

X: 00.000  
Y: 00.000  
Z: 00.000

SCALE: 1:1

AVAILABILITY METRIC



$$\frac{\sum(P)}{T} = E \text{ (IDEAL STATE)}$$

# Ingeniería de la Maquinaria: Disponibilidad, Fiabilidad y Mantenimiento

El ecosistema matemático y operativo para maximizar la producción y minimizar el coste.

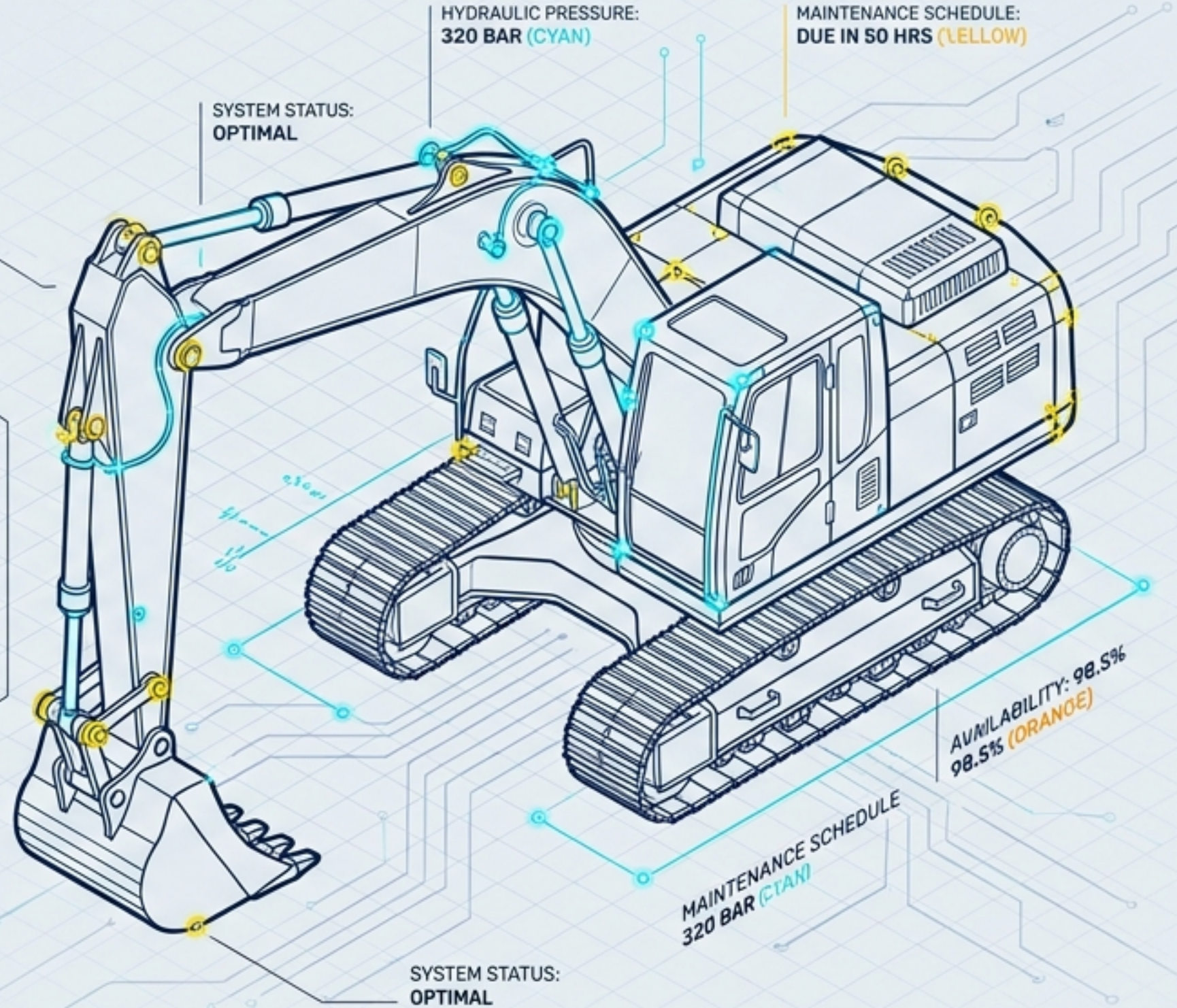


AVAILABILITY METRIC

$$\frac{\sum(P)}{T} = E \text{ (IDEAL STATE)}$$



CRITICAL COMPONENT MONITORING



X: 00.000, Y: 00.000, Z: 00.000

SCALE: 1:1

# Los Tres Pilares de la Eficiencia Operativa

## Pilar 1: Disponibilidad (El Contexto)

**El dominio del tiempo.**  
Luchar contra el calendario, el clima y la organización para maximizar las horas útiles.



## Pilar 2: Fiabilidad (La Máquina)

**El dominio de la estadística.**  
Modelar el comportamiento del fallo mediante distribuciones matemáticas (Exponencial, Weibull).

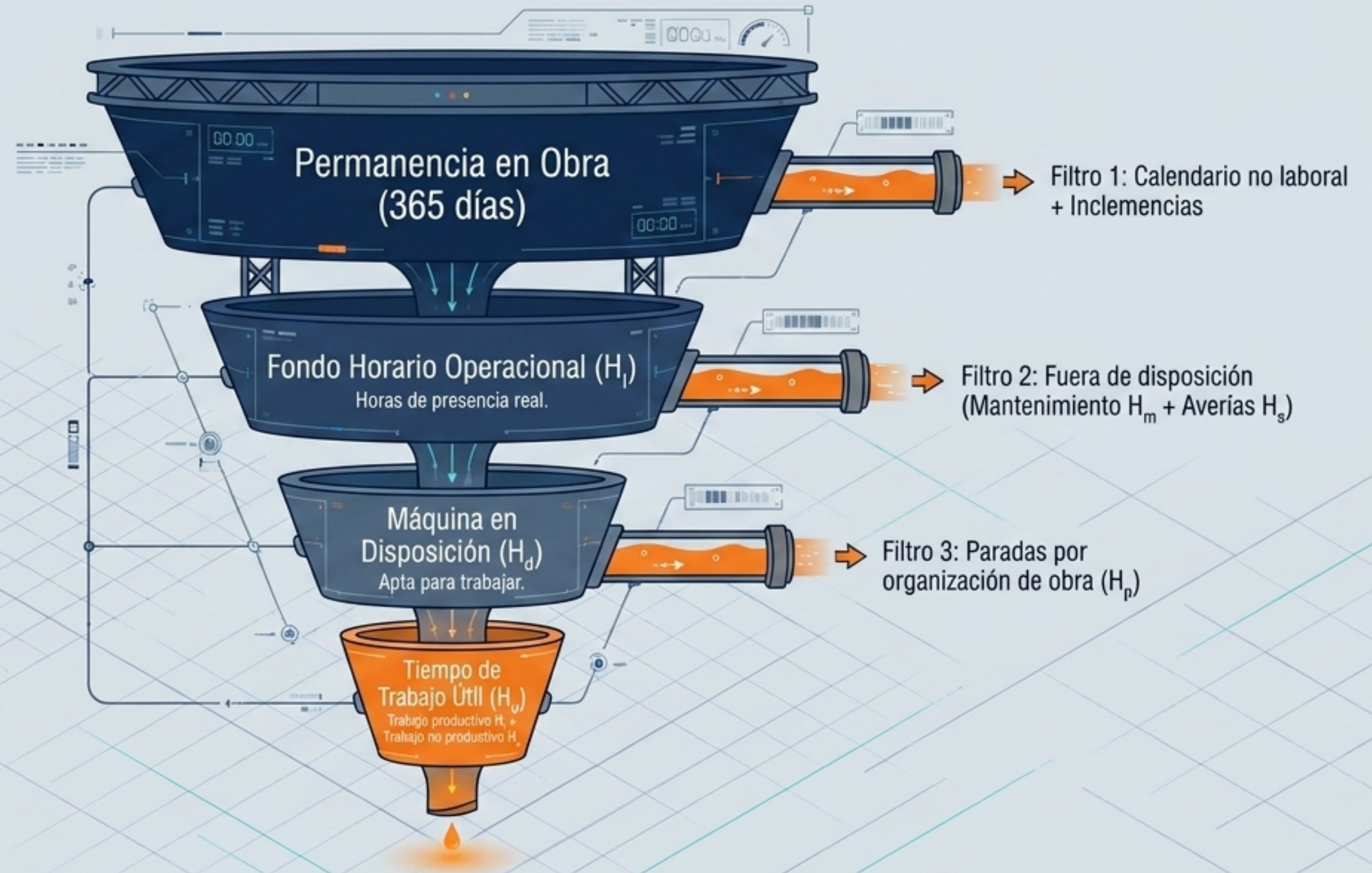


## Pilar 3: Mantenimiento (La Acción Humana)

**El dominio de la intervención.** Estrategias tácticas desde la corrección por rotura hasta el Mantenimiento Productivo Total (TPM).



# La Cascada del Tiempo: De la Obra a la Producción



# El Filtro Climático: Límites Operativos

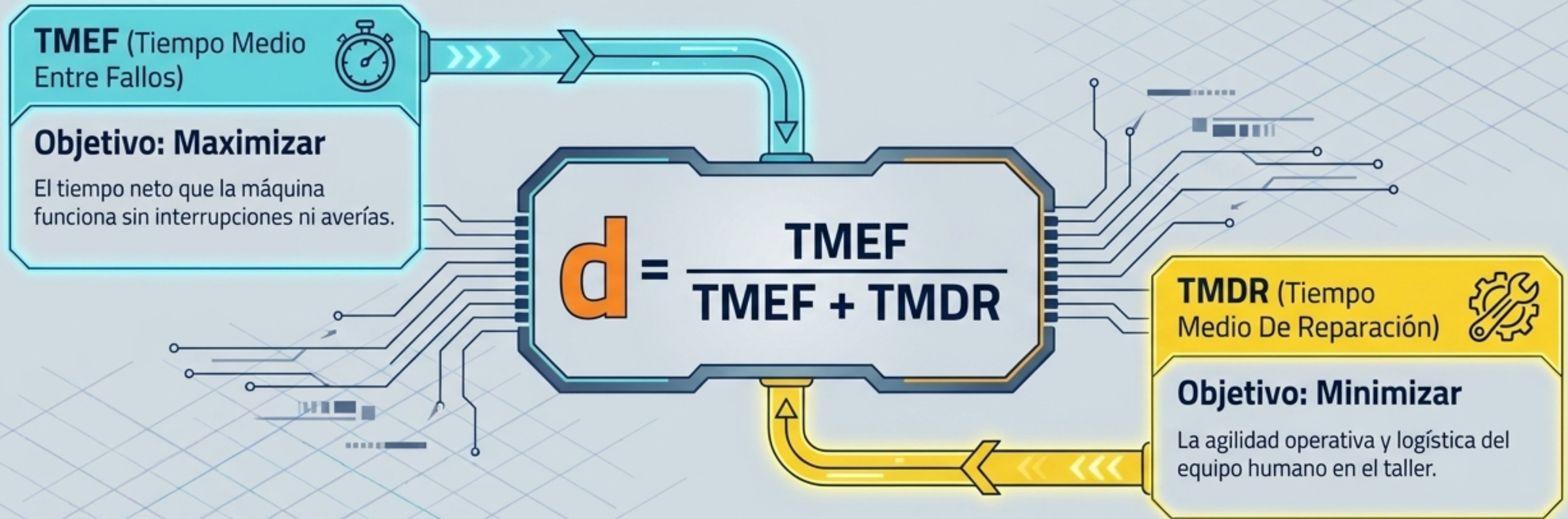
Traffic Light" Matrix	Temp < 0°C	Temp < 5°C	Temp < 10°C	Precip > 1mm/día	Precip > 10mm/día
Hormigones hidráulicos	✗	—	—	—	✗
Explanaciones	✗	—	—	✗	✗
Áridos	—	—	—	—	✗
Tratamientos bituminosos	—	—	✗	✗	—
Mezclas bituminosas	—	✗	—	✗	—

## El Coeficiente de Reducción Total

$$c_t = 1 - (1 - c_m) \cdot c_f$$

Calcula la probabilidad de un día adverso considerando cruces con días festivos.

# Disponibilidad Intrínseca: El Pulso de la Flota



**Disponibilidad no es solo no romperse (TMEF); es qué tan rápido se vuelve al trabajo tras la rotura (TMDR).**



# La Anatomía del Fallo: Fiabilidad $R(t)$

## Definición

La probabilidad matemática de que una unidad funcione satisfactoriamente en un intervalo de tiempo 't', bajo unas condiciones preestablecidas.

## La Ecuación de Supervivencia

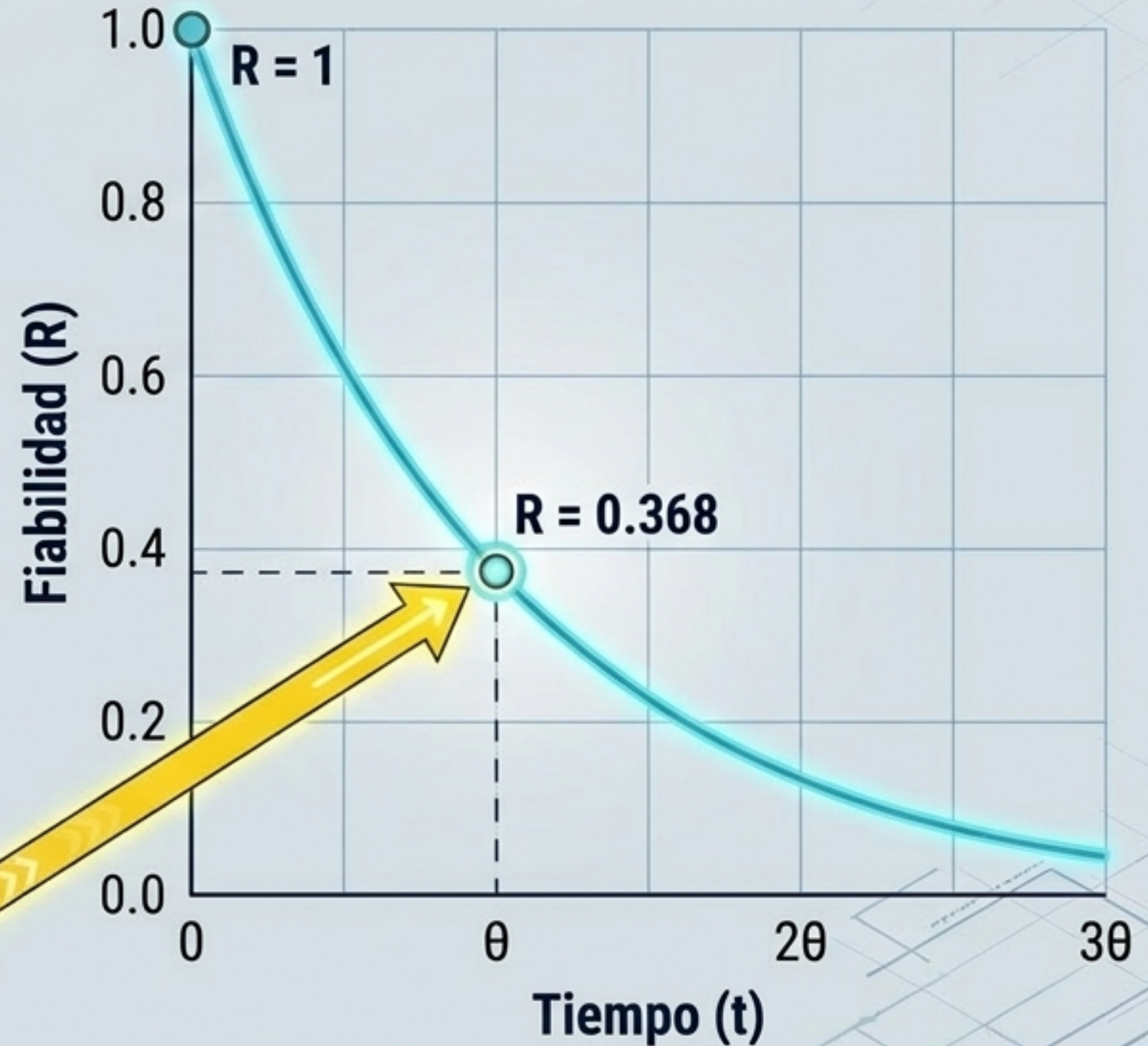
$$R(t) = e^{-\lambda t}$$

### Variables:

- **t**: Duración de la misión operativa (horas).
- **$\lambda$** : Tasa de fallos constante.
- **$\theta$** : Vida media teórica o TMEF ( $\theta = 1/\lambda$ ).

## El Umbral Estadístico Crítico

Al llegar a su "vida media" ( $\theta$ ), estadísticamente solo el 36.8% de las máquinas originales siguen funcionando sin sufrir fallos ( $R = 0.368$ ).

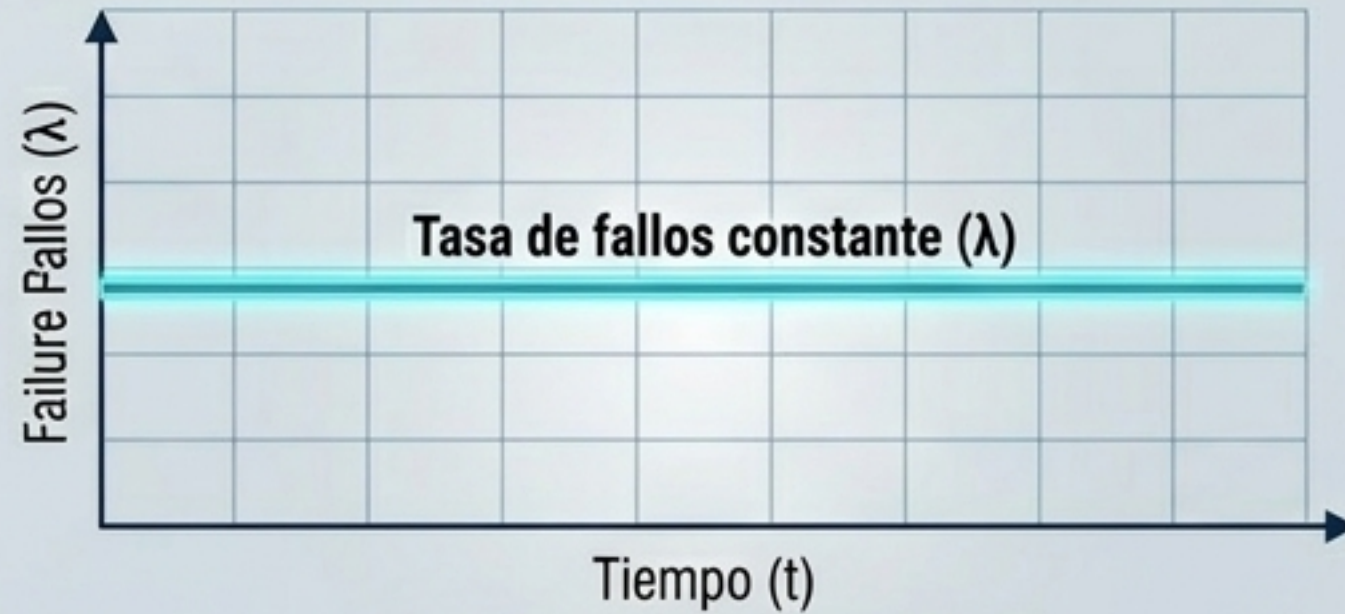


# La Curva de la Bañera: El Ciclo Estratégico de Vida



# Modelando la Incertidumbre: Exponencial vs. Weibull

## El Modelo Exponencial

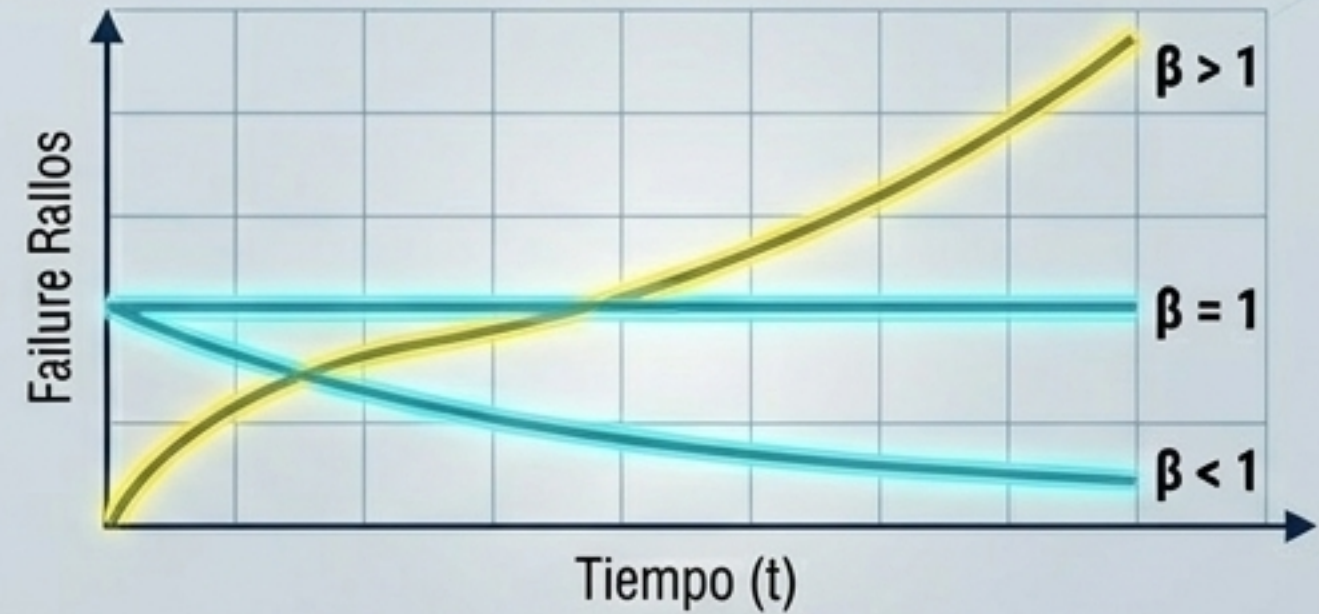


El fallo es puramente aleatorio e imprevisible. Es totalmente independiente de la vida acumulada por la máquina.

Útil exclusivamente en la fase central de "Vida Útil".

$$R(t) = e^{-\lambda t}$$

## La Función de Weibull



Un modelo adaptable que modela situaciones con tasas de fallo variables en el tiempo.

$$R(t) = e^{-(t/\theta)^\beta}$$

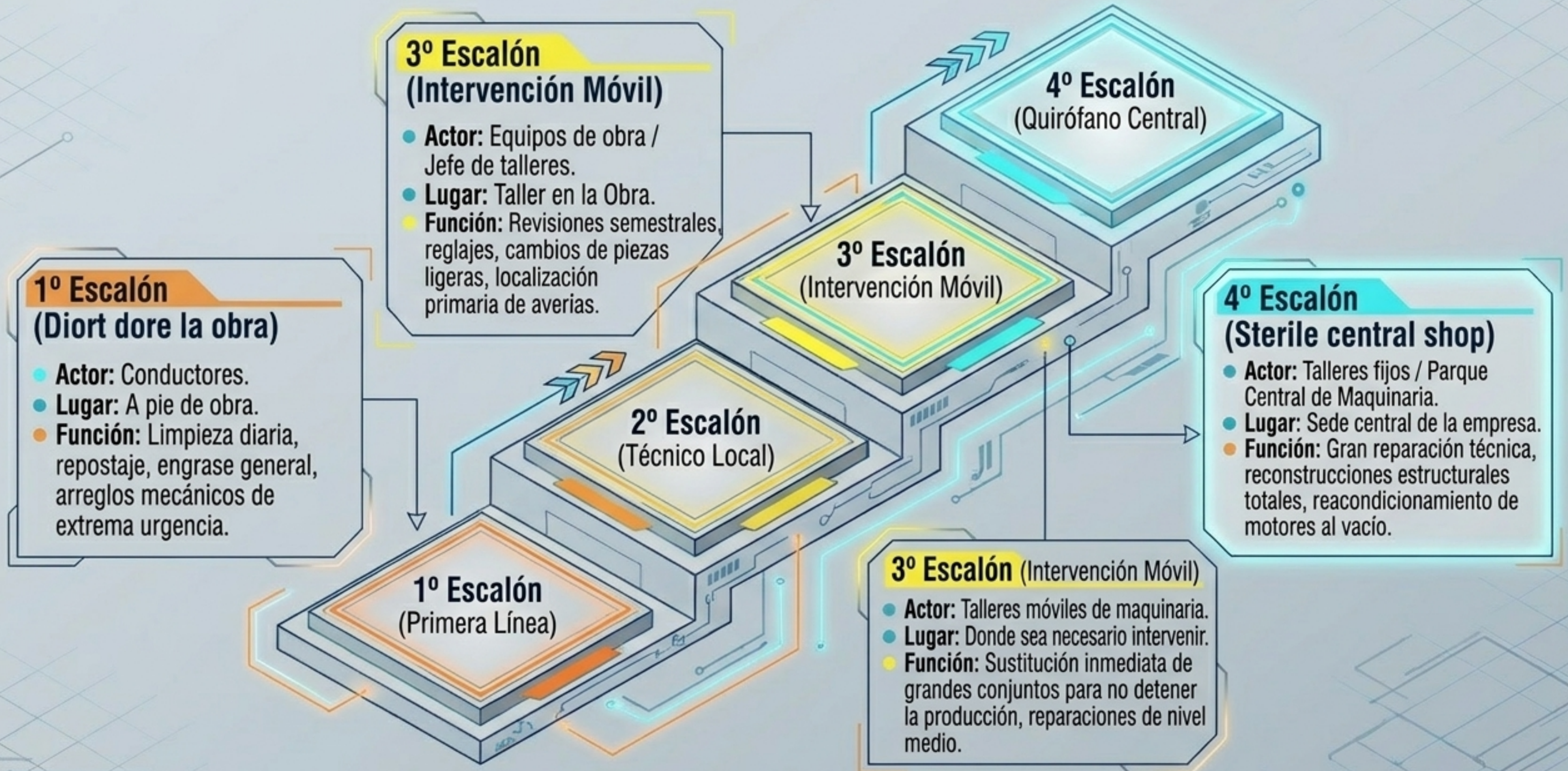
### El Anillo Decodificador $\beta$

- ↓  $\beta < 1$ : La tasa de fallos disminuye (Representa Mortalidad Infantil).
- $\beta = 1$ : Tasa de fallos constante (Equivale matemáticamente al modelo Exponencial).
- ↑  $\beta > 1$ : La tasa de fallos aumenta (Representa la Fase de Desgaste severo).

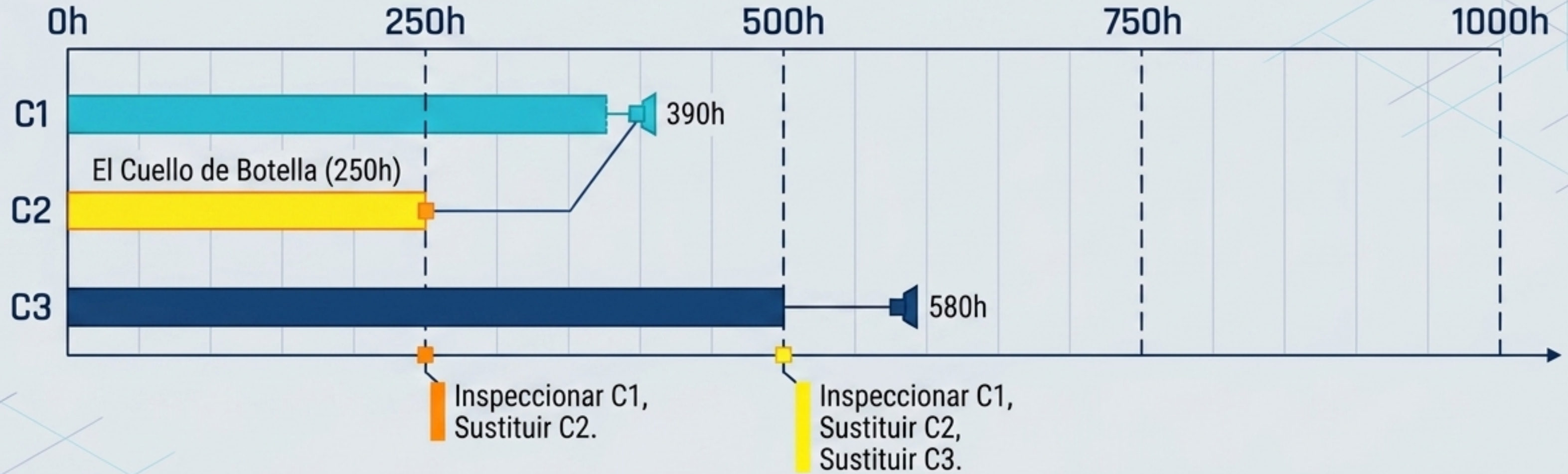
# El Espectro del Mantenimiento



# La Arquitectura de la Reparación: Los 4 Escalones



# El Método de la Pieza Crítica



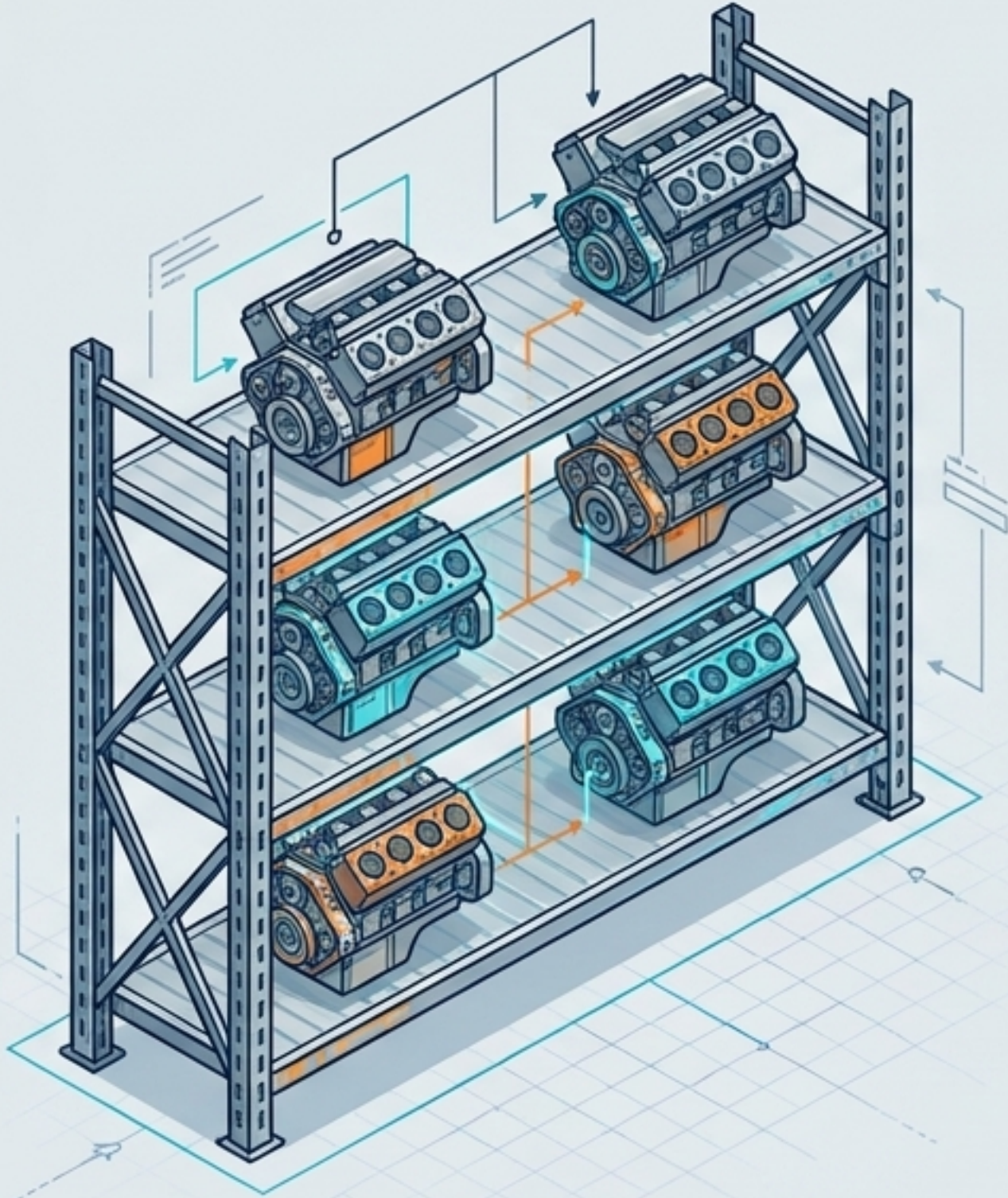
## Insight

El objetivo logístico no es estirar al máximo la vida útil de cada componente, sino sincronizar todo el plan de revisiones en múltiplos temporales de la pieza más frágil (250h).

## Conclusion

Al abrir el equipo el menor número de veces posible, se reducen drásticamente las paradas de producción.

# Inventario Matemático: Modelando Repuestos



## La Fórmula de Poisson

$$P(r) = \frac{[(\lambda t)^r e^{-\lambda t}]}{r!}$$

Calcula la probabilidad de agotamiento de stock.

## El Escenario Base

**Flota:** 3 camiones dumper.  
**Trabajo anual:** 1,600 horas.  
Tasa  $\lambda = 0.000625$  fallos/hora.

**Fallos esperados**  $(\lambda t) = 3$  fallos al año.

**Objetivo:** 90% de confianza estadística de no paralizar la flota por falta de piezas.

## La Acumulación de Probabilidades

Step 5: 5 repuestos = 91.6%

Step 1: +1 repuesto = 14.9%

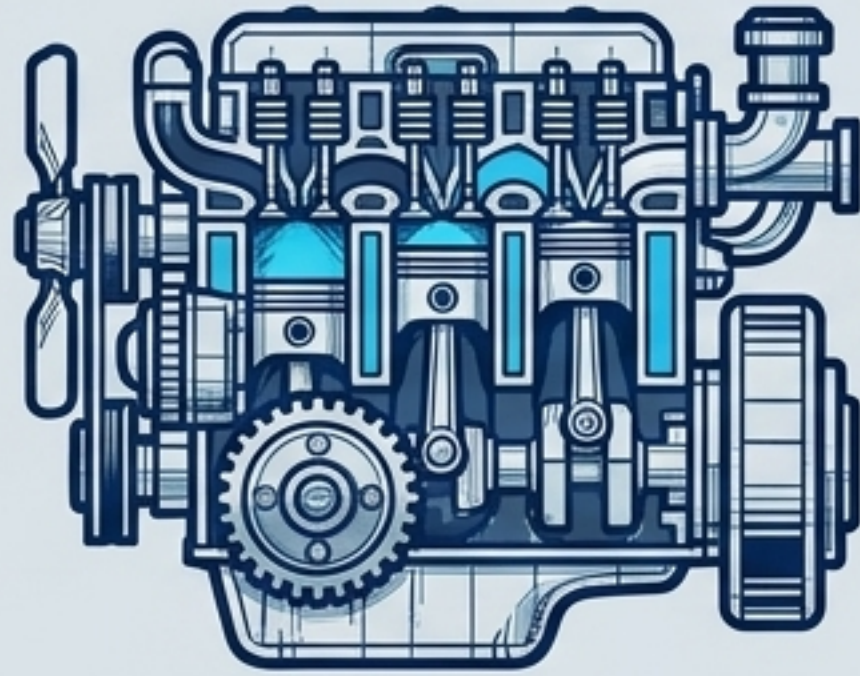
Step 0:  
0 repuestos = 4.9%

**Resultado:** Sumando probabilidades, llegamos al 91.6% exigido con exactamente 5 repuestos en almacén.

Las matemáticas transforman el inventario de una estimación ciega a una **ciencia exacta**.

# Diagnóstico Visual en Campo: Signos Vitales

## The Engine / Gases de Escape



### Humo Oscuro/Negro

**Diagnóstico:** Falta de aire en combustión.  
**Causa:** Revisar sistema de admisión, filtros obstruidos, falta de compresión o mal reglaje de válvulas. El motor perderá potencia de empuje.

### Humo Azulado

**Diagnóstico:** Quema de lubricante en cámara.  
**Causa:** Segmentos o camisas de pistones severamente desgastados. El aceite sube a la cámara de combustión.

### Humo Blanco

**Diagnóstico:** Presencia de aceite en el escape.  
**Causa:** Aceite o refrigerante filtrándose directamente al sistema de escape o culata.

## Tren de Rodaje (Orugas y Neumáticos)



El factor de coste kilométrico **más alto** tras el motor de la máquina.

**Regla de Oro:** Control estricto de presiones cada 2-3 días. Revisar abolladuras en llantas y corregir alineación de ejes inmediatamente para evitar el colapso y desgarró prematuro.

# Síntesis Operativa: Mantenimiento Productivo Total (TPM)

