

**OPTIMIZACIÓN DEL  
MANTENIMIENTO DE  
INSTALACIONES INDUSTRIALES  
MEDIANTE TEORÍA DE COLAS A  
PARTIR DEL AJUSTE DE LA  
DISTRIBUCIÓN DE FALLOS A  
DATOS REALES. CASO DE  
APLICACIÓN A UNA INDUSTRIA**

**Daniel González Muñoz  
Michel Guerra**

# Índice

1. Introducción
2. Contexto y objetivo
3. Metodología
4. Resultados
5. Conclusiones

# 1. Introducción

## 1.1. El Mantenimiento

Definición (Norma UNE-EN 13306:2001)

“Combinación de todas las técnicas, administrativas y de gestión, durante el ciclo de vida de un elemento, destinadas a conservarlo o devolverlo a un estado en el cual pueda desarrollar la función requerida”

# 1. Introducción

## 1.2.El Mantenimiento en la empresa

### Combinación de estrategias



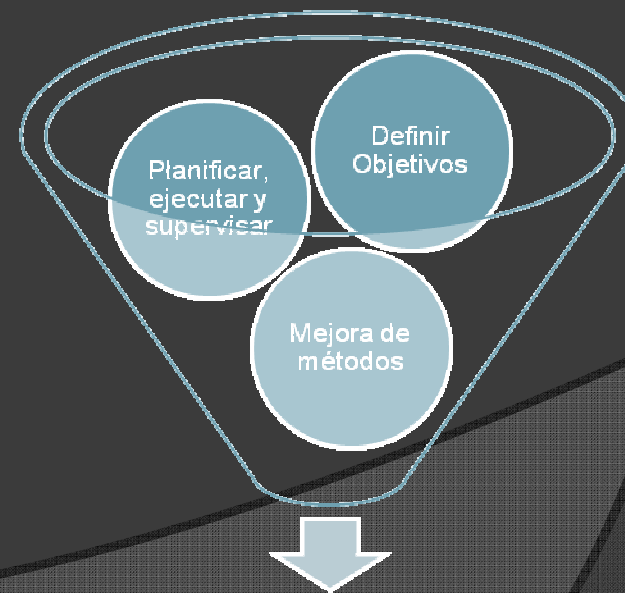
# 1. Introducción

## 1.3. Gestión del Mantenimiento

Definir objetivos y estrategias

Planificar, ejecutar y supervisar

Mejora de métodos



Mejora continua

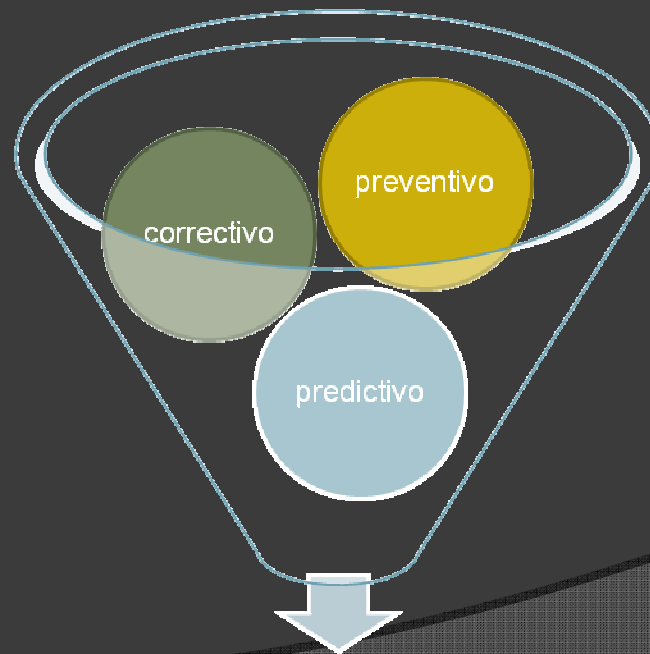
# 1. Introducción

## 1.4. El mantenimiento en Pymes

- Mantenimiento como gasto
- Recursos destinados al proceso productivo.
- El mantenimiento tiene poca importancia.
- Basado en criterios subjetivos.

## 2. Contexto y objetivo

Dimensionado óptimo del equipo de mantenimiento en base a la estrategia de mantenimiento actual de la empresa.



Funcionamiento Óptimo

## 2. Contexto y Objetivo

### Metodología empleada

Aplicación de teoría de colas para encontrar el punto óptimo de funcionamiento.





# 3. Metodología

3.1 Preparación del sistema

3.2 Recogida y almacenamiento de datos

3.3 Ajuste de la serie de datos

3.4 Teoría de colas

# 3. Metodología

## 3.1 Preparación del sistema

- Codificación de elementos
- Nuevo procedimiento de trabajo

## 3. Metodología

### 3.2 Recogida y almacenamiento de datos

- Diseño de un sistema de Gestión de mantenimiento asistida por ordenador (GMAO)
- Orden de trabajo (base del sistema)

## 3. Metodología

### 3.3 Ajuste de las series de datos

- ⦿ A partir de los datos del GMAO (histórico)
- ⦿ Extracción de datos de Interés
  - Tiempo Entre Intervenciones
  - Tiempo De Intervención
- ⦿ Ajuste de datos a alguna distribución estadística que nos permita modelizar matemáticamente el mantenimiento.

## 3. Metodología

### 3.3 Ajuste de las series de datos

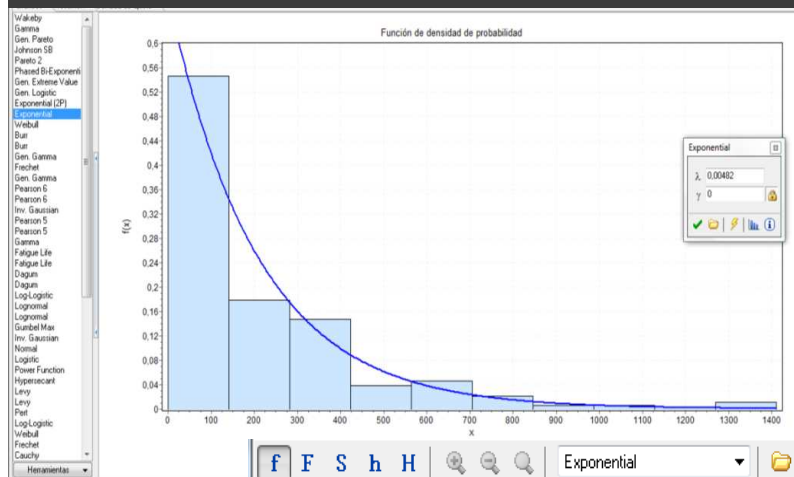
#### Uso de software Easyfit

- Introducción de datos
- Ajuste de la distribución estadística.
- Bondad de ajuste
- Obtención de datos para aplicación de teoría de colas

# 3. Metodología

## 3.3 Ajuste de las series de datos

### Uso de software Easyfit



Gráficos Cálculos Probabilidades

Exponential

Propiedades

Dominio Continuo

Min 0

Max +INF

Moda 0

Media 207,68

Varianza 43131,0

Dev. est. 207,68

Coef. de var. 1,0

Asimetría 2

Curtosis 6

Funciones

x 0

Densidad 0,00482

Densidad acum. 0

Supervivencia 1

Riesgo 0,00482

Riesgo acum. 0

Función de distribución inversa

P 0.5

x(P) 143,95

Exponential [#11]					
Kolmogorov-Smirnov					
Tamaño de la muestra	573				
Estadística	0,11383				
Valor P	6,3040E-7				
Rango	10				
$\alpha$	0,2	0,1	0,05	0,02	0,01
Valor crítico	0,04483	0,05109	0,05673	0,06342	0,06805
Rechazar?	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
Anderson-Darling					
Tamaño de la muestra	573				
Estadística	59,237				
Rango	14				
$\alpha$	0,2	0,1	0,05	0,02	0,01
Valor crítico	1,3749	1,9286	2,5018	3,2892	3,9074
Rechazar?	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
Chi-cuadrado					
Grados de libertad	9				
Estadística	33,319				
Valor P	1,1750E-4				
Rango	3				
$\alpha$	0,2	0,1	0,05	0,02	0,01
Valor crítico	12,242	14,684	16,919	19,679	21,666
Rechazar?	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí

Parámetros

$\lambda$  0,00482

$\gamma$  0

Aplicar

Delimitadores

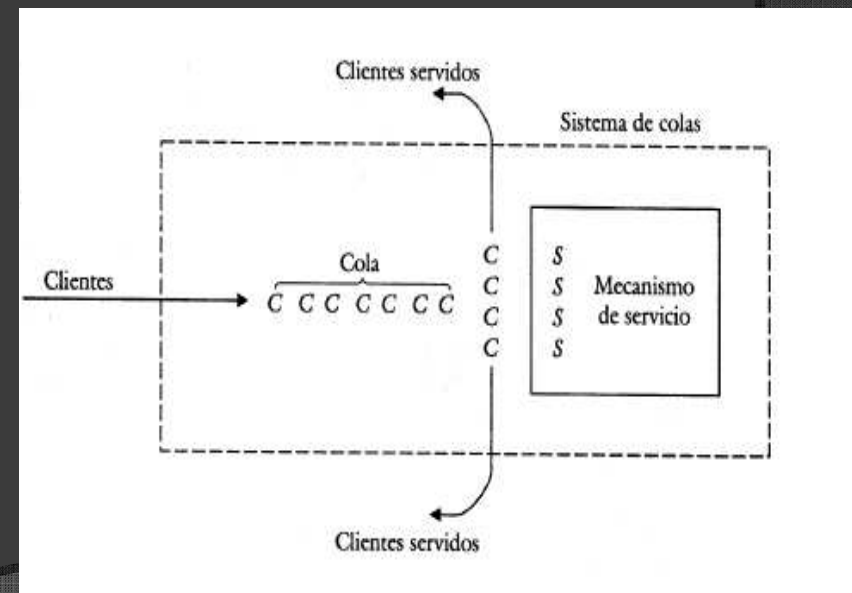
Límites

# 3. Metodología

## 3. 4 La Teoría de Colas

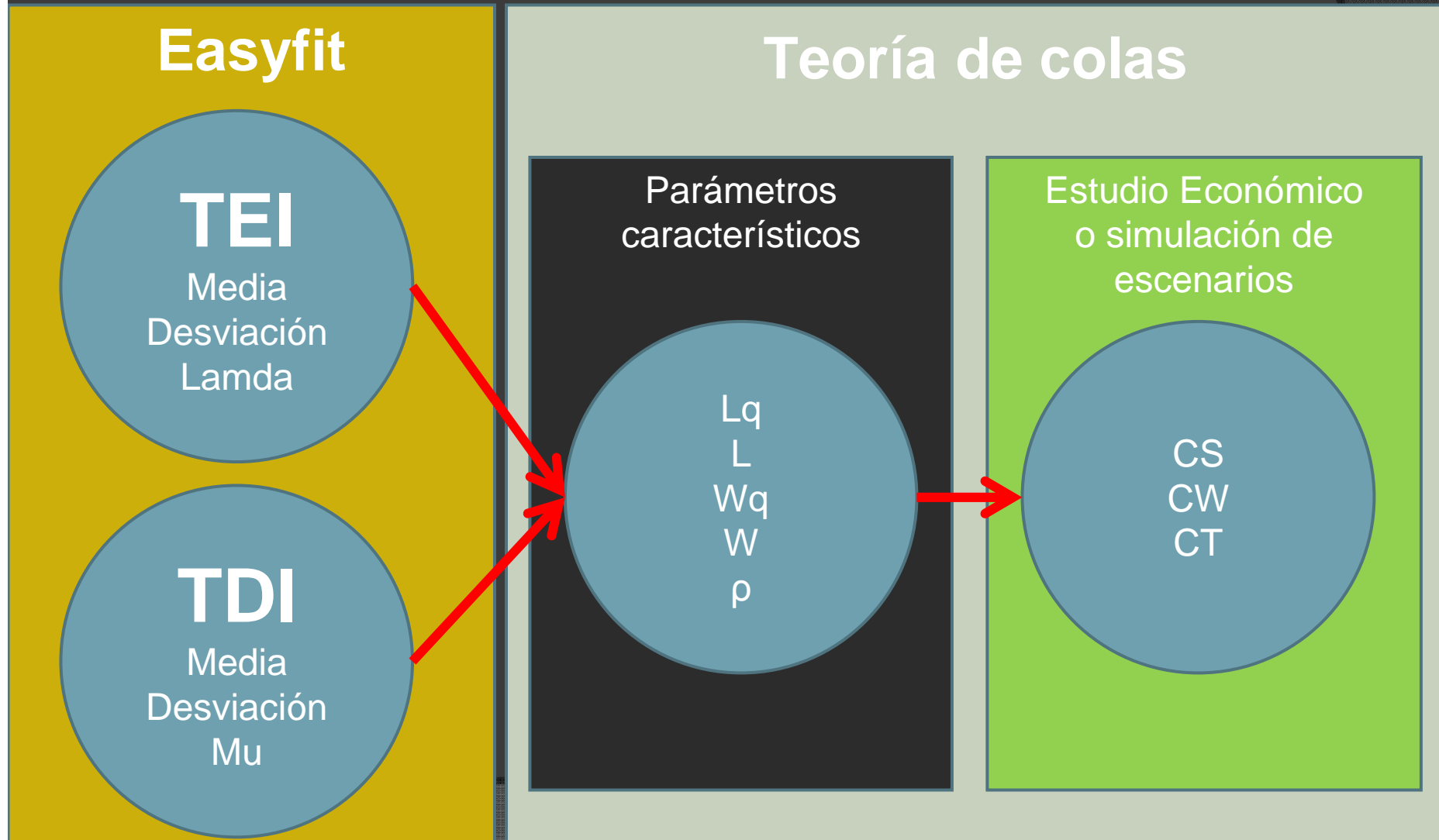
### Estructura básica de los modelos de colas

- Fuente de entrada
- Cola
- Mecanismo de servicio
- Disciplina de cola



# 3. Metodología

## 3.4 La teoría de colas

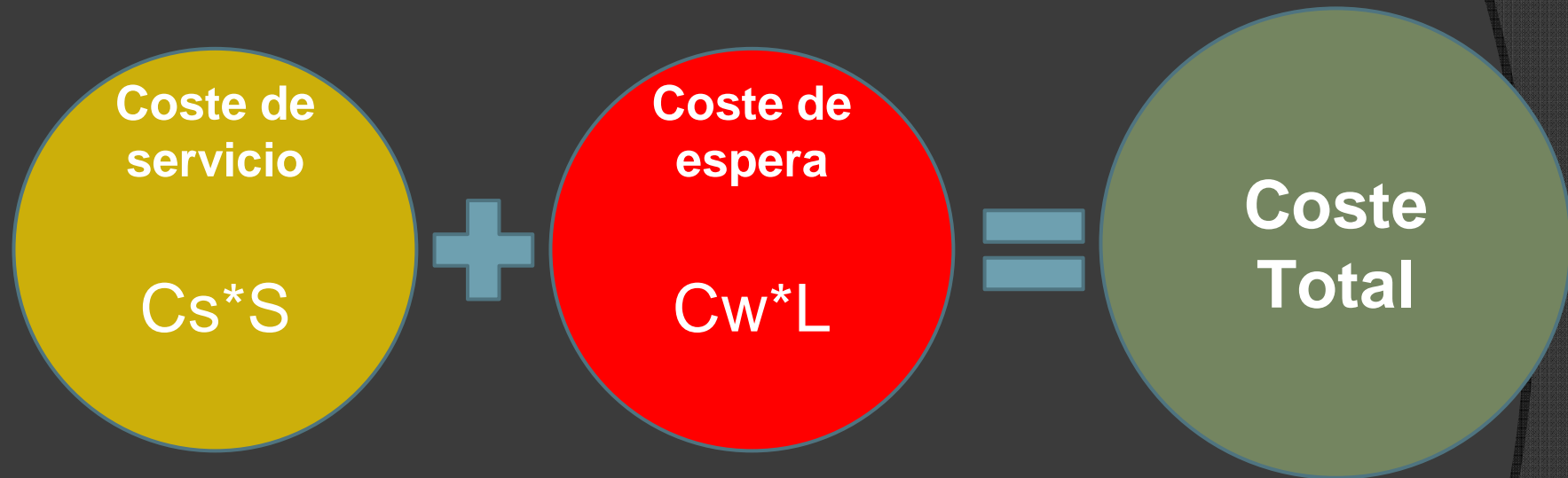




### 3. Metodología

#### 3.4 Teoría de colas

##### Simulación de escenarios



Búsqueda del número de operarios que nos proporciona un coste total mínimo para un coste de espera determinado

# 4. Resultados

## 4.1 Ajuste de las series de datos Resultados extraídos de Easyfit

### Tiempo entre averías

	Distribución Exponencial	Distribución Gamma	Distribución Pareto Generalizada
Test K-S	NO	OK	OK
Test A-D	NO	NO	OK
Test Chi <sup>2</sup>	NO	NO	NO
Media	207,68	207,68	207,68
Desviación	207,68	241,38	252,2

$$\lambda_T = 0.0048 \text{ min}^{-1}$$

### Tiempo de intervención

	Inverse Gaussian	Log - Gamma	Log-Normal	Log-Pearson3
Test K-S	SI	SI	NO	NO
Test A-D	SI	SI	SI	SI
Test Chi <sup>2</sup>	NO	NO	NO	NO
Media	247,38	329,12	252,58	252,58
Desviación	483,6	7123,5	649,48	649,58

$$\mu_T = 0.0040 \text{ min}^{-1}$$

# 4. Resultados

## 4.2 Teoría de colas

### Parámetros característicos

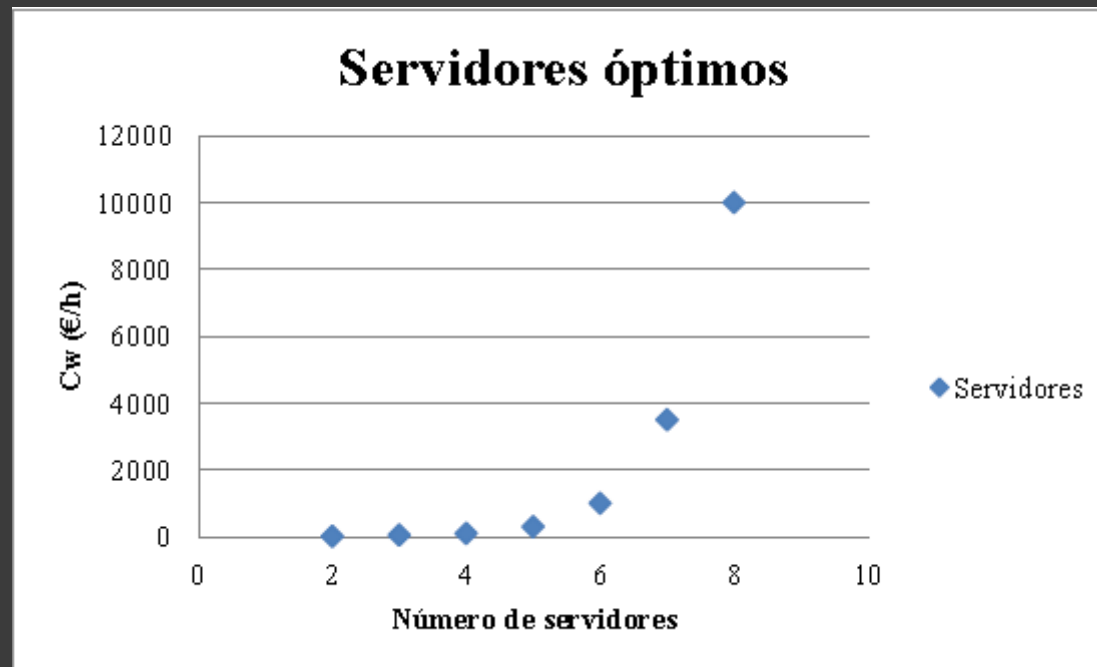
S	$\rho$	$Wq$	W	$Lq$	L
1	1,20	-	-	-	-
2	0,60	291,364111	541,36411	1,39855	2,59855
3	0,40	50,841308	300,84131	0,24404	1,44404
4	0,30	12,921903	262,92190	0,06203	1,26203
5	0,24	3,820212	253,82021	0,01834	1,21834
6	0,20	1,234571	251,23457	0,00593	1,20593
7	0,17	0,424537	250,42454	0,00204	1,20204
8	0,15	0,153089	250,15309	0,00073	1,20073
9	0,13	0,057368	250,05737	0,00028	1,20028
10	0,12	0,022203	250,02220	0,00011	1,20011
11	0,11	0,008835	250,00884	0,00004	1,20004
12	0,10	0,003603	250,00360	0,00002	1,20002

# 4. Resultados

## 4.2 Teoría de colas

### Modelización de escenarios

Cw	10	50	100	300	1000	3500	10000
s	2	3	4	5	6	7	8



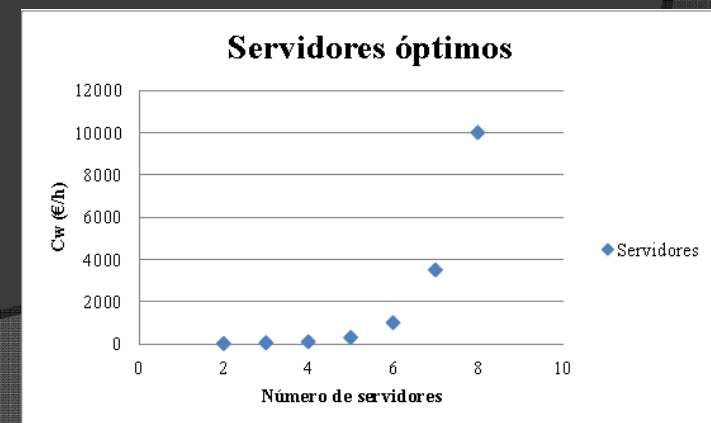
## 4. Resultados

1. Ha sido posible el ajuste los datos a alguna distribución.

Tiempo entre averías (Pareto Gen.)

Tiempo de reparación (Inv. Gaussian)

2. Hemos dimensionado en función de costes de parada.



# 5. Conclusiones Inconvenientes

Gran dificultad para ajustar los datos

Trabajo adicional para operarios

Coste económico de GMAO

Inexistencia de datos económicos obliga a simular  
supuestos

# 5. Conclusiones

## Ventajas

Bajo impacto económico para la empresa

Conocimiento del impacto de los cambios

Resultados claros y fácilmente entendibles

Gracias por su atención