , éste representa la continuación de la lección 4.1. Además en esa lección se propone el análisis de dos variables, la media y varianza.
  - En esta lección se describe el procedimiento para fraccionar un diseño:  $2^{k-1}$ .
  - Se presenta un caso de estudio para describir la planeación, realización y análisis de este tipo de diseño para  $2^{5-2}$ .
  - Mediante el uso del lenguaje de programación R, se estudiará la parte operativa con el fin de reforzar el conocimiento estadístico de los resultados. Lección 5.2
- 2 El procedimiento del caso de estudio se puede repetir en actividades que realizamos en nuestros trabajos, estudios o investigaciones en medicina, biología, sicología entre otras áreas.

# Objetivo

## Objetivo

Presentar como se construye un proyecto seis sigma desde la etapa definir hasta la etapa de control.

# Preguntas

¿Cómo puede la gerencia dejar de invertir mucho tiempo apagando fuegos, tratando de resolver el mismo problema una y otra vez debido a que el sistema no se ha cambiado?

¿Cuáles son las acciones que realiza la gerencia para reducir la variación y mejorar el proceso?

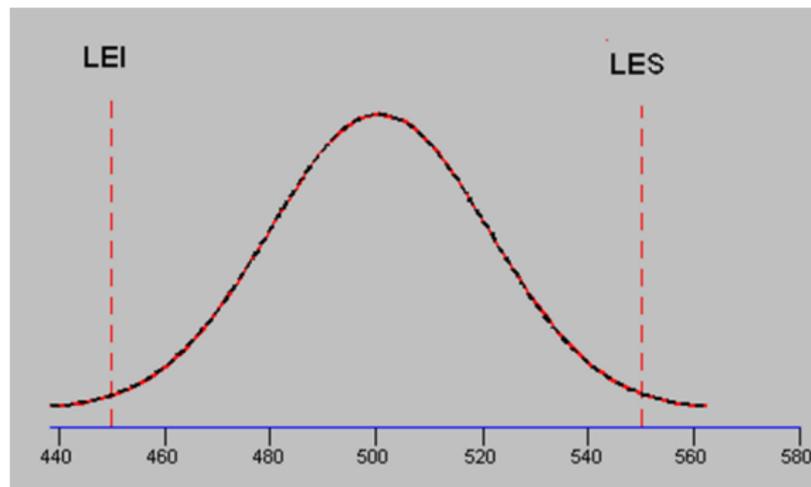
# Preguntas

¿Cómo puede la gerencia dejar de invertir mucho tiempo apagando fuegos, tratando de resolver el mismo problema una y otra vez debido a que el sistema no se ha cambiado?

¿Cuáles son las acciones que realiza la gerencia para reducir la variación y mejorar el proceso?

# Manufactura de transformadores: grosor de la pintura.

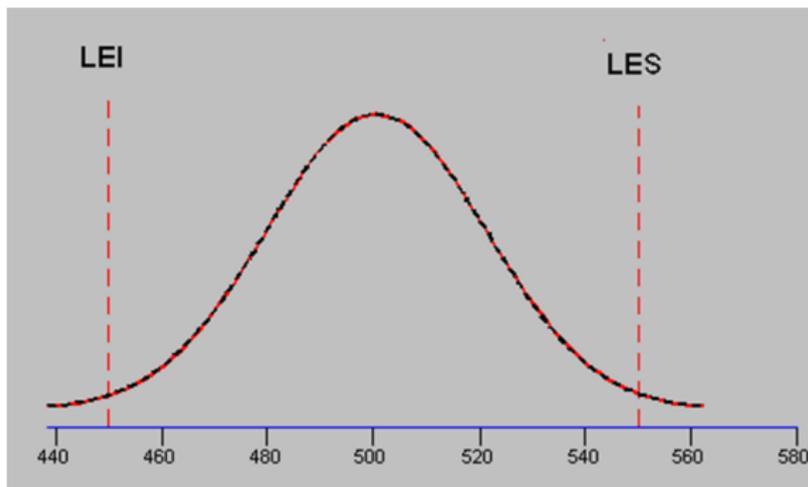
Información sobre un lote



El valor nominal para el grosor de la pintura en un transformador es 0.500 mm. 500x.1000.

## Manufactura de transformadores: grosor de la pintura.

Información sobre un lote



El valor nominal para el grosor de la pintura en un transformador es 0.500 mm. 500x.1000.

# Describir el CEP de producción en transformadores

El valor nominal el grosor de la pintura en un transformador 0.500

¿Qué podría pasar si el grosor del transformador se desvía de este valor?

Datos: Se cuenta con un reporte de 60 transformadores de un lote de producción. La información indica que se tomaron muestras de tres durante un periodo de producción.

# Describir el CEP de producción en transformadores

El valor nominal el grosor de la pintura en un transformador 0.500

¿Qué podría pasar si el grosor del transformador se desvía de este valor?

Datos: Se cuenta con un reporte de 60 transformadores de un lote de producción. La información indica que se tomaron muestras de tres durante un periodo de producción.

# Describir el CEP de producción en transformadores

El valor nominal el grosor de la pintura en un transformador 0.500

¿Qué podría pasar si el grosor del transformador se desvía de este valor?

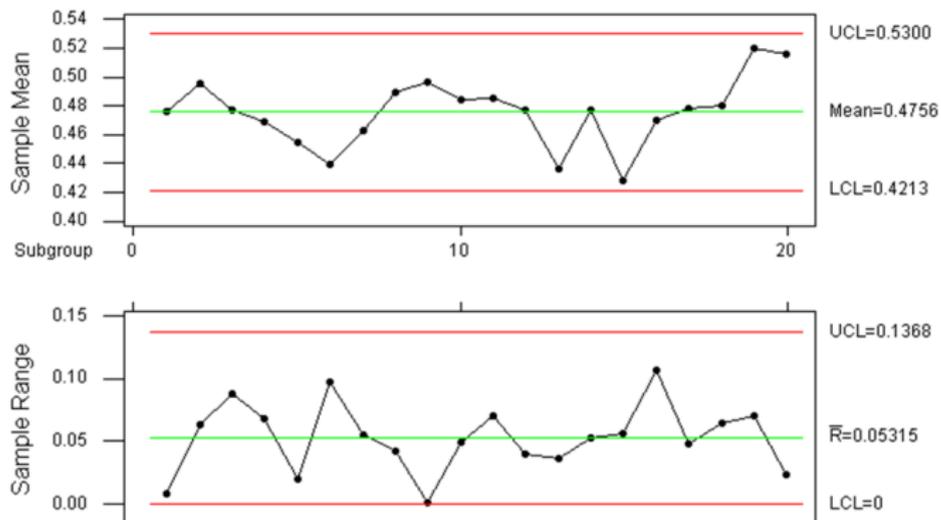
Datos: Se cuenta con un reporte de 60 transformadores de un lote de producción. La información indica que se tomaron muestras de tres durante un periodo de producción.

## Datos

0.472	0.480	0.475	0.476	0.525	0.455
0.530	0.467	0.490	0.495	0.482	0.455
0.486	0.517	0.429	0.435	0.455	0.419
0.498	0.480	0.430	0.487	0.499	0.446
0.449	0.467	0.447	0.405	0.420	0.461
0.449	0.483	0.386	0.459	0.529	0.422
0.481	0.427	0.482	0.510	0.462	0.463
0.465	0.495	0.508	0.496	0.504	0.439
0.497	0.496	0.495	0.482	0.525	0.552
0.461	0.511	0.481	0.512	0.505	0.529

# Cartas de control X-barra y R

**Cartas de control X-barra y R**



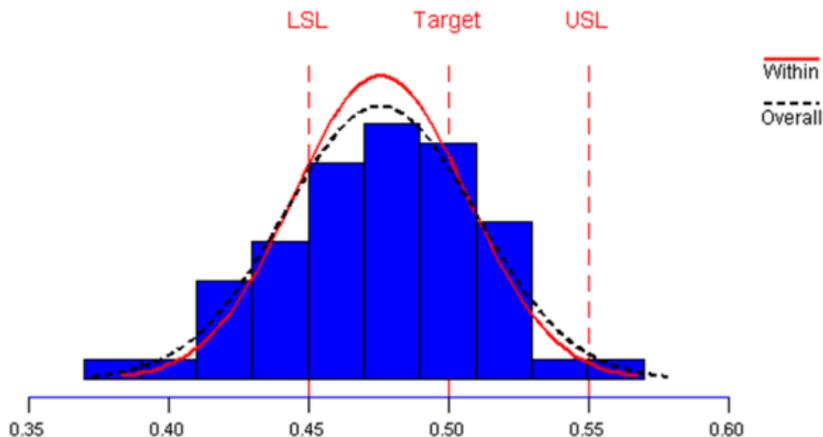
## Process Capability Analysis

Process Data

USL	0.550000
Target	0.500000
LSL	0.450000
Mean	0.475633
Sample N	60
StDev (Within)	0.0309548
StDev (Overall)	0.0344047

Potential (Within) Capability

Cp	0.54
CPU	0.80
CPL	0.28
Cpk	0.28
Cpm	0.40



# Costos de producción

El valor nominal el grosor de la pintura en un transformador 0.500

**¿Qué podría pasar si el grosor del transformador se desvía de este valor?**

Si un transformador tiene un grosor  $Y$ , la *pérdida* por la no calidad es:

$$P(Y) = k(Y - 0.500)^2$$

# Costos de producción

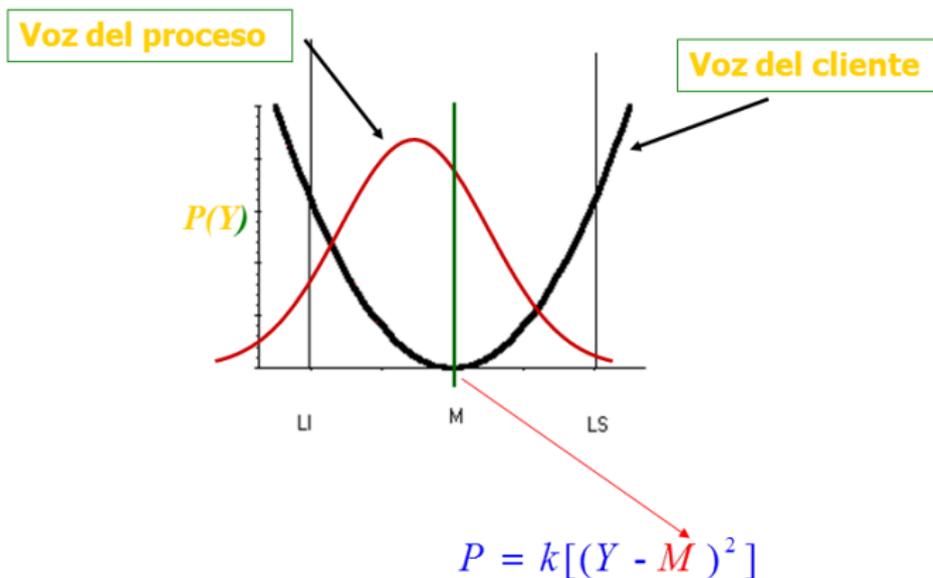
El valor nominal el grosor de la pintura en un transformador 0.500

**¿Qué podría pasar si el grosor del transformador se desvía de este valor?**

Si un transformador tiene un grosor  $Y$ , la *pérdida* por la no calidad es:

$$P(Y) = k(Y - 0.500)^2$$

La calidad se mide como la desviación de la característica a su valor  $M=0.500$



Si  $Y$  difiere del valor nominal en más de 0.50 mm.

La incomodidad para el usuario es tal que éste exige que se le sustituya el transformador, lo que genera un costo de 2500 pesos.

Cálculos para  $k$ , si  $Y$  difiere del valor nominal

$$2500 = P(0.450) = k(0.450 - 0.500)^2$$

$$k = 1 * 10^6$$

$$P(Y) = 1 * 10^6(Y - 0.500)^2$$

Si  $Y$  difiere del valor nominal en más de 0.50 mm.

La incomodidad para el usuario es tal que éste exige que se le sustituya el transformador, lo que genera un costo de 2500 pesos.

Cálculos para  $k$ , si  $Y$  difiere del valor nominal

$$2500 = P(0.450) = k(0.450 - 0.500)^2$$

$$k = 1 * 10^6$$

$$P(Y) = 1 * 10^6(Y - 0.500)^2$$

Si  $Y$  difiere del valor nominal en más de 0.50 mm.

La incomodidad para el usuario es tal que éste exige que se le sustituya el transformador, lo que genera un costo de 2500 pesos.

Cálculos para  $k$ , si  $Y$  difiere del valor nominal

$$2500 = P(0.450) = k(0.450 - 0.500)^2$$

$$k = 1 * 10^6$$

$$P(Y) = 1 * 10^6(Y - 0.500)^2$$

Si  $Y$  difiere del valor nominal en más de 0.50 mm.

La incomodidad para el usuario es tal que éste exige que se le sustituya el transformador, lo que genera un costo de 2500 pesos.

Cálculos para  $k$ , si  $Y$  difiere del valor nominal

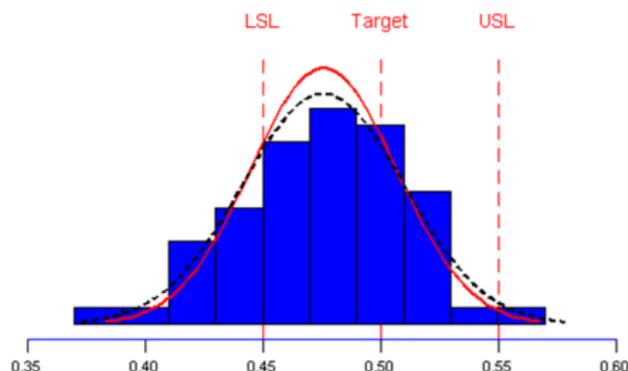
$$2500 = P(0.450) = k(0.450 - 0.500)^2$$

$$k = 1 * 10^6$$

$$P(Y) = 1 * 10^6(Y - 0.500)^2$$

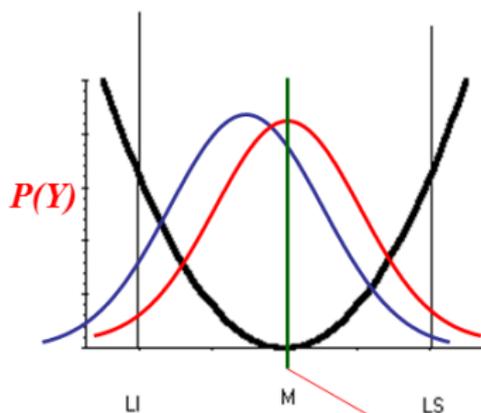
# Costo de no-calidad de un proceso

La planta fabrica los transformadores con un grosor  $Y$ , con media 0.475 mm. y de 0.031 N. ( $C_{pk}=0.28$ ).



La media de la pérdida, o el valor esperado de la pérdida es

$$E(P(Y)) = E(k[(Y - M)^2])$$



Objetivo: Centrar el proceso  
 ¿Qué ocurre al centrar el proceso?  
 $P = E(P(y)) = k[\sigma^2 + 0^2]$

$$P = E(P(y)) = k[\sigma^2 + (\mu - M)^2]$$

## Costo de no-calidad de un proceso

- La planta fabrica los transformadores con un grosor  $Y$ , con media 0.475 mm y d.e. 0.031 mm. ( $C_{pk}=0.28$ ).
- Costo medio de no-calidad =

$$1 * 10^6 * [(0.475 - 0.500)^2 + 0.031^2] = 1586$$

- Si la planta fabrica 5000 transformadores al año
- Costo anual de la no-calidad =  
 $5000 * 1586 = 7930000$  pesos/año.

## Costo de no-calidad de un proceso

- La planta fabrica los transformadores con un grosor  $Y$ , con media 0.475 mm y d.e. 0.031 mm. ( $C_{pk}=0.28$ ).
- Costo medio de no-calidad =

$$1 * 10^6 * [(0.475 - 0.500)^2 + 0.031^2] = 1586$$

- Si la planta fabrica 5000 transformadores al año
- Costo anual de la no-calidad =  
 $5000 * 1586 = 7930000$  pesos/año.

## Costo de no-calidad de un proceso

- La planta fabrica los transformadores con un grosor  $Y$ , con media 0.475 mm y d.e. 0.031 mm. ( $C_{pk}=0.28$ ).
- Costo medio de no-calidad =

$$1 * 10^6 * [(0.475 - 0.500)^2 + 0.031^2] = 1586$$

- Si la planta fabrica 5000 transformadores al año
- Costo anual de la no-calidad =  
 $5000 * 1586 = 7930000$  pesos/año.

## Costo de no-calidad de un proceso

- La planta fabrica los transformadores con un grosor  $Y$ , con media 0.475 mm y d.e. 0.031 mm. ( $C_{pk}=0.28$ ).
- Costo medio de no-calidad =

$$1 * 10^6 * [(0.475 - 0.500)^2 + 0.031^2] = 1586$$

- Si la planta fabrica 5000 transformadores al año
- Costo anual de la no-calidad =  
 $5000 * 1586 = 7930000$  pesos/año.

# ¿Es rentable una inversión?

mediante una inversión de 100,000 pesos es posible centrar el proceso

Nuevo costo anual

$$5000 * 1 * 10^6 x [0 + 0,031^2] = 4,805,000 \text{ pesos./ año}$$

Ahorro anual en no-calidad

$$7,930,000 - 4,805,000 = 3,125,000 \text{ pesos.}$$

La inversión se recupera en 1 año.

# ¿Es rentable una inversión?

mediante una inversión de 100,000 pesos es posible centrar el proceso

Nuevo costo anual

$$5000 * 1 * 10^6 x [0 + 0,031^2] = 4,805,000 \text{ pesos./ año}$$

Ahorro anual en no-calidad

$$7,930,000 - 4,805,000 = 3,125,000 \text{ pesos.}$$

La inversión se recupera en 1 año.

# ¿Es rentable una inversión?

mediante una inversión de 100,000 pesos es posible centrar el proceso

Nuevo costo anual

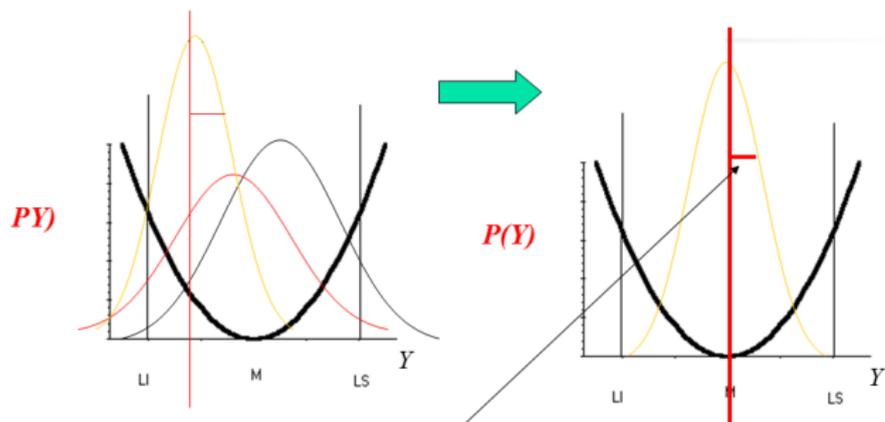
$$5000 * 1 * 10^6 x [0 + 0,031^2] = 4,805,000 \text{ pesos./ año}$$

Ahorro anual en no-calidad

$$7,930,000 - 4,805,000 = 3,125,000 \text{ pesos.}$$

La inversión se recupera en 1 año.

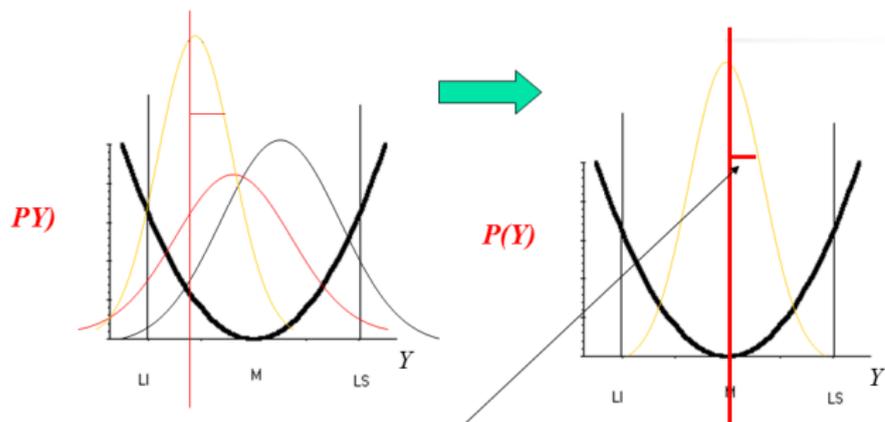
# La meta es centrar el proceso y disminuir la varianza



$$P = E(P(Y)) = k[\sigma^2 + (\mu - M)^2]$$

¿Qué ocurre con el valor de  $P$ ?

# La meta es centrar el proceso y disminuir la varianza



$$P = E(P(Y)) = k[\sigma^2 + (\mu - M)^2]$$

¿Qué ocurre con el valor de P?

¿Qué procedimiento seguir para centrar el proceso?

¿Qué estrategia seguir para disminuir la varianza?

Proyecto seis sigma

¿Qué procedimiento seguir para centrar el proceso?

¿Qué estrategia seguir para disminuir la varianza?

Proyecto seis sigma

¿Qué procedimiento seguir para centrar el proceso?

¿Qué estrategia seguir para disminuir la varianza?

Proyecto seis sigma

# Proyecto seis sigma para centrar el proceso y disminuir la varianza.

Recuerde Fases de un proyecto seis sigma DMAIC.



Llevar el proceso al valor objetivo. Necesidad del cliente. Variable crítica de calidad es el grosor de la pintura en 0.500. dentro de los límites de especificación

Siguiente acetato y estudio R&R

Estrategia experimental y análisis

## Etapa Definir

En el proceso de pintado de un transformador se quiere alcanzar una cierta delgadez en el nivel de la capa de pintura. Esto beneficia al resultado final en la línea de producción por varios motivos, entre ellos el ahorro de pintura, y la presentación final del producto.

Cuatro factores se consideran importantes en el efecto de la respuesta, éstos se aplican en un experimento operando con los niveles que se señalan en la tabla. *Se desea alcanzar un valor objetivo de 0.5 unidades para la delgadez.*

Factor	Nivel	
	1	2
A: Sustancia Q.	10	20
B: Presión del fluido	15	30
C: Temperatura	68	78
D: Tipo de Pintura	1	2

## Etapa Definir

En el proceso de pintado de un transformador se quiere alcanzar una cierta delgadez en el nivel de la capa de pintura. Esto beneficia al resultado final en la línea de producción por varios motivos, entre ellos el ahorro de pintura, y la presentación final del producto.

Cuatro factores se consideran importantes en el efecto de la respuesta, éstos se aplican en un experimento operando con los niveles que se señalan en la tabla. **Se desea alcanzar un valor objetivo de 0.5 unidades para la delgadez.**

Factor	Nivel	
	1	2
A: Sustancia Q.	10	20
B: Presión del fluido	15	30
C: Temperatura	68	78
D: Tipo de Pintura	1	2

# Etapa Analizar

## El Diseño

I	A	B	C	D=ABC	CD	BD	AD
					AB	AC	BC
1	-1	-1	-1	-1	1	1	1
1	1	-1	-1	1	-1	-1	1
1	-1	1	-1	1	-1	1	-1
1	1	1	-1	-1	1	-1	-1
1	-1	-1	1	1	1	-1	-1
1	1	-1	1	-1	-1	1	-1
1	-1	1	1	-1	-1	-1	1
1	1	1	1	1	1	1	1

# Los resultados

Trat	A	B	C	D	Y1	Y2	Y3	Y4	Media	S
1	-1	-1	-1	-1	0.642	0.476	0.470	0.556	0.536	0.081
2	1	-1	-1	1	0.496	0.509	0.513	0.495	0.503	0.009
3	-1	1	-1	1	0.547	0.508	0.529	0.531	0.529	0.016
4	1	1	-1	-1	0.564	0.632	0.507	0.757	0.615	0.108
5	-1	-1	1	1	0.649	0.623	0.626	0.604	0.626	0.018
6	1	-1	1	-1	0.549	0.457	0.624	0.366	0.499	0.112
7	-1	1	1	-1	0.842	0.910	0.657	0.953	0.841	0.131
8	1	1	1	1	0.910	0.898	0.913	0.875	0.899	0.017

# Los resultados

Trat	A	B	C	D	Y1	Y2	Y3	Y4	Media	S
1	-1	-1	-1	-1	0.642	0.476	0.470	0.556	0.536	0.081
2	1	-1	-1	1	0.496	0.509	0.513	0.495	0.503	0.009
3	-1	1	-1	1	0.547	0.508	0.529	0.531	0.529	0.016
4	1	1	-1	-1	0.564	0.632	0.507	0.757	0.615	0.108
5	-1	-1	1	1	0.649	0.623	0.626	0.604	0.626	0.018
6	1	-1	1	-1	0.549	0.457	0.624	0.366	0.499	0.112
7	-1	1	1	-1	0.842	0.910	0.657	0.953	0.841	0.131
8	1	1	1	1	0.910	0.898	0.913	0.875	0.899	0.017

Seguir las indicaciones del instructor y haga el análisis estadístico el statgraphics. Es decir, tanto para la desviación estándar como para la media haga el análisis siguiente.

- 1 Estimar el efecto de cada factor y de algunas interacciones (¡cuidado!)
- 2 Vea el diagrama de Pareto y el papel de probabilidad normal para concluir
- 3 Verifique sus observaciones del punto anterior con el andeva
- 4 Obtenga el modelo estadístico

# Los resultados

Trat	A	B	C	D	Y1	Y2	Y3	Y4	Media	S
1	-1	-1	-1	-1	0.642	0.476	0.470	0.556	0.536	0.081
2	1	-1	-1	1	0.496	0.509	0.513	0.495	0.503	0.009
3	-1	1	-1	1	0.547	0.508	0.529	0.531	0.529	0.016
4	1	1	-1	-1	0.564	0.632	0.507	0.757	0.615	0.108
5	-1	-1	1	1	0.649	0.623	0.626	0.604	0.626	0.018
6	1	-1	1	-1	0.549	0.457	0.624	0.366	0.499	0.112
7	-1	1	1	-1	0.842	0.910	0.657	0.953	0.841	0.131
8	1	1	1	1	0.910	0.898	0.913	0.875	0.899	0.017

Seguir las indicaciones del instructor y haga el análisis estadístico el statgraphics. Es decir, tanto para la desviación estándar como para la media haga el análisis siguiente.

- 1 Estimar el efecto de cada factor y de algunas interacciones (¡cuidado!)
- 2 Vea el diagrama de Pareto y el papel de probabilidad normal para concluir
- 3 Verifique sus observaciones del punto anterior con el andeva
- 4 Obtenga el modelo estadístico

# Los resultados

Trat	A	B	C	D	Y1	Y2	Y3	Y4	Media	S
1	-1	-1	-1	-1	0.642	0.476	0.470	0.556	0.536	0.081
2	1	-1	-1	1	0.496	0.509	0.513	0.495	0.503	0.009
3	-1	1	-1	1	0.547	0.508	0.529	0.531	0.529	0.016
4	1	1	-1	-1	0.564	0.632	0.507	0.757	0.615	0.108
5	-1	-1	1	1	0.649	0.623	0.626	0.604	0.626	0.018
6	1	-1	1	-1	0.549	0.457	0.624	0.366	0.499	0.112
7	-1	1	1	-1	0.842	0.910	0.657	0.953	0.841	0.131
8	1	1	1	1	0.910	0.898	0.913	0.875	0.899	0.017

Seguir las indicaciones del instructor y haga el análisis estadístico el statgraphics. Es decir, tanto para la desviación estándar como para la media haga el análisis siguiente.

- 1 Estimar el efecto de cada factor y de algunas interacciones (¡cuidado!)
- 2 Vea el diagrama de Pareto y el papel de probabilidad normal para concluir
- 3 Verifique sus observaciones del punto anterior con el andeva
- 4 Obtenga el modelo estadístico

# Los resultados

Trat	A	B	C	D	Y1	Y2	Y3	Y4	Media	S
1	-1	-1	-1	-1	0.642	0.476	0.470	0.556	0.536	0.081
2	1	-1	-1	1	0.496	0.509	0.513	0.495	0.503	0.009
3	-1	1	-1	1	0.547	0.508	0.529	0.531	0.529	0.016
4	1	1	-1	-1	0.564	0.632	0.507	0.757	0.615	0.108
5	-1	-1	1	1	0.649	0.623	0.626	0.604	0.626	0.018
6	1	-1	1	-1	0.549	0.457	0.624	0.366	0.499	0.112
7	-1	1	1	-1	0.842	0.910	0.657	0.953	0.841	0.131
8	1	1	1	1	0.910	0.898	0.913	0.875	0.899	0.017

Seguir las indicaciones del instructor y haga el análisis estadístico el statgraphics. Es decir, tanto para la desviación estándar como para la media haga el análisis siguiente.

- 1 Estimar el efecto de cada factor y de algunas interacciones (¡cuidado!)
- 2 Vea el diagrama de Pareto y el papel de probabilidad normal para concluir
- 3 Verifique sus observaciones del punto anterior con el andeva
- 4 Obtenga el modelo estadístico

# Modelo

$$S = 0.0615 - 0.0465D$$

¿En qué valor del factor D, la desviación estándar es menor?

¿Cuál es el valor de la desviación estándar en ese punto?

$$S = 0.015$$

¿Cuáles son los valores de los factores B y C si se desea un valor objetivo de 0.5 de grosor?

$$\hat{y} = 0.631 + 0.09B + 0.085C + 0.064BC$$

Si  $C = -1$   $0.5 = 0.631 + 0.09B + 0.085(-1) + 0.064B(-1)$  Entonces  $B = -1.77$ (codificado)

# Modelo

$$S = 0.0615 - 0.0465D$$

¿En qué valor del factor D, la desviación estándar es menor?

¿Cuál es el valor de la desviación estándar en ese punto?

$$S = 0.015$$

¿Cuáles son los valores de los factores B y C si se desea un valor objetivo de 0.5 de grosor?

$$\hat{y} = 0.631 + 0.09B + 0.085C + 0.064BC$$

Si  $C = -1$   $0.5 = 0.631 + 0.09B + 0.085(-1) + 0.064B(-1)$  Entonces  $B = -1.77$  (codificado)

# Modelo

$$S = 0.0615 - 0.0465D$$

¿En qué valor del factor D, la desviación estándar es menor?

¿Cuál es el valor de la desviación estándar en ese punto?

$$S = 0.015$$

¿Cuáles son los valores de los factores B y C si se desea un valor objetivo de 0.5 de grosor?

$$\hat{y} = 0.631 + 0.09B + 0.085C + 0.064BC$$

*Si  $C = -1$   $0.5 = 0.631 + 0.09B + 0.085(-1) + 0.064B(-1)$  Entonces  $B = -1.77$ (codificado)*

# Modelo

$$S = 0.0615 - 0.0465D$$

¿En qué valor del factor D, la desviación estándar es menor?

¿Cuál es el valor de la desviación estándar en ese punto?

$$S = 0.015$$

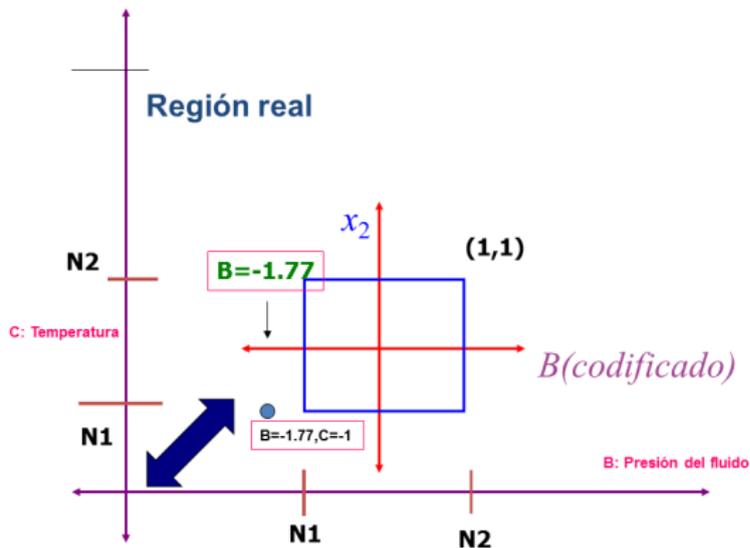
¿Cuáles son los valores de los factores B y C si se desea un valor objetivo de 0.5 de grosor?

$$\hat{y} = 0.631 + 0.09B + 0.085C + 0.064BC$$

Si  $C = -1$   $0.5 = 0.631 + 0.09B + 0.085(-1) + 0.064B(-1)$  Entonces  $B = -1.77(\text{codificado})$

# Ideas operativas

Transformación de la región experimental real Líneas azules. Región



codificada líneas rojas.

# Etapa Mejorar

## La solución

Condiciones experimentales

A: Sustancia Química = 10

B: Presión del fluido = 9

C: Temperatura = 68

D: Tipo de Pintura = 2

Pruebas de confirmación:

Grosor de la pintura en promedio 0.500,

Desviación estándar 0.015

Los valores de ocho pruebas son: 0.496, 0.498, 0.04.74, 0.515, 0.512, 0.5, 0.503, 0.496 con media 0.499 y  $s=0.0125$ . Plantee las hipótesis estadísticas y haga la prueba con el fin de ver si mejoro el proceso. Utilice el paquete. Sol. (0.489,0.509).

# Etapa Mejorar

## La solución

Condiciones experimentales

A: Sustancia Química = 10

B: Presión del fluido = 9

C: Temperatura = 68

D: Tipo de Pintura = 2

Pruebas de confirmación:

Grosor de la pintura en promedio 0.500,

Desviación estándar 0.015

Los valores de ocho pruebas son: 0.496, 0.498, 0.04.74, 0.515, 0.512, 0.5, 0.503, 0.496 con media 0.499 y  $s=0.0125$ . Plantee las hipótesis estadísticas y haga la prueba con el fin de ver si mejoro el proceso. Utilice el paquete. Sol. (0.489,0.509).

# Etapa Mejorar

## La solución

Condiciones experimentales

A: Sustancia Química = 10

B: Presión del fluido = 9

C: Temperatura = 68

D: Tipo de Pintura = 2

Pruebas de confirmación:

Grosor de la pintura en promedio 0.500,

Desviación estándar 0.015

Los valores de ocho pruebas son: 0.496, 0.498, 0.04.74, 0.515, 0.512, 0.5, 0.503, 0.496 con media 0.499 y  $s=0.0125$ . Plantee las hipótesis estadísticas y haga la prueba con el fin de ver si mejoro el proceso. Utilice el paquete. Sol. (0.489,0.509).

# Impacto económico de la solución

## Caso inicial

$$1 * 10^6 [(0.475 - 0.500)^2 + 0.031^2] = 1586$$

$$1586 * 5000 = 7930,000$$

## Caso de mejora

$$\hat{P} = \hat{E}(P(y)) = k[\hat{\sigma}^2 + (\hat{\mu} - M)^2]$$

$$\hat{P} = 1 * 10^6 * [(0.015)^2 + (0.5 - 0.5)^2] = 225$$

$$225 * 5000 = 1125,000$$

¡¡Lo que representa un ahorro de mejora  
7 930 000- 1 125 000=6 805 000!!

# Impacto económico de la solución

Caso inicial

$$1 * 10^6 [(0.475 - 0.500)^2 + 0.031^2] = 1586$$

$$1586 * 5000 = 7930,000$$

Caso de mejora

$$\hat{P} = \hat{E}(P(y)) = k[\hat{\sigma}^2 + (\hat{\mu} - M)^2]$$

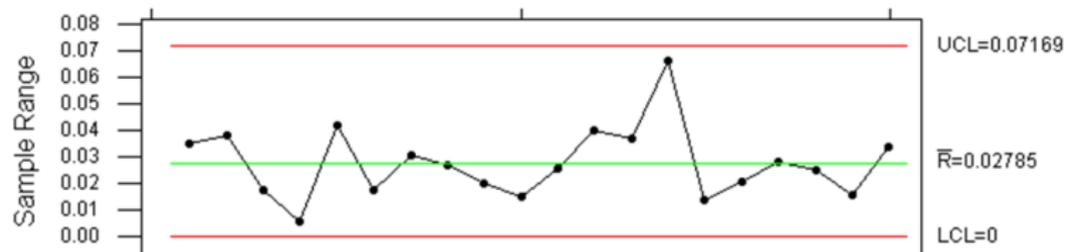
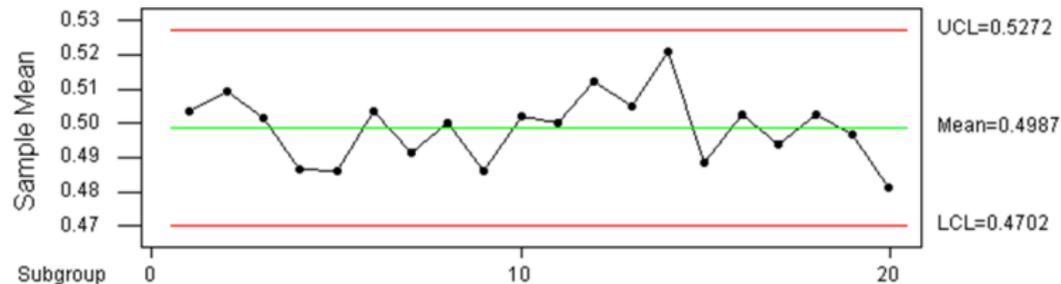
$$\hat{P} = 1 * 10^6 * [(0.015)^2 + (0.5 - 0.5)^2] = 225$$

$$225 * 5000 = 1125,000$$

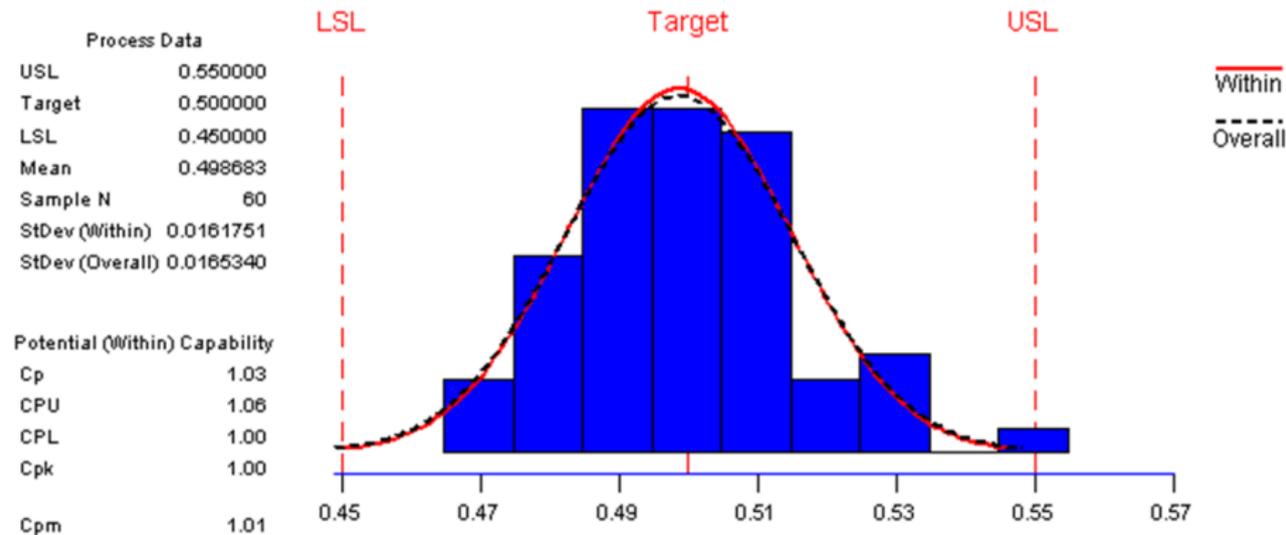
¡¡Lo que representa un ahorro de mejora  
7 930 000- 1 125 000=6 805 000!!

# Etapa Controlar

**Cartas X-barra y R después de la mejora**



## Process Capability Analysis



# Cierre de proyecto

## Mejora alcanzada

