

# INGENIERIA Y OPERACIONES EN TIEMPOS DE CRISIS. RENTABILIDAD CON POCO ESFUERZO

**ANTONIO ONTENIENTE / [antonio.onteniente@ontledge.com](mailto:antonio.onteniente@ontledge.com)**

**DAVID PEREZ/ [david.perez@ontledge.com](mailto:david.perez@ontledge.com)**

**MIGUEL PEREZ/ [miguel.perez@ontledge.com](mailto:miguel.perez@ontledge.com)**

**XAVIER CONESA/ [xavier.conesa@tecnomatrix.com](mailto:xavier.conesa@tecnomatrix.com)**

**7 MAYO 2009**



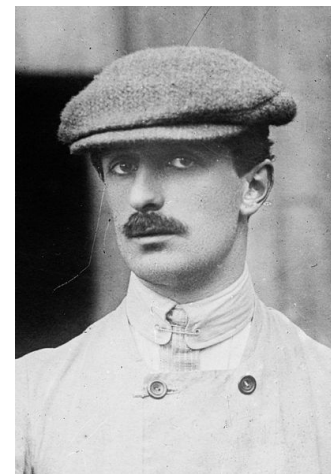
MICHAEL PORTER



ICHIRO SUZUKI



IGOR ANSOFF



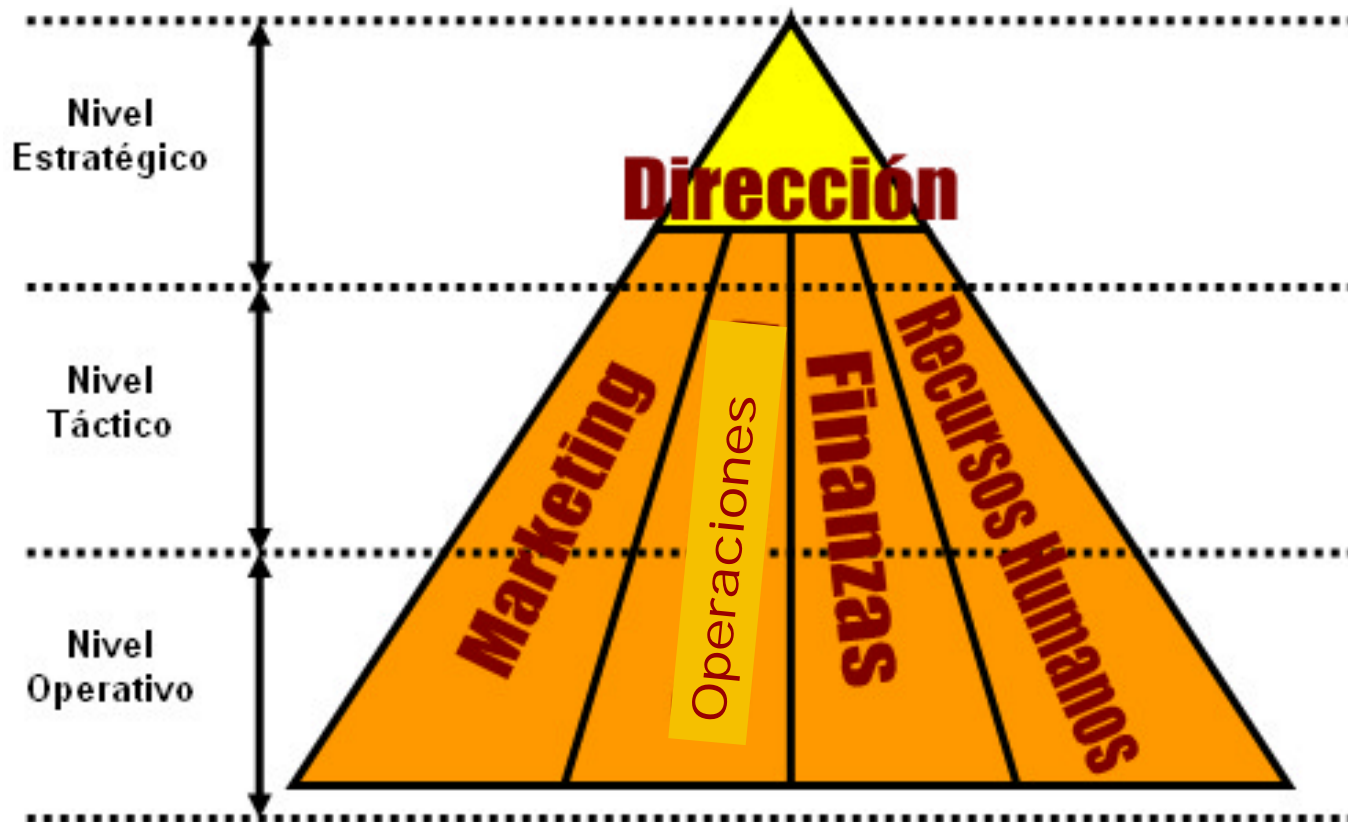
GABRIEL VOISIN

## AGENDA

- BREVE INTRODUCCION A LAS OPERACIONES DE LA EMPRESA
- ANALISIS DE RIESGOS. MEJOR ANTES QUE DESPUÉS
- LAS MATEMATICAS SE APLICAN
- CON METODO SE AVANZA MAS RAPIDO AUNQUE NO LO PAREZCA
- APROVECHEMOS LA TECNOLOGIA. LO QUE MAS HA AVANZADO EN LOS ULTIMOS 20 AÑOS
- TECNOLOGIA DE MATERIALES: CLAVE EN EL DISEÑO SOSTENIBLE. EJEMPLOS CON ÉXITO
- PROCESOS DE ESTAMPACION: EJEMPLOS DE MALOS Y BUENOS DISEÑOS
- MEDIR BIEN: UTILES DE CONTROL AUTOMATIZADO

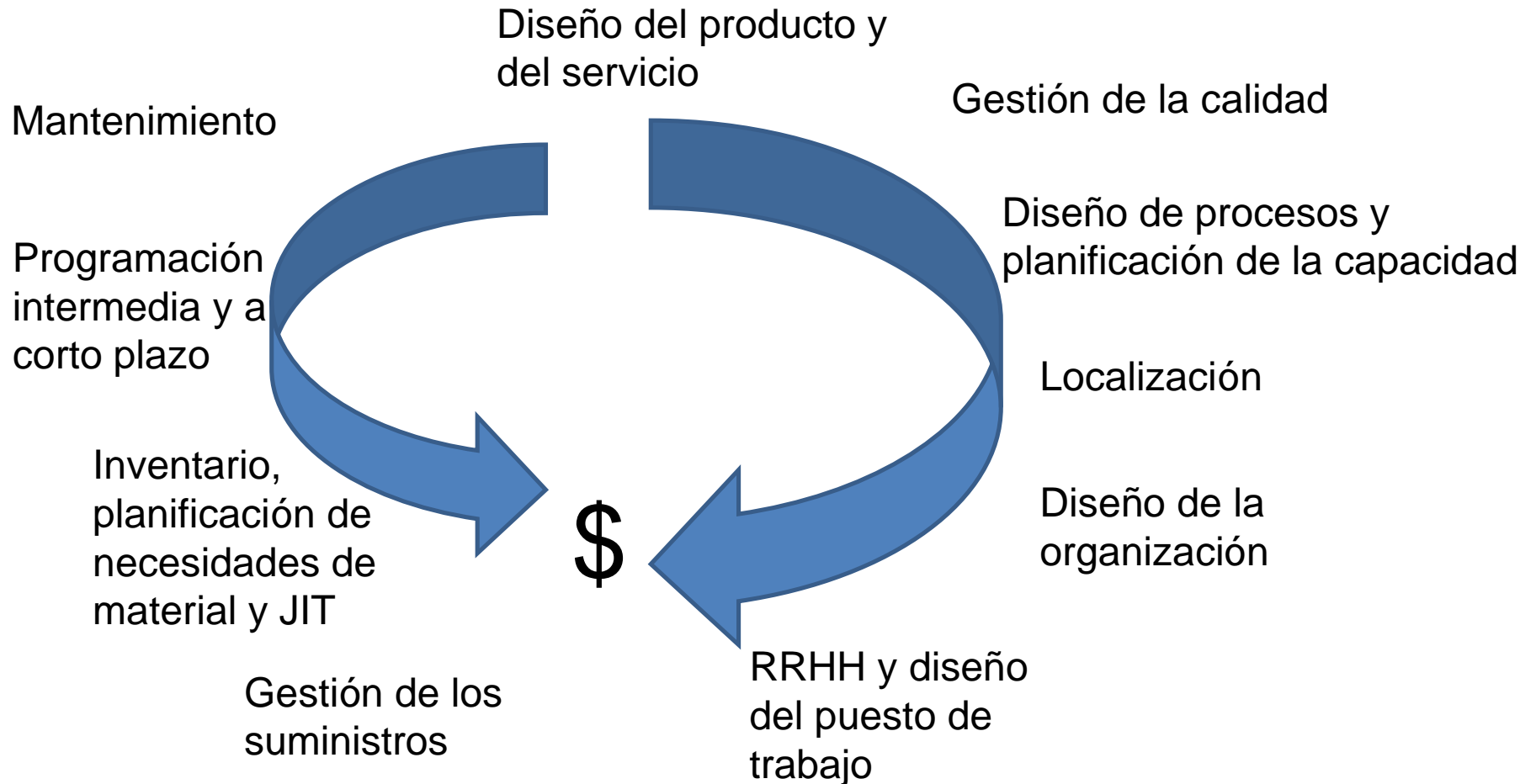
# ***BREVE INTRODUCCION A LAS OPERACIONES DE LA EMPRESA***



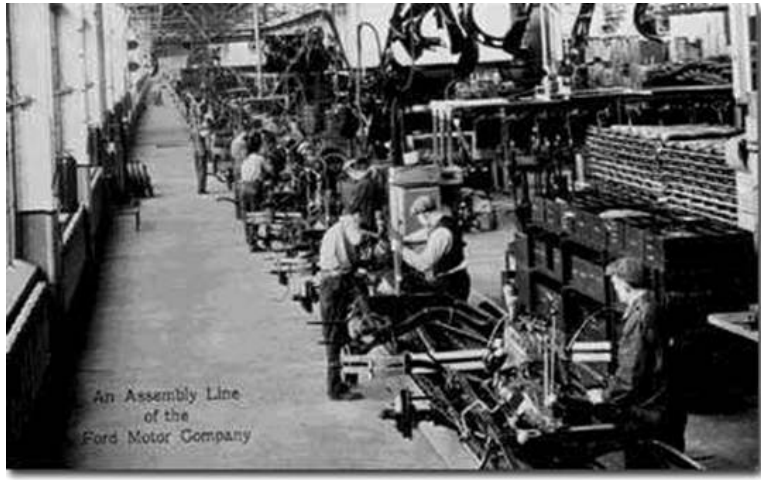


		Opción marketing	Opción financiera	Opción operaciones
	ACTUAL	INCREMENTO DE VENTAS DEL 50%	REDUCCION DE COSTES FINANCIEROS DEL 50%	REDUCCION DE LOS COSTES DE OPERACIONES DEL 20%
Ventas	100.000	150.000	100.000	100.000
Coste de los bienes	-80.000	-120.000	-80.000	-64.000
Margen bruto	20.000	30.000	20.000	36.000
Costes financieros	-6.000	-6.000	-3.000	-6.000
	14.000	24.000	17.000	30.000
Impuestos al 25%	-3.000	-6.000	-4.250	-7.500
Contribución	10.500	18.000	12.750	22.500

## ¿QUE INCLUYE LAS OPERACIONES?



## BREVE HISTORIA



**Enfoque a la personalización**  
Etapa de personalización a gran escala (1995 – 2010)

**Enfoque a la calidad**  
Etapa de la producción ajustada (1980 – 1995)

**Concentración en el coste**  
Primeros conceptos (1776 – 1880)  
Etapa de dirección científica (1880 – 1910)  
Etapa de la producción en masa (1910 – 1980)

# ***ANALISIS DE RIESGOS. MEJOR ANTES QUE DESPUÉS***

ESTRATEGIA

VENTAS  
PREVISIONES

(Se tratará en futuros seminarios)

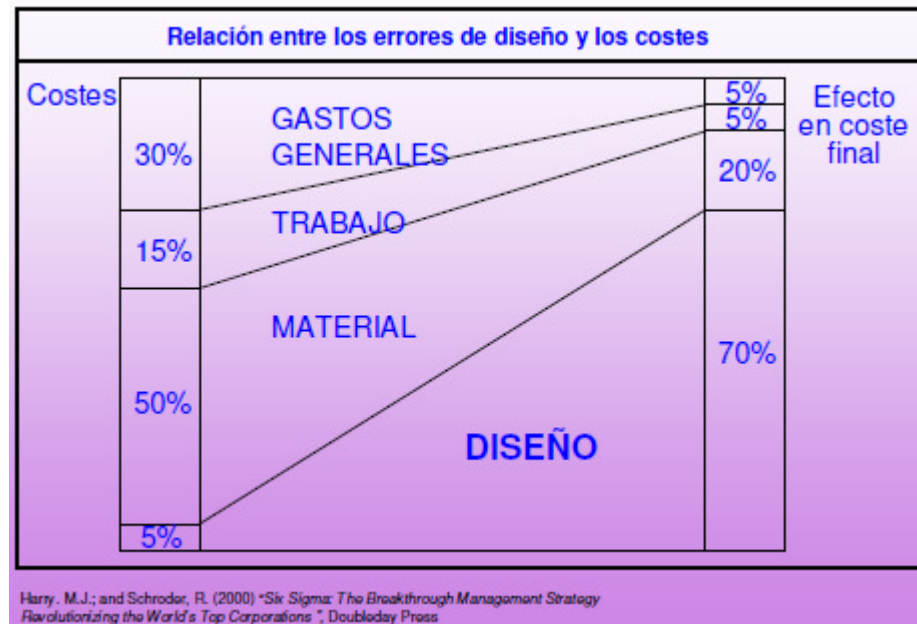
PLANIFICACION  
DE PROYECTOS

(Se tratará en futuros seminarios)

## ESTRATEGIA NUEVOS PRODUCTOS / SERVICIOS

1. SEGÚN “The financial Rewards of New Product Introductions in the Personal Computer Industry”, Management Science, nº2 (febrero 2003): Las empresas líderes obtienen una sustancial parte de sus ventas de los productos que tienen menos de cinco años de antigüedad.

2.





- ESTRATEGIA PARA SATISFACER LA NECESIDAD DEL MERCADO Y QUE TENGA VENTAJAS COMPETITIVAS
- BRAINSTORMING
- LLEGAR AL NUEVO PRODUCTO /SERVICIO DESPUES DE ANALIZAR:
  - A)Compensación del consumidor
  - B)Cambios económicos
  - C)Cambios demográficos y sociales
  - D)Cambios tecnológicos y políticos
- DESPLIEGUE DE LA FUNCION CALIDAD (quality function deployment)
- ORGANIZACIÓN PARA EL DESARROLLO DE PRODUCTO
- DISEÑO PARA LA FABRICACION E INGENIERIA DE VALOR
- DEFINICION DEL PRODUCTO (Planos)
  - A)Determinar las funciones
  - B)Determinar las especificaciones
  - C)¿fabricar o comprar?
- APLICACIÓN DE LOS ARBOLES DE DECISION

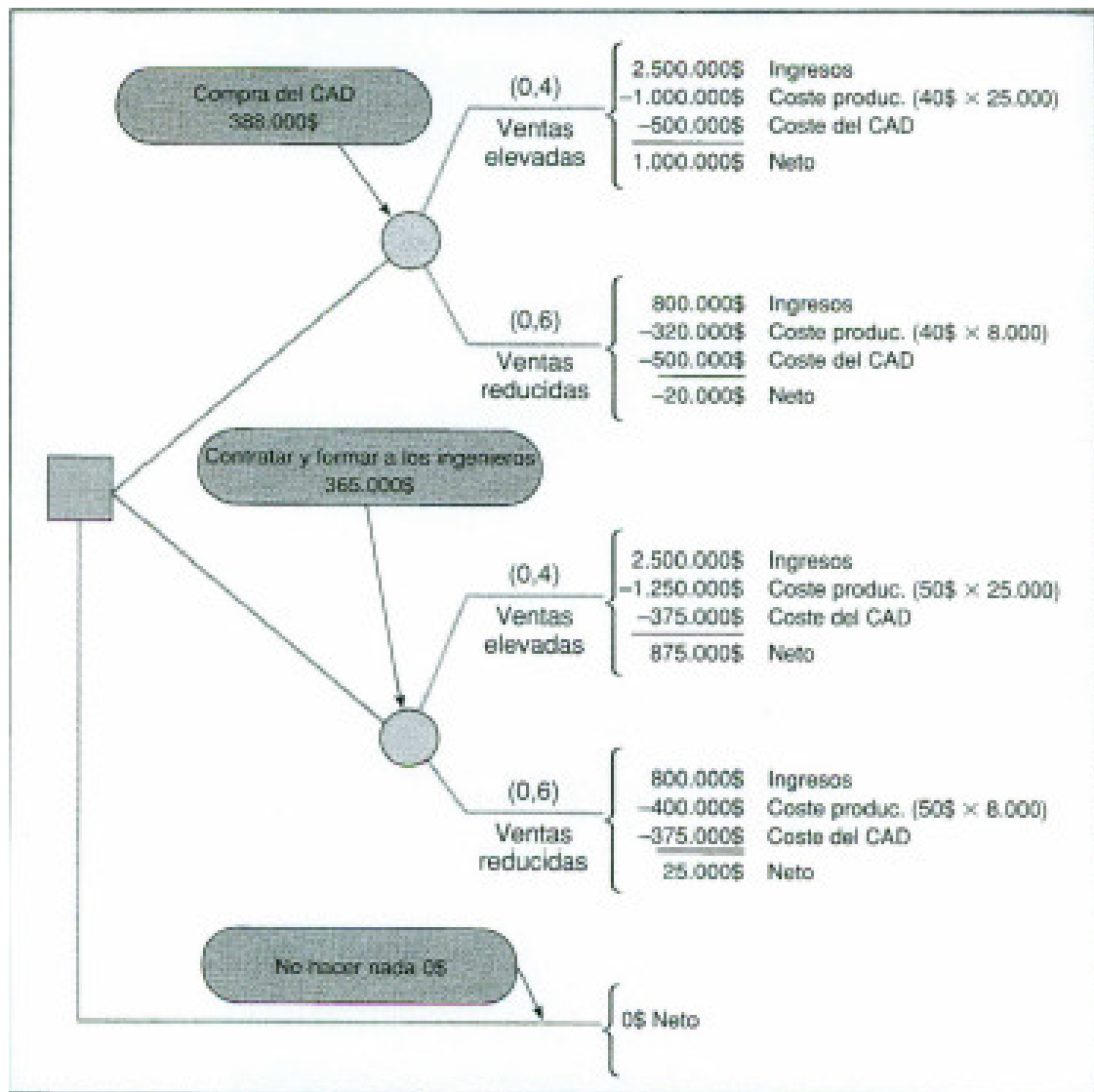
**DESPLIEGUE DE LA FUNCION CALIDAD (quality function deployment)**

Customer Reqmts.	Product Design Reqmts	Priority	Relationships							Competitive Evaluation		
			Bleed air ducting to interface pt. A	Low AP U weight	Low turbine wheel weight	High equivalent shaft horsepower	Controlled turbine inlet temperature	Turbine Assy. tr-hub containment	Strong internal containment ring	Lightweight containment ring	1	5
Cust. envelope/interface	3		⊙						⊙		X	○
Max. Weight 160 lbs.	4		○	⊙	○				○	⊙		X
Bleed air 75 lbs/min	4		○			⊙	⊙				○	X
Turbine containment	5				○		○	⊙	⊙			○ <sup>X</sup>
Elect pwr. 40 KVA	3					⊙					X	○
Reliable	5				○		⊙	○				○ <sup>X</sup>
Support oil-cooled gen.	5			○								○
...												
<b>Technical Evaluation</b>	5		X ○	X ○	X ○	X ○	X ○	X ○	X ○	X ○	X ○	X ○
<b>Target Value</b>		Targ. loc.	158lb	<6 lb	350hp	1850°	2.5 lb @ Pwr	3 lb @ Pwr	<6 lb			
<b>Technical Difficulty</b>			1	4	3	5	3	4	2	4		
<b>Importance Rating</b>			39	35	42	35	60	52	40	20		

**INTERACTIONS:**  
 ⊗ Strong negative relationship  
 × Mild negative relationship  
 ⊙ Mild positive relationship  
 ○ Strong positive relationship

**RELATIONSHIPS:**  
 ⊙ Strong relationship  
 ○ Moderate relationship  
 △ Weak relationship

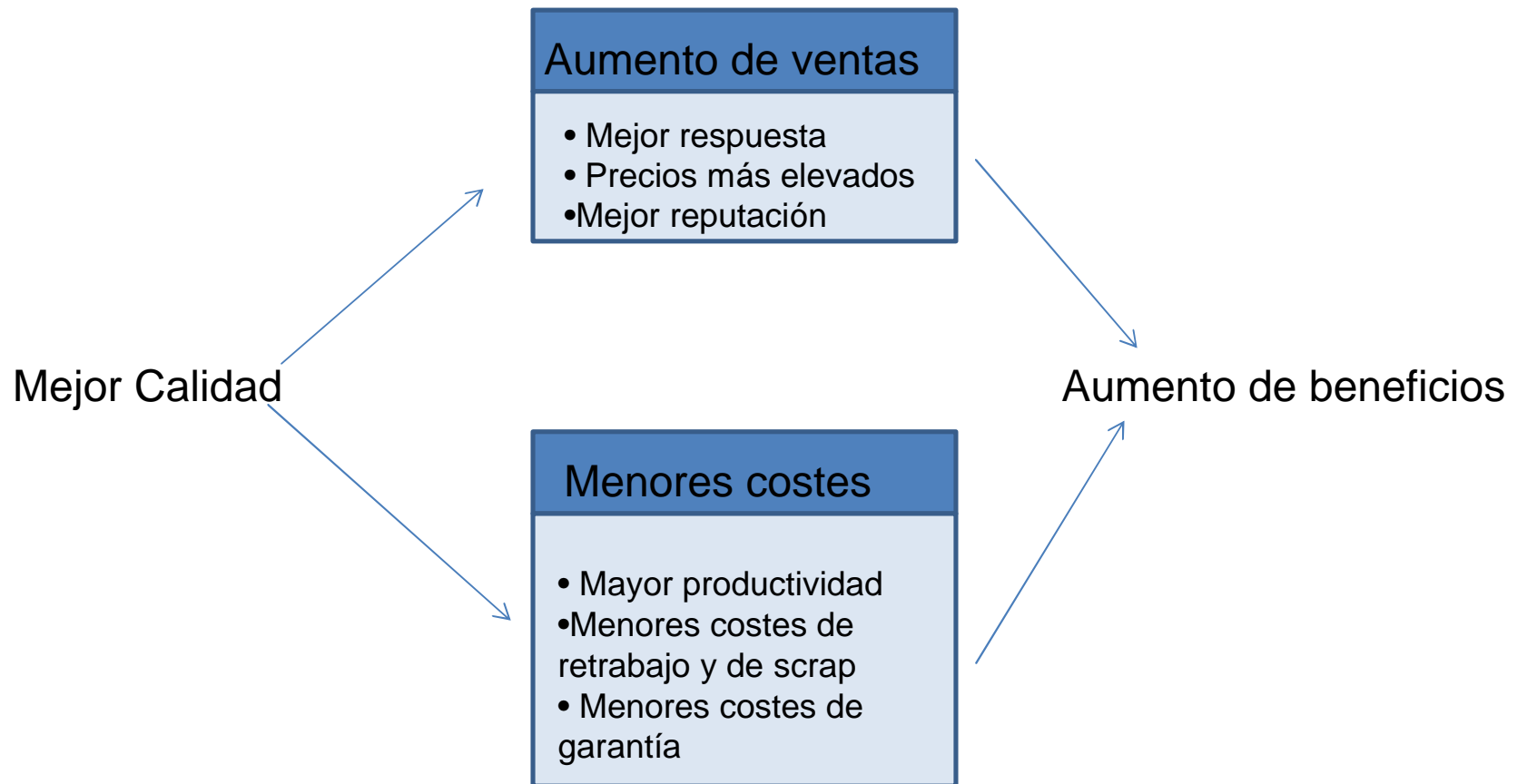
**EVALUATIONS:**  
 X We  
 ○ XYZ Co.



**Ejemplo árbol de decisión** (planteamiento del problema explicado durante el seminario)

## ESTRATEGIA CALIDAD

## Dos vías de cómo la calidad puede incrementar la rentabilidad



## Definición de calidad

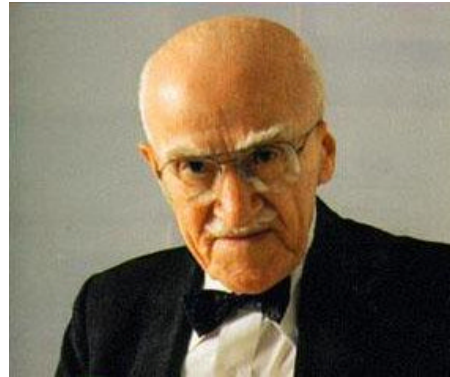
Para los de Marketing → “la calidad reside en los ojos del usuario”

Para los de producción → “la calidad es conformidad con las especificaciones”

Para los de producto → “la calidad es una variable precisa y mensurable”



W. Edwards Deming



Joseph M. Juran



Armand Feigenbaum



Philip B. Crosby



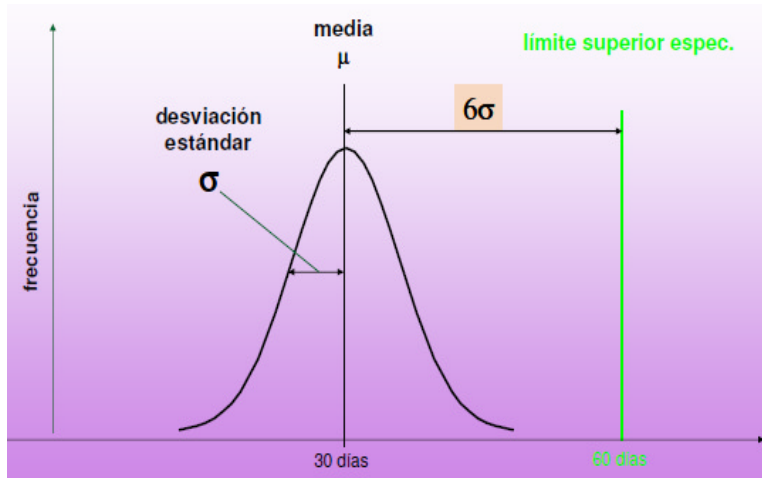
Genichi Taguchi

## LO MEJOR DE LA GESTION DE CALIDAD TOTAL EN TIEMPOS DE CRISIS

- 1)SEIS SIGMA (Y LA VARIABILIDAD DE LOS PROCESOS)
- 2)POTENCIACION DE LOS EMPLEADOS
- 3)DEFINICION DE REFERENCIAS (BENCHMARKING)
- 4)JUSTO A TIEMPO (JIT)
- 5)CONCEPTOS TAGUCHI
- 6)CONOCIMIENTO DE HERRAMIENTAS
- 7)MEJORA CONTINUA



## 6 SIGMA



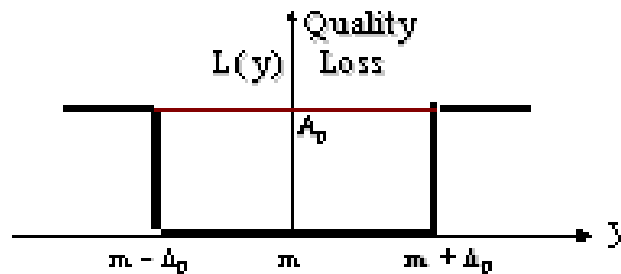
$\sigma$	Defectos por millón de oportunidades	
2	308.537	la mayoría de las empresas
3	66.807	
4	6.210	
5	233	Texas Instruments y Motorola están en esta fase
6	3,4	

3.8 $\sigma$ 99% Bueno	Producto o servicio	6 $\sigma$ 99,99966% Bueno
20,000	Artículos de correo perdidos por hora	Siete
15 minutos al día	Agua potable no segura	Un minuto cada siete meses
5,000	Procedimientos quirúrgicos incorrectos por semana	1.7
Dos al día	Aterrizajes cortos o largos en los aeropuertos principales	Uno cada cinco años
200,000	Recetas erróneas de medicamentos	68

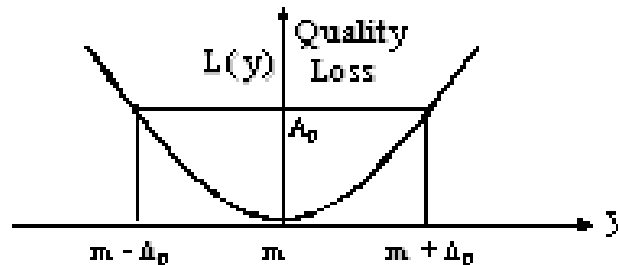
TAGUCHI



# Quality Loss Function



(a) Step Function



(b) Quadratic loss function

$$L(y) = k(y - m)^2$$

where  $k = A_0 / \Delta_0^2$

Products that meet tolerances also inflict quality loss

(c) ISI: Sigma 2002

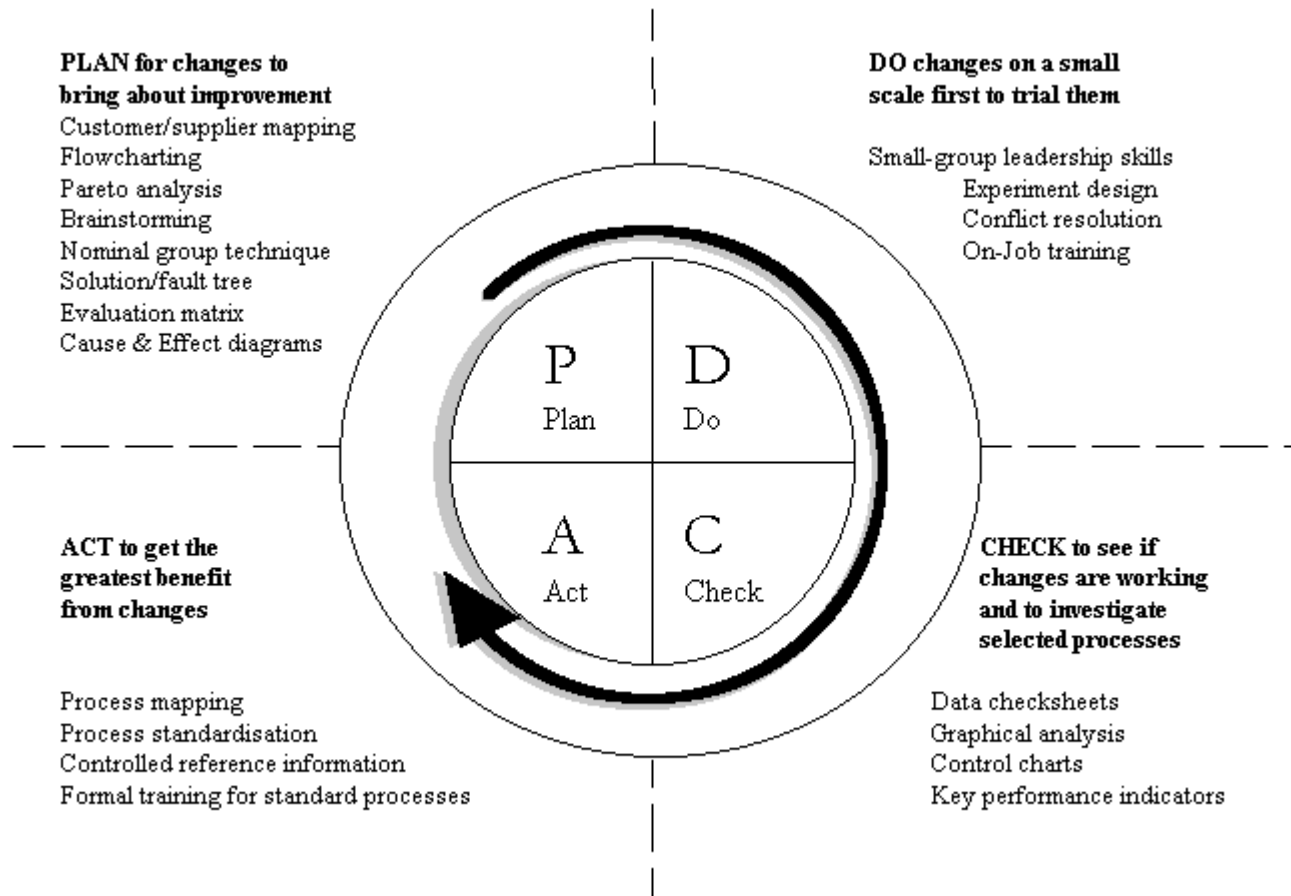


**CLAVE!!!! NO DEBEMOS PERMITIRNOS FALLOS  
DESPUÉS DEL ARRANQUE DE SERIE!!!!**

ANALISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS (A.M.F.E)

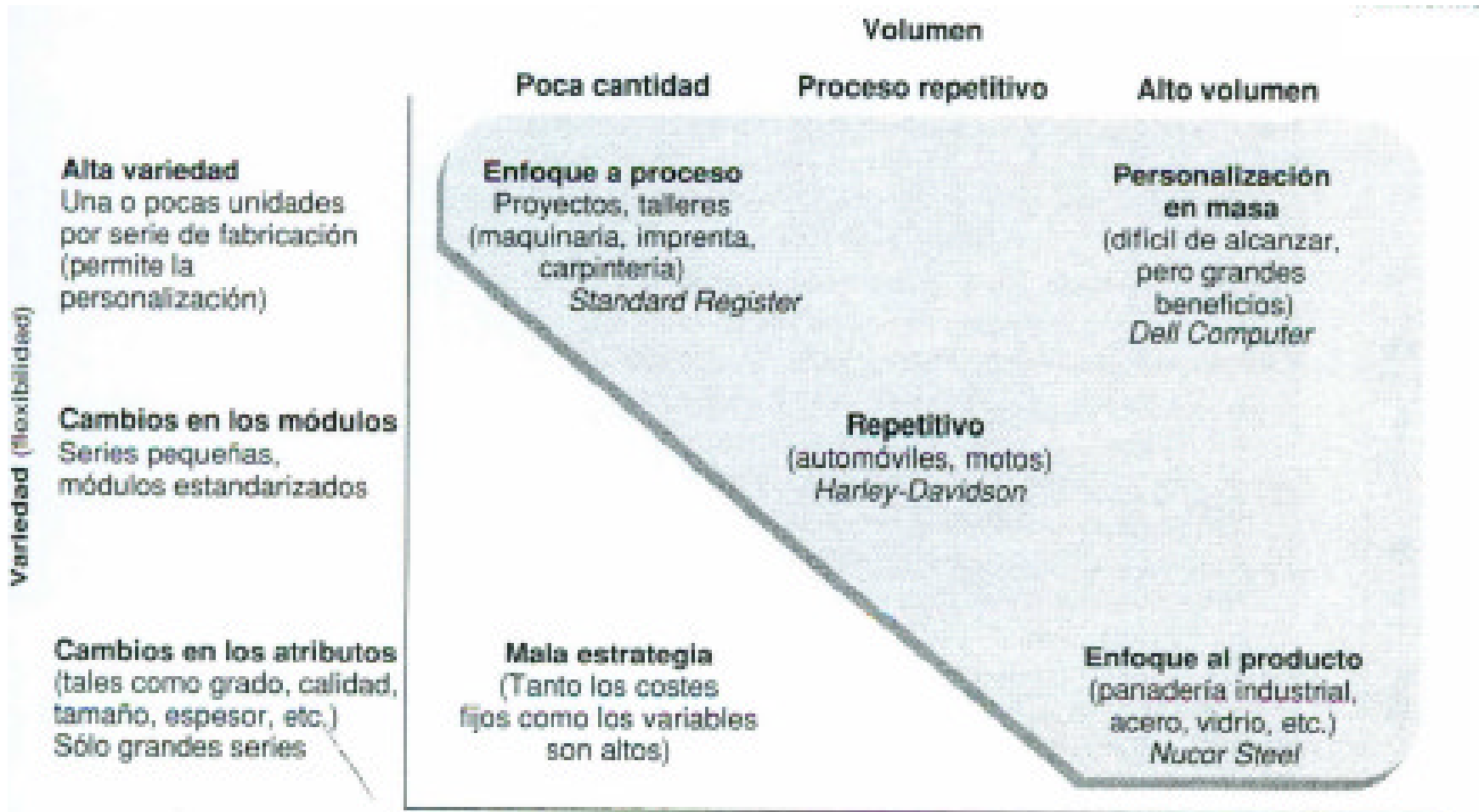
POKA YOKE

## DESPUÉS DEL ARRANQUE DE SERIE SOLO DEBEMOS MEJORAR Y MEJORAR

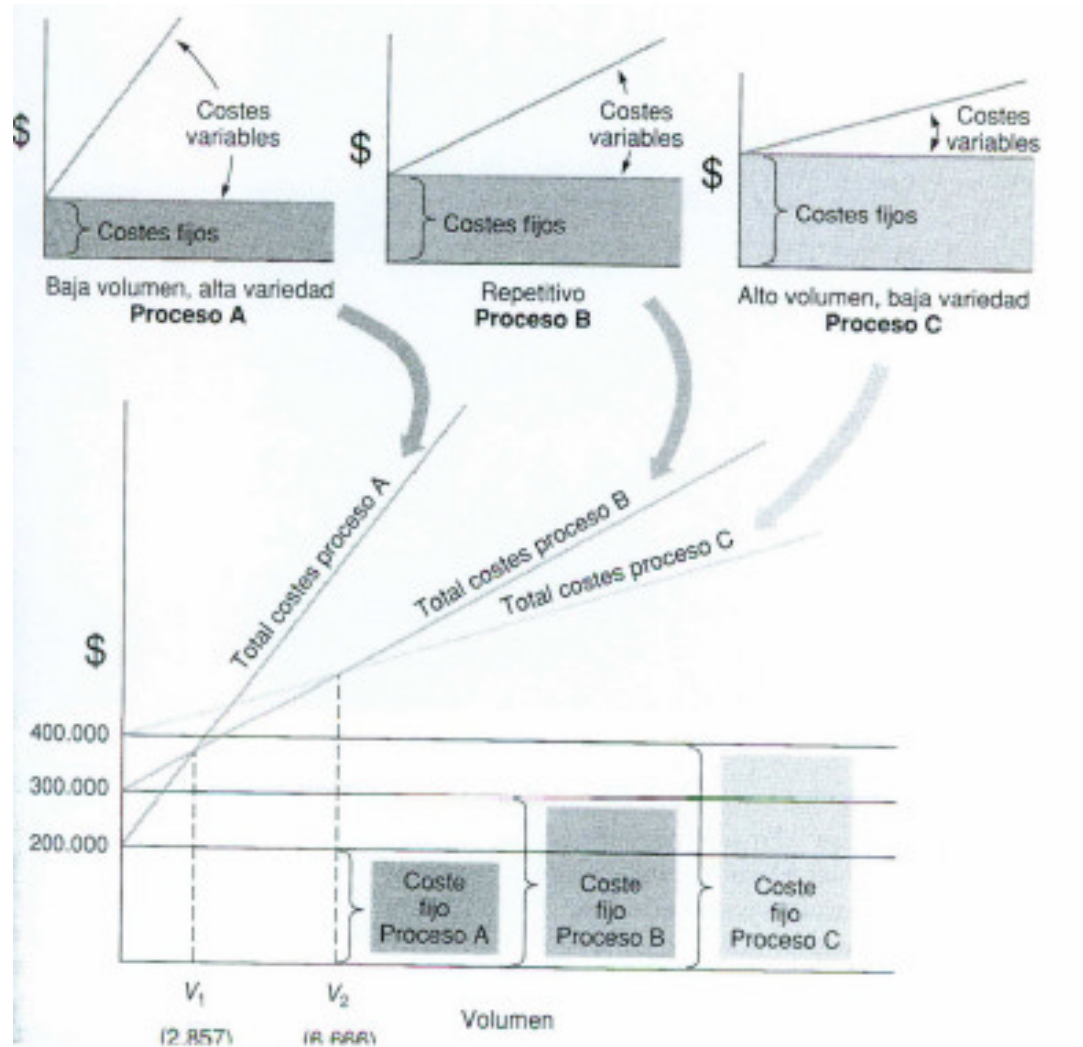


## ESTRATEGIA DEL PROCESO

## ESCOJO EL ENFOQUE DEL PROCESO EN FUNCION DEL VOLUMEN Y LA VARIABILIDAD DEL PRODUCTO



ESCOJO EL PROCESO QUE IMPLIQUE MENORES COSTES





CUANDO YA TENGO EL ENFOQUE DEL PROCESO, AHORA TENGO QUE DISEÑARLO.

¿ELIMINA EL PROCESO LOS PASOS QUE NO AÑADEN VALOR?

ALGUNAS HERRAMIENTAS VALIDAS DE ANALISIS:

Diagrama de flujo  
Mapas en función del tiempo  
Mapa de flujo de valor  
Gráficos de proceso

## ESTRATEGIA PLANIFICACION CAPACIDAD

## CONCEPTOS BÁSICOS A RETENER

### DEFINIR LA CAPACIDAD ESTA LIGADO CON INVERSIONES

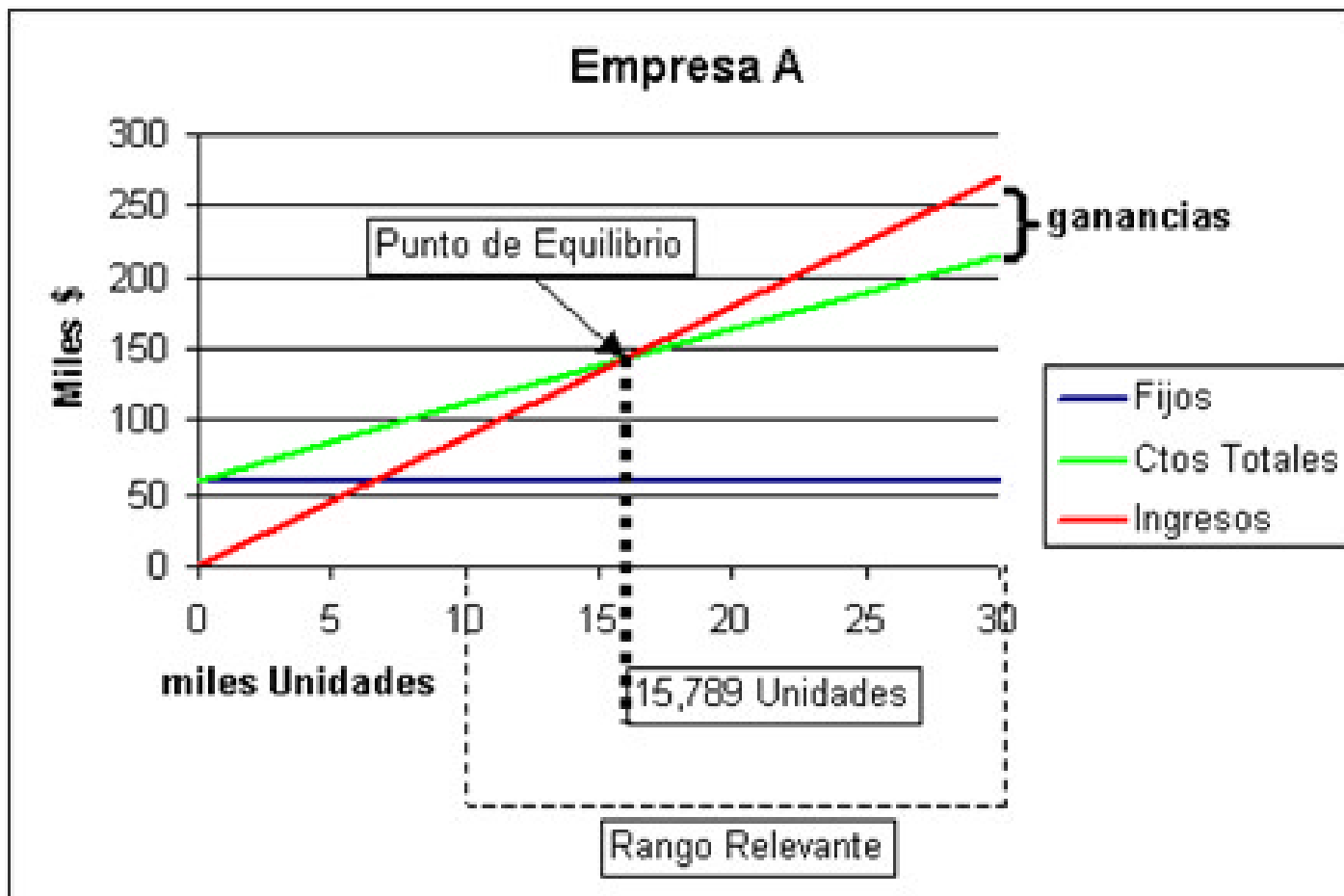
CAPACIDAD → No sólo se debe pensar en abastecer al mercado con un número de piezas/año sino que tenemos que plantearnos:

- a) ¿conseguimos tener más clientes con estas inversiones?
- b) ¿qué tipo de ventajas competitivas vamos a obtener? Flexibilidad del proceso, velocidad de entrega, mejora de la calidad, etc

### LAS EMPRESAS DEBEN TENER UN PLAN DE AUMENTO DE LA CAPACIDAD

CAPACIDAD vs DINERO → análisis del umbral de rentabilidad o punto de equilibrio y cálculo del valor actual neto

## Análisis gráfico punto de equilibrio



## Ejemplo cálculo VAN

Normalmente frente a dos o más inversiones posibles, se escogerá aquella que tenga un VAN superior

Concepto	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
Entradas											
Ingresos		4168,00	4168,00	4168,00	4168,00	4168,00	4168,00	4168,00	4168,00	4168,00	4168,00
Salidas											
Gastos de mantenimiento		0	50	52,5	52,625	52,63125	52,631563	52,63158	52,631579	52,631579	52,631579
Amortización		146,60	146,60	146,60	146,60	146,60	146,60	146,60	146,60	146,60	146,60
Beneficios											
Brutos		4021,40	3971,40	3968,90	3968,78	3968,77	3968,77	3968,77	3968,77	3968,77	3968,77
Impuestos (30%)		1206,42	1191,42	1190,67	1190,63	1190,63	1190,63	1190,63	1190,63	1190,63	1190,63
Netos		2814,98	2779,98	2778,23	2778,14	2778,14	2778,14	2778,14	2778,14	2778,14	2778,14
Amortización		146,60	146,60	146,60	146,60	146,60	146,60	146,60	146,60	146,60	146,60
Recursos generados ad cap.		2961,58	2926,58	2924,83	2924,74	2924,74	2924,74	2924,74	2924,74	2924,74	2924,74
Desembolso de capital	1466,00										
Valor residual											43,98
Total de desembolsos	1466,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	43,98
Flujo de caja											
Flujo de caja	-1466	2961,58	2926,58	2924,83	2924,74	2924,74	2924,74	2924,74	2924,74	2924,74	2968,72
Factor de descuento (15%)		0,8696	0,7561	0,6575	0,5718	0,4972	0,4323	0,3759	0,3269	0,2843	0,2472
Flujo de caja actualiz.	-1466	2575,29	2212,91	1923,12	1672,23	1454,11	1264,44	1099,52	956,10	831,39	733,82
Flujo de caja actualiz.acumul.	-1466	1109,29	3322,20	5245,33	6917,56	8371,67	9636,11	10735,63	11691,73	12523,13	13256,95
Periodo de recuperación, en los primeros meses del año, antes de los 7 meses											

## ESTRATEGIA LAY OUT

### **3 TEMAS CLAVES FRENTE A EN TIEMPOS DE CRISIS**

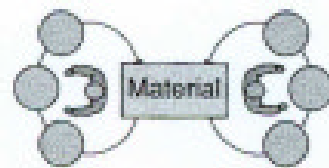
DISEÑAR CELULAS DE TRABAJO OPTIMIZADAS

MINIMIZAR COSTES EN LOS LAY OUTS ORIENTADOS A PROCESOS

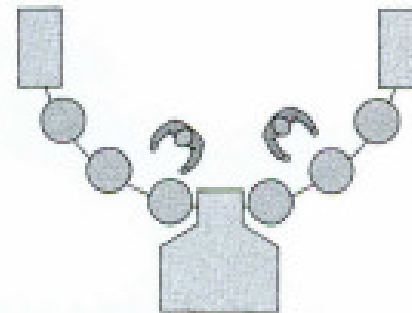
EQUILIBRAR LA LINEAS DE MONTAJE

## Ejemplo células

(a)

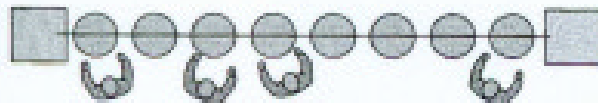


Organización actual:  
trabajadores en áreas pequeñas  
y cerradas. No se puede aumentar  
la producción sin un tercer  
trabajador.

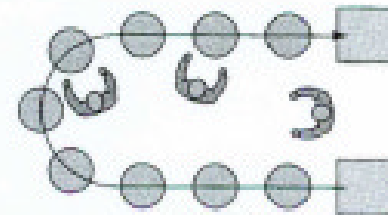


Organización mejorada: los trabajadores  
multifuncionales pueden ayudarse los unos a  
los otros. También es posible añadir un tercer  
trabajador si se necesita más producción.

(b)



Organización actual: las instalaciones  
en línea hacen difícil equilibrar las tareas,  
porque el trabajo no puede  
dividirse de manera uniforme.



Organización mejorada: con la forma de U,  
los trabajadores tienen mejor acceso al  
área de trabajo. Se ha pasado de cuatro  
trabajadores a tres.



## Cálculo costes

$$C = \sum_i^n \sum_j^n X_{ij} C_{ij}$$

$n$  = número total de centros de trabajo o secciones

$i, j$  = secciones individuales

$X_{ij}$  = número de cargas movidas de la selección  $i$  a la  $j$

$C_{ij}$  = coste de transportar una carga entre la sección  $i$  y la  $j$

# ***LAS MATEMATICAS SE APLICAN***



***En tiempos de crisis*** hay que poner a nuestro favor cualquier cosa que nos ayude a tomar las decisiones más eficientes, las inversiones más rentables y todo ello en el menor tiempo y con los mínimos recursos. El conocimiento y uso adecuado de ciertas áreas de las matemáticas nos ayudarán.



**ESTADISTICA Y PROBABILIDAD**

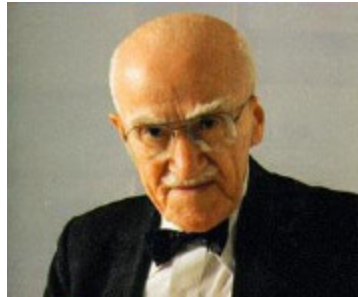
**REGRESIONES**

**DISEÑO DE EXPERIMENTOS**

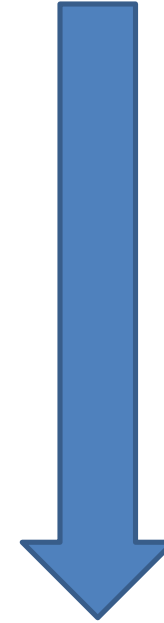
## APLICACIÓN DE LA ESTADISTICA EN LA INDUSTRIA



Walter Shewart 1891 - 1967



Evolución temporal



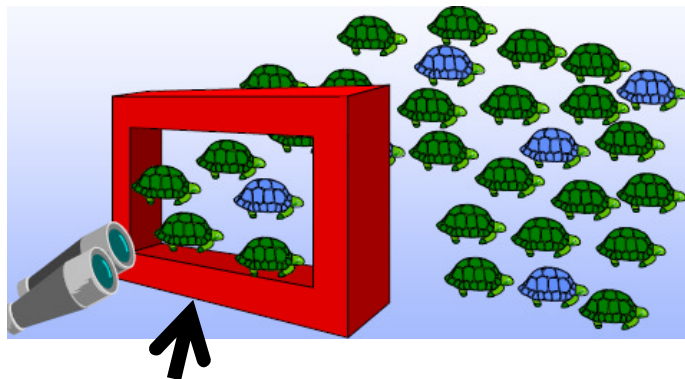
*Texas Instruments y General Electrics (6 sigma '80s)*

**Todas las empresas que actualmente siguen la metodología 6 sigma (7.05.09)**

## LA ESTADISTICA ES IMPORTANTE POR...

Se aplica en árboles de decisión, control de calidad, previsiones de ventas, modelos de cola, medidas de trabajo, curvas de aprendizaje, inventarios, simulaciones, gestión de proyectos y mantenimiento.

No necesito medir toda la población sino una **muestra** para saber la variabilidad de mi proceso, y por tanto fácilmente conozco Cp y Cpk de mi proceso! ...¿cumpló la especificación?



muestra

$$C_p = \frac{(USL - LSL)}{6\hat{\sigma}}$$

$$C_{pU} = \frac{(USL - \bar{X})}{3\hat{\sigma}}$$

$$C_{pL} = \frac{(\bar{X} - LSL)}{3\hat{\sigma}}$$

$$C_{pk} = \text{Min}(C_{pU}, C_{pL})$$

Cpk = 1 → +- 3sigma de centraje del proceso

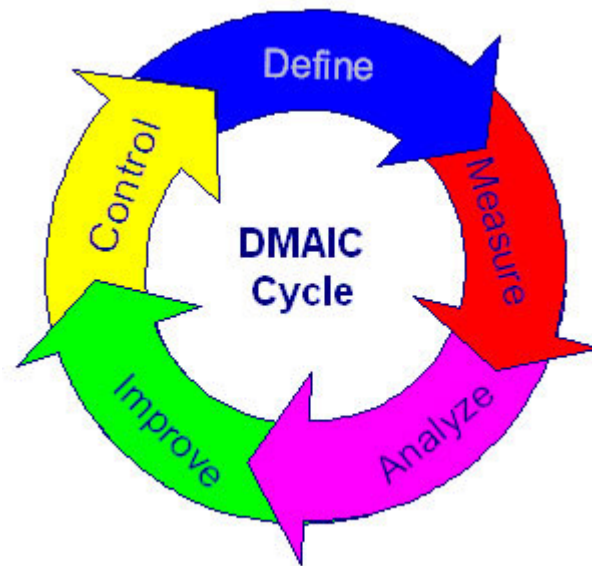
Cpk = 2 → +- 6sigma de centraje del proceso

NOTA: La estadística es un campo muy extenso y con mucha "letra pequeña". Mucho cuidado

al utilizarla pues podemos sacar conclusiones falsas fácilmente.

## REGRESIONES

- POR EJEMPLO EN APLICACIÓN DE PREVISIONES
- POR EJEMPLO EN APLICACIÓN DE 6 SIGMA



$$Y=f(X_1, X_2, X_3 \dots X_n)$$

Aplicable en fase de análisis y de mejora

## DISEÑO DE EXPERIMENTOS

① Factor Assignment

②	Main Effects			③ Interactions				④
	A	B	C	D (A-B)	E (A-C)	F (B-C)	G (A-B-C)	
1	-	-	-	+	+	+	-	
2	+	-	-	-	-	+	+	
3	-	+	-	-	+	-	+	
4	+	+	-	+	-	-	-	
5	-	-	+	+	-	-	+	
6	+	-	+	-	+	-	-	
7	-	+	+	-	-	+	-	
8	+	+	+	+	+	+	+	

Design Of Experiments (DOE)

**Si no tengo un programa de cálculo puedo utilizar el algoritmo de Yates**

Combination	Total	(1)	Stage (2)	(3)
a <sub>1</sub> b <sub>1</sub> c <sub>1</sub>	52	119.5	240.5	524.5
a <sub>2</sub> b <sub>1</sub> c <sub>1</sub>	67.5	121	284	18.5
a <sub>1</sub> b <sub>2</sub> c <sub>1</sub>	56	148	24.5	-10.5
a <sub>2</sub> b <sub>2</sub> c <sub>1</sub>	65	136	-6	-20.5
a <sub>1</sub> b <sub>1</sub> c <sub>2</sub>	72	15.5	1.5	43.5
a <sub>2</sub> b <sub>1</sub> c <sub>2</sub>	76	9	-12	-30.5
a <sub>1</sub> b <sub>2</sub> c <sub>2</sub>	73	4	-6.5	-13.5
a <sub>2</sub> b <sub>2</sub> c <sub>2</sub>	63	-10	-14	-7.5

***CON METODO SE AVANZA  
MÁS RAPIDO AUNQUE NO  
LO PAREZCA***



## USO DE TABLAS DE DECISION (no se explica en este seminario)

- TOMA DE DECISIONES EN SITUACIONES DE INCERTIDUMBRE
- TOMA DE DECISIONES EN SITUACIONES DE RIESGO
- TOMA DE DECISIONES EN CONDICIONES DE CERTIDUMBRE
- VALOR ESPERADO DE LA INFORMACION PERFECTA

***APROVECHEMOS LA  
TECNOLOGIA. LO QUE MAS  
HA AVANZADO EN LOS  
ULTIMOS 20 AÑOS***

## **LLAMEMOSLE INFORMATICA, IT, SOFTWARE, ORDENADORES...DA IGUAL! PERO UTILICEMOSLO PARA AUTOMATIZAR PROCESOS!**

EJEMPLOS ENTRE CIENTOS:

ESTADISTICA → MINITAB, SAS, S-PLUS

GESTION DE PROYECTOS → MICROSOFT PROJECT

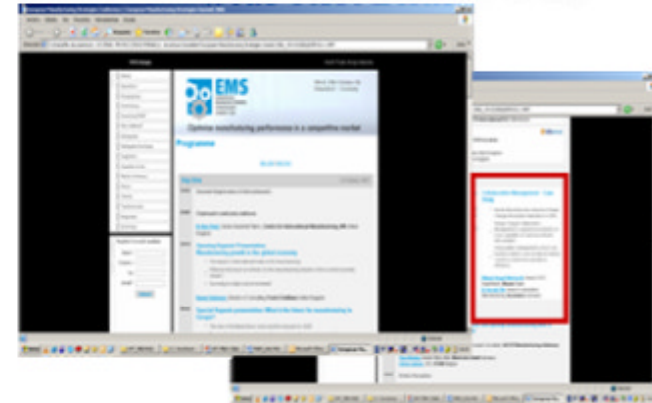
GESTION DE CLIENTES → TECNONET DE TECNOMATRIX

SOFTWARE DE SIMULACION (conocimiento los límites del mismo)

DCCM (DESIGN CHANGE COLLABORATIVE MANAGEMENT)

# CIRCULO INGENIERIA Y OPERACIONES

## DCCM (DESIGN CHANGE COLLABORATIVE MANAGEMENT)



**M.A. Martorell (NISSAN DCC)**  
Munich (March 2008)



***TECNOLOGIA DE  
MATERIALES: CLAVE EN  
EL DISEÑO SOSTENIBLE.  
EJEMPLOS CON EXITO***

# Caso 1: Sector de dirección

- Función de la pieza: Convertir el movimiento de traslación de una tuerca que se desplaza a lo largo de un sinfín en giro de una biela que hace mover la timonería de la dirección.
- Es una pieza de seguridad
- Es el tipo de dirección que se utiliza en los vehículos de alta gama.

Sector

Tuerca

Biela

- Solicitaciones mecánicas.-

- *Tenacidad*: Absorción de impactos

- *Dureza*:

- Alta, en la zona de rozamiento con el pivote de la tuerca

- Media, en las zonas de rozamiento con casquillos de guía

- *Resistencia*

- *Fatiga*

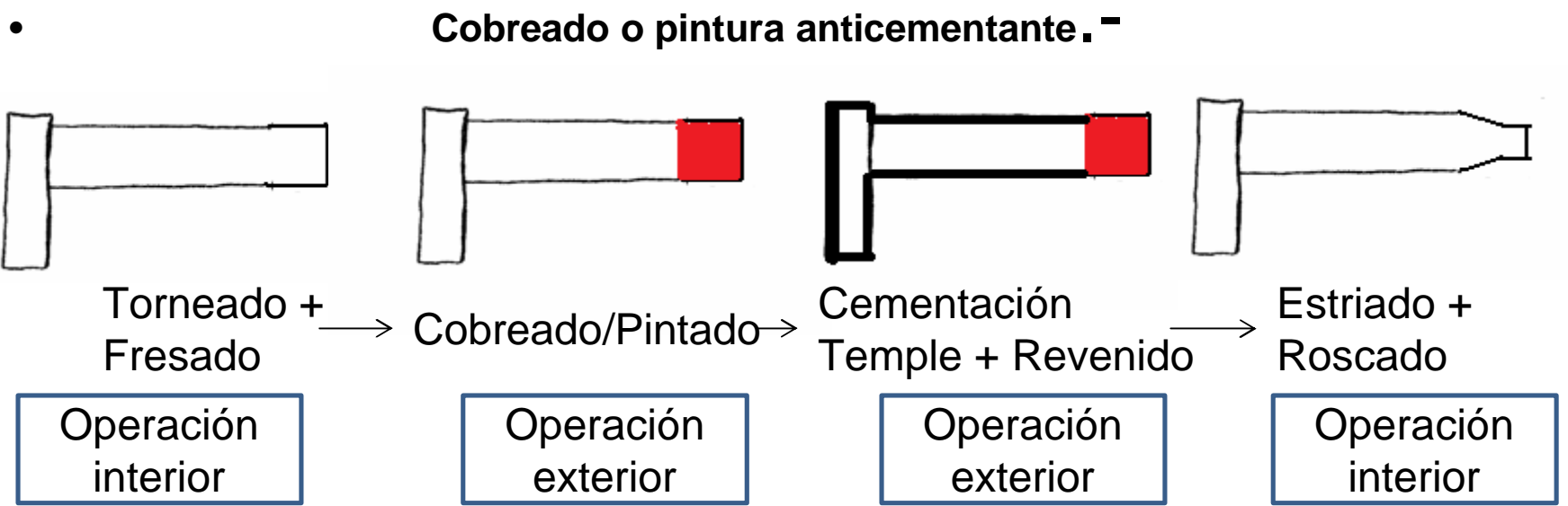
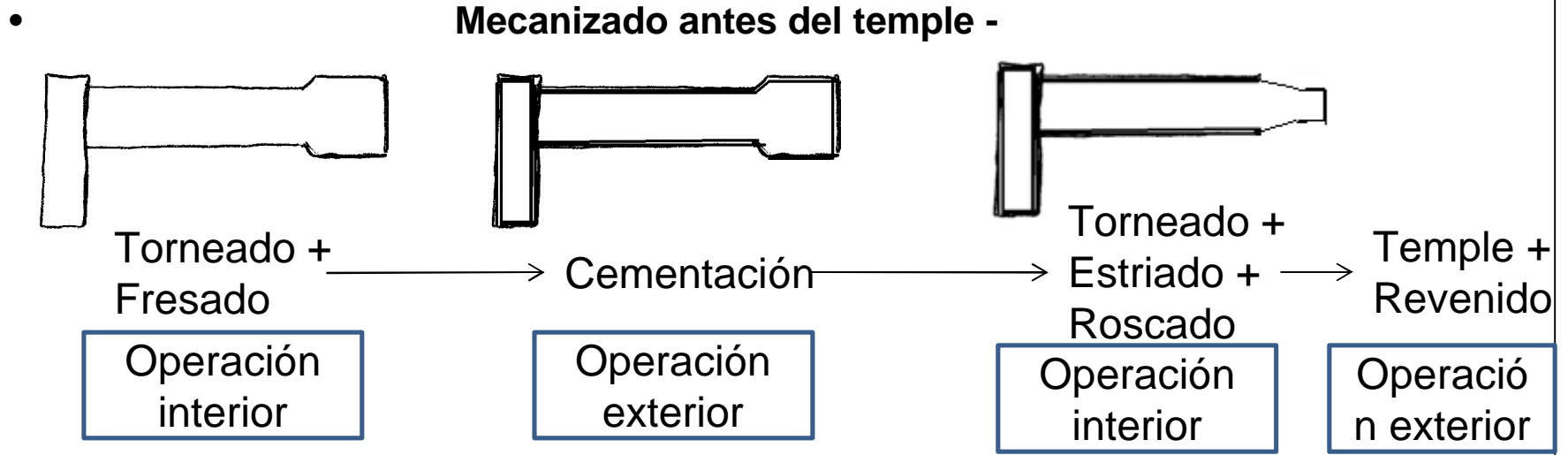
Zona de rozamiento medio



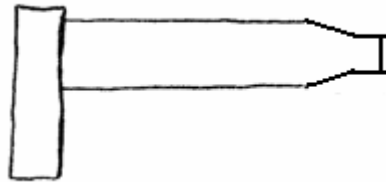
Zona de rozamiento alto



- Material.-
  - Acero de cementación
- Problema que plantea la utilización de un acero de cementación: la dureza másica que provoca en el estriado y la rosca de fijación da una fragilidad que hay que evitar.
- ¿Formas de evitarlo?
  - Mecanizado antes del temple
  - Cobreado o pintura anticementante

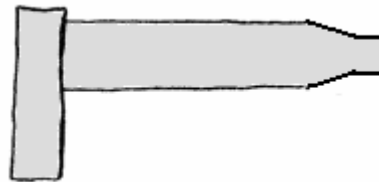


- proceso homologado.-
  - **Nuevo material.-**
    - **Acero de bonificación**
  - **Nuevo proceso.-**



Fresado + Torneado  
+ Estriado + Roscado

Operación  
interior



Bonificado

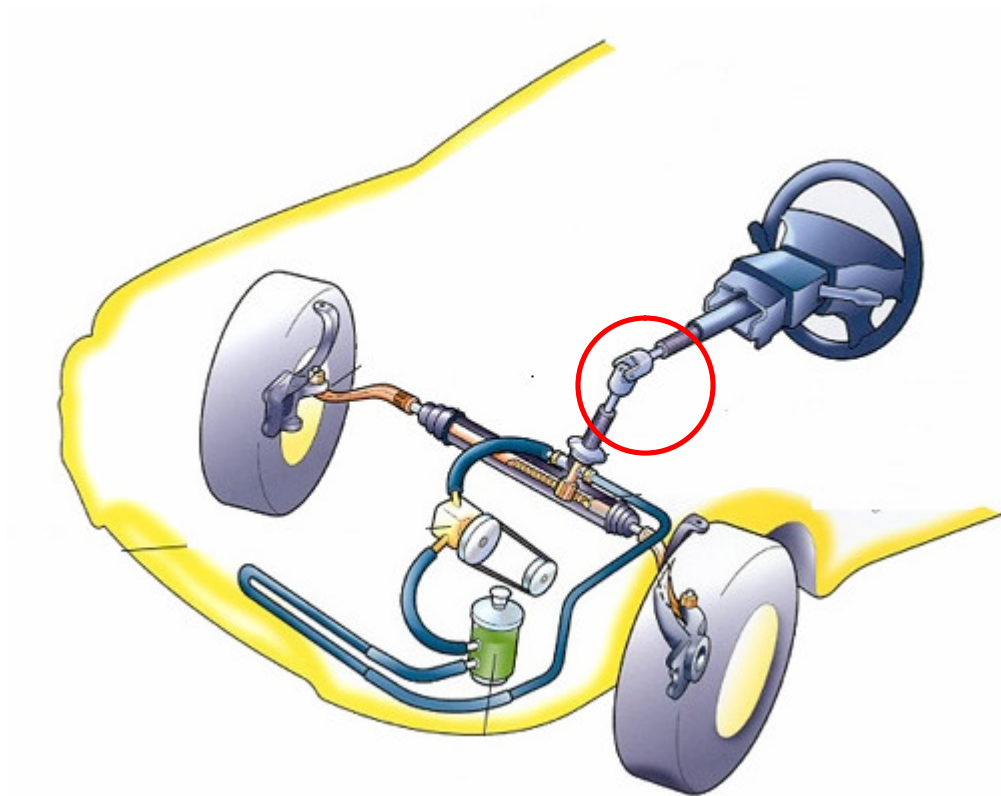


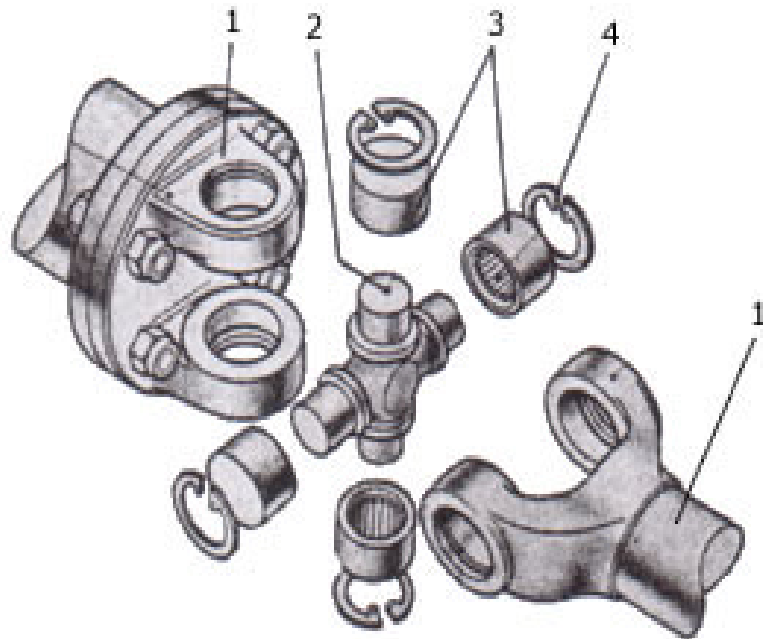
Temple por inducción

Operación  
exterior

**IMPACTO SOBRE COSTE PIEZA -20%!**

# Caso 2: Horquilla de cardan





Despiece de una junta cardan

- 1.- Horquilla
- 2.- Cruceta
- 3.- Cojinetes de agujas
- 4.- Círculos o arandelas de seguridad

- Solicitaciones:
  - Resistencia a la torsión

- Tradicionalmente esta pieza era fabricada en acero aleado, forjado y mecanizado posterior.



$R_m = 600 \text{ MPa}$

- Una horquilla fabricada en chapa!!



- Integraría la fabricación dentro de la empresa
- Permitiría la fabricación en una prensa transfer de mayor productividad
- Aligeraría el peso de la pieza

MENOR COSTE

Pero ¿existe una chapa con unas características mecánicas de  
 $R_m = 600 \text{ MPa}$

- En los años 60 se desarrollaron los aceros ***microaleados*** para piezas destinadas a la forja
- Permitían eliminar el tratamiento térmico de bonificado ya que conseguían la resistencia a base de precipitados dispersos y afino de grano que anclan el movimiento de las dislocaciones que es el mecanismo que explica la plasticidad de los metales.



- Un ejemplo de acero microaleado:
  - EI H 400 LA s/ EN 10.268
    - Composición química

C	Mn	Si	S	P	Al	Nb	Ti
= 0,10	= 1,40	= 0,50	= 0,025	= 0,025	= 0,015	= 0,090	= 0,015

- Características mecánicas

Re (MPa)	Rm (MPa)	A %
400 - 500	= 460	> 27

- La horquilla de chapa !!!



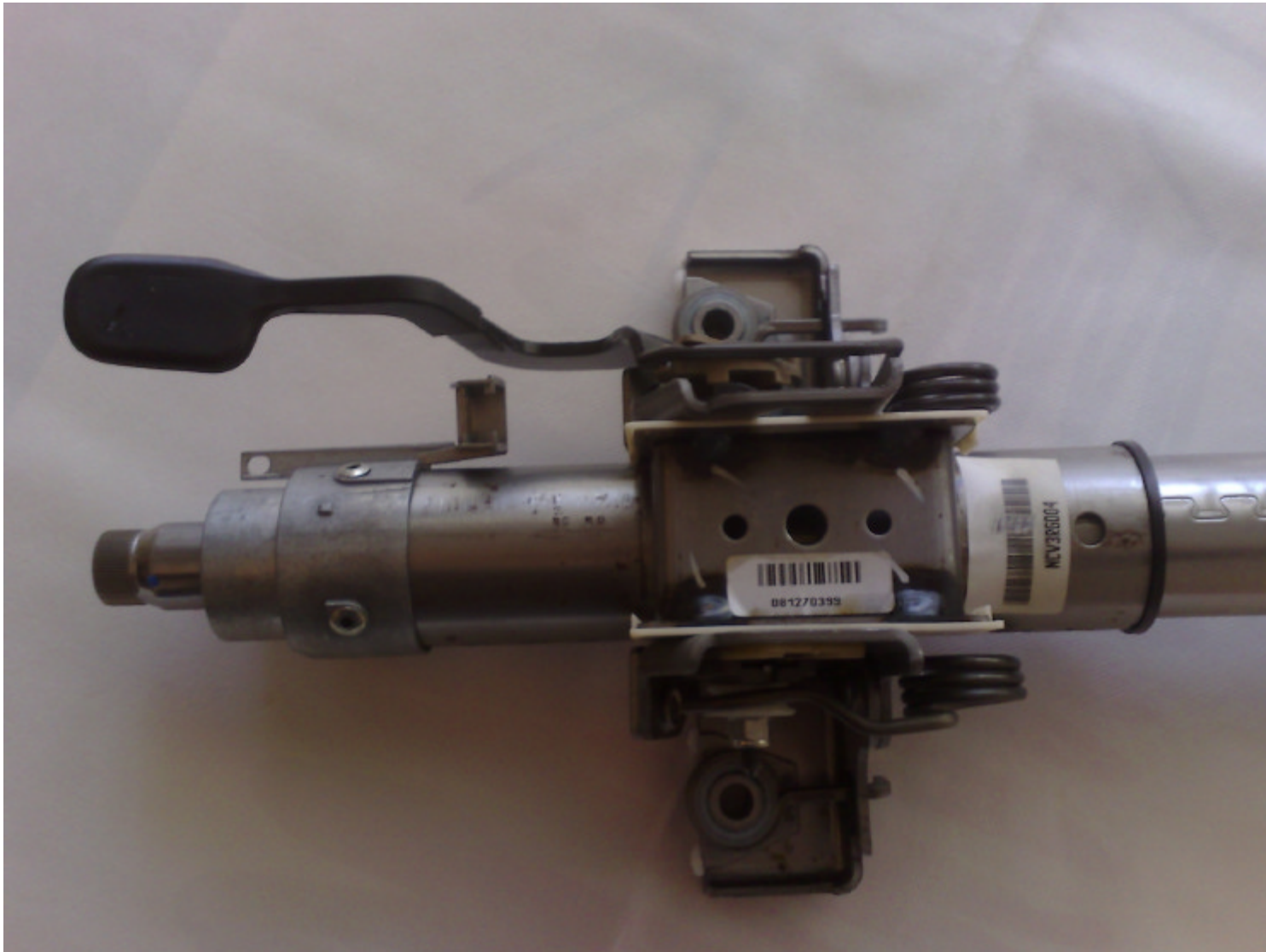
**IMPACTO SOBRE COSTE PIEZA -55%!  
IMPACTO EN EL MERCADO: VENTAJA  
COMPETITIVA DURANTE AÑOS!**

# ***PROCESOS DE ESTAMPACION. EJEMPLOS DE MALOS Y BUENOS DISEÑOS***

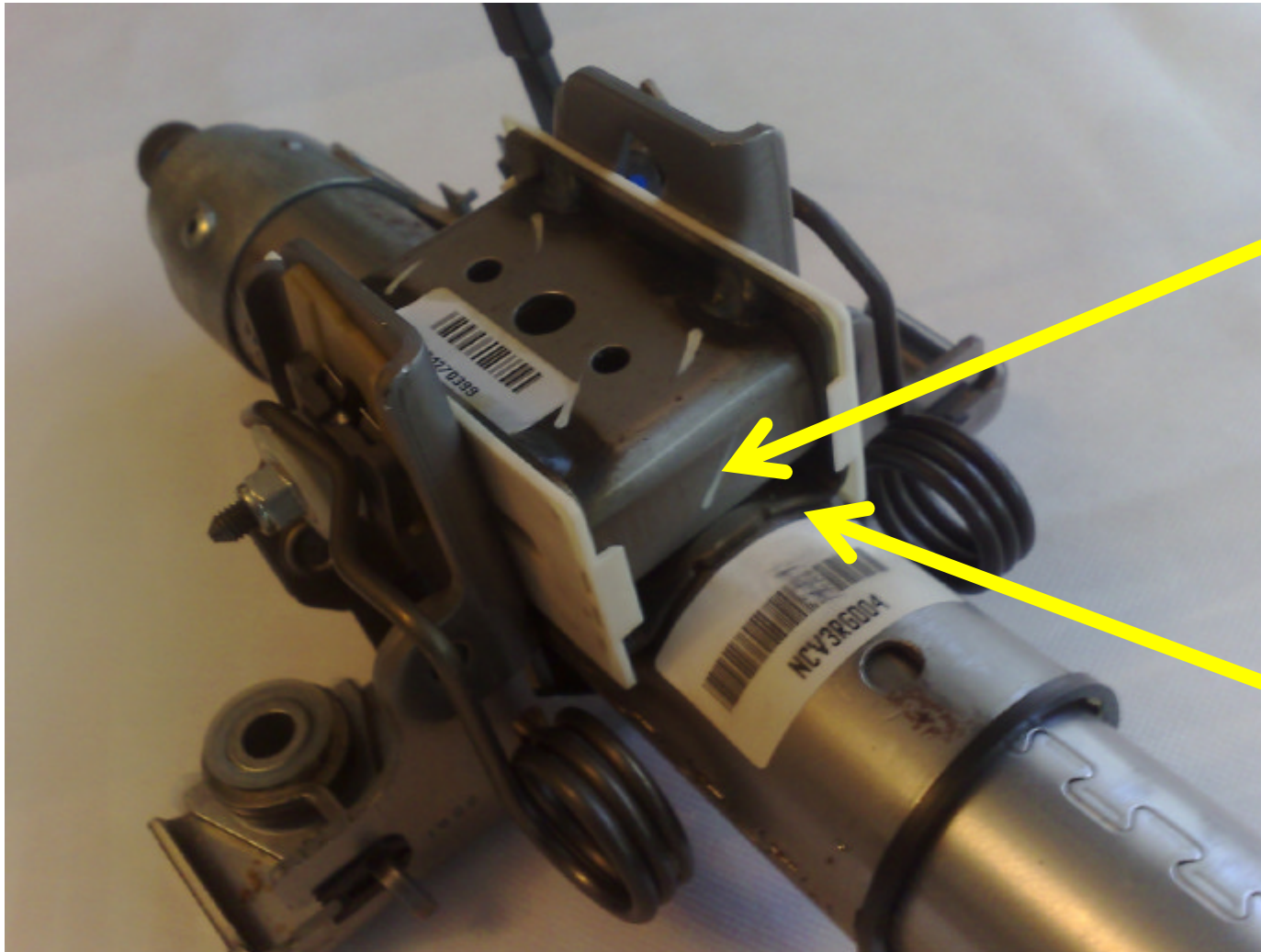
**EJEMPLO 1, SISTEMA DE REGULACION COLUMNA DE DIRECCION: USO DE TOLERANCIAS, BUSCANDO LA FUNCION DEL PRODUCTO Y DISEÑO ROBUSTO OPTIMIZACION**





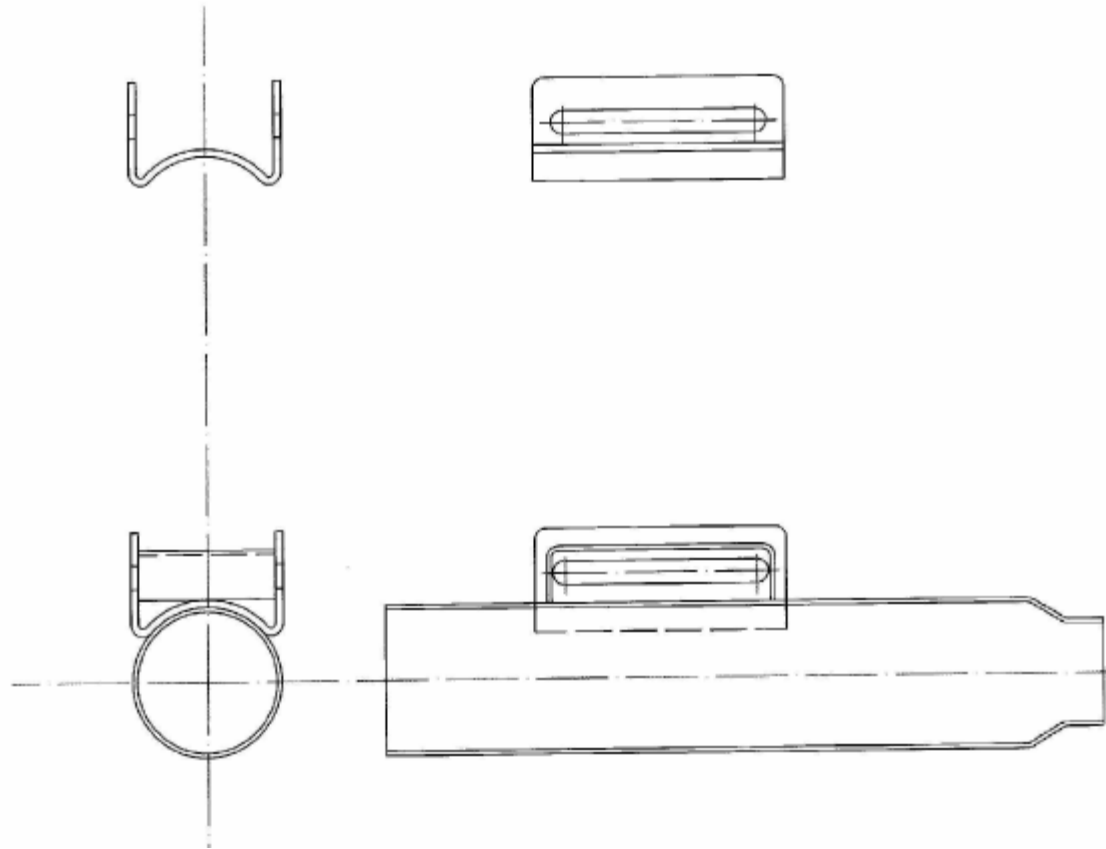




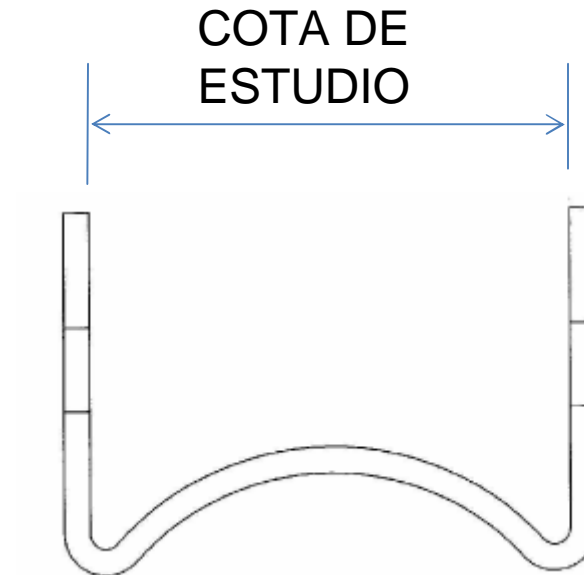


REFUERZO

SOPORTE  
SISTEMA DE  
REGLAJE



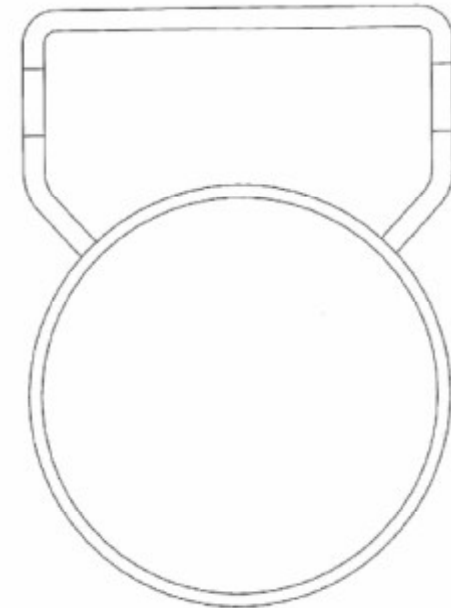
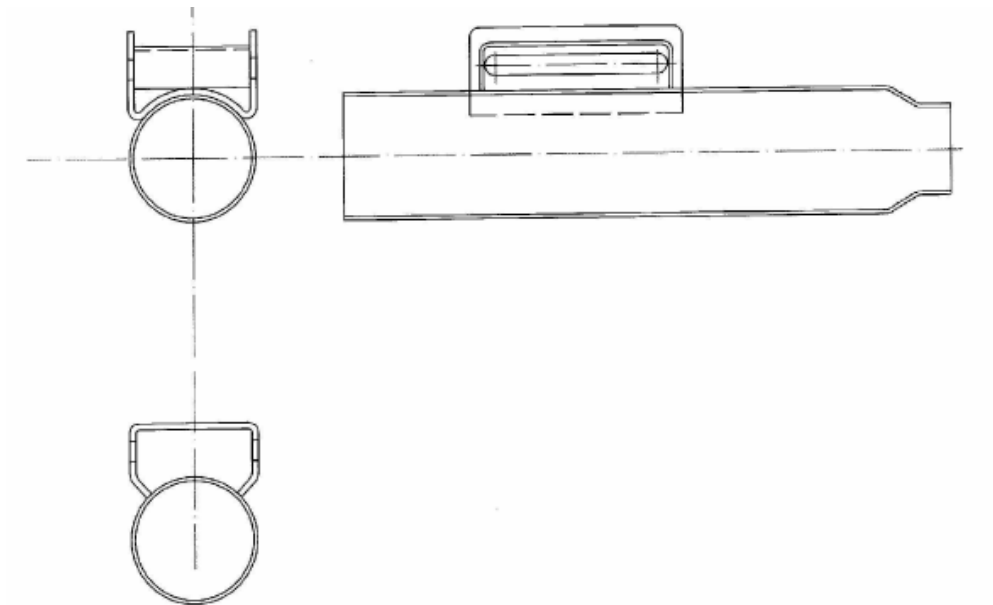




Cota original:  $\begin{matrix} +0.1 \\ -0 \text{ mm} \end{matrix} 45$

Cota propuesta:  $45 \begin{matrix} +1 \\ -0 \text{ mm} \end{matrix}$

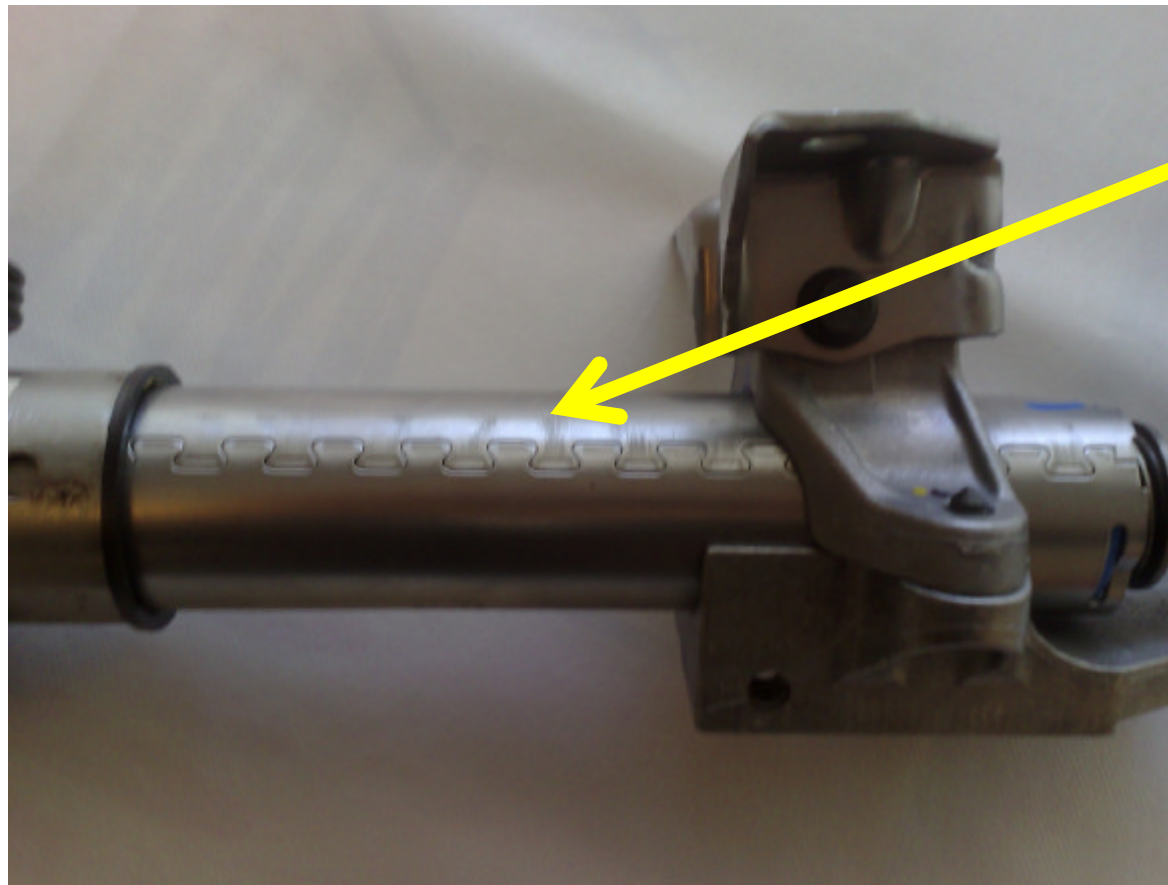
## OPTIMIZACION DEL DISEÑO



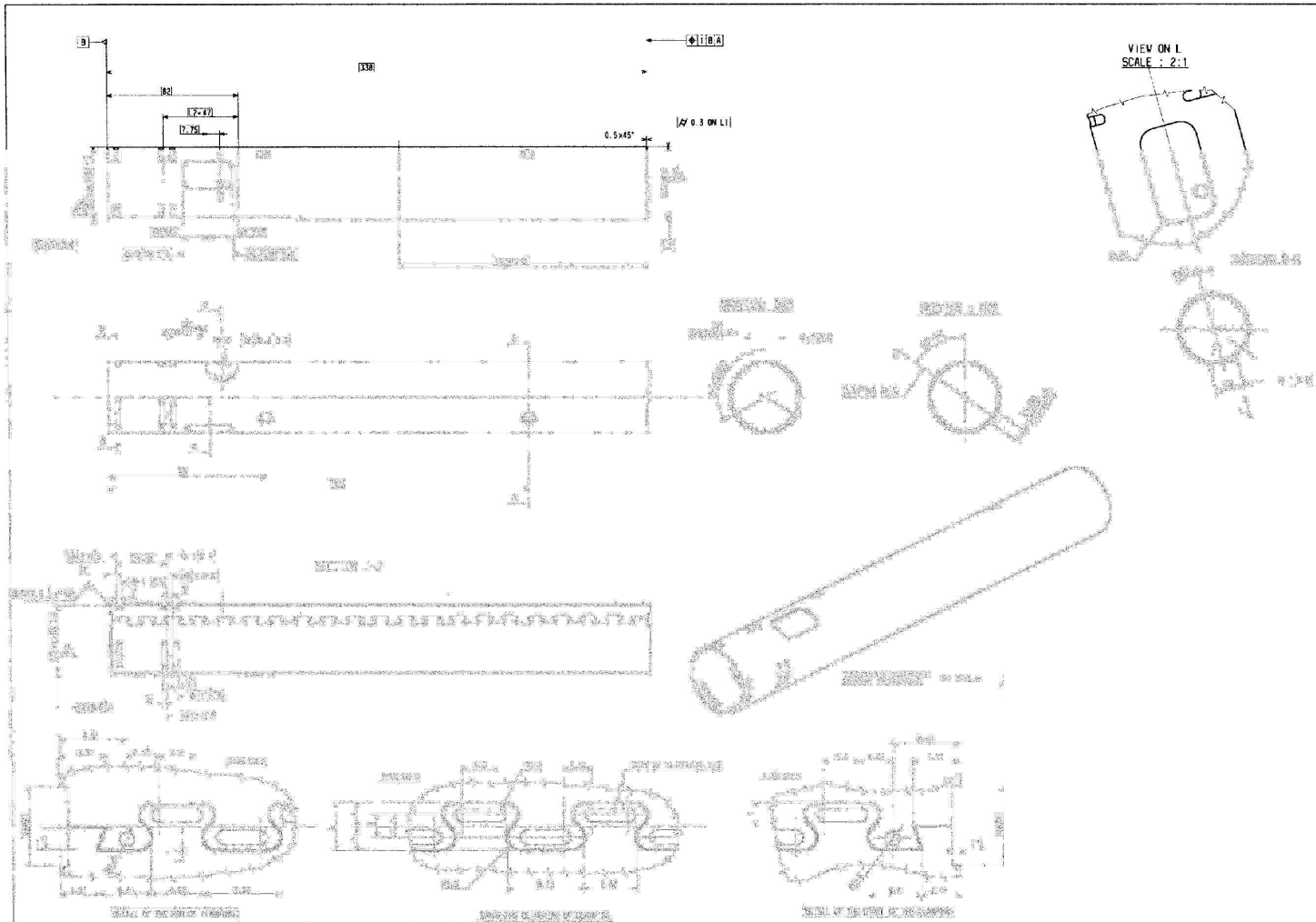
## IMPACTO ECONOMICO EN LOS CAMBIOS

COLUMNA DIRECCIÓN 200.000 u/año	IMPACTO TECNICO	IMPACTO ECONOMICO EN PIEZA	INVERSION	IMPACTO CALIDAD
VERSIONES ORIGINAL	chapa tolerancia restringida control 100% de las piezas una matriz conformadora	100%	Matriz progresiva...28500 € Matriz de asentar.....5800 € <b>TOTAL: 34300 €</b>	Diseño no robusto, un porcentaje de las piezas llegan a la línea de producción fuera de tolerancia. En el embalaje y transporte hay cambios de cota.
CAMBIO TOLERANCIA	chapa tolerancia normal no existencia de scrap matriz simplificada	- 9% en coste de chapa - 8% por eliminación de scrap - 18% por eliminación de asentado <b>TOTAL : - 35%</b>	Matriz progresiva...24200 € <b>IMPACTO: - 30%</b>	Cota estable dentro de tolerancia
OPTIMIZACION DISEÑO	chapa tolerancia normal no existencia de scrap matriz similar a concepto original se elimina un componente se elimina una operación de soldadura	- 7% en coste de chapa - 8% por eliminación de scrap +3% por complejidad producción -23% eliminación ref. interno -15 % eliminación soldadura <b>TOTAL: - 50%</b>	Matriz progresiva...32400 € <b>IMPACTO: - 5,5 %</b>	100% piezas buenas al ajustarse la cota en fase de soldadura

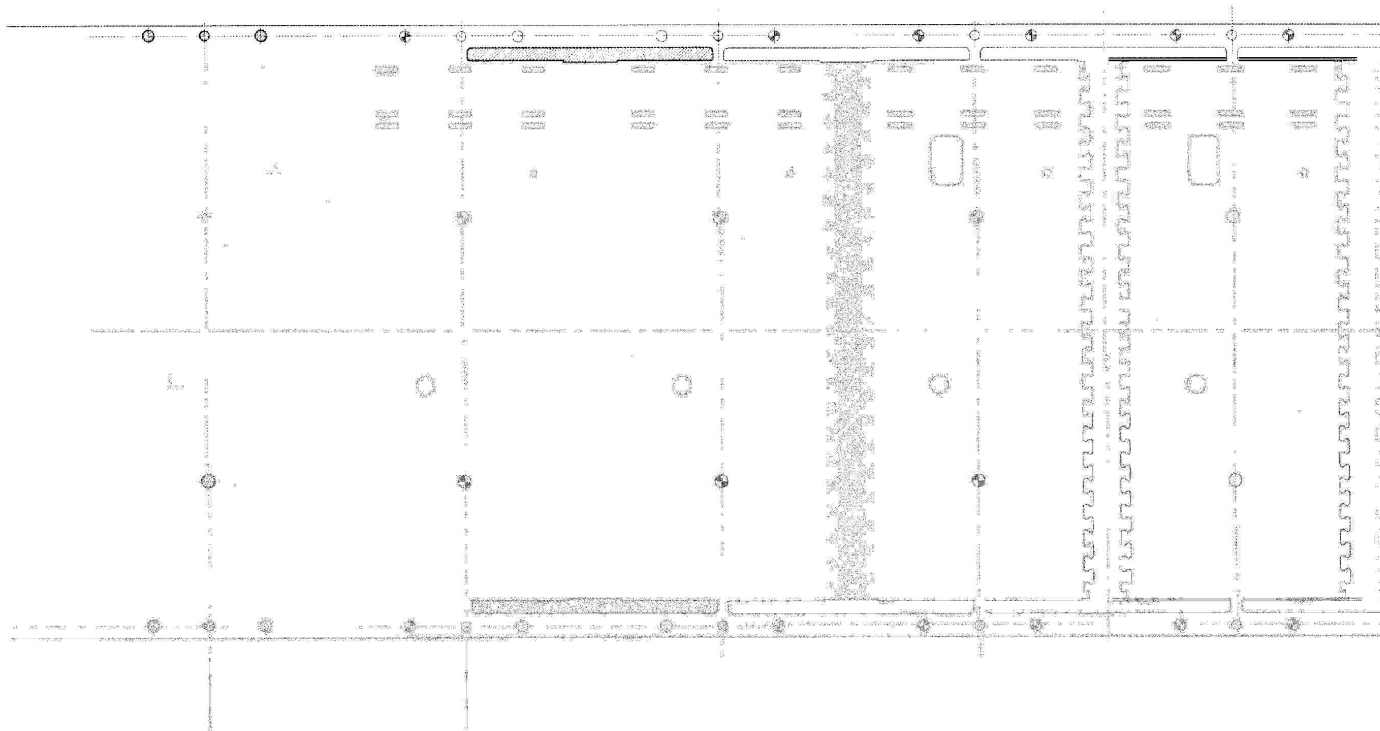
## EJEMPLO 2, DISEÑO DE TUBO OPTIMIZADO POR DOMINIO DEL PROCESO DE ESTAMPACION



Tubo fabricado a partir de chapa



## MATRIZ



## IMPACTO ECONOMICO EN LOS CAMBIOS

TUBO 200.000 unidades año				
ORIGINAL PARTIENDO DE CHAPA	Tubos terminados en una sola fase de prensa automatica	100%	Matriz progresiva...130,000 € AMORTIZACION EN UN AÑO	Calidad estandar en estampación
PARTIENDO DE TUBO	Corte de tubo más cuatro operaciones manuales	+11% por mayor coste material tubo + 3% por incremento scrap en operaciones manuales + 43% por producción manual en cuatro fases +11% control 100 % de las piezas <b>TOTAL: + 68%</b>	Corte de tubo : 0 € Cuatro fases manuales...42.800 €	Control 100% por fabricación en proceso manual