

# Calidad Total & TQM



# Definiciones de Calidad

---

**Quee es calidad para: un Restaurante, una Aerolínea?**

- Calidad como “Excelencia”
  - ✓ Basada en el producto
- Calidad como “Conforma a las Especificaciones”
  - ✓ Basada en la manufactura
- Calidad como “Apto para el Uso”
  - ✓ Basada en el cliente
- Calidad como “Valor relativo al Precio”
  - ✓ Basada en el Mercado



# Calidad Total (TQM)

---

Usar la calidad de productos y servicios como un elemento estratégico para aumentar el valor y la participación de mercado de una organización.

- Involucra a toda la organización desde proveedores a clientes
- Enfatiza el compromiso desde los niveles más altos de la administración a tener una organización enfocada hacia la excelencia en todos aquellos aspectos de los productos y servicios que son importantes para el cliente.

# Midiendo Calidad

---

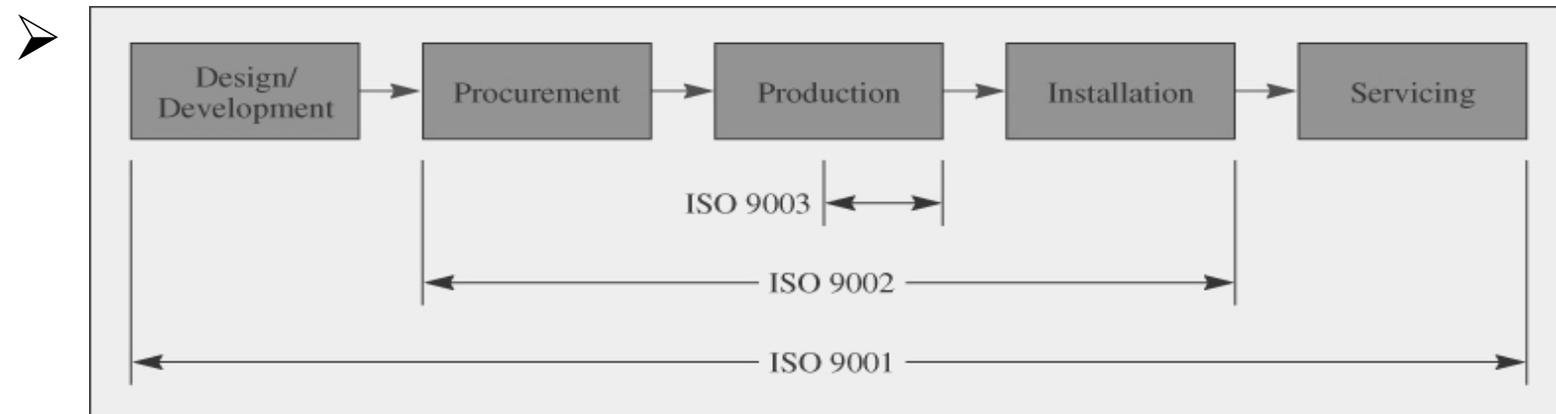
## Malcolm Baldrige National Quality Award, 1997 Criteria Point Values (1000 points maximum)

Liderazgo	110 puntos
Planificación Estratégica de la Calidad	80 puntos
Clientes y Enfoque de Mercado	80 puntos
Información y Análisis	80 puntos
Desarrollo de RRHH	100 puntos
Gestión de Procesos	100 puntos
Resultados Comerciales	450 puntos

✓ Algunos Ganadores: Motorola, Xerox, AT&T, Ritz-Carlton.

# Estándares Internacionales de Calidad

- Estándares Industriales Z8101-1981 (Japón)
  - ✓ Especificaciones para TQM
- ISO 9000 (Europa)
  - ✓ Estándar para productos vendidos en Europa
- ISO 14000 (Europa)
  - ✓ Estándar para reciclaje, etiquetado, etc.

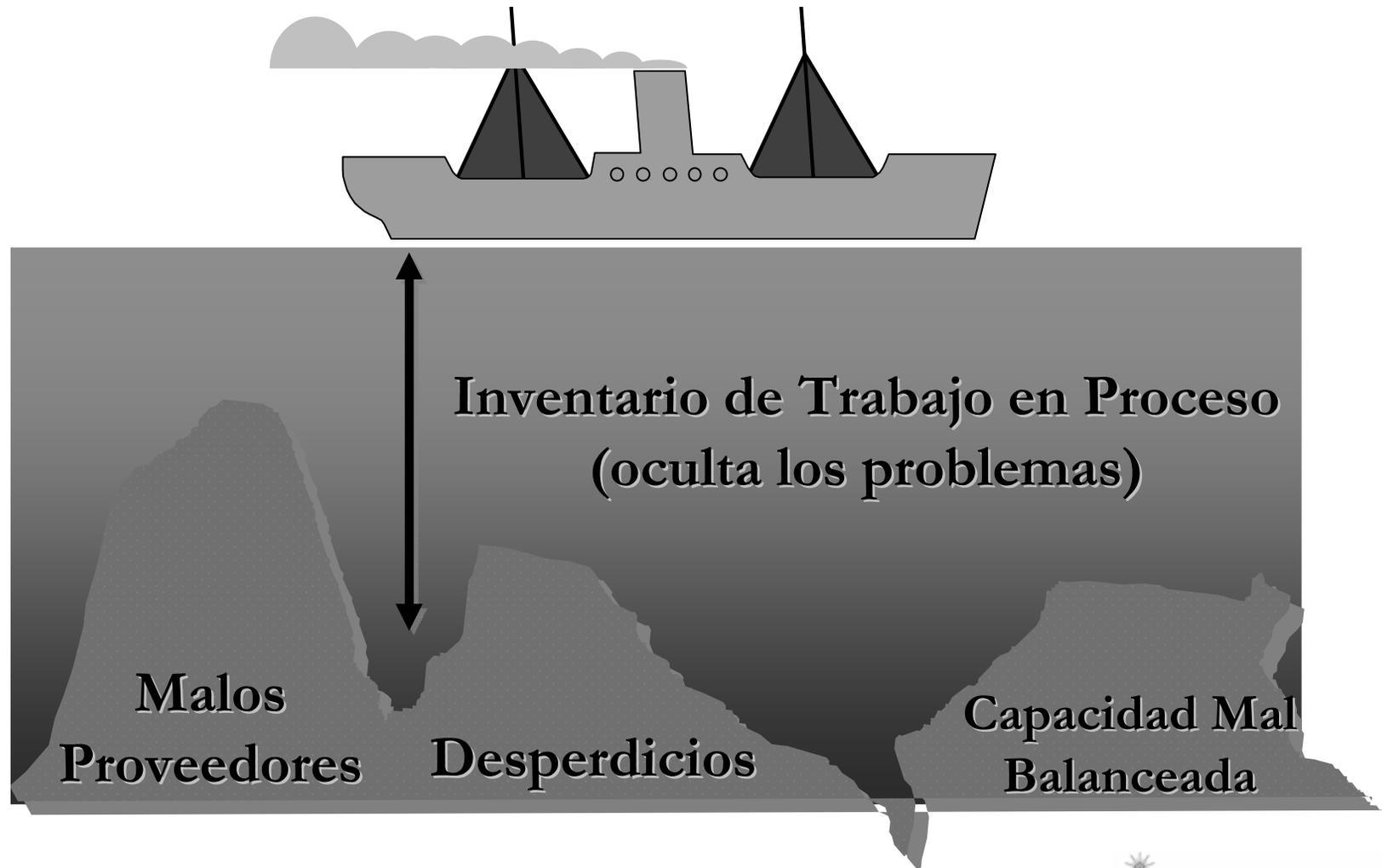


# Conceptos de TQM

---

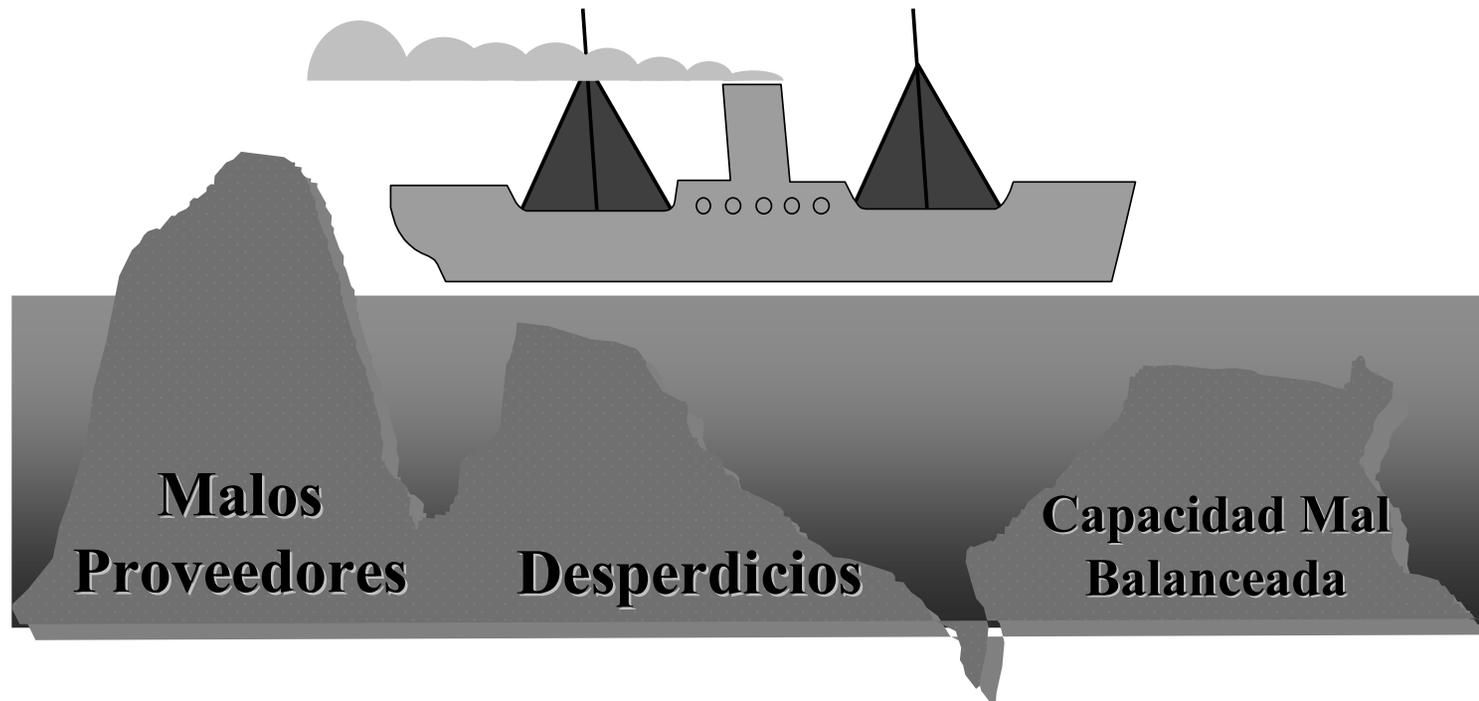
- Mejoramiento Continuo
- Empoderamiento del Trabajador
- Benchmarking
- Producción Justo-a-Tiempo (JIT)
- Métodos de Taguchi
- Herramientas de Control Estadístico

# Producción Justo a Tiempo - Ejemplo



# Producción Justo a Tiempo - Ejemplo

**Reducir los inventarios permite identificar los problemas y así poder resolverlos.**



# TQM en Servicios

---

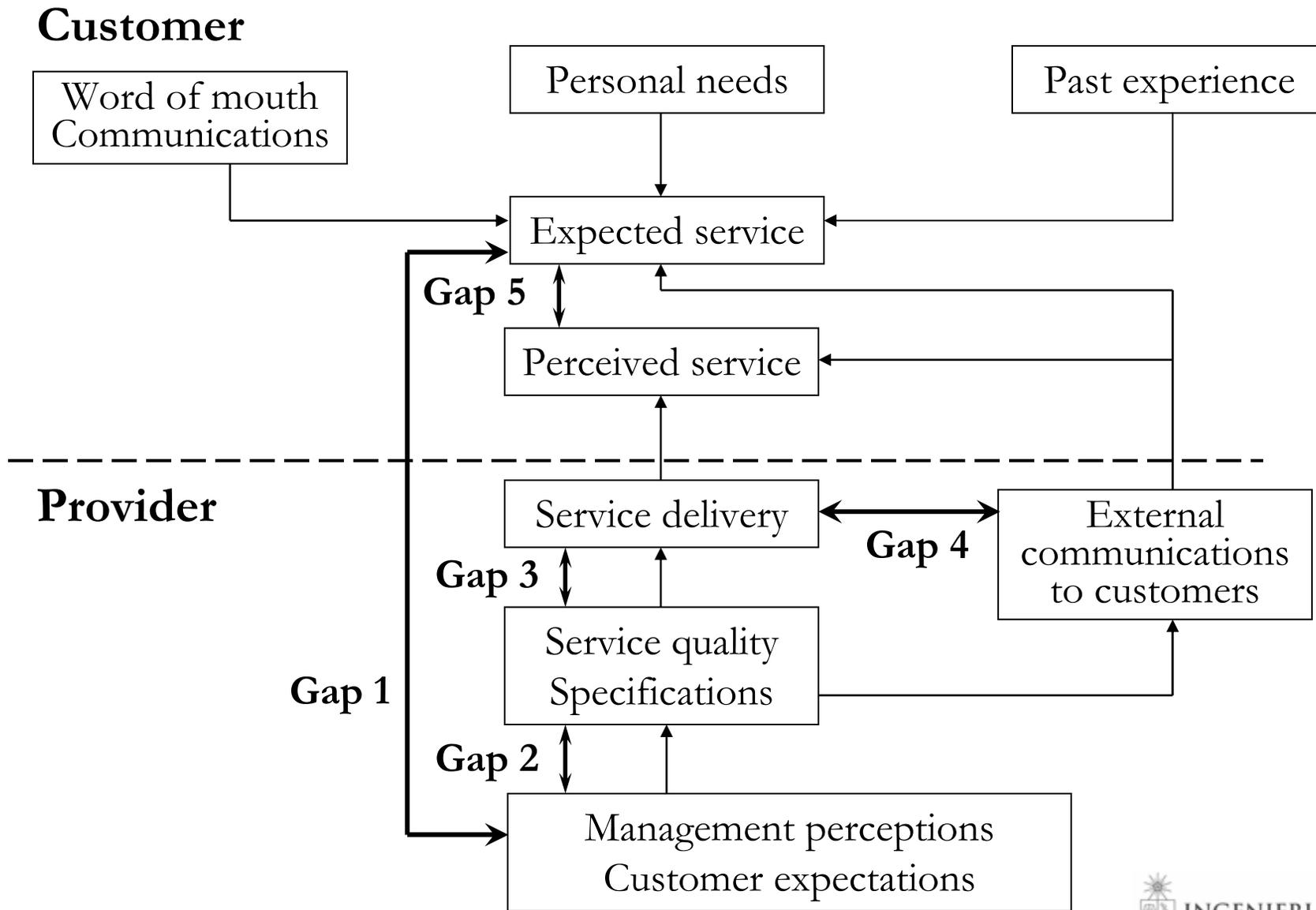
- Calidad de servicios es mas defícil de medir que la de productos
- La percepcion de la calidad del servicio depende de
  - ✓ Expectativas versus realidad
  - ✓ Proceso y output
- Tipos de calidad de servicios
  - ✓ Normal: Rutinaria en la entrega de servicios
  - ✓ Excepcional: En la resolucion de problemas

# SERVQUAL – El Modelo de Brechas

---

- Cinco Dimensiones:
  - Confiabilidad: consistencia en la entrega (*e.g.*, Precision en la facturacion)
  - Capacidad de Respuesta (*e.g.* Servicio a tiempo)
  - Garantia (*e.g.*, Transmite confianza)
  - Empatía (*e.g.* Preocupacion por servicio personalizado)
  - Tangibles (*e.g.*, Evidencia física del servicio)
- Expectativas de los consumidores (en las 5 dimensiones)  
*menos* percepcion de los recibido
- Estos factores difieren en importancia dependiendo del servicio, *e.g.* confiabilidad es mas importante que en un banco y empatia en un hospital!

# SERVQUAL - The Gaps Model



# SERVQUAL Questionnaire – Examples

---

## USA General Sample [1990]

Dimension	Weight	Perceptions	Expectations	Gap
Tangibles	0.11	5.54	5.16	+0.38
Reliability	0.32	5.16	6.44	-1.28
Responsiveness	0.22	5.20	6.36	-1.16
Assurance	0.19	5.50	6.50	-1.00
Empathy	0.16	5.16	6.28	-1.12
Weighted averages [n=1936]		5.28	6.27	-0.99

(Source: calculated from from Zeithaml, Parasuraman and Berry [1990] )

# Análisis ServQual



## ServQual Score

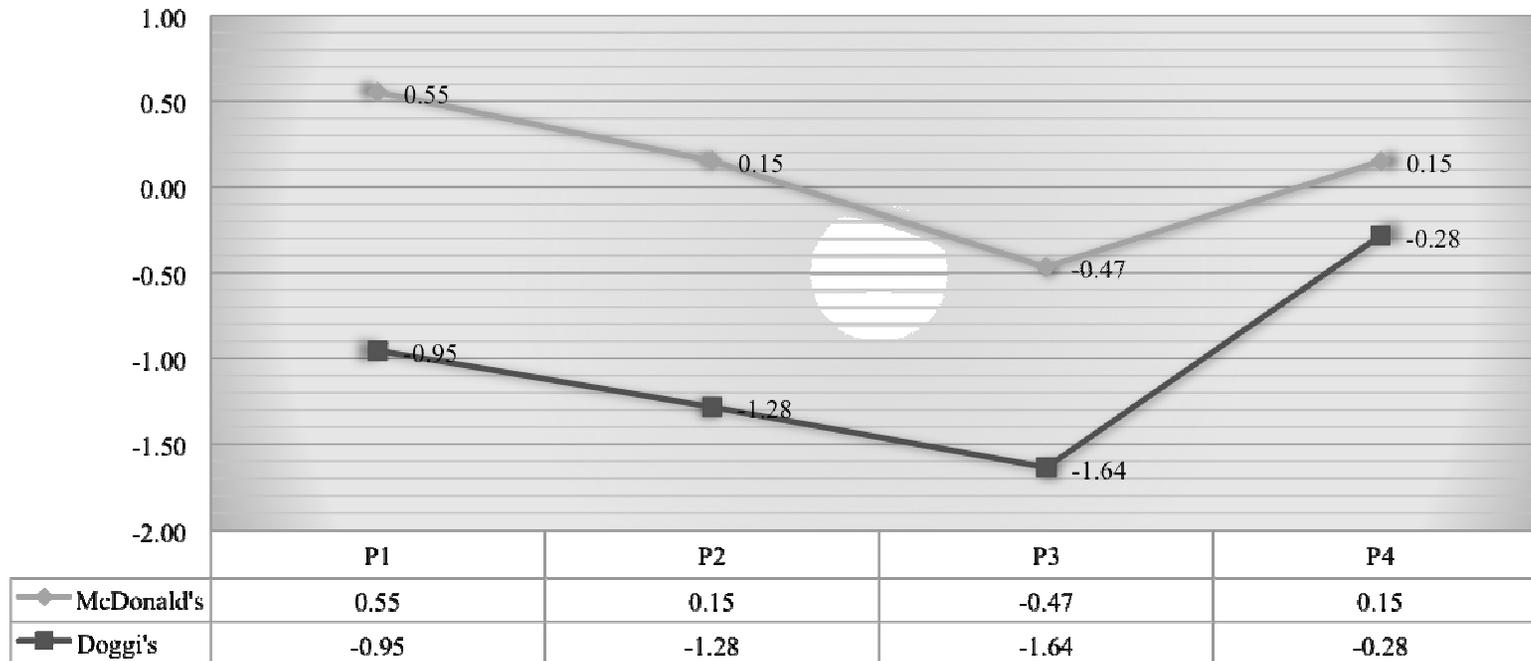
	<b>McDonald's</b>	<b>Doggi's</b>
Uniforme	<b>-0,61</b>	<b>-1,17</b>
Ponderado		
McDonald's	<b>-0,55</b>	<b>-1,16</b>
Clientes	<b>-0,61</b>	<b>-1,17</b>

<b>Gaps</b>		
	<b>McDonald's</b>	<b>Doggi's</b>
Tangible	<b>0,10</b>	<b>-1,04</b>
Fiabilidad	<b>-0,58</b>	<b>-1,20</b>
Receptividad	<b>-1,07</b>	<b>-1,30</b>
Garantía	<b>-0,69</b>	<b>-1,13</b>
Empatía	<b>-0,79</b>	<b>-1,17</b>

# Análisis ServQual



## Dimensión Tangible



**P1** *Los buenos restaurantes de comida rápida tienen moderno y vistoso equipamiento*

**P2** *Las instalaciones de los excelentes restaurantes de comida rápida son visualmente atractivas*

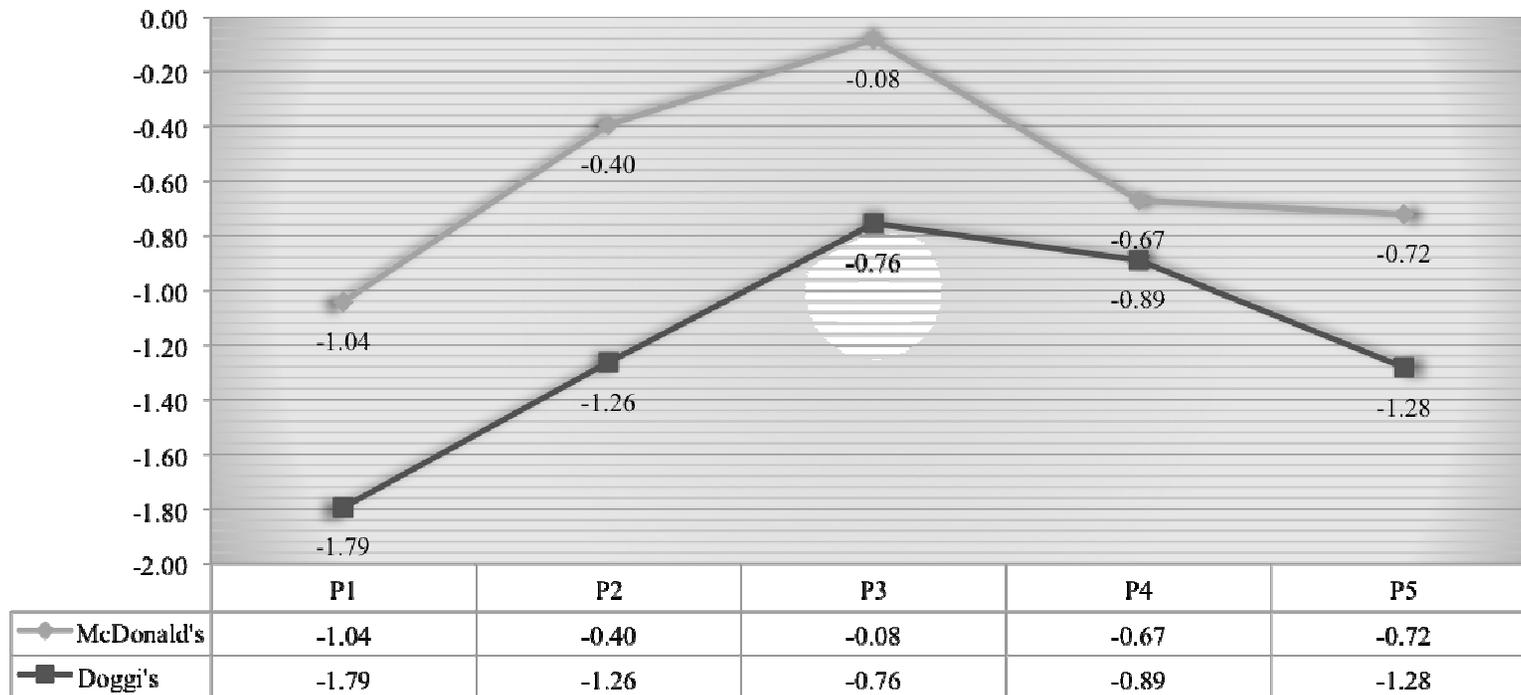
**P3** *En los buenos restaurantes de comida rápida, los empleados se ven ordenados*

**P4** *En los restaurantes de comida rápida, los materiales asociados con el servicio (bandejas, envoltorios, etc.) son visualmente vistosos*

# Análisis ServQual



## Dimensión Fiabilidad



**P1** En los restaurantes de comida rápida, cuando prometen demorarse menos de un cierto tiempo en atender lo cumplen

**P2** Cuando un cliente tiene algún problema, los restaurantes de comida rápida tienen un real interés en resolverlo

**P3** Los buenos restaurantes de comida rápida no se equivocan al tomar la orden

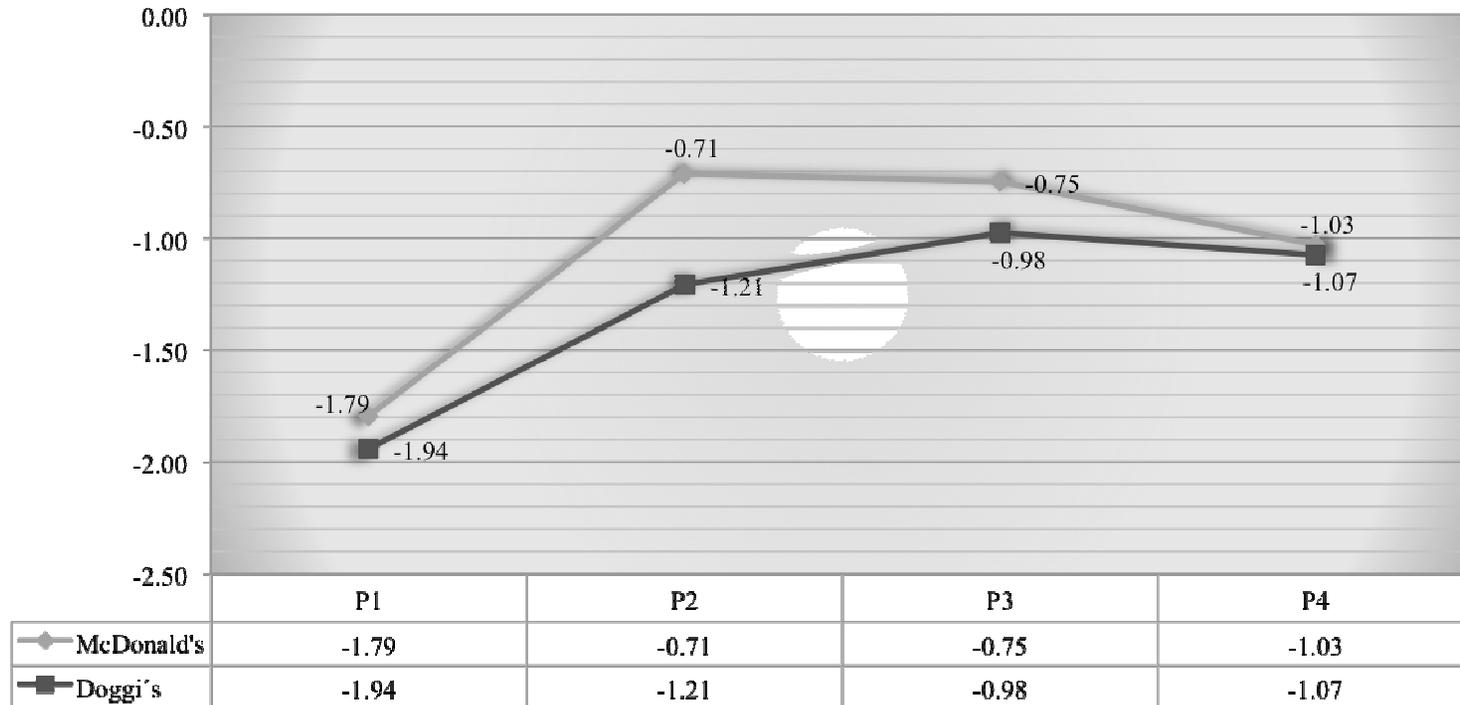
**P4** Los excelentes restaurantes de comida rápida entregan lo que se les solicito

**P5** Los excelentes restaurantes de comida rápida intentan disminuir sus errores

# Análisis ServQual



## Dimensión Receptividad



**P1** *Los empleados de los excelentes restaurantes de comida rápida, le dicen exactamente a los clientes cuanto tiempo deberán esperar y lo cumplen*

**P2** *Los empleados de los excelentes restaurantes de comida rápida, dan una veloz atención*

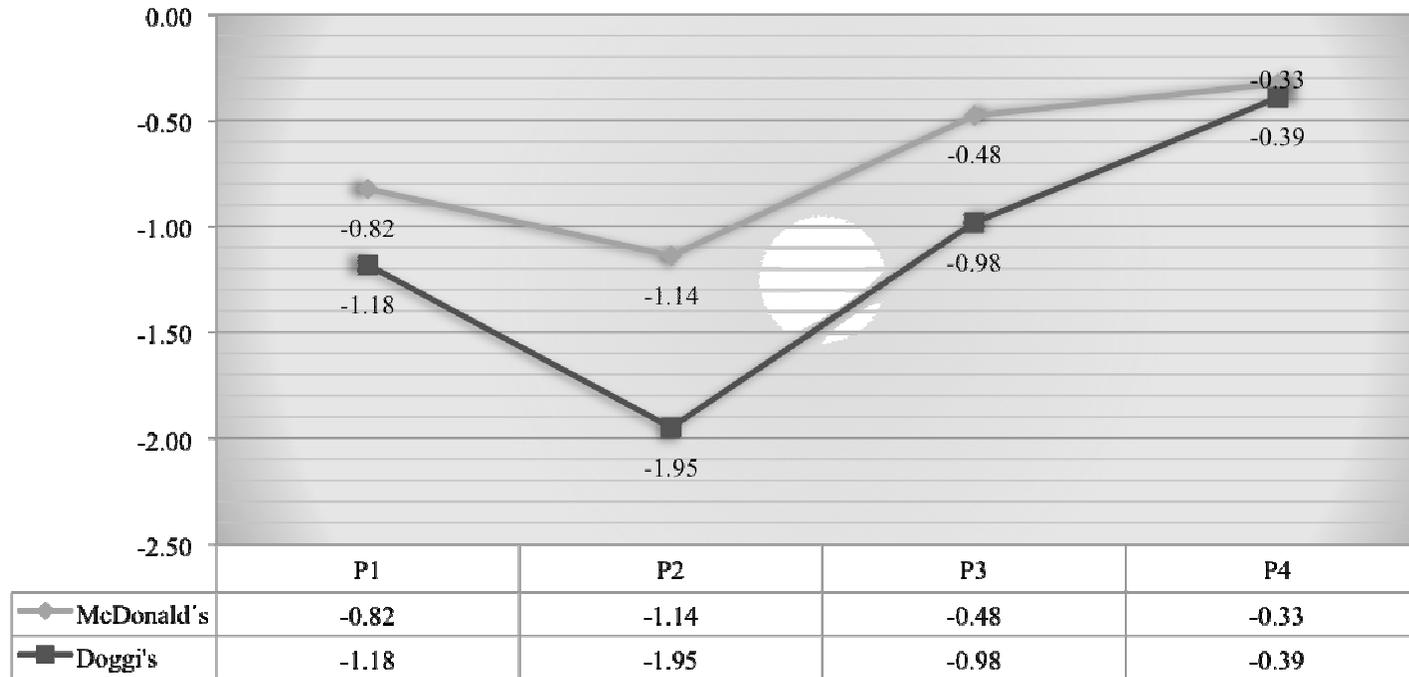
**P3** *Los empleados de los excelentes restaurantes de comida rápida, están siempre dispuestos a atender a los clientes*

**P4** *Los empleados de los excelentes restaurantes de comida rápida, nunca están demasiado ocupados para atender a los clientes*

# Análisis ServQual



## Dimensión Garantía



**P1** El comportamiento de los empleados de los excelentes restaurantes de comida rápida, pretende dar confianza a los clientes

**P2** Los clientes de los excelentes restaurantes de comida rápida, sienten que comen comida de manipulación segura (seguros)

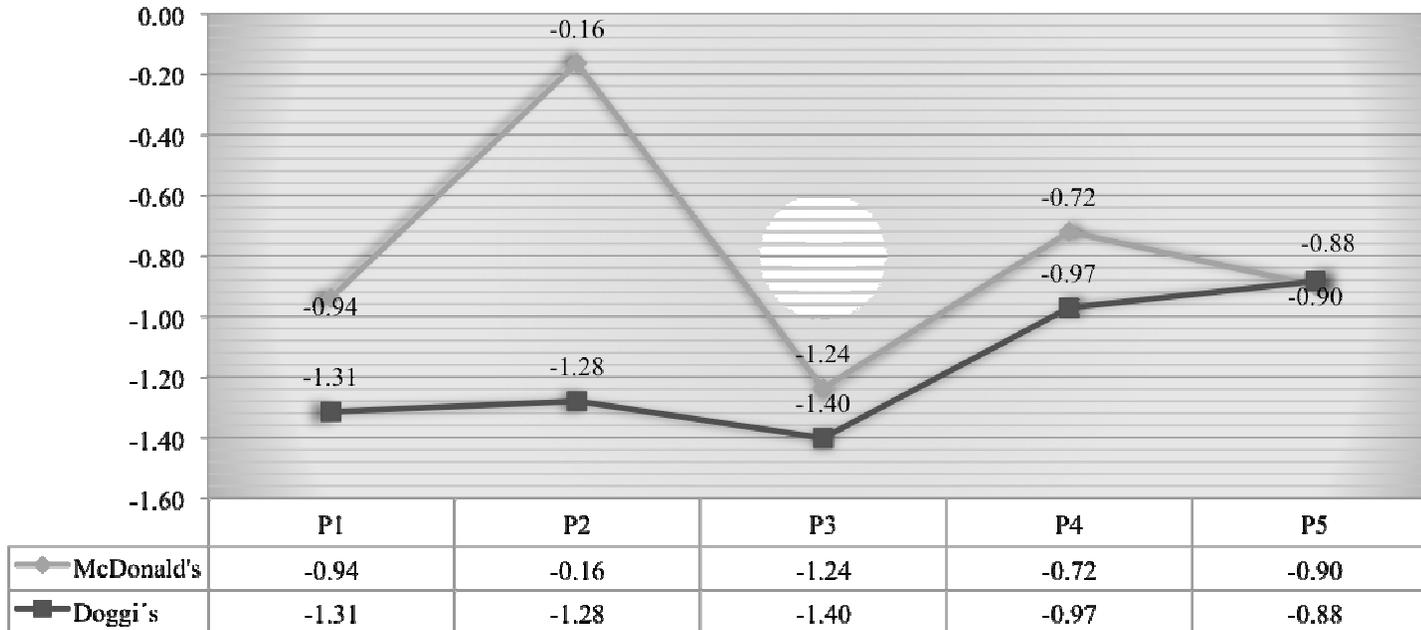
**P3** Los empleados, de los excelentes restaurantes de comida rápida, son constantemente corteses con los clientes

**P4** Los empleados, de los excelentes restaurantes de comida rápida, tienen el conocimiento para atender las dudas de los clientes

# Análisis ServQual



## Dimensión Empatía



**P1** Los excelente restaurantes de comida rápida se preocupan de que la fila sea más amena

**P2** Los excelente restaurantes de comida rápida tienen horarios de acuerdo a la conveniencia de todos sus clientes

**P3** Los excelentes restaurantes de comida rápida tienen empleados que dan una atención personalizada a sus clientes

**P4** Los excelentes restaurantes de comida rápida tienen como prioridad los intereses de sus clientes

**P5** Los empleados de los excelentes restaurantes de comida rápida, entienden las necesidades específicas de cada cliente

# Análisis ServQual

## Aspectos críticos por dimensión



<b>Tangibles</b>	<b>Gap</b>
En los buenos restaurantes de comida rápida, los empleados se ven ordenados	-0,5
<b>Fiabilidad</b>	
En los restaurantes de comida rápida, cuando prometen demorarse menos de un cierto tiempo en atender lo cumplen	-1,0
<b>Receptividad</b>	
Los empleados de los excelentes restaurantes de comida rápida, le dicen exactamente a los clientes cuanto tiempo deberán esperar y lo cumplen	-1,8
<b>Garantía</b>	
Los clientes de los excelentes restaurantes de comida rápida, sienten que comen comida de manipulación segura (seguros)	-1,1
<b>Empatía</b>	
Los excelentes restaurantes de comida rápida tienen empleados que dan una atención personalizada a sus clientes	-1,2

# Productos Complejos & Six-Sigma

## ➤ Qué es six-sigma?

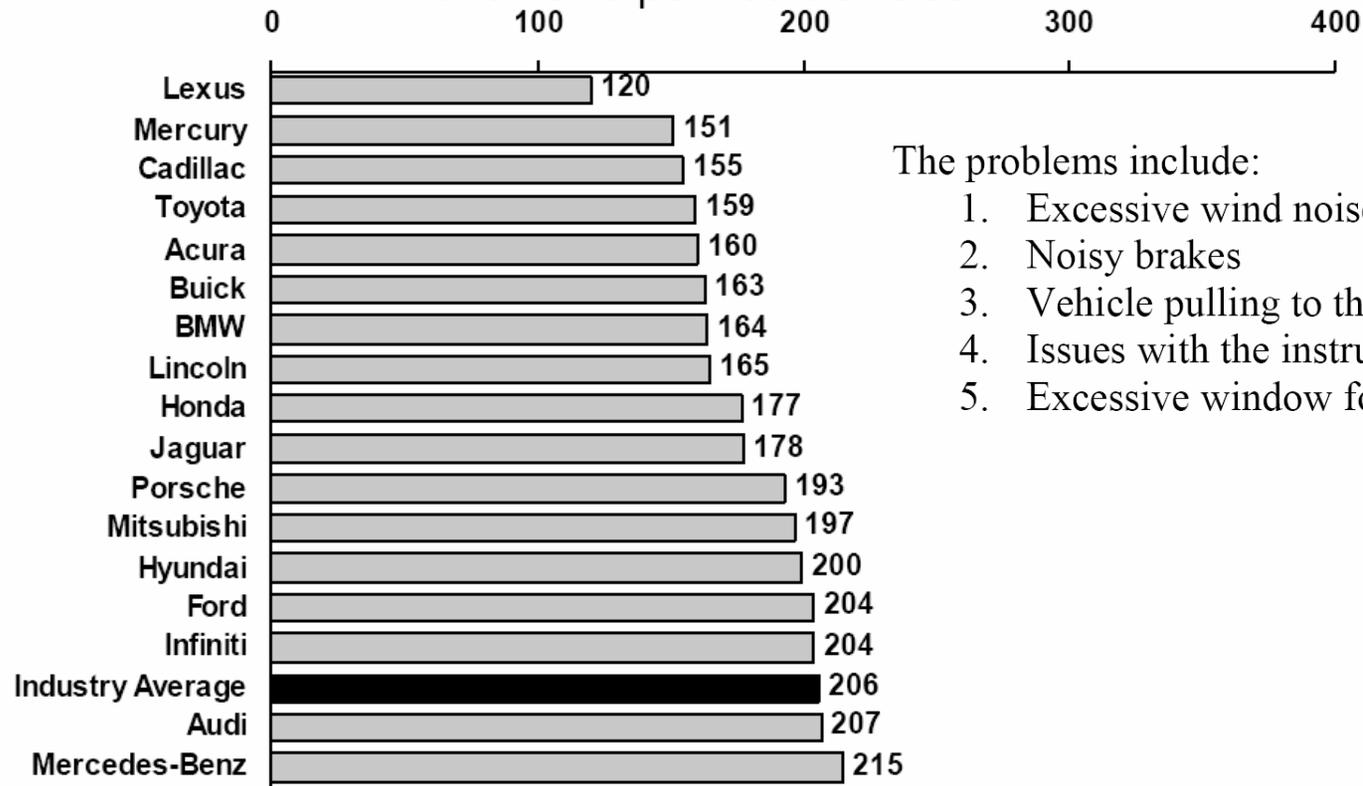
- ✓ Cuenta defectos
- ✓ Los expresa en defectos por unidad (DPU)
  - Unidad: Un ítem en proceso, o el producto final o el servicio entregado al cliente
- ✓ 43 de 250 formularios de crédito contienen un defecto
  - $43/250 = 17.2\%$  DPU
  - Esta medida es muchas veces demasiado cruda para ser de utilidad

# Razón 1: La Carrera por Cero-Defectos

## J.D. Power and Associates 2008 Vehicle Dependability Study<sup>SM</sup> (VDS)

### 2008 Nameplate Ranking

Problems per 100 Vehicles



The problems include:

1. Excessive wind noise
2. Noisy brakes
3. Vehicle pulling to the left or right
4. Issues with the instrument panel/dashboard
5. Excessive window fogging

# Razón 1: La Carrera por Cero-Defectos

- Federal Express envía 99.999% de sus ordenes correctamente
- Motorola ha alcanzado 3.4 defectos por millón; una mejora de 10,000% desde 1981. Su objetivo actual es llegar a 60 defectos por BILLION.
- Kodak tuvo 2 defectos en 600 millones de tapas plásticas usadas en maquinas de análisis de sangre (los paquetes no estaban cerrados correctamente! Estos productos defectuosos nunca llegaron al cliente)
- There is no end to the quest for quality
- Express in  $DP_{million}U$

# Razón 2: Peras & Manzanas

---

- **Productos Complejos tienen mayores “oportunidades” de tener errores**
  - ✓ Hacer métricas comparables para distintos procesos
  - ✓ Lista oportunidades donde se pueden generar defectos
  - ✓ Determinar cuales son críticos para el cliente
  - ✓ Comparar la lista del numero de oportunidades de defectos contra otros estándares (industria, gobierno., competidores, otros productos/servicios similares)
  
- **Ejemplo: 43 defectos, 250 formularios de crédito, 4 oportunidades de defecto por formulario**
  - ✓ **Defectos por Oportunidad** =  $43 / (250 \times 4) = 0.043$  DPO

# El Enfoque Six-Sigma

La aplicación rigurosa de herramientas cuantitativas en la planificación, control y mejora de los procesos en un esfuerzo de satisfacer las necesidades de los clientes 100% del tiempo !

Produccion %	DPMO	SIGMA
68.26%	317400	1
95.44%	45600	2
99.74%	2600	3
99.98%	200	4
99.99%	60	5
100.00%	3.4	6

- La mayoría de las empresas están entre 35.000 y 50.000 DPMO
- Operaciones manuales están usualmente en 10.000 DPMO (cirujanos, la cuenta del restaurante,...)
- Mejoras a través de la automatización

**Vale la Pena Tratar ?**

# Midiendo Six Sigma

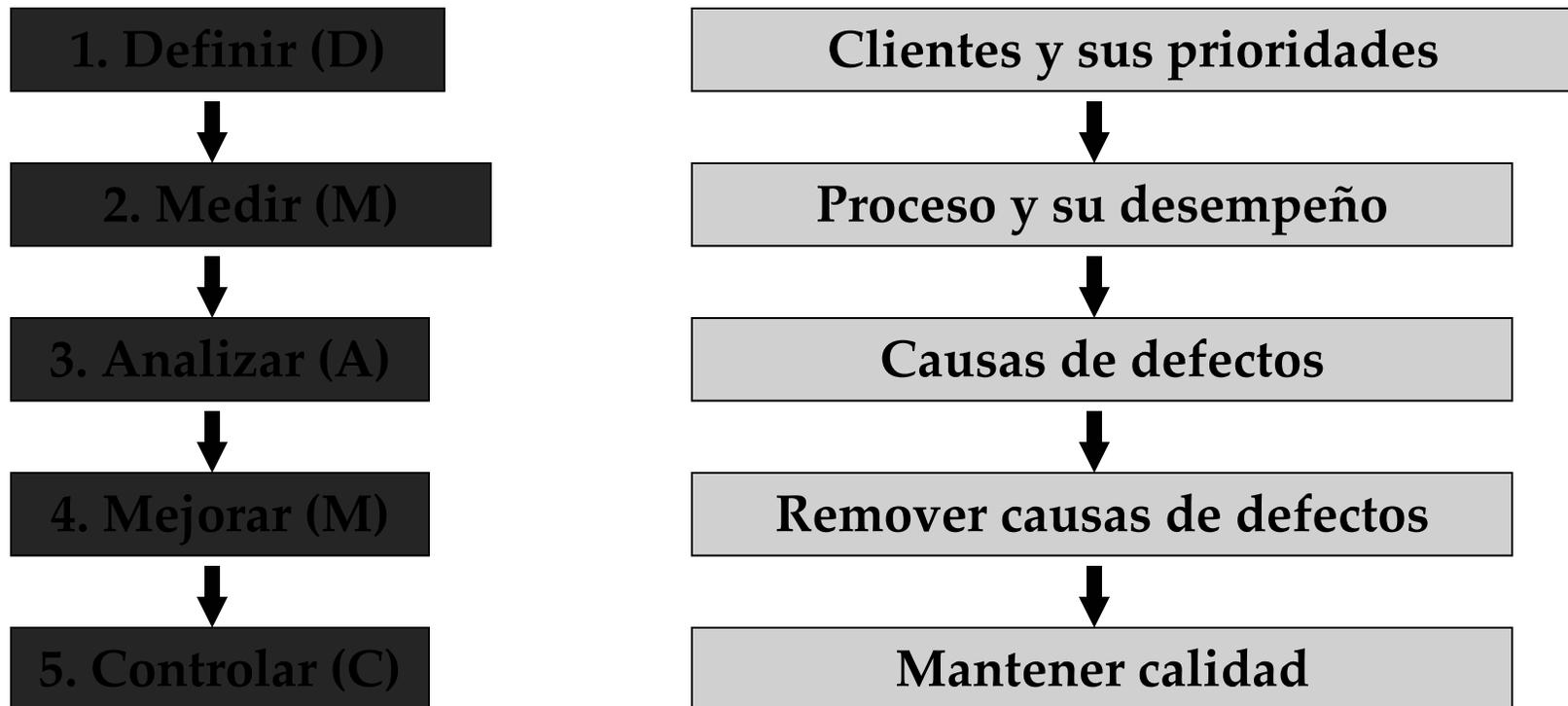
## Magnitude of Difference Between Sigma Levels

<b>Sigma</b>	<b>Area</b>	<b>Spelling</b>	<b>Time</b>	<b>Distance</b>
1-Sigma	Floor space of Soldier Field	170 misspelled words per page in a book	31.75 years per century	Here to the moon
2-Sigma	Floor space of large supermarket	25 misspelled words per page in a book	0.45 years per century	1.5 times around the world
3-Sigma	Floor space of small hardware store	1.5 misspelled words per page in a book	3.5 months per century	London to New York
4-Sigma	Your living room	1 misspelled word per 30 pages	2.5 days per century	Basel to Zurich
5-Sigma	The button of your telephone	1 misspelled word in a set of encyclopedias	30 minutes per century	Leverone to Norris
6-Sigma	S diamond	1 misspelled word in a library	6 seconds per century	Four steps from your chair

Ravi Anupindi/Total Quality Mgmt.

# Ciclo de Calidad en Six : DMAMC

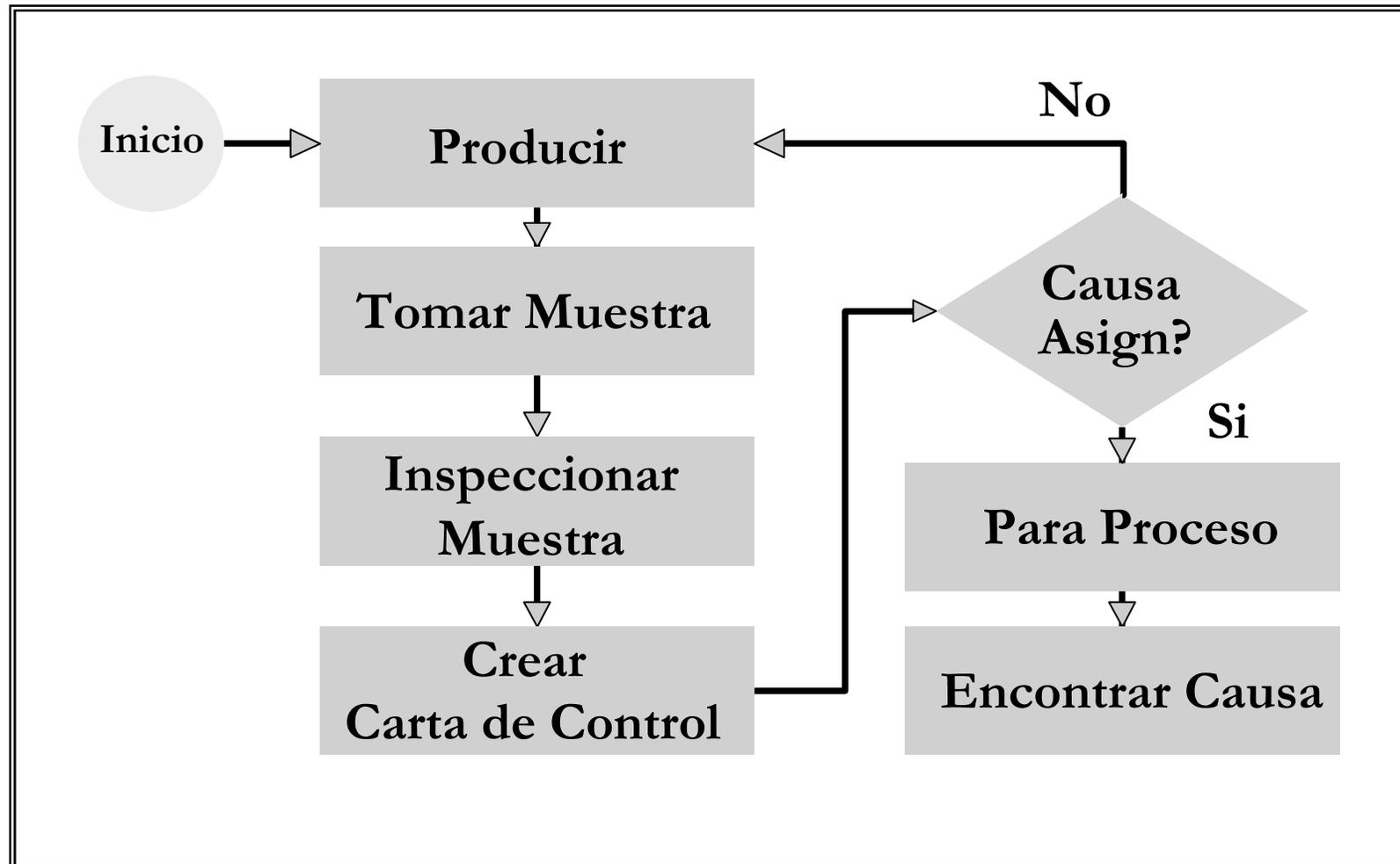
---



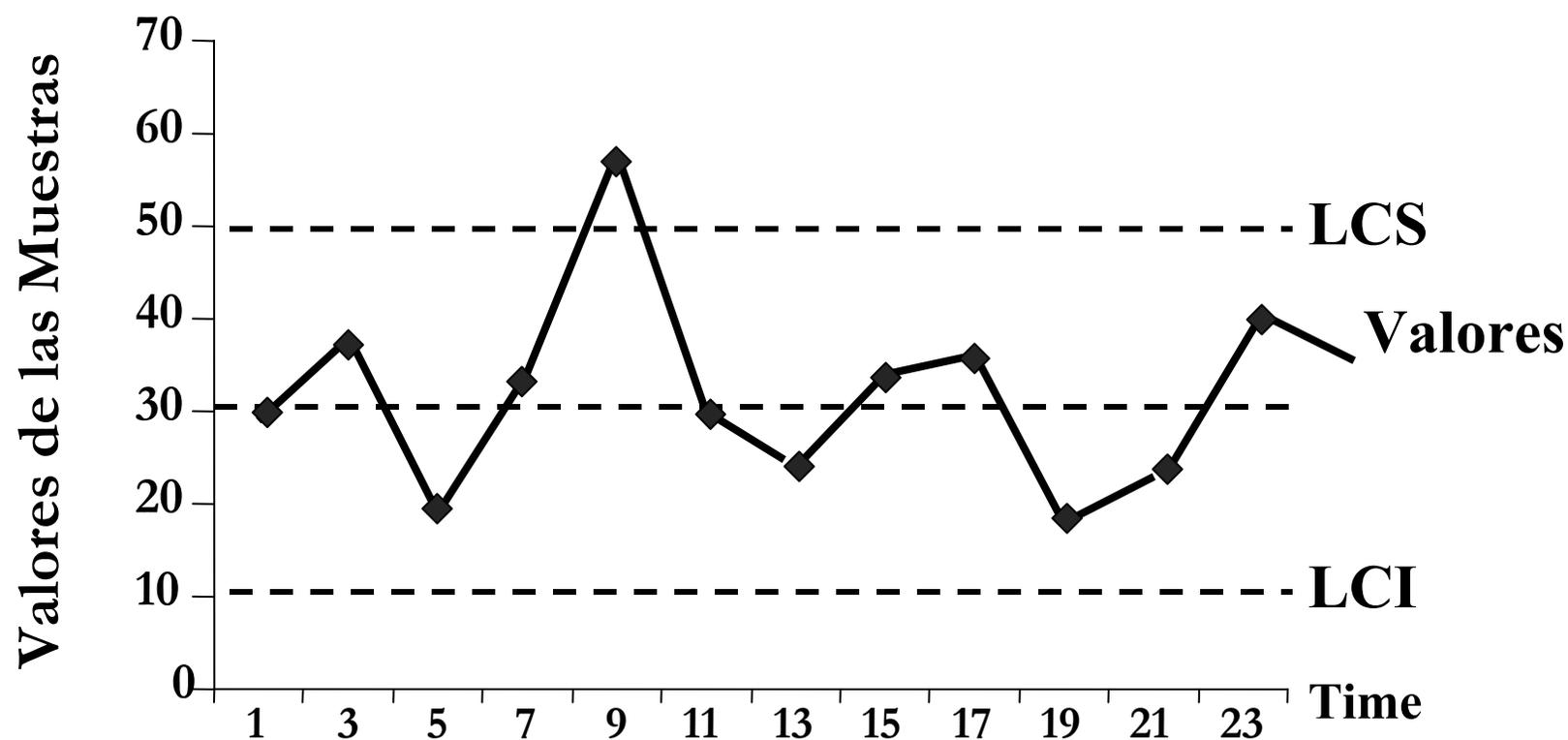
# Control Estadístico de Calidad (CEC)

- **Usar estadística & diagramas de control para determinar cuando ajustar un proceso**
- **Desarrollado por Shewhart en los 1920's**
- **Requiere**
  - ✓ Crear estándares (límites superiores & inferiores)
  - ✓ Medir muestras del proceso (e.g. peso promedio.)
  - ✓ Tomar acciones correctivas (si es necesario)
- **Se hace mientras el proceso esta operando**

# Pasos en el Control Estadístico de Calidad



# Construyendo la Carta de Control



$$LCS = \bar{\bar{X}} + z \sigma_{\bar{X}}$$

$\bar{\bar{X}}$ : Valor de diseño.

$$LCI = \bar{\bar{X}} - z \sigma_{\bar{X}}$$

$\sigma_{\bar{X}}$ : Variación del proceso (desviación estándar)

$z$ : Nivel de confianza

# Construyendo la Carta de Control

---

**Paso 1:** Asegurarse que el proceso este operando bajo control.

**Paso 2:** Determinar el tamaño (n) de la muestra (e.g., n=5 unidades).

**Paso 3:** Tomar (N) muestras del proceso (e.g., N=25) y determinar para cada muestra su media  $\bar{X}_i$  (i=1,...,N).

**Paso 4:** Calcular el promedio muestral

$$\bar{\bar{X}} = \frac{\bar{X}_1 + \bar{X}_2 + \dots + \bar{X}_N}{N}$$

**Paso 5:** Calcular la varianza muestral

$$\sigma_{\bar{X}}^2 \cong \frac{(\bar{X}_1 - \bar{\bar{X}})^2 + (\bar{X}_2 - \bar{\bar{X}})^2 + \dots + (\bar{X}_N - \bar{\bar{X}})^2}{N-1}$$

# Construyendo la Carta de Control

Muestra	Valores de las Muestras				Promedio
	x1	x2	x3	x4	
1	85.27	118.88	118.58	86.47	102.30
2	129.42	94.62	108.48	104.89	109.35
3	68.78	80.59	89.69	134.60	93.42
4	114.60	113.82	131.99	91.57	113.00
5	105.82	138.61	91.85	107.42	110.92
6	110.28	104.18	73.03	96.97	96.11
7	99.19	70.15	114.70	89.73	93.44
8	107.33	74.83	71.11	126.22	94.87
9	83.23	79.09	83.57	100.72	86.65
10	99.79	90.83	93.79	86.51	92.73
11	97.51	139.96	122.67	98.26	114.60
12	105.62	78.97	115.21	111.69	102.87
13	98.11	98.83	129.80	109.87	109.15
14	115.55	99.29	103.10	116.88	108.71
15	105.69	109.37	70.85	82.12	92.01
16	61.96	117.62	82.75	96.87	89.80
17	70.49	137.86	92.87	116.98	104.55
18	118.09	109.22	103.45	93.72	106.12
19	109.92	116.47	134.27	116.19	119.21
20	84.96	85.33	90.41	84.27	86.24
21	92.13	134.11	153.65	96.34	119.06
22	109.40	119.37	59.22	70.76	89.69
23	98.97	107.58	81.80	104.02	98.09
24	74.25	92.09	74.34	130.83	92.88
25	85.85	125.12	84.62	83.69	94.82

$$\bar{\bar{X}} = 100.82$$

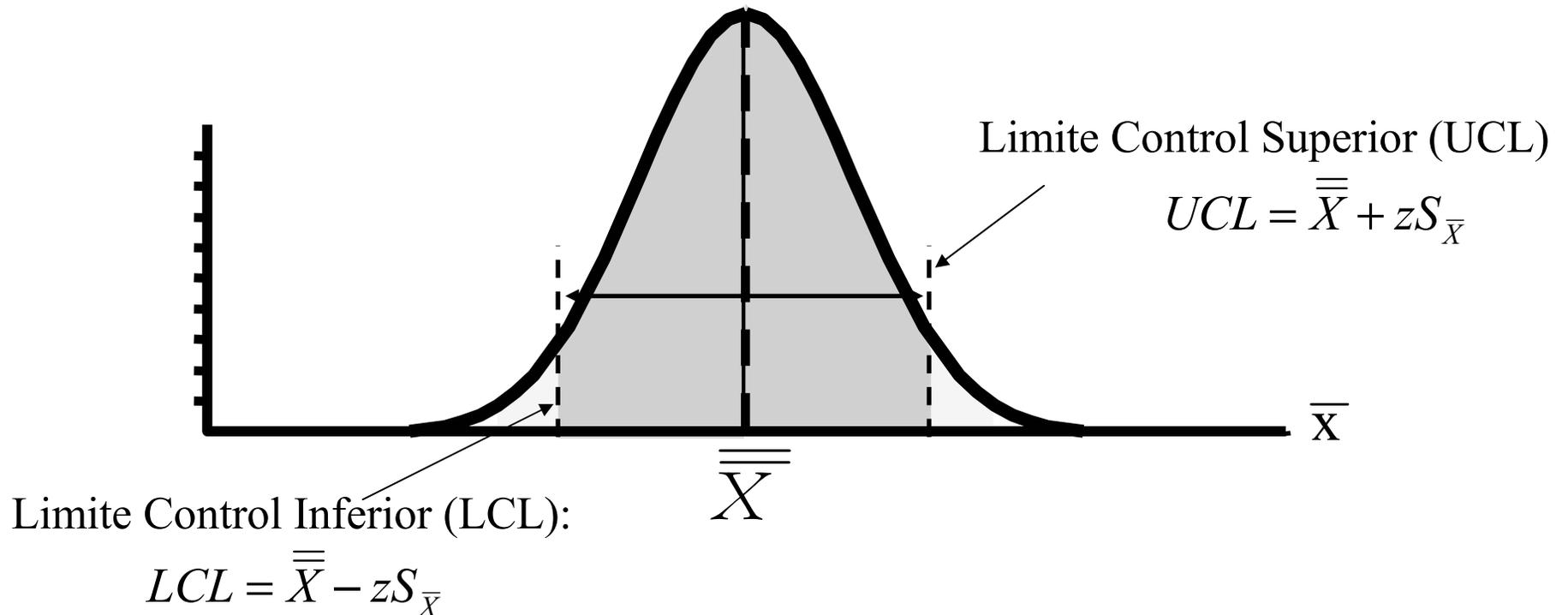
$$\sigma_{\bar{X}}^2 = 101.625$$

$$\sigma_{\bar{X}} = 10.08$$

En este ejemplo, los  $\{x_i\}$  están normalmente distribuidos con media 100 y desv. stand. 20.

# Construyendo la Carta de Control

---



Si  $z = 2$  entonces obtenemos un intervalo de confianza del 95.5%

Si  $z = 3$  entonces obtenemos un intervalo de confianza del 99.73%

# $p$ Chart

---

- Type of attributes control chart
  - Nominally scaled categorical data
    - e.g., good-bad
- Shows % of nonconforming items
- Example: Count # defective chairs & divide by total chairs inspected; Plot
  - Chair is either defective or not defective

# *p* Chart Control Limits

---

$$UCL_p = \bar{p} + z \sqrt{\frac{\bar{p}(1 - \bar{p})}{\bar{n}}}$$

**$z = 2$  for 95.5% limits;  
 $z = 3$  for 99.7% limits**

$$LCL_p = \bar{p} - z \sqrt{\frac{\bar{p}(1 - \bar{p})}{\bar{n}}}$$

$$\bar{n} = \frac{\sum_{i=1}^k n_i}{k}$$

and

$$\bar{p} = \frac{\sum_{i=1}^k x_i}{\sum_{i=1}^k n_i}$$

**# Defective Items in  
Sample  $i$**

**Size of sample  $i$**

# Process Capability $C_{pk}$

---

$$C_{pk} = \text{minimum of } \left[ \frac{\text{Upper Specification Limit} - \bar{x}}{3\sigma}, \text{ or } \frac{\bar{x} - \text{Lower Specification Limit}}{3\sigma} \right]$$

where  $\bar{x}$  = process mean

$\sigma$  = standard deviation of the process population

*Assumes that the process is:*

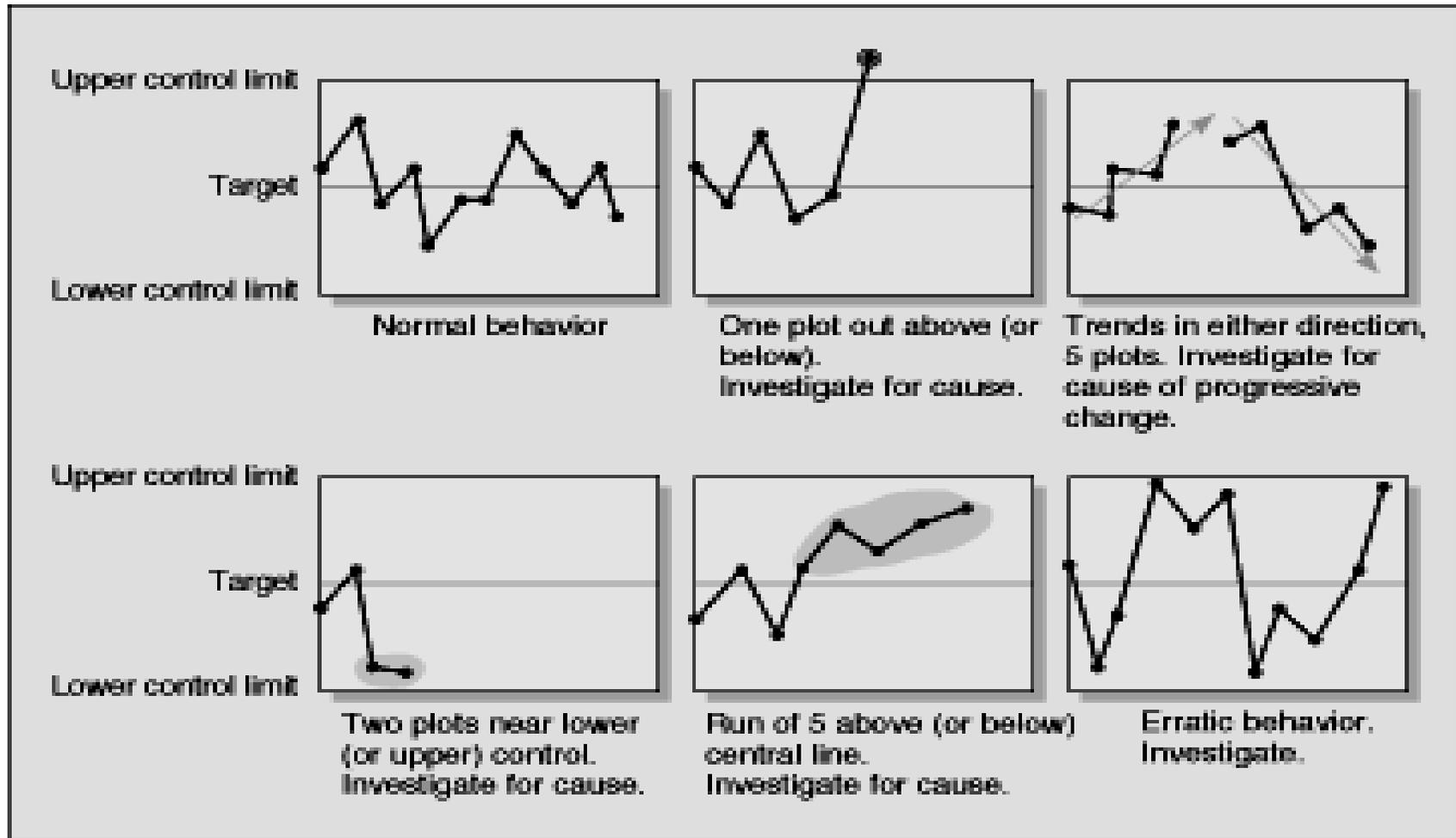
- **under control**
- **normally distributed**

# Cuándo son Necesarias Acciones Correctivas?

---

- Cuando hay evidencia suficiente que indique la existencia de una “**variación sistemática**” que esta afectando el proceso !
  
- Ejemplo: 4 indicaciones que le proceso está “fuera de control”.
  - ✓ un punto cae fuera de los limites de control
  - ✓ Siete puntos seguidos en un mismo lado de la línea central
  - ✓ Una corrida de siete puntos consecutivos creciente (o decreciente)
  - ✓ Ciclos o otros patrones no-aleatorios
  
- Si cualquiera de esta cosas ocurre se debe detener el proceso y analizar las causas.

# Patrones y Cartas de Control



# Como Mejorar el Desempeño?

---

## **Alternativa #1:**

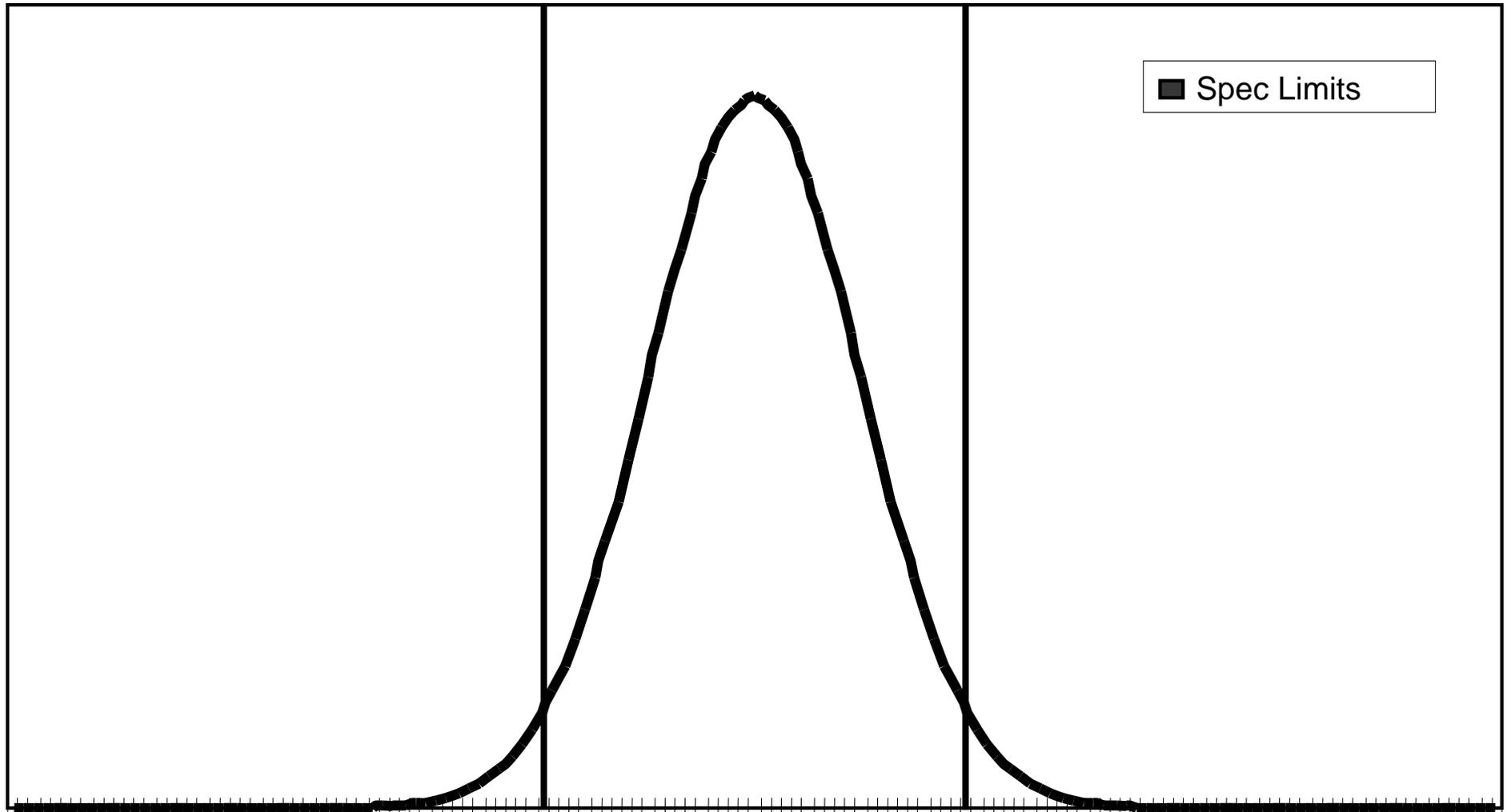
- Consiga que el cliente separe sus límites en las especificaciones

## **Alternativa #2:**

- Reduzca la Desviación Estándar del proceso.

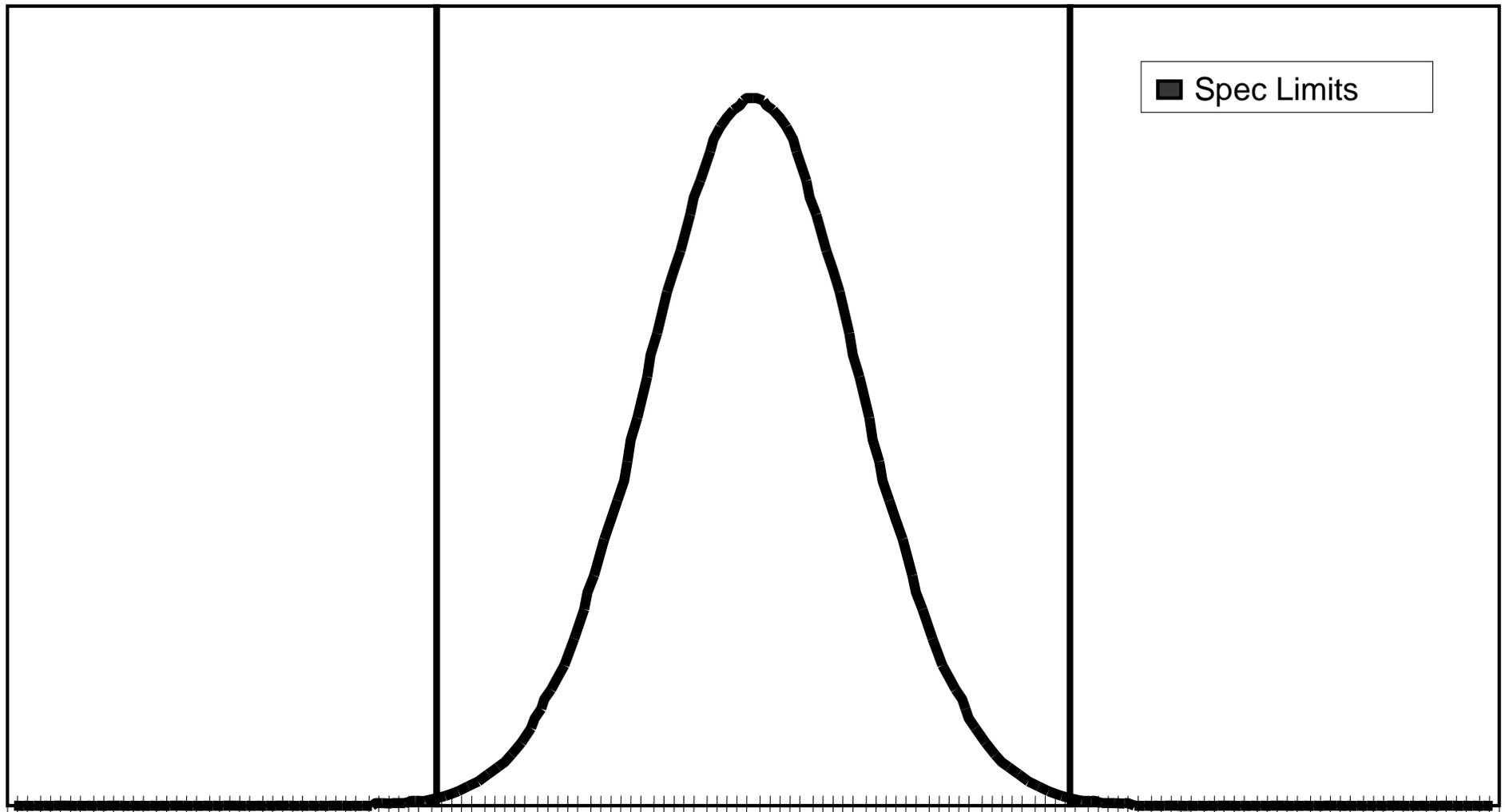
# Alternativa #1

---



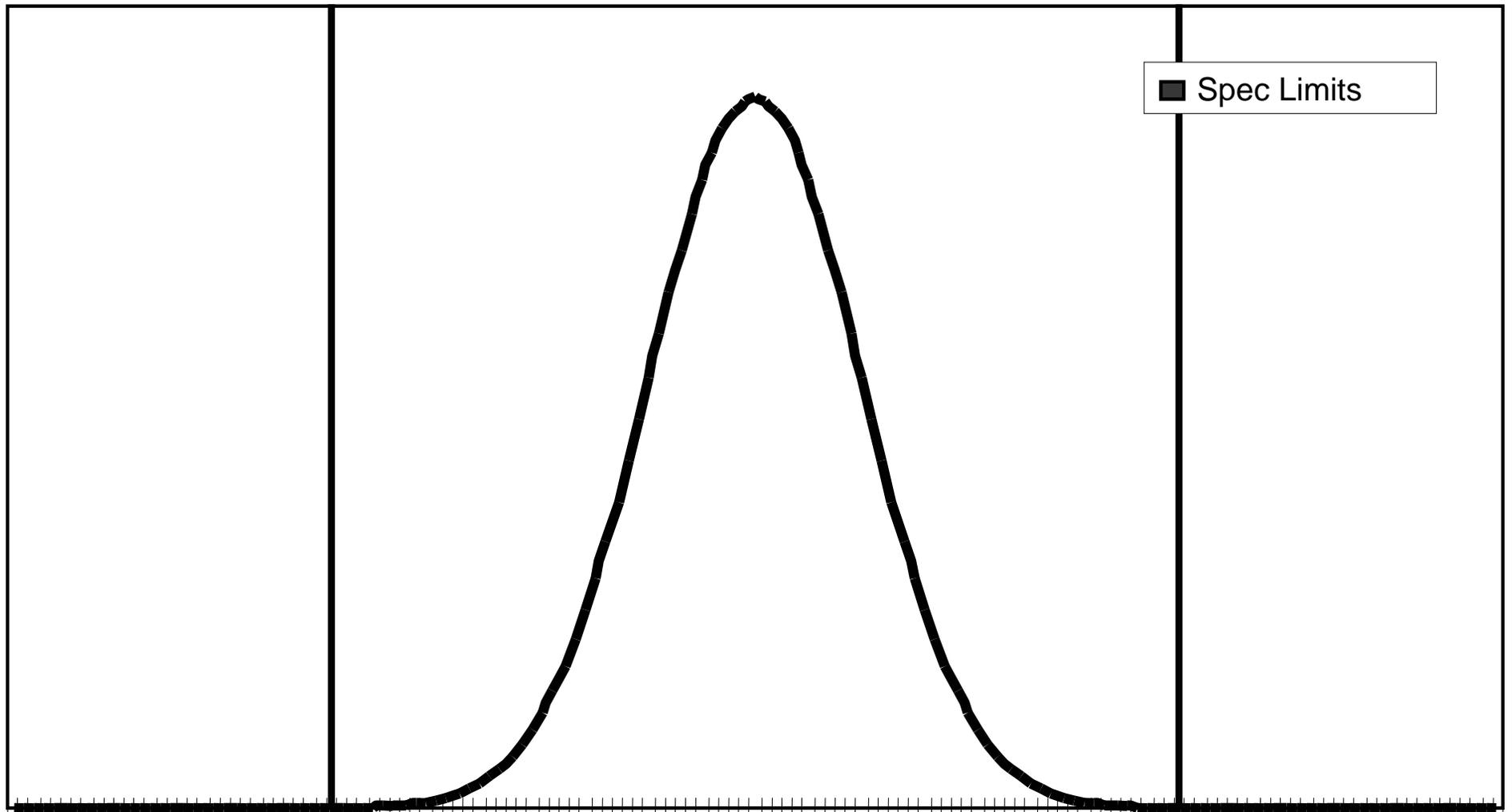
# Alternativa #1

---



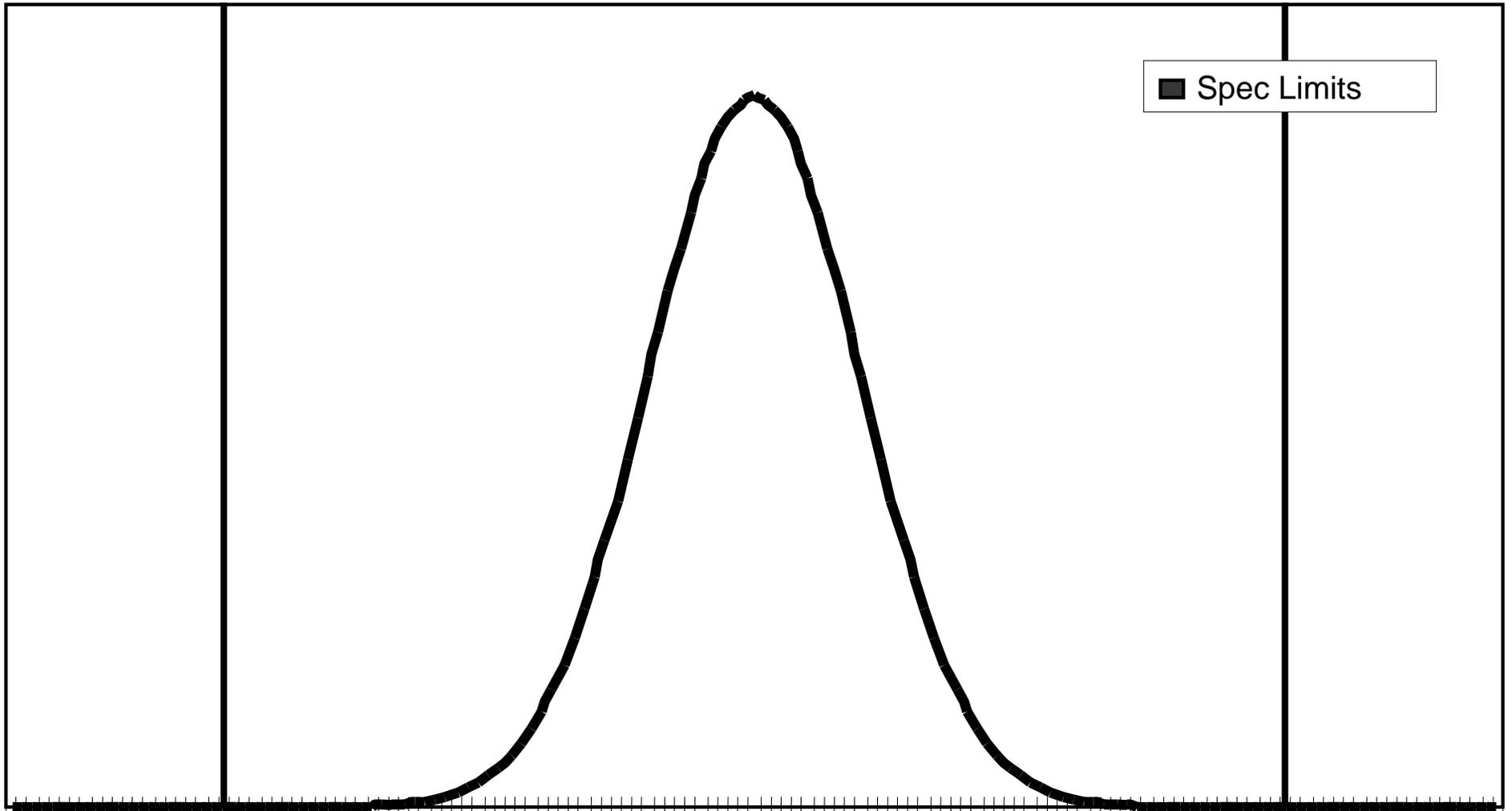
# Alternativa #1

---



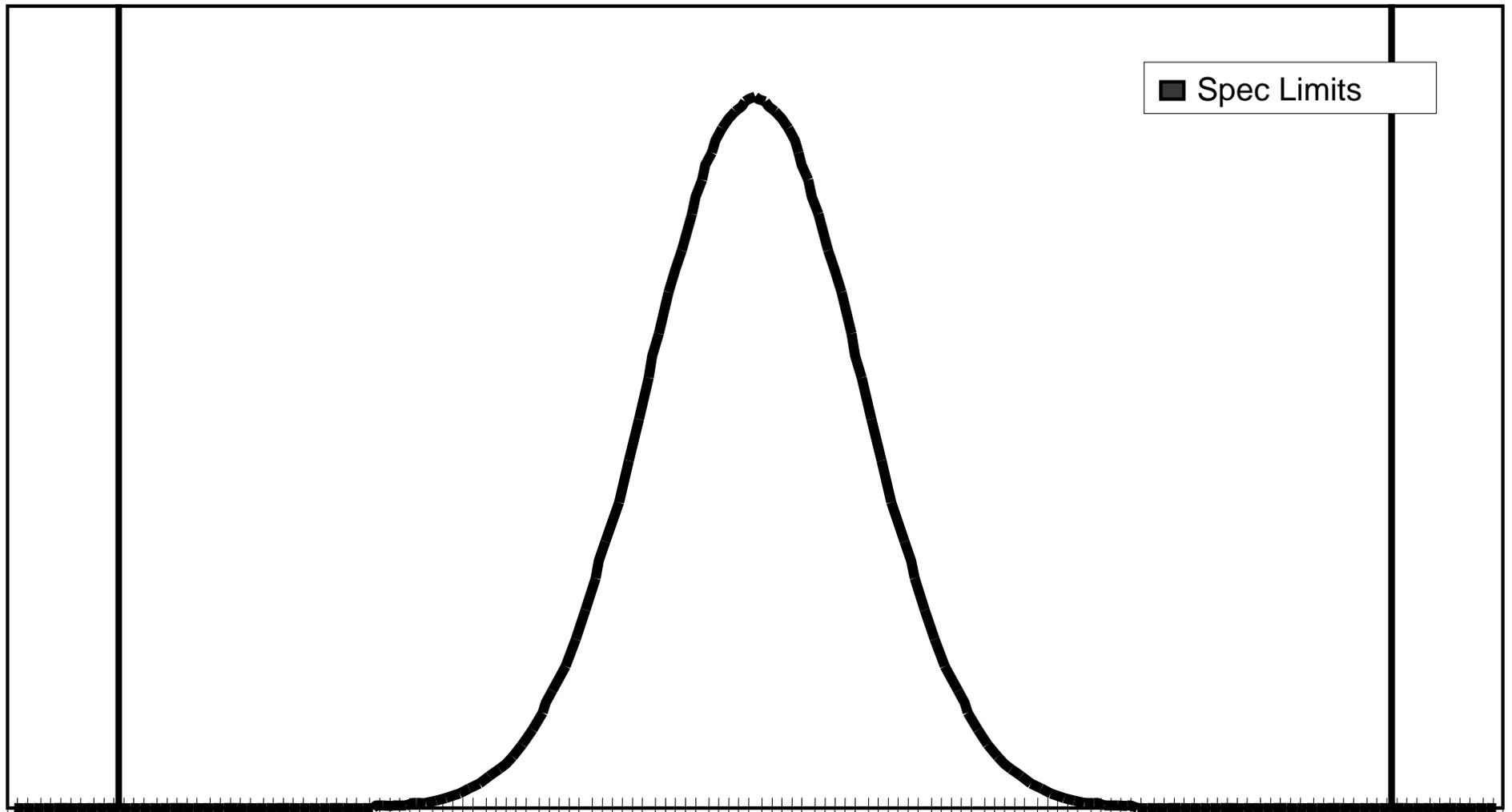
# Alternativa #1

---



# Alternativa #1

---





# Approach #1: Example

---

Let assume without loss of generality that the manufacturing cost is \$1. This is the direct cost of materials and labor (without including the cost of defectives).

a) If South-Tree operates within  $2\text{-}\sigma$  then its yield is 95.5% (or 4.5% defectives). The net margin per unit is:

$$\text{Net Margin per Unit} = 1.4 - \frac{1}{95.5\%} = 0.353 .$$

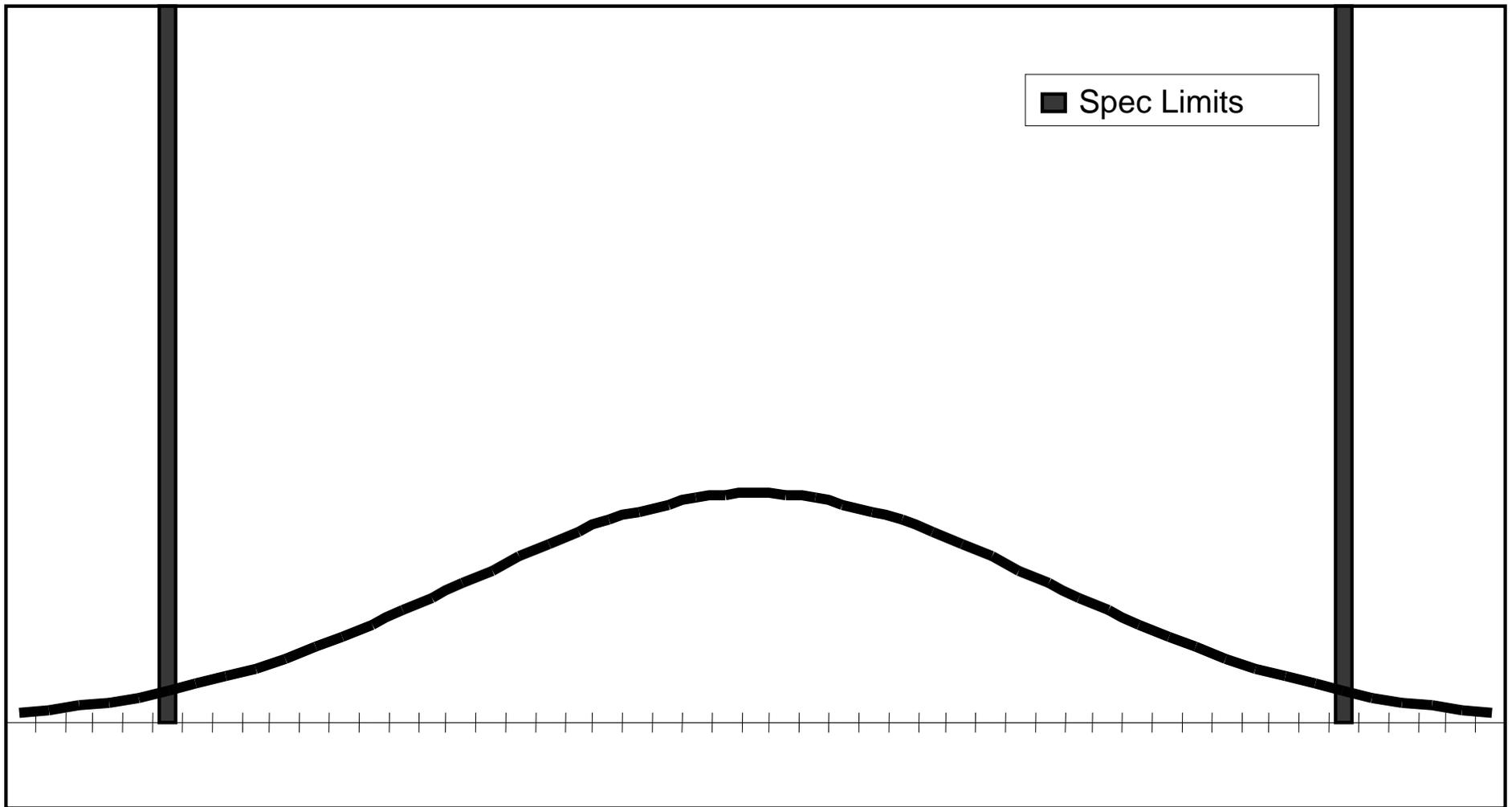
b) Suppose the mark-up is  $x\%$  then the price per units is  $\$(1+x)$ . In this case, South Tree operates within  $3\text{-}\sigma$ , hence its yield is 99.73%. The resulting net margin is

$$\text{Net Margin per Unit} = 1 + x - \frac{1}{99.73\%} = x - 0.00271 .$$

South Tree would be indifferent between alternative (a) and alternative (b) if  $x=35.6\%$ . Hence, South Tree would be willing to reduce at most the mark up from 40% to 35.6% (or 4.4%).

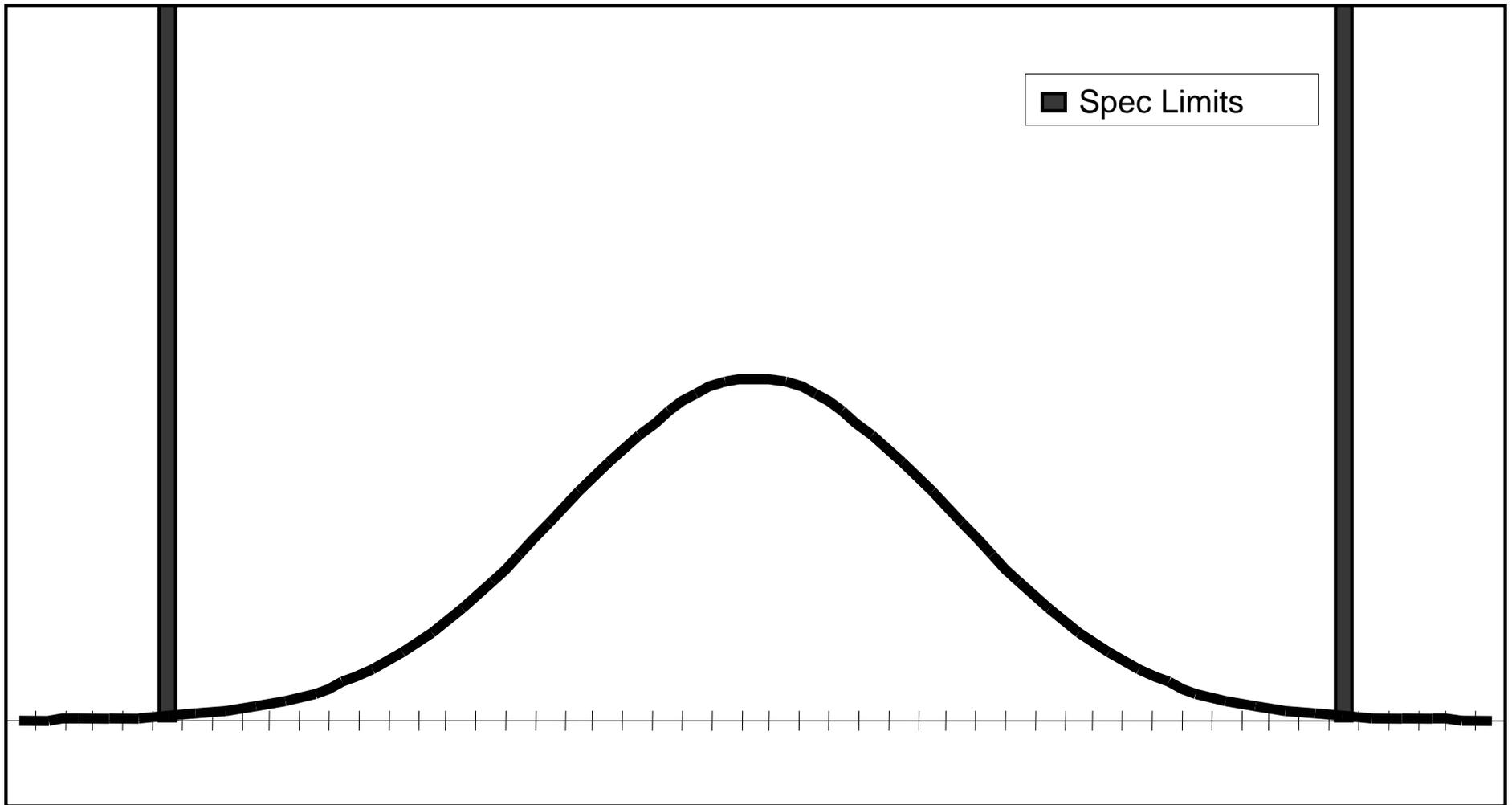
# Alternativa #2

---



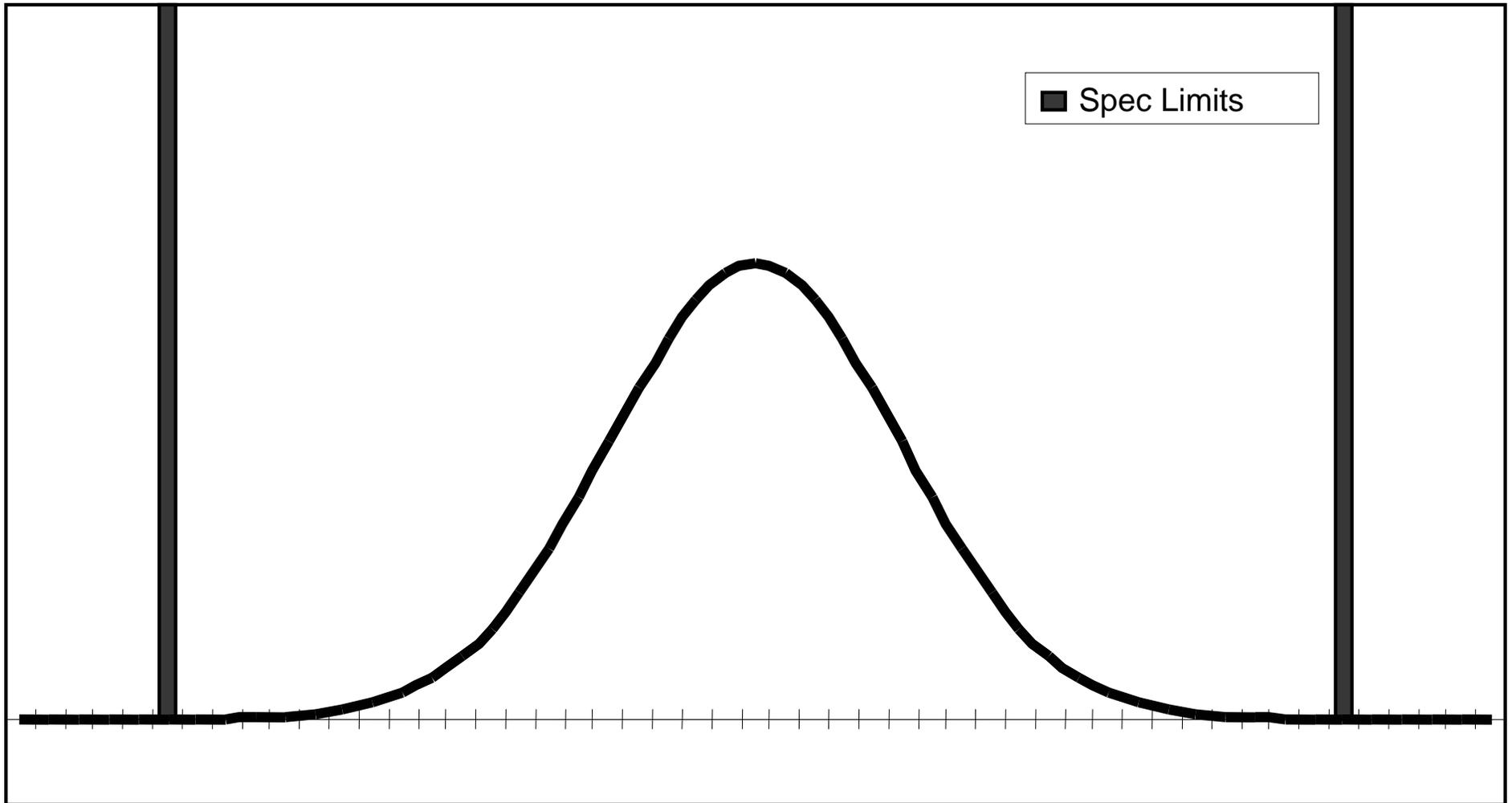
# Alternativa #2

---



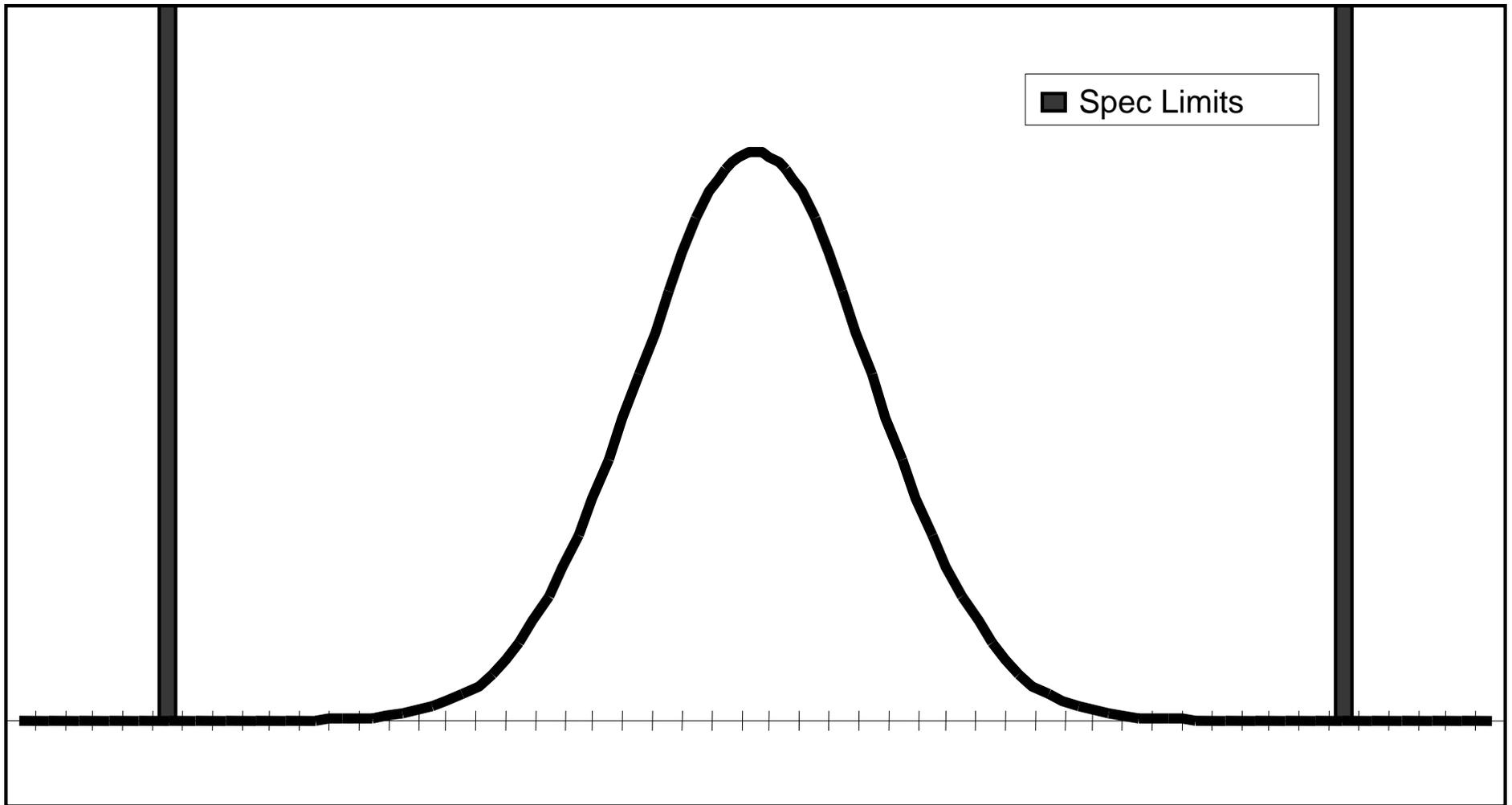
# Alternativa #2

---



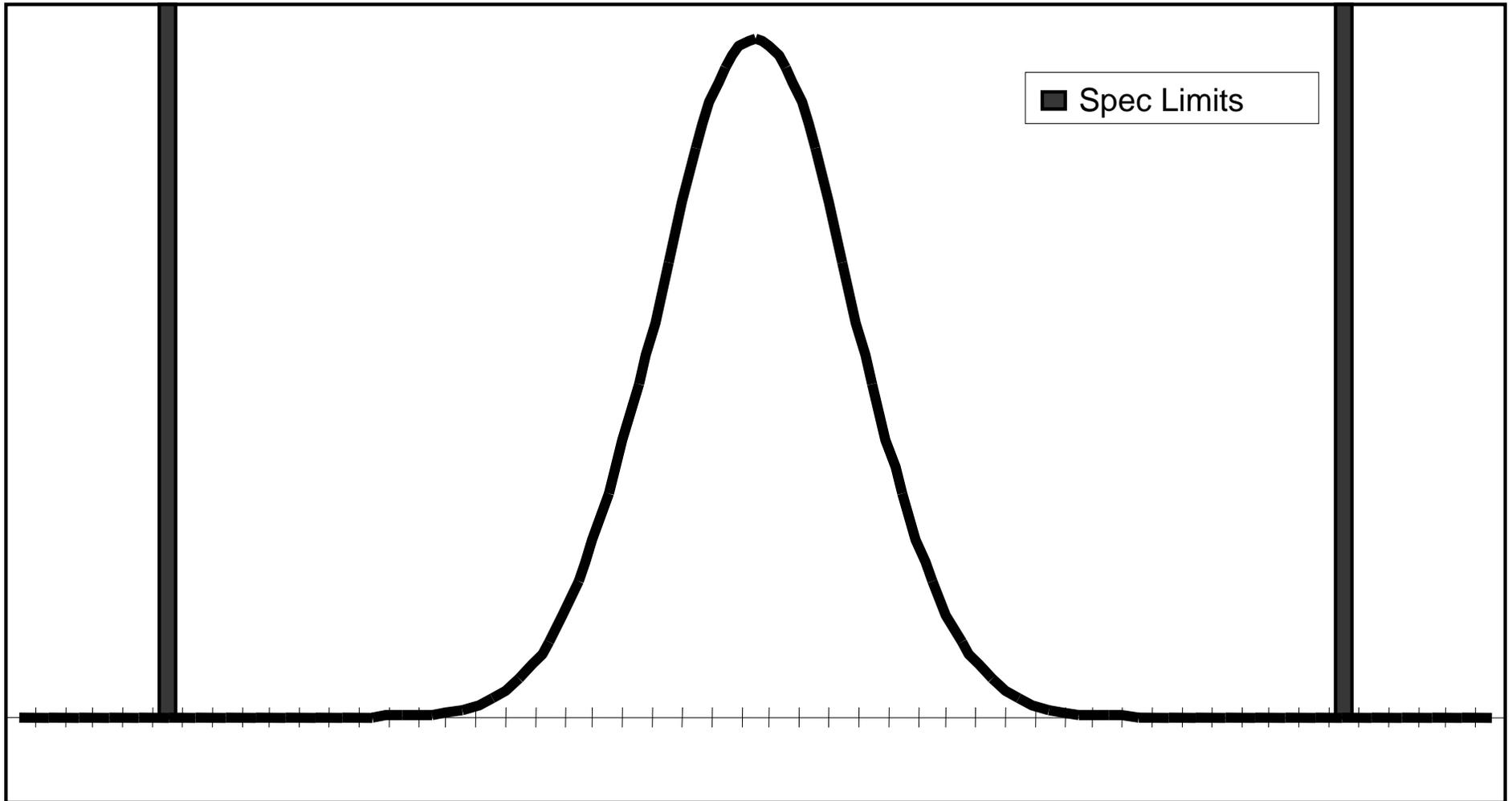
# Alternativa #2

---



# Alternativa #2

---



# Alternativa #2: Ejemplo

---

Para Frito-Lay una de las dimensiones críticas de calidad es la cantidad de sal en las papas fritas que produce. De acuerdo a estudios de mercados, los clientes Quieren sus papas fritas con una composición entre 0.8% y 1.2%.

Suponga que la compañía esta planificando abrir una nueva planta productora y está evaluando tres procesos de producción con las siguientes características:

	Proceso 1	Proceso 2	Proceso 3
Costo Inversión (\$)	300000	500000	400000
Costo Prod. (\$/Kg)	0.7	0.8	0.9
Cont. Promedio Sal	1%	1%	0.90%
Desv. Estand. Sal	0.20%	0.15%	0.10%

Cuál tecnología es la mas apropiada para la empresa?

# Approach #2: Example

---

The first step is to compute the yield of every process. For this, we use the following relationship:

$$\text{Yield of Process } i = \text{Prob}(0.8\% \leq \text{Salt Content in Process } i \leq 1.2\%).$$

If we assume that the “Salt Content in Process  $i$ ” is normally distributed with mean and standard deviation given in the table, we can compute this probability using standard z-score analysis. If we have Excel available, we can compute this yield as follows:

$$\text{Yield of Process } i = \text{Normdist}(1.2\%, \mu_i, \sigma_i, \text{TRUE}) - \text{Normdist}(0.8\%, \mu_i, \sigma_i, \text{TRUE})$$

Where  $\mu_i$  is the mean of process  $i$  and  $\sigma_i$  is the standard deviation of process  $i$ .

	mean	St. Dev.	Yield	Production Cost	
				Nominal	Effective
	$\mu_i$	$\sigma_i$	%	(\$/units)	(\$/units)
Process 1	1%	0.20%	68.3%	0.7	1.025
Process 2	1%	0.15%	81.8%	0.8	0.979
Process 3	0.90%	0.10%	84.0%	0.9	1.071

Note that the effective cost is the nominal cost divided by the yield.

In terms of what process is better, note that Process 1 dominates Process 3 (smaller investment and smaller effective production cost). Now, the choice between Process 1 and Process 2 will depend of the actual volume of production. If the volume is small then Process 1 will dominate by if the volume is high then Process 2 will dominate. The break-even point between these two Processes is  $Q=4,268,405$  lbs.

# Inspecciones



# Question

---

- Approximately what percentage of every sales dollar is allocated to the “cost of quality”?
  - a) Less than 5%
  - b) About 10%
  - c) Between 15 and 20 %
  - d) More than 30%
  - e) None of the above

**Answer: c. Between 15 and 20 %.**  
**(for cost of reworking, scrapping, repeated service, etc.)**

# Cuando y Donde Inspeccionar

---

- En la planta del proveedor mientras productos son producidos.
- En la zona de recepción de productos
- Justo antes de un Cuello de Botella del proceso
- Antes de operaciones costosas o irreversibles
- Durante cada paso del procesos
- Cuando la producción ha sido completada
- Antes del despacho a los clientes
- En el punto de contacto con el cliente

# Sampleo

---

- Conjunto de procedimientos asociados a la inspección de material prima o productos terminados
- Identifica
  - Tipo de muestra
  - Tamaño de la muestra ( $n$ )
  - Criterio ( $c$ ) usado para rechazar o aceptar un lote
- Productor (proveedor) & consumidor (comprador) deben negociar

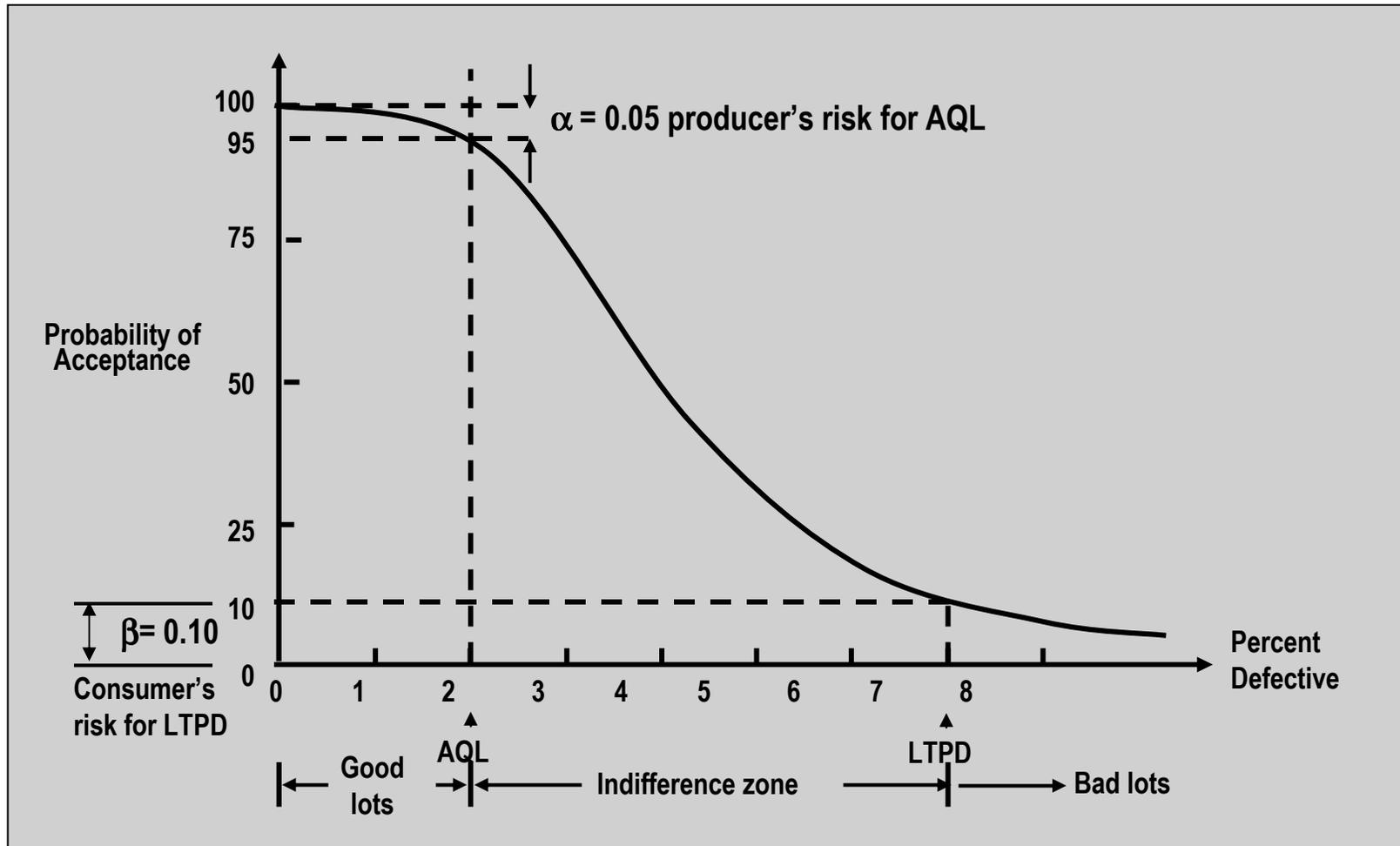
		Buyer	
		Accept	Reject
Producer	Good Lot		Type I Error ( $\alpha$ )
	Bad Lot	Type II Error ( $\beta$ )	

# Acceptance Sampling: AQL & LTPD

---

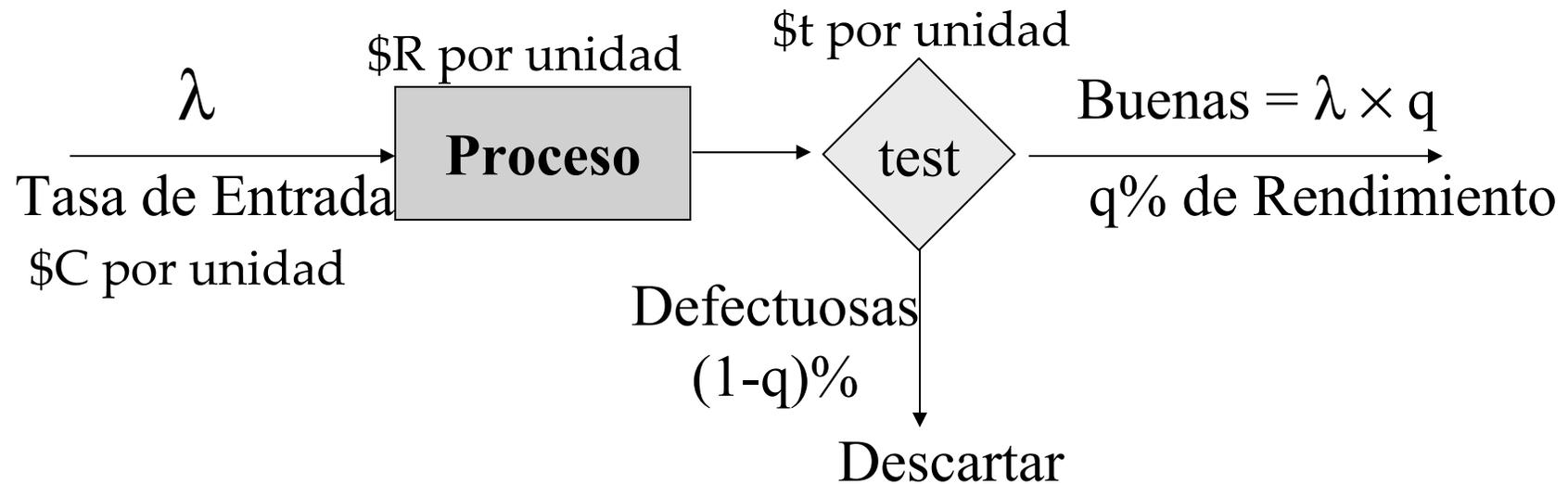
- Acceptable quality level (AQL)
  - Quality level of a good lot
  - Producer (supplier) does not want lots with fewer defects than AQL rejected
  
- Lot tolerance percent defective (LTPD)
  - Quality level of a bad lot
  - Consumer (buyer) does not want lots with more defects than LTPD accepted

# Operating Characteristic (OC) Curve



# Costo de la Calidad

---

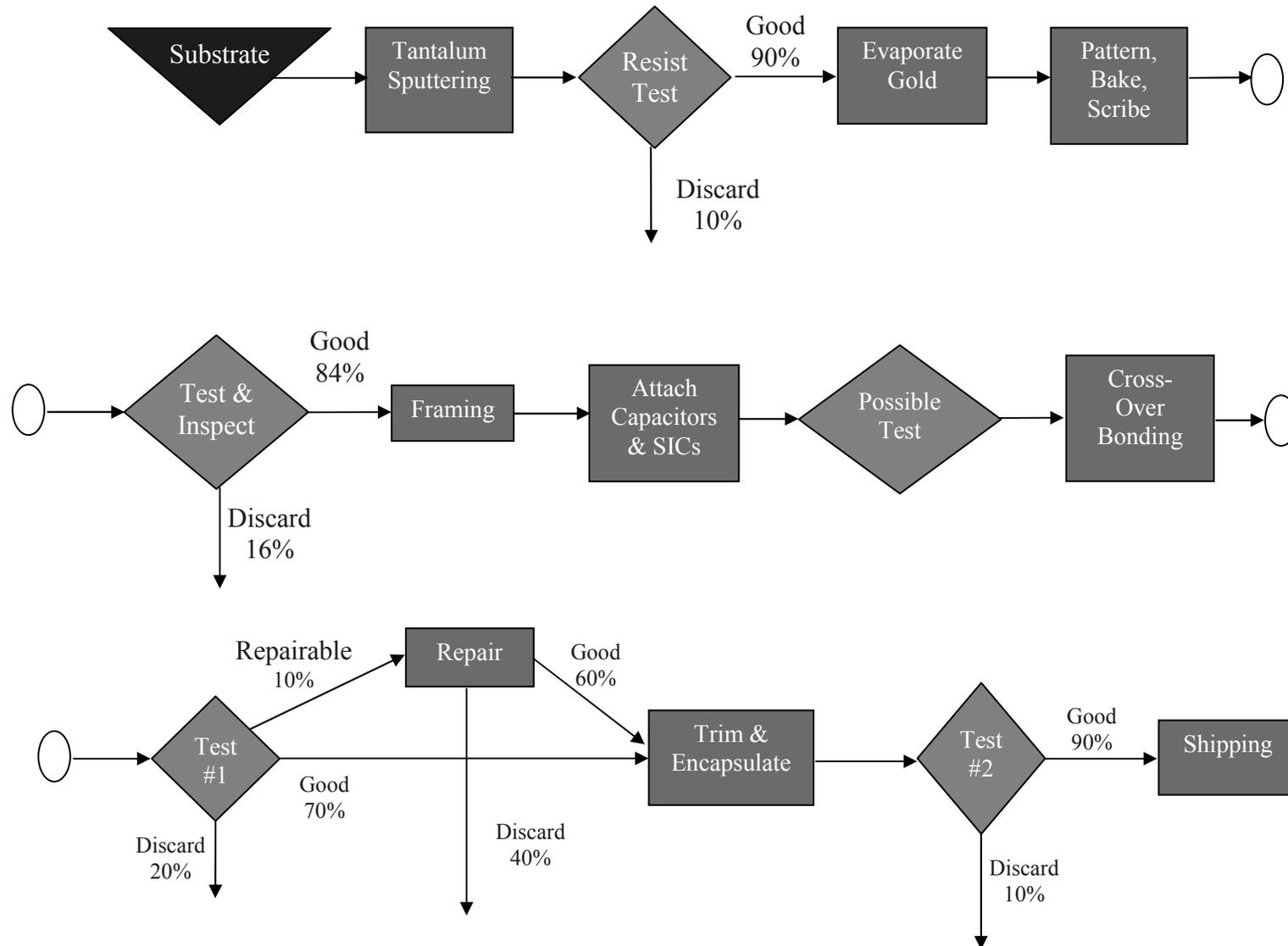


Cual es el costo de una “Buena” componente?

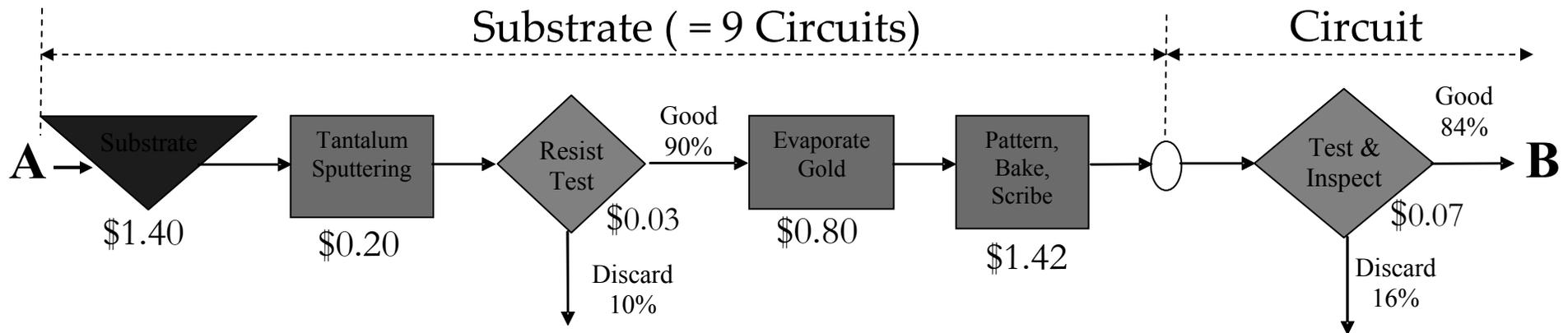
$$\text{Costo Buen Item} = \frac{\text{Costo Acumulado}}{\# \text{ Unidades Buenas}} = \frac{\lambda C + \lambda R + \lambda t}{\lambda q} = \frac{C + R + t}{q}$$

**Quién paga el costo de las unidades defectuosas (Baja Calidad de Procesos)?**

# Costo de Circuito S-39



# Cost of Good S-39 Circuit



- Cuál es le rendimiento de esta porción del proceso (entre punto A y punto B) ?
- Cuál es el costo de un circuito en punto B si removemos el primer test?
- Suponga que mantenemos el primer test pero su rendimiento es  $Y\%$  en lugar de 90%. Cuál es el costo de un circuito en el punto B en función de  $Y$ ?
- Para qué rendimientos ( $Y$ ) estaría Ud. indiferente entre continuar o discontinuar el primer test?

# Cost of Good S-39 Circuit

---

a) The Net Yield from A to B is  $90\% \times 84\% = 75.6\%$

b) If we remove the first test, the cost of a good circuit is:

$$\text{Cost of Good Circuit at Point B} = \frac{1.4 + 0.2 + 0.8 + 1.42}{9} + 0.07 = \frac{0.4944}{75.6\%} = 0.6540 \text{ (\$/circuit)}$$

c) Suppose we keep the first test but the yield is  $Y\%$ . Then, the resulting yield of the second test must be  $75.6\% / Y\%$ , so that the overall yield of both test remains at  $75.6\%$ . (We are assuming that adding or removing a test do not increase or decrease the number of defectives). The cost of a good circuit in point B is now:

$$\text{Cost of Good Circuit} = \frac{1 \left( \frac{1.4 + 0.2 + 0.03}{Y\%} + 0.8 + 1.42 \right) + 0.07}{\frac{75.6\%}{Y\%}} = \frac{0.181 + 0.317 \cdot Y\%}{75.6\%} = 0.240 + 0.419 \cdot Y\%$$

d) If we want the cost in part (b) to be equal to the one in part (c) then

$$0.6540 = 0.240 + 0.419 \cdot Y\% \quad \text{solving for } Y \text{ we get } Y = \frac{0.654 - 0.240}{0.419} = 98.8\%$$

# Resumen

---

- TQM es una eleccion estrategica (“filosofica”)
  - ✓ Mejoramiento continuo
  - ✓ Empoderamiento de R.R.H.H.
  - ✓ Benchmarking
  - ✓ Justo-a-tiempo (JIT)
  
- El fin ultimo es zero-defectos y 100% en satisfacion del cliente
  
- No toda iniciativa de calidad es exitosa.
  
- Mejoramiento gradual usando
  - ✓ Alternativa#1: Cambiar las expectativas del cliente
  - ✓ Alternativa#2: Cambiar los processos
  
- Calidad no es gratis