

Resumen del Concepto de Seguridad en el Eurocódigo (DIN EN 1990 - 1998)

El Eurocódigo DIN EN 1990 establece los principios básicos para la planificación estructural, enfocándose en la seguridad, la funcionalidad y la durabilidad de las estructuras. El documento define dos estados límite clave:

- **Estado Límite Último (ELU):** Relacionado con la capacidad de carga y la seguridad estructural. Incluye la verificación contra el fallo estructural, la estabilidad global y la resistencia al fuego.
- **Estado Límite de Servicio (ELS):** Asegura la funcionalidad y el confort de la estructura, limitando las tensiones en los materiales, la fisuración y las deformaciones excesivas.

1. Factores Parciales de Seguridad (Teilsicherheitsbeiwerte)

Los **Factores Parciales de Seguridad** son factores que se aplican a las cargas y resistencias para cubrir las incertidumbres en el diseño estructural. Estos factores aumentan las cargas y/o reducen las resistencias para asegurar que la estructura sea segura bajo las condiciones más desfavorables.

| Tipo de Acción | Símbolo | Valor del Factor |
|------------------------------------|------------------|------------------|
| Cargas Permanentes (favorables) | $\gamma_{G,inf}$ | 1.0 |
| Cargas Permanentes (desfavorables) | $\gamma_{G,sup}$ | 1.35 |
| Cargas Variables | γ_Q | 1.5 |
| Cargas Sísmicas | γ_E | 1.0 |

| Material | Tipo de Resistencia | Símbolo | Valor del Factor (γ_M) |
|-----------------------------------|--|---------------|---------------------------------|
| Acero Estructural | Resistencia del acero | γ_{M0} | 1.0 |
| Concreto | Resistencia a la compresión | γ_c | 1.5 |
| Concreto | Resistencia a la tracción | γ_{ct} | 1.5 |
| Madera (Madera aserrada) | Resistencia a la flexión y compresión | γ_M | 1.3 |
| Madera (Madera laminada encolada) | Resistencia a la flexión y compresión | γ_M | 1.25 |
| Mampostería | Resistencia a la compresión | γ_M | 1.5 |
| Aluminio | Resistencia a la tracción y compresión | γ_{M1} | 1.1 |
| Aluminio | Resistencia al pandeo | γ_{M2} | 1.25 |

2. Reglas de Combinación de Cargas

El Eurocódigo establece reglas para combinar las diferentes acciones que actúan sobre una estructura, usando factores específicos para cada combinación. Las combinaciones de carga se

utilizan para verificar tanto el Estado Límite Último (ELU) como el Estado Límite de Servicio (ELS).

- **Combinación para ELU (Estado Límite Último):**
 - **Regla General:** $E_d = 1.35 \times G_k + 1.5 \times Q_k + \psi_0 \times Q_{var}$
Donde G_k es la carga permanente, Q_k es la carga variable principal, y Q_{var} son otras cargas variables con su factor de combinación correspondiente.
- **Combinación para ELS (Estado Límite de Servicio):**
 - **Combinación Frecuente:** $E_d = G_k + \psi_1 \times Q_k$
 - **Combinación Cuasi-permanente:** $E_d = G_k + \psi_2 \times Q_k$

3. Factores de Combinación (ψ)

Los factores de combinación ψ se aplican a las cargas variables para reflejar la probabilidad de que varias cargas máximas ocurran simultáneamente.

| Factor de Combinación | Símbolo | Aplicación | Valor Típico |
|---------------------------------|----------|---|--------------|
| Factor de Combinación Principal | ψ_0 | Para ELU en combinación con otras cargas | 0.7 |
| Factor de Frecuencia | ψ_1 | Para ELS, considerando cargas frecuentes | 0.5 |
| Factor Cuasi-permanente | ψ_2 | Para ELS, considerando condiciones normales | 0.3 |

4. Ejemplo de Combinación de Cargas

Considerando un edificio sometido a cargas permanentes (G), cargas variables como nieve (S), y viento (W):

- **ELU:** $E_d = 1.35 \times G + 1.5 \times S + 1.5 \times \psi_0 \times W$
- **ELS (Frecuente):** $E_d = G + 0.5 \times S + 0.5 \times W$

```
In [1]: # Ejemplo de uso
Gk = 50 # kN/m²
Qk = 20 # kN/m²
Sk = 10 # kN/m²
Wk = 15 # kN/m²
Ek = 25 # kN/m² (Carga Sísmica)

In [2]: # Combinaciones de Estado Límite Último (ELU)
ELU_1 = Gk * 1.35 + Qk * 1.5
ELU_2 = Gk * 1.35 + (Sk if Sk else 0) * 1.5
ELU_3 = Gk * 1.35 + (Wk if Wk else 0) * 1.5
ELU_4 = Gk * 1.0 + (Ek if Ek else 0) * 1.0 + Qk * 0.3

# Combinaciones de Estado Límite de Servicio (ELS)
ELS_frequent = Gk + Qk * 0.7
ELS_quasi_permanent = Gk + Qk * 0.3

print("Combinaciones según Eurocódigo")
```

```
print(f"ELU 1: {ELU_1}")
print(f"ELU 2 (con nieve): {ELU_2}")
print(f"ELU 3 (con viento): {ELU_3}")
print(f"ELU 4 (con sismo): {ELU_4}")
print(f"ELS Frecuente: {ELS_frequent}")
print(f"ELS Cuasi-permanente: {ELS_quasi_permanent}")
```

Combinaciones según Eurocódigo:

ELU 1: 97.5

ELU 2 (con nieve): 82.5

ELU 3 (con viento): 90.0

ELU 4 (con sismo): 81.0

ELS Frecuente: 64.0

ELS Cuasi-permanente: 56.0

Resumen del Concepto de Seguridad en el ASCE 7-22

1. Factores de Seguridad (Load and Resistance Factor Design - LRFD)

El **ASCE 7-22** utiliza el enfoque de **Load and Resistance Factor Design (LRFD)** para asegurar que las estructuras diseñadas sean seguras bajo condiciones extremas. En este enfoque, se aplican factores tanto a las cargas como a las resistencias. Estos factores se utilizan para aumentar las cargas aplicadas (factores de carga) y reducir las resistencias materiales (factores de resistencia), garantizando un margen de seguridad adecuado.

2. Reglas de Combinación de Cargas

El ASCE 7-22 establece reglas específicas para combinar las diferentes cargas que actúan sobre una estructura. Estas combinaciones se utilizan para verificar la seguridad de la estructura en diferentes escenarios de diseño:

- **Combinaciones LRFD:**
 - **Combinación Básica:** $1.2 \times D + 1.6 \times L + 0.5 \times (L_r + S + R)$
 - **Combinación con Viento:** $1.2 \times D + 1.0 \times W + 1.0 \times L + 0.5 \times (L_r + S + R)$
 - **Combinación con Sismo:** $1.2 \times D + 1.0 \times E + 1.0 \times L + 0.2 \times S$
- **Combinaciones ASD (Allowable Stress Design):**
 - **Combinación Básica:** $D + L + (L_r \text{ o } S \text{ o } R)$
 - **Combinación con Viento:** $D + W + L + 0.5 \times (L_r + S + R)$
 - **Combinación con Sismo:** $D + E + L + 0.2 \times S$

3. Factores de Reducción de Resistencia (ϕ)

En el enfoque LRFD, se utilizan factores de reducción de resistencia para ajustar las capacidades nominales de los materiales, asegurando que las estructuras mantengan un margen de seguridad:

| Material | Símbolo | Factor de Reducción |
|----------|---------|---------------------|
| Acero | ϕ | 0.9 |

| Material | Símbolo | Factor de Reducción |
|-------------|---------|---------------------|
| Concreto | ϕ | 0.85 |
| Madera | ϕ | 0.75 |
| Mampostería | ϕ | 0.6 |

4. Ejemplo de Combinación de Cargas

Considerando un edificio sometido a cargas muertas (D), cargas vivas (L), y carga de viento (W):

- **LRFD con Viento:** $E_d = 1.2 \times D + 1.0 \times W + 1.0 \times L + 0.5 \times S$
- **ASD con Viento:** $E_d = D + W + L + 0.5 \times S$

```
In [3]: # Combinaciones LRFD
LRFD_1 = 1.2 * Gk + 1.6 * Qk
LRFD_2 = 1.2 * Gk + 1.6 * (Sk if Sk else 0)
LRFD_3 = 1.2 * Gk + 1.6 * (Wk if Wk else 0)
LRFD_4 = 1.0 * Gk + (Ek if Ek else 0) * 1.0 + 0.5 * (Sk if Sk else 0) + 0.2 * Qk

# Combinaciones ASD
ASD_1 = Gk + Qk
ASD_2 = Gk + (Sk if Sk else 0)
ASD_3 = Gk + (Wk if Wk else 0)
ASD_4 = Gk + (Ek if Ek else 0)

print("\nCombinaciones según ASCE 7-22:")
print(f"LRFD 1: {LRFD_1}")
print(f"LRFD 2 (con nieve): {LRFD_2}")
print(f"LRFD 3 (con viento): {LRFD_3}")
print(f"LRFD 4 (con sismo): {LRFD_4}")
print(f"ASD 1: {ASD_1}")
print(f"ASD 2 (con nieve): {ASD_2}")
print(f"ASD 3 (con viento): {ASD_3}")
print(f"ASD 4 (con sismo): {ASD_4}")
```

Combinaciones según ASCE 7-22:

```
LRFD 1: 92.0
LRFD 2 (con nieve): 76.0
LRFD 3 (con viento): 84.0
LRFD 4 (con sismo): 84.0
ASD 1: 70
ASD 2 (con nieve): 60
ASD 3 (con viento): 65
ASD 4 (con sismo): 75
```