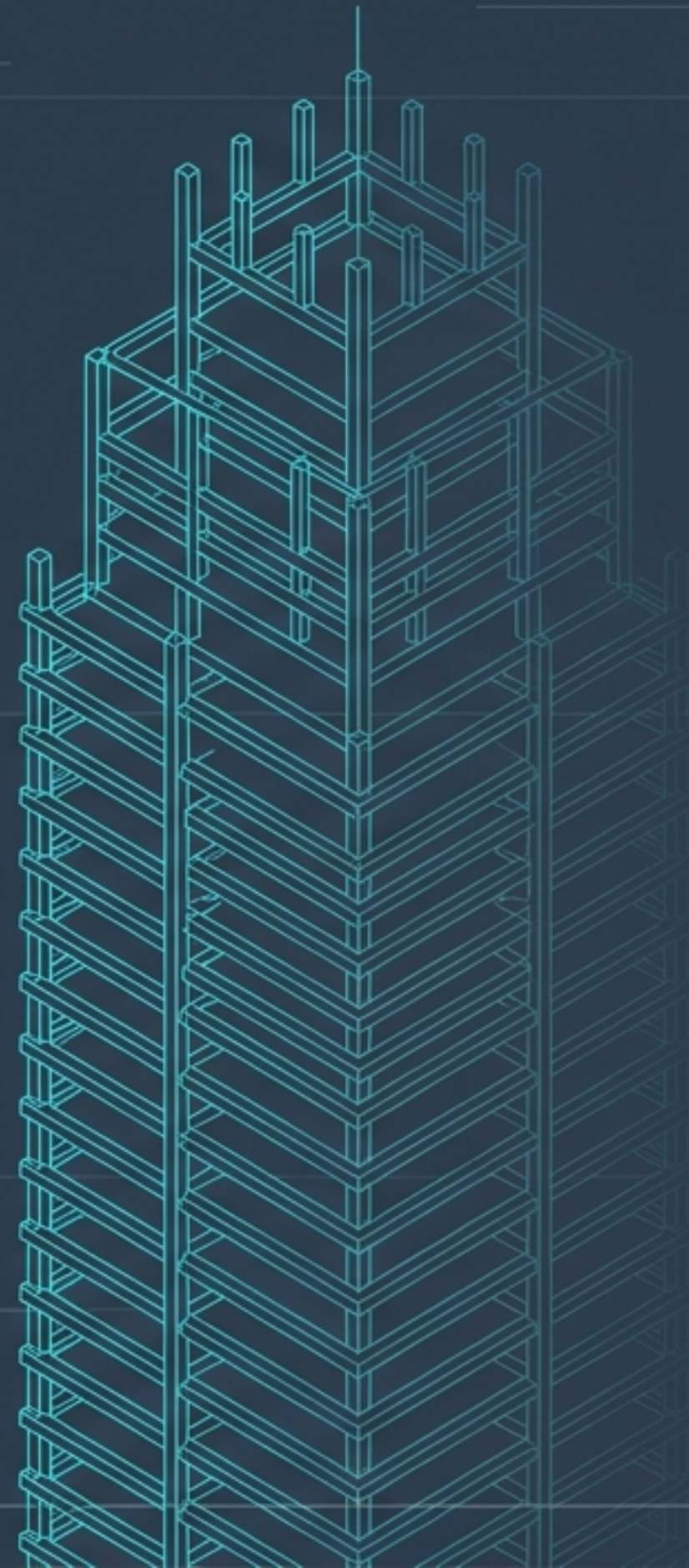


Optimización Algorítmica para la Construcción Vertical Sostenible

Cómo el algoritmo MOPSO y los materiales de alta resistencia resuelven la paradoja geométrica y ambiental en columnas compuestas.

Un Resumen Técnico y de Viabilidad



El Costo Oculto de la Verticalización Global



La demanda de rascacielos es inevitable, pero los métodos tradicionales son insostenibles. Se requieren soluciones de ingeniería que mantengan la rentabilidad y la seguridad estructural, mientras reducen drásticamente la dependencia de materiales de alta emisión.

32%

Consumo de energía global del sector construcción.



34%

Emisiones globales de CO₂ provenientes de edificios.

18%

Fracción de emisiones atribuidas exclusivamente al cemento y al acero.

El Motor Computacional: Algoritmo MOPSO



Multi-Objective Particle Swarm Optimization (MOPSO) navega este complejo espacio tridimensional para encontrar compromisos matemáticamente perfectos sin sacrificar la seguridad.

Disección de las 5 Variables de Diseño

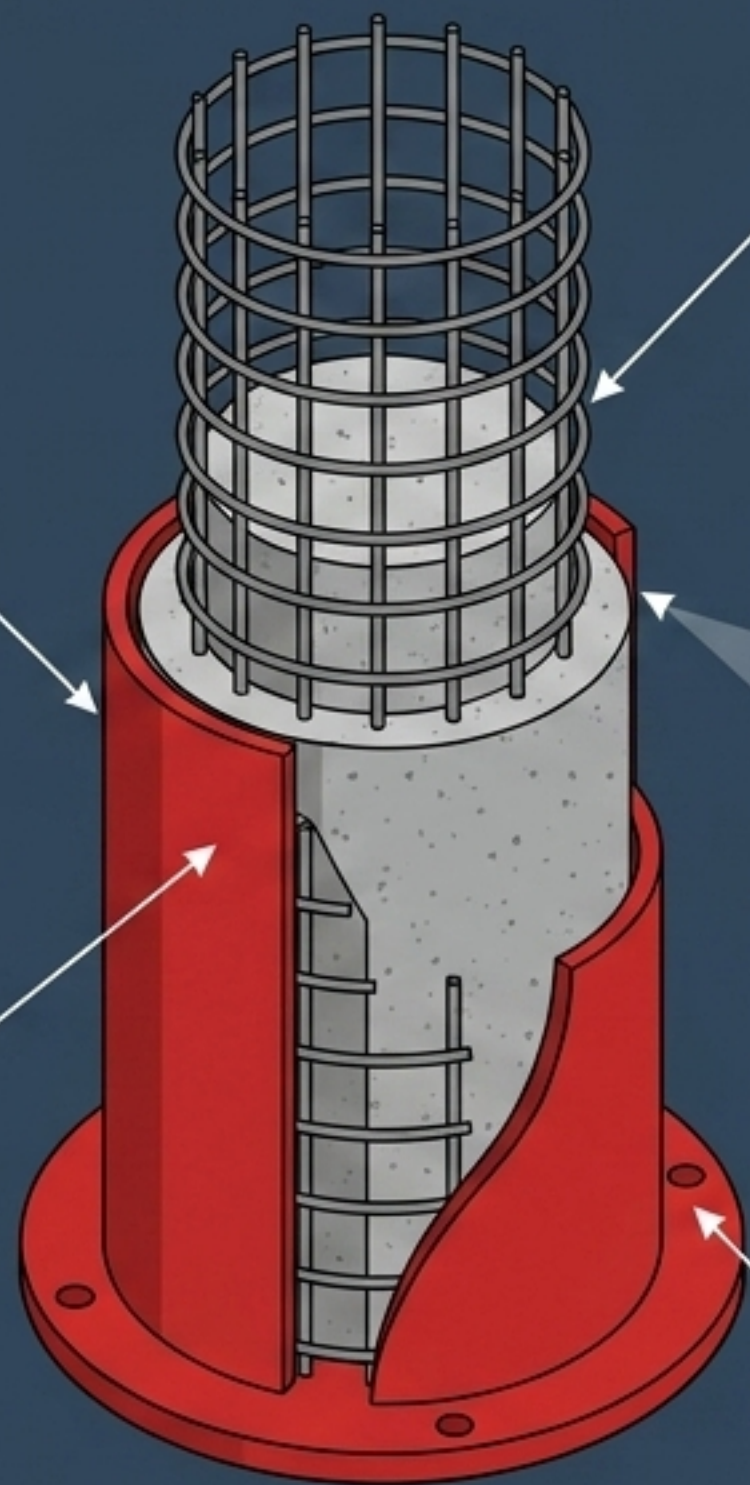
x_1 : Catálogo de Perfiles
(Tubo de acero externo)

x_2 : Resistencia del Hormigón
(Núcleo interno, 25 a 90 MPa)

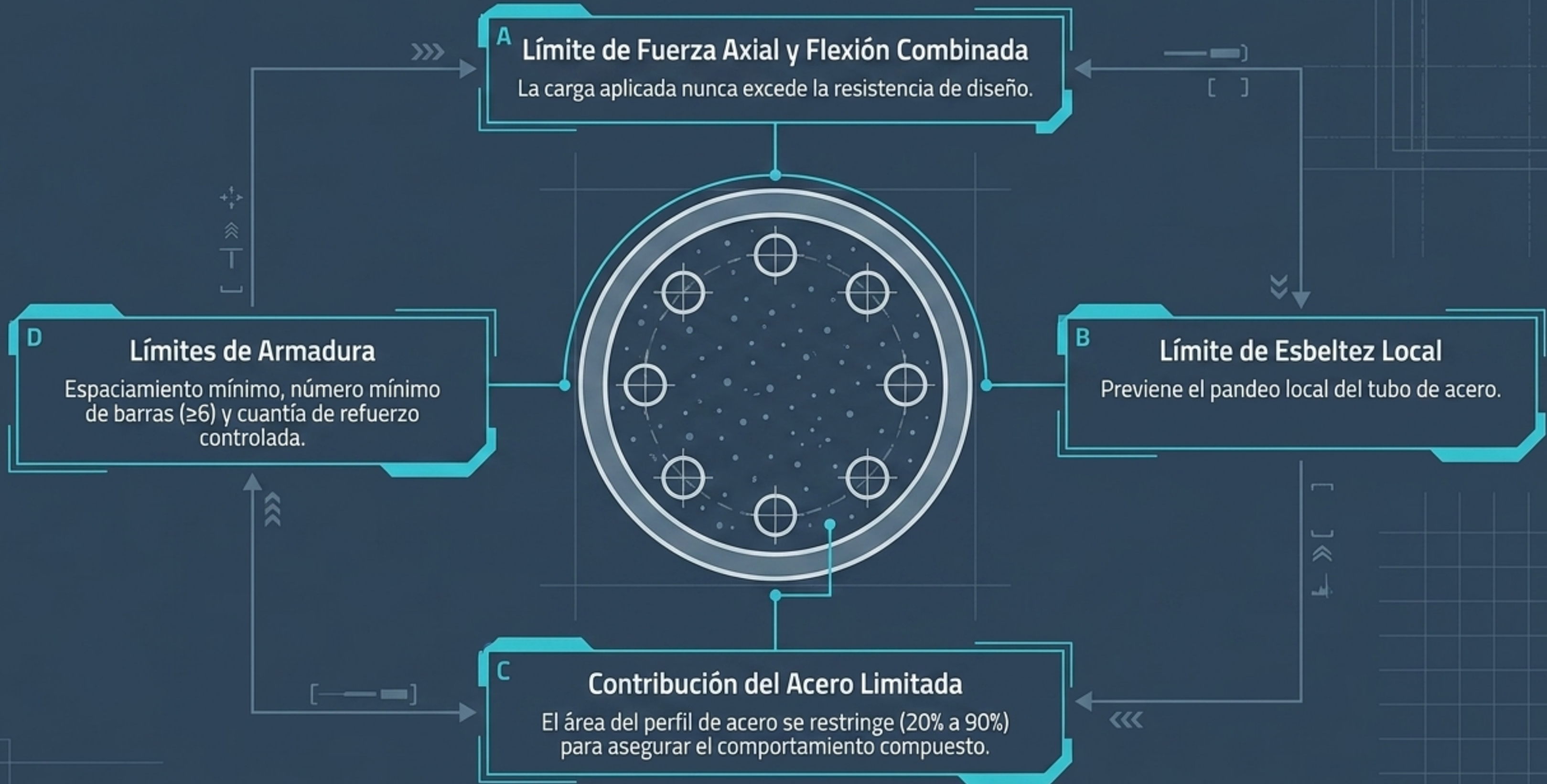
x_3 : Cantidad de Barras
(Armadura longitudinal)

x_4 : Diámetro de Barras
(8.0 mm a 20.0 mm)

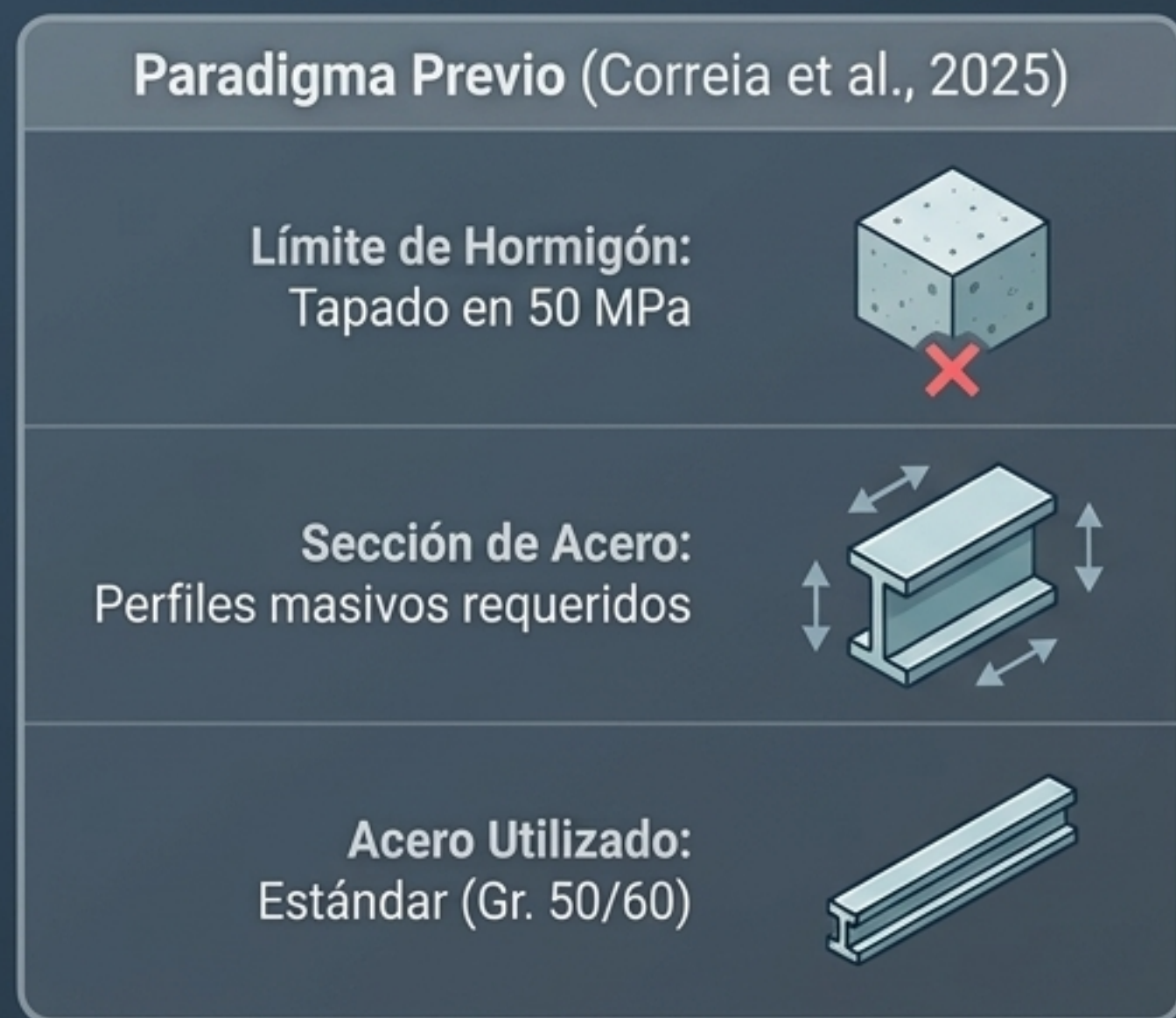
x_5 : Límite Elástico del Acero
(345 a 485 MPa)



Mapeo de Restricciones Estructurales (Norma NBR 16239)

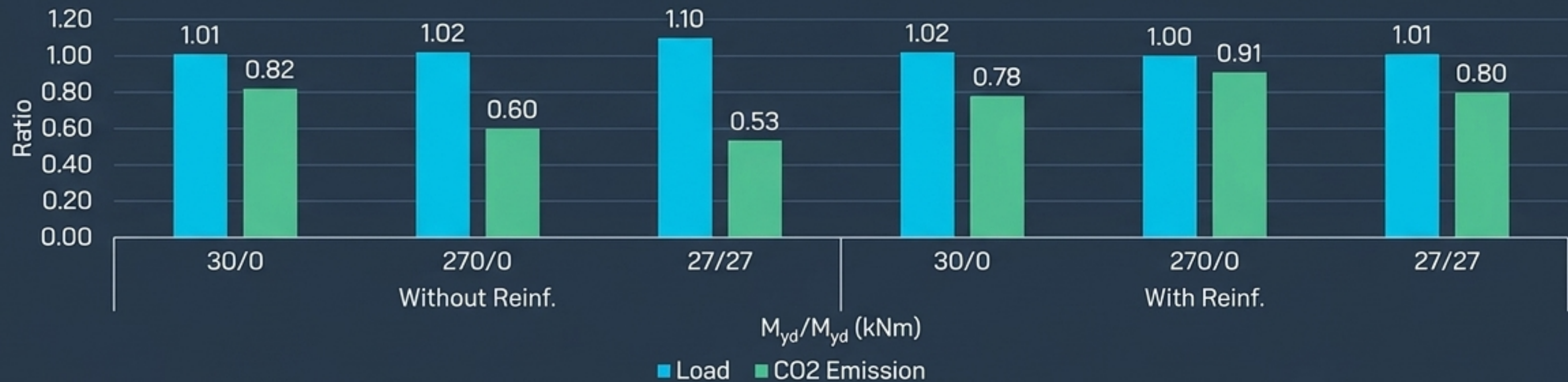


El Cambio de Paradigma: Superando el Límite de 50 MPa



Al permitir que el algoritmo explore hormigones de ultra-alta resistencia (>80 MPa), se desbloquean reducciones geométricas masivas en el acero.

Resultados: Mayor Capacidad, Menor Impacto



La Paradoja del Material

¿Cómo un hormigón de mayores emisiones genera un pilar más ecológico?

Alta emisión
por m³: 650 kgCO₂

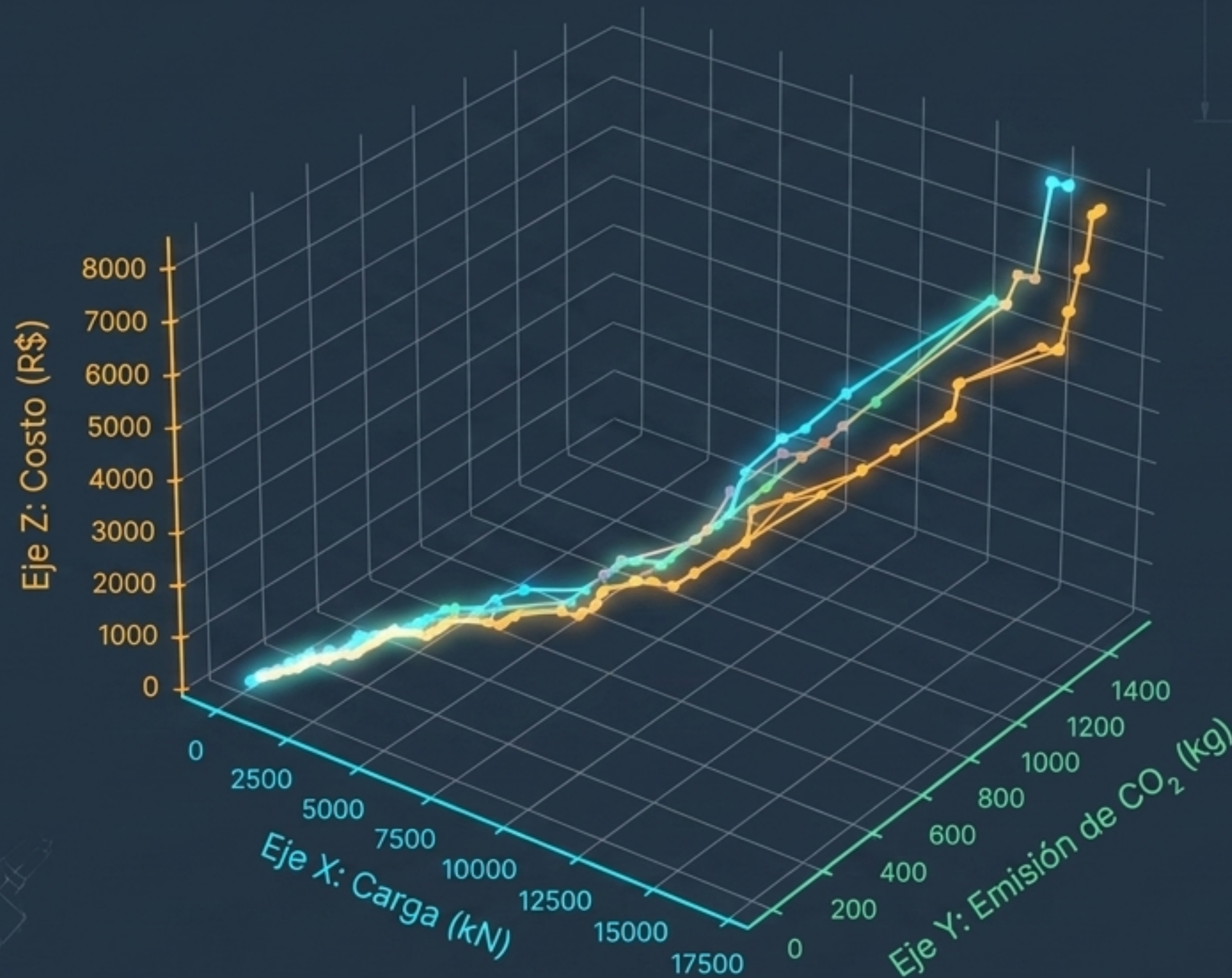


Reducción
drástica de uso:
~2.10 kgCO₂ por kg



El hormigón de 90 MPa emite más CO₂ por metro cúbico que el de 50 MPa. Sin embargo, su extrema resistencia permite reducir drásticamente el tamaño del perfil de acero requerido. Dado que la producción de acero es exponencialmente más intensiva en carbono por volumen, el balance total del sistema resulta en una reducción masiva de emisiones globales.

Navegando la Frontera de Pareto en 3D

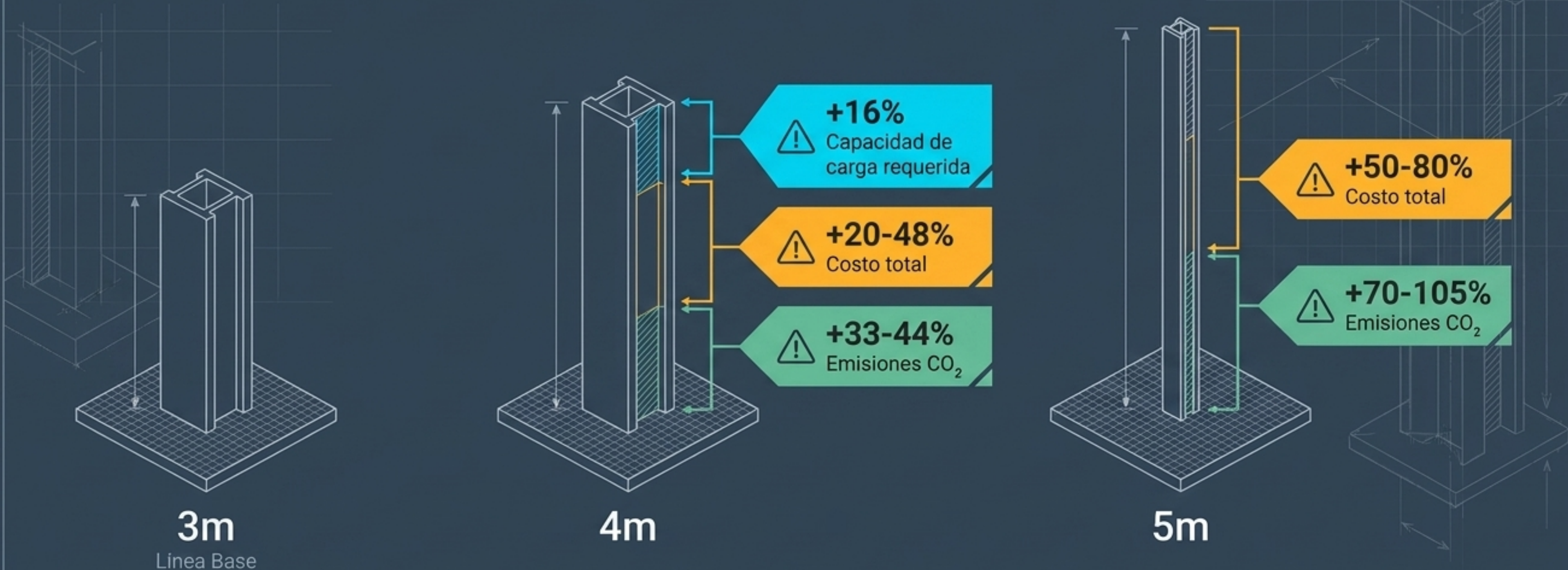


El algoritmo no dicta una única solución, sino que genera una “**Frontera Óptima**”.

Cada punto en esta línea representa un diseño donde es **matemáticamente imposible** mejorar **el costo o las emisiones** sin sacrificar la capacidad de carga.

El ingeniero elige el equilibrio exacto.

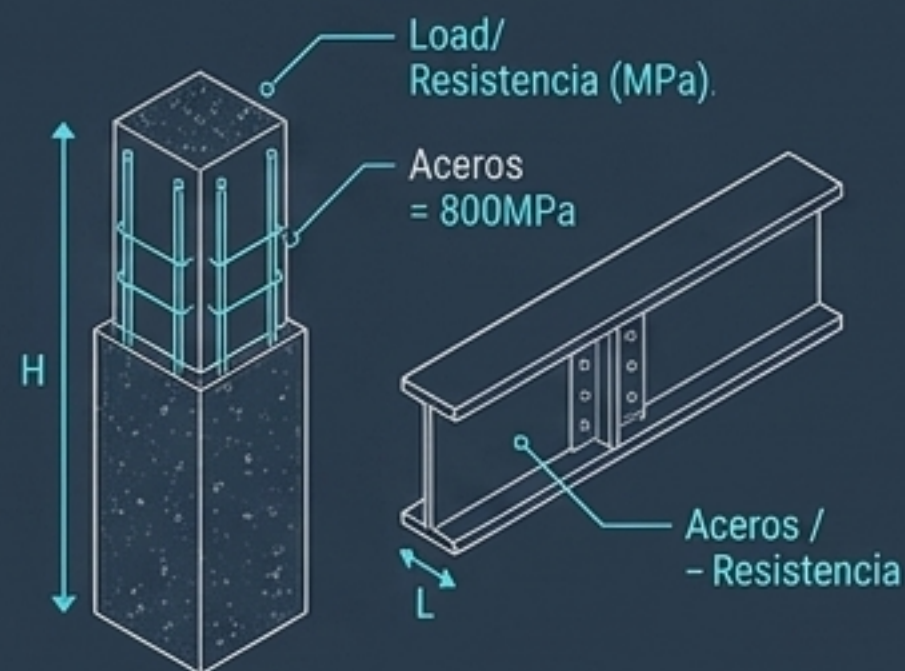
La Penalización Geométrica de la Esbeltez



La esbeltez no es solo un criterio de diseño estructural; es el principal multiplicador del costo financiero y el impacto ambiental del proyecto.

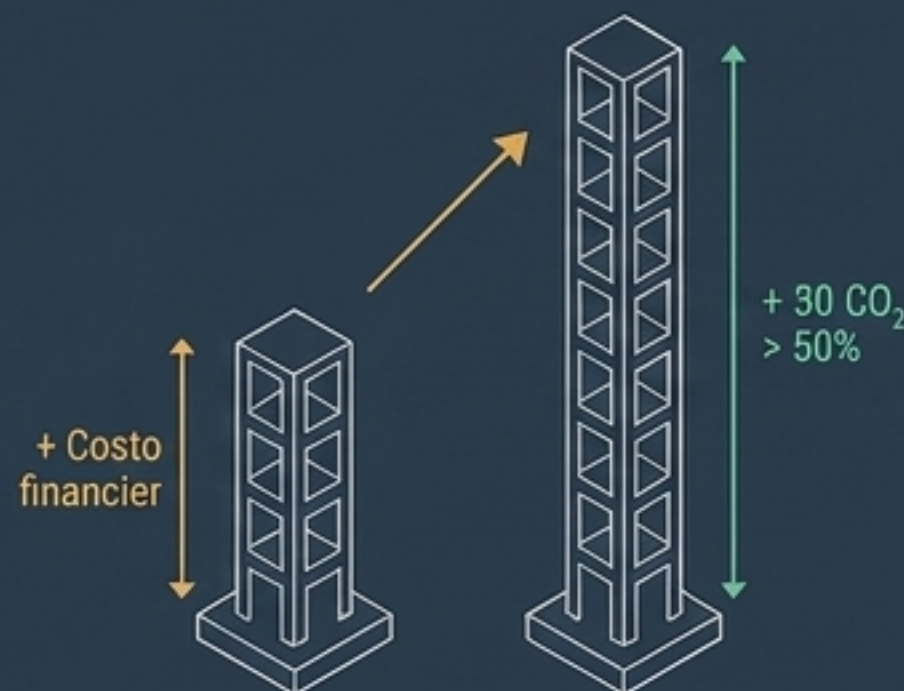
El Nuevo Plano Sostenible para la Construcción

Pilar 1 Especificar Alta Resistencia



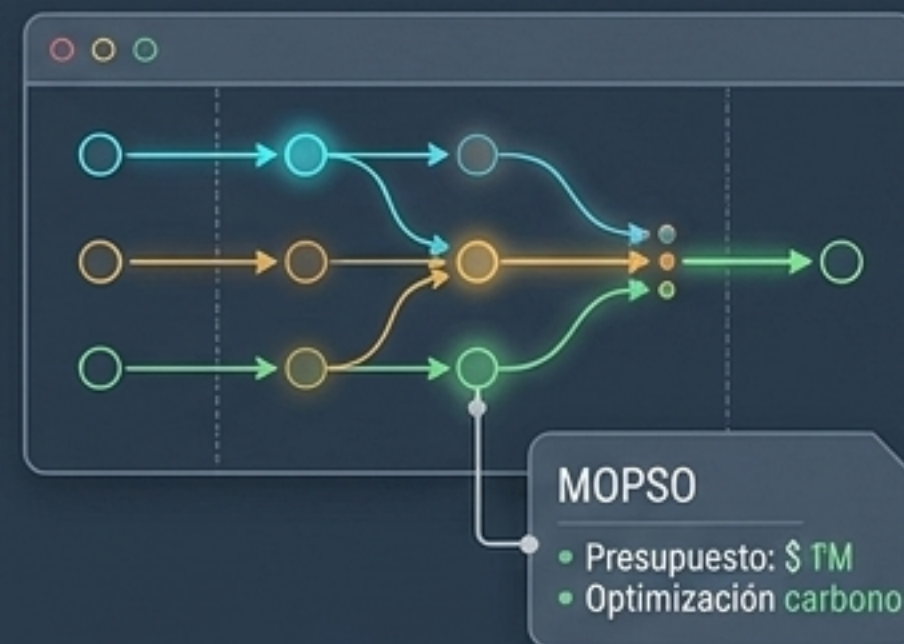
El estándar futuro exige hormigones de 80-90 MPa combinados con aceros de alto límite elástico (ASTM A572 Gr. 65 / A913 Gr. 70).

Pilar 2 Minimizar Esbeltez Libre



Cada metro extra sin soporte duplica la huella de carbono y el costo financiero. El diseño arquitectónico debe integrarse con la física estructural.

Pilar 3 Diseño Algorítmico Obligatorio



La optimización humana iterativa ha llegado a su límite. Algoritmos como MOPSO son esenciales para navegar presupuestos de carbono estrictos.



Alineado con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de la ONU.