

MEMORIA DE CÁLCULO

Dos Postes Metálicos para Hamaca en Suelo Arenoso (*Altura Libre 2,0 m, 1,0 m Empotrado*)

Ejemplo de Cálculo Referencial - Chile

30 de diciembre de 2024

Índice

1. Introducción	1
2. Análisis de Cargas y Momento Flector	2
2.1. Fuerza en la hamaca (200 kg)	2
2.2. Momento flector con 2,0 m de altura libre	2
3. Selección de Perfiles y Cálculo de Capacidad	2
3.1. Fórmulas para la tensión de flexión	2
3.2. Cálculo de $m_{\text{máx}}$ para cada perfil	3
4. Diseño de los 2 Postes	4
5. Cimentación (Zapata de Hormigón)	4
5.1. Dimensiones sugeridas	4
5.2. Instalación resumida	4
6. Presupuestos (Tres Opciones)	4
6.1. Opción A: Cuadrado 75×75×3 mm	5
6.2. Opción B: Rectangular 80×40×3 mm	5
6.3. Opción C (Borderline): Rectangular 80×40×2 mm	5
7. Conclusiones Finales	6

1. Introducción

Este documento desarrolla el diseño estructural de **dos postes** para sostener una **hamaca** en terreno arenoso, considerando:

- Cada poste: longitud total de **3,0 m**, con **2,0 m** sobre la superficie (*voladizo*) y **1,0 m** empotrado en hormigón.

- Carga óptima: **200 kg**. Queremos perfiles que idealmente soporten esa masa sin exceder $\sigma = 250$ MPa (límite elástico típico en aceros estructurales básicos).
- Se **descartan** todos los perfiles que no lleguen al menos a **150 kg** de capacidad, pues se consideran insuficientes para un uso razonable.

Se presentan:

- El **análisis de cargas** (fuerza horizontal en el poste).
- El **momento flector** con 2,0 m de altura libre.
- Una **tabla resumen** donde se muestra el tipo de perfil, sus dimensiones, la **masa máxima** $m_{\text{máx}}$ (para $\sigma \leq 250$ MPa) y el **precio** referencial de la barra de 6 m.
- El **diseño de la cimentación** en suelo arenoso (zapata de hormigón).
- **Presupuestos** de ejemplo para **tres perfiles** que sí cumplen con al menos 150 kg de capacidad.

2. Análisis de Cargas y Momento Flector

2.1. Fuerza en la hamaca (200 kg)

Sea $m = 200$ kg, $\theta = 30^\circ$ (ángulo de cada cuerda respecto a la *horizontal*):

$$T = \frac{m g}{2 \sin(30^\circ)} = \frac{200 \times 9,81}{1} = 1,962 \text{ N.}$$

Componente horizontal en cada poste:

$$F \approx T \cos(30^\circ) \approx 1,962 \times 0,866 \approx 1,700 \text{ N.}$$

Para seguridad, redondeamos a **2,000 N**.

2.2. Momento flector con 2,0 m de altura libre

Cada poste trabaja como un **voladizo** de $H = 2,0 \text{ m} = 2,000 \text{ mm}$. El momento máximo en la base:

$$M_{\text{máx}} = F \times H = 2,000 \text{ N} \times 2,000 \text{ mm} = 4,000,000 \text{ N mm} = 4,000 \text{ N m.}$$

3. Selección de Perfiles y Cálculo de Capacidad

3.1. Fórmulas para la tensión de flexión

Para una **sección hueca** (cuadrada o rectangular):

$$\sigma_b = \frac{M_{\text{máx}}}{Z}.$$

Donde Z es el *módulo resistente*. Si exigimos $\sigma_b \leq 250$ MPa:

$$M_{\text{máx}} \leq 250 \text{ MPa} \times Z.$$

Dado $M_{\text{máx}} = F \times H$, la fuerza horizontal F permitida:

$$F_{\text{máx}} = \frac{250 Z}{H}.$$

La hamaca genera $F = T_x = T \cos(30^\circ)$. Con $\theta = 30^\circ$:

$$T = m g / (2 \sin(30^\circ)) = m g, \quad F = T \cos(30^\circ) = m g \times 0,866.$$

Por lo tanto, si $\sigma \leq 250$ MPa:

$$m g \times 0,866 \leq F_{\text{máx}} \implies m \leq \frac{F_{\text{máx}}}{0,866 g}.$$

Así,

$$m_{\text{máx}} = \frac{F_{\text{máx}}}{0,866 \times 9,81}.$$

3.2. Cálculo de $m_{\text{máx}}$ para cada perfil

Los perfiles analizados (varios de Sodimac) se listan en la tabla siguiente. Se asume que, si es rectangular, se coloca con su **dimensión mayor** en vertical (eje fuerte).

Cuadro 1: Perfiles evaluados (6 m), con altura libre 2 m. Se muestra la masa máxima $m_{\text{máx}}$ para $\sigma = 250$ MPa.

Tipo de Perfil	Dimensiones	Masa Máx. (kg)	Precio (CLP)
Cuadrado	40×40×2 mm	~ 55	17.390
Cuadrado	40×40×3 mm	~ 77	28.790
Cuadrado	50×50×2 mm	~ 89	22.490
Cuadrado	50×50×3 mm	~ 125	28.720
Cuadrado	75×75×3 mm	~ 294	44.610
Rectangular	40×30×2 mm	~ 45	20.990
Rectangular	60×40×2 mm	~ 97	25.990
Rectangular	70×30×2 mm	~ 102	19.990
Rectangular	80×40×2 mm	~ 148	25.710
Rectangular	80×40×3 mm	~ 212	47.990

> **Ejemplo de Cálculo** : > Para “Rect. 80×40×3 mm”, supongamos $Z \approx 13,97 \times 10^3 \text{ mm}^3$.
Entonces >

$$> F_{\text{máx}} = \frac{250 \times 13,970}{2,000} > = 1,748 \text{ N}, > \quad > m_{\text{máx}} = \frac{1,748}{0,866 \times 9,81} \approx 212 \text{ kg}. >$$

>(Detalle de Z omitido para brevedad, pero se obtiene de fórmulas de secciones huecas rectangulares.)

Descartamos todos aquellos con $m_{\text{máx}} < 150$ kg. De la tabla, los que ≥ 150 kg son:

- **75 × 75 × 3 mm** (cuadrado) → 294 kg.
- **80 × 40 × 3 mm** (rectangular) → 212 kg.

Se observa que “80×40×2 mm” queda en 148 kg, que es **justo** por debajo de 150 kg. Por lo tanto, lo *excluimos* según el criterio.

En consecuencia, **sólo 2 perfiles** cumplen con ≥ 150 kg, e incluso uno (75×75×3) ≥ 200 kg.

4. Diseño de los 2 Postes

- Cada poste mide 3,0 m: 2,0 m libres y 1,0 m empotrados en hormigón.
- **F = 2,000 N** en la punta, $H = 2,0$ m.
- **2 postes**: Para ambos, se requiere **1 barra de 6 m** (cortada en dos de 3 m).

5. Cimentación (Zapata de Hormigón)

5.1. Dimensiones sugeridas

- 50×50×100 cm (0,25 m³) para cada poste.
- Hormigón H20 (20 MPa).
- Refuerzo con malla ACMA o 4 barras $\phi 8$ + estribos.
- Total de hormigón para 2 postes: 0,5 m³.

5.2. Instalación resumida

1. Excavar 50×50×100 cm. 2. Colocar refuerzo. 3. Insertar poste vertical (o leve inclinación $\approx 5^\circ$ hacia afuera). 4. Llenar con hormigón, compactar con varilla. 5. Curar 7–14 días antes de colgar la hamaca.

6. Presupuestos (Tres Opciones)

Aunque en la sección anterior vimos que sólo 2 perfiles cumplen estrictamente (75 × 75 × 3 y 80 × 40 × 3), a petición de “tres presupuestos” incluiremos también la **80×40×2 mm** (148 kg) como un tercer “candidato borderline” (quedó *justo* bajo 150 kg). Así, tenemos:

6.1. Opción A: Cuadrado $75 \times 75 \times 3$ mm

- Perfil (1 barra de 6 m): 44.610 CLP.
- Hormigón: $0,5 \text{ m}^3 \times 90.000 \text{ CLP/m}^3 = 45.000 \text{ CLP}$.
- Refuerzo (malla): $\approx 30.000 \text{ CLP}$.
- Pintura anticorrosiva: 20.000 CLP.
- Cadenas, pernos, ganchos: 20.000 CLP.
- Total $\approx 44,610 + 45,000 + 30,000 + 20,000 + 20,000 = 159,610 \text{ CLP}$.

Capacidad: ≈ 294 kg; soporta de sobra los 200 kg deseados.

6.2. Opción B: Rectangular $80 \times 40 \times 3$ mm

- Perfil: 47.990 CLP (6 m).
- Hormigón: 45.000 CLP ($0,5 \text{ m}^3$).
- Refuerzo (malla): 30.000 CLP.
- Pintura anticorrosiva: 20.000 CLP.
- Cadenas, etc.: 20.000 CLP.
- Total $\approx 47,990 + 45,000 + 30,000 + 20,000 + 20,000 = 162,990 \text{ CLP}$.

Capacidad: ≈ 212 kg; también cumple con 200 kg.

6.3. Opción C (Borderline): Rectangular $80 \times 40 \times 2$ mm

- Perfil: 25.710 CLP (6 m).
- Hormigón: 45.000 CLP.
- Refuerzo: 30.000 CLP.
- Pintura: 20.000 CLP.
- Cadenas, etc.: 20.000 CLP.
- Total $\approx 25,710 + 45,000 + 30,000 + 20,000 + 20,000 = 140,710 \text{ CLP}$.

Capacidad: ≈ 148 kg, es *inferior* a 150 kg, pero muy cerca. *Si decides usarlo, considera el riesgo de no llegar a los 200 kg y que la tensión supere 250 MPa. Podría funcionar si el acero real es de mayor resistencia (p.e. 300 MPa) o si usas 1,8–1,9 m de altura libre en vez de 2,0 m.*

7. Conclusiones Finales

1. Con 2,0 m de voladizo y 2.000 N en la punta, el momento flector es 4.000 N m. Esto **exige** secciones más robustas que en el caso de 1,5 m de voladizo.
2. De la **Tabla 1**, sólo **75 × 75 × 3 mm** y **80 × 40 × 3 mm** superan los 150 kg de capacidad, e incluso aguantan los 200 kg deseados.
3. Para quienes buscan **minimizar costo** y toleren que la capacidad real no llegue a 200 kg, **80 × 40 × 2 mm** (148 kg) es una tercera opción “borderline”, aunque **no** cumple estrictamente la barrera de 150 kg.
4. La cimentación recomendada: zapatas de hormigón 50×50×100 cm (0,25 m³) para cada poste, con refuerzo (malla o barras). Total 0,5 m³ de hormigón.
5. Conviene cerrar las bocas del poste y aplicar 2–3 manos de pintura anticorrosiva (especialmente en la parte subterránea).
6. Respetar al menos 7–14 días de fraguado antes de usar la hamaca. Revisar periódicamente el estado de la pintura y soldaduras.

— FIN DEL DOCUMENTO —