INFORME TÉCNICO DE INGENIERÍA ESTRUCTURAL

EVALUACIÓN DE VIABILIDAD PARA INSTALACIÓN DE PANELES SOLARES EN CUBIERTA

PROYECTO: Instalación de Paneles Solares sobre losa maciza en cubierta transitable.

UBICACIÓN: Palacio de Justicia - Ciudad de Pereira

FECHA: Noviembre 16 de 2025

ELABORADO POR: Concepto Técnico Estructural

---

1. OBJETO

El presente informe tiene por objeto evaluar la viabilidad estructural de la instalación de un sistema de paneles solares fotovoltaicos sobre la cubierta del Palacio de Justicia de Pereira, verificando que las cargas adicionales generadas por los módulos solares y su estructura de soporte no comprometan la seguridad estructural de la edificación existente.

2. ALCANCE

El análisis comprende:

- Evaluación de cargas muertas existentes y disponibles según estudio de vulnerabilidad sísmica
- Cuantificación de cargas adicionales por paneles solares y estructura de soporte
- Verificación de cumplimiento con NSR-10 (Títulos A, B y C)
- Análisis de combinaciones de carga
- Concepto de viabilidad estructural

3. NORMATIVA APLICABLE

- **NSR-10 Título A:** Requisitos generales de diseño y construcción sismo resistente
- **NSR-10 Título B:** Cargas (Capítulos B.3 - Cargas muertas, B.4 - Cargas vivas)
- **NSR-10 Título C:** Concreto estructural

4. INFORMACIÓN BASE

4.1 Características de la Estructura Existente

Según el estudio de vulnerabilidad sísmica del edificio (página 191 de 193), la losa de cubierta presenta las siguientes características:

Composición de la losa de cubierta:

Elemento	Peso Unitario	Espesor	Carga (kg/m²)
Losa en concreto	2400 kg/m³	0.10 m	240
Mortero de nivelación	3000 kg/m³	0.03 m	90
Impermeabilización	10 kg/m²	-	10
CARGA MUERTA REAL			**340**

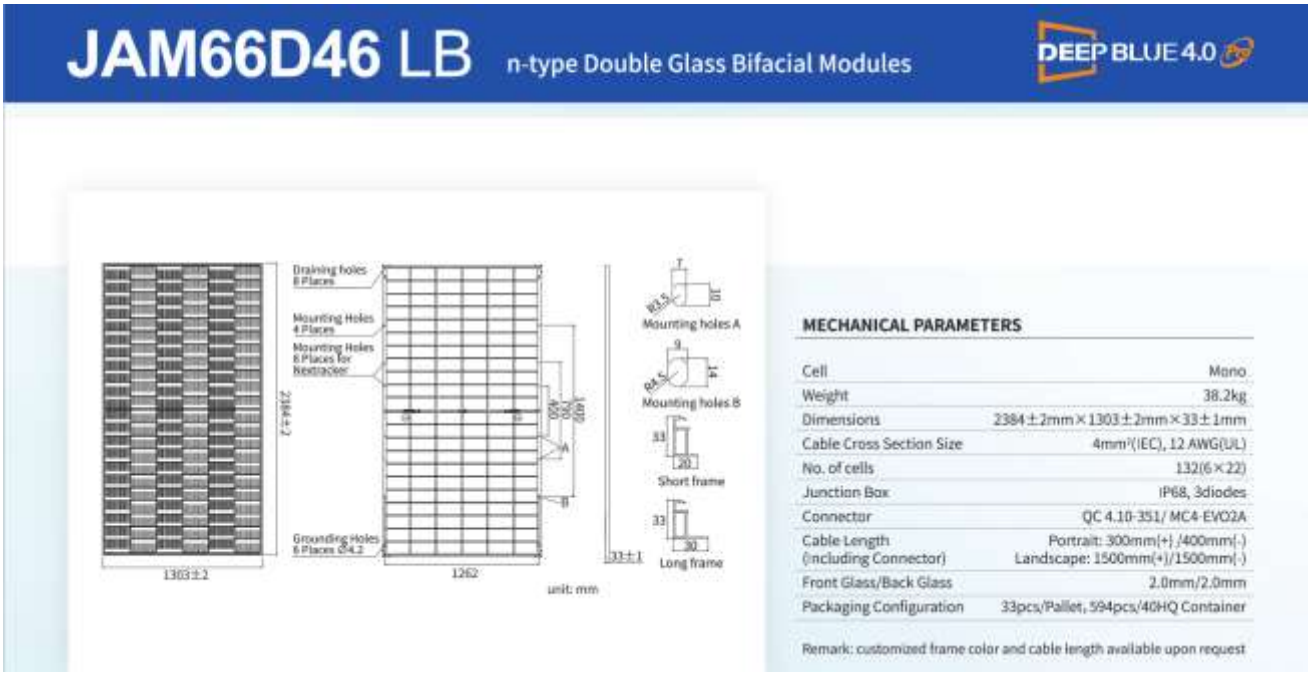
Carga muerta de diseño considerada: 400 kg/m²

Carga muerta disponible (reserva): 60 kg/m²

4.2 Especificaciones Técnicas Paneles Solares

Según ficha técnica del módulo solar:

Concepto	Valor
Peso por módulo	38.2 kg
Área por módulo	3.12 m² (aprox.)
Peso específico del panel	12.24 kg/m²
Estructura de soporte (perfiles)	10.0 kg/m²
CARGA TOTAL PANELES + SOPORTE	**22.24 kg/m²**



5. ANÁLISIS DE CARGAS SEGÚN NSR-10

5.1 Cargas Muertas Adicionales (NSR-10 Título B.3)

Según NSR-10 B.3.2, las cargas muertas incluyen el peso de todos los materiales de construcción incorporados de forma permanente en el edificio.

Carga muerta adicional por sistema fotovoltaico:

CM_paneles = Peso paneles + Peso estructura soporte

CM_paneles = 12.24 kg/m² + 10.0 kg/m²

CM_paneles = 22.24 kg/m²

Factor de seguridad aplicable: Considerando NSR-10 B.3.3, se recomienda mayorar en 10% por incertidumbre en peso de accesorios:

CM_paneles,mayorada = 22.24 kg/m² × 1.10

CM_paneles,mayorada = 24.46 kg/m² ≈ 25 kg/m²

5.2 Cargas Vivas en Cubiertas (NSR-10 Título B.4)

Según NSR-10 B.4.2.1, literal (g), para cubiertas con acceso solo para mantenimiento:

Carga viva mínima = 50 kg/m² (distribuida uniformemente)

Esta carga debe considerarse para operaciones de mantenimiento y limpieza de los paneles solares.

5.3 Verificación de Capacidad Disponible

Balance de cargas:

Concepto	**Carga (kg/m²)**
Carga muerta de diseño original	400.0
Carga muerta real existente	340.0
Capacidad disponible	**60.0**
Carga adicional paneles (mayorada)	25.0
MARGEN REMANENTE	**35.0**

✓ **CUMPLE:** La carga adicional (25 kg/m²) es significativamente menor a la capacidad disponible (60 kg/m²).

6. COMBINACIONES DE CARGA (NSR-10 TÍTULO C.9)

6.1 Método de Diseño por Resistencia (ASD)

Según NSR-10 C.9.2, las combinaciones de carga para verificación estructural son:

Combinación 1 (Gravitacional):

U = 1.4 CM

U = 1.4 × (340 + 25) = 511 kg/m²

Combinación 2 (Gravitacional + Viva):

U = 1.2 CM + 1.6 CV

U = 1.2 × (340 + 25) + 1.6 × 50

U = 438 + 80 = 518 kg/m²

Combinación 3 (Con sismo):

U = 1.2 CM + 1.0 CV ± 1.0 E

U = 1.2 × (340 + 25) + 1.0 × 50 ± E

U = 438 + 50 ± E

6.2 Análisis de Resultados

La carga de diseño original consideraba 400 kg/m² de carga muerta, lo que implica que la estructura fue diseñada para resistir:

U_diseño,original = 1.4 × 400 = 560 kg/m²

Con la inclusión de paneles solares:

U_diseño,con paneles = 1.4 × 365 = 511 kg/m²

Margen de seguridad: 560 - 511 = 49 kg/m² (8.75% de reserva adicional)

7. VERIFICACIÓN DE EFECTOS LOCALES

7.1 Flexión en losa (cálculo indicativo)

Supuestos:

- Vano típico: l = 4.00 m entre apoyos
- Carga por metro de ancho: w = 0.218 kN/m
- Losa maciza: h = 0.10 m

Cálculo de momento:

Momento sin factorar:

M = (w × l²) / 8 = (0.218 × 4.00²) / 8 = 0.436 kN·m/m

Momento factorizado (1.4D):

$M_u = 1.4 \times 0.436 = 0.611$ kN·m/m

Tensión aproximada en fibra extrema:

Módulo de sección (losa 1m ancho): $S = (1.0 \times 0.10^2) / 6 = 0.00167$ m³

Tensión = $M_u / S = 0.611 / 0.00167 = 0.367$ MPa

Comparación con f'c ≈ 21 MPa (valor típico):

Tensión / f'c = 0.367 / 21 = 1.75% → ACEPTABLE

Conclusión: La capacidad a flexión de la losa es adecuada para soportar la carga adicional de los paneles bajo los supuestos indicados.

7.2 Verificación de punzonamiento (ejemplo conservador)

Escenario crítico: Apoyo concentrado del sistema de rieles

Supuestos:

- 2 paneles por punto de apoyo
- Peso por panel: 0.375 kN (38.2 kg)
- Carga concentrada total: Q = 2 × 0.375 = 0.749 kN
- Placa de distribución: 200 × 200 mm (0.04 m²)

Esfuerzo bajo la placa:

σ = Q / A = 0.749 / 0.04 = 18.74 kN/m² = 18.74 kPa

Verificación en perímetro crítico:

Perímetro crítico (a d/2 de la cara del apoyo):

- Profundidad efectiva: d = 0.080 m (con recubrimiento 20mm)

- Lado placa + d: 0.20 + 2(0.080) = 0.36 m

- Perímetro: $b_0 = 4 \times 0.36 = 1.44$ m

Esfuerzo cortante promedio:

$v_u = Q / (b_0 \times d) = 0.749 / (1.44 \times 0.080) = 6.51$ kN/m² = 6.51 kPa

Resistencia nominal (según expresión ACI adoptada en Título C):

$v_c = 0.17 \times \sqrt{f'c} = 0.17 \times \sqrt{21} \approx 0.78$ MPa = 780 kPa

Factor de seguridad:

FS = v_c / v_u = 780 / 6.51 ≈ 120 → AMPLIAMENTE SATISFACTORIO

Conclusión: La verificación de punzonamiento muestra capacidad suficiente bajo los supuestos conservadores adoptados. Se recomienda el uso de placas de distribución de al menos 200×200 mm bajo cada apoyo.

8. EFECTOS SÍSMICOS: INCREMENTO DE MASA

8.1 Cálculo del incremento de masa global

Área estimada de instalación: 100 m² (ejemplo)

Masa añadida = 0.218 kN/m² × 100 m² = 21.8 kN (equivalente en Kg/ m²)

Peso total del edificio (según estudio ETABS):

W_total ≈ 154,300 kN

Incremento relativo:

ΔW/W_total = 21.8 / 154,300 = 0.014% ≈ 0.01%

8.2 Evaluación del impacto sísmico

Criterio de evaluación: Si ΔW/W_total < 1-2%, el efecto sísmico global se considera despreciable y no requiere reanálisis del modelo estructural (teniendo en cuenta las cifras numéricas del estudio de vulnerabilidad y de las especificaciones técnicas de los paneles solares)

Resultado: Con un incremento de 0.014%, el efecto sobre las demandas sísmicas globales (derivas, fuerzas en elementos) es **DESPRECIABLE**.

Recomendación: No es necesario reanalizar el modelo ETABS para esta magnitud de instalación. Si el área de instalación aumenta significativamente (>1000 m²), reevaluar este criterio.

9. CONSIDERACIONES ADICIONALES

9.1 Distribución de Cargas

Los paneles solares y su estructura de soporte distribuyen su peso de manera uniforme sobre la losa, evitando concentraciones puntuales de carga que pudieran generar esfuerzos localizados.

9.2 Efectos de Viento (NSR-10 B.6)

Aunque no se incluye análisis detallado de viento, es importante que el sistema de anclaje de los paneles:

- Esté diseñado para resistir presiones de viento según B.6
- No perforar la impermeabilización de la losa

- Utilizar sistemas de lastre o anclajes no invasivos cuando sea posible

9.3 Cargas de Mantenimiento

Durante las actividades de mantenimiento y limpieza de paneles, se debe cumplir con la carga viva mínima de 50 kg/m² establecida en NSR-10.

10. RECOMENDACIONES

1. **Instalación viable:** Desde el punto de vista estructural, la instalación de paneles solares ES VIABLE, dado que la carga adicional (22.24 kg/m² ≈0.218KN/m^2) es inferior a la capacidad disponible (60 kg/m² ≈0.588 KN/ m^2).
2. **Sistema de montaje:** Utilizar estructura de soporte liviana (aluminio o acero galvanizado) con peso no superior a 10 kg/m².
3. **Distribución uniforme:** Asegurar distribución homogénea de paneles sobre la cubierta, evitando concentraciones de carga en zonas específicas.
4. **Anclajes:** Preferir sistemas de anclaje tipo lastre o fijaciones no invasivas que no comprometan la impermeabilización.
5. **Supervisión técnica:** La instalación debe ser supervisada por profesional competente en estructuras.
6. **Verificación post-instalación:** Realizar inspección visual de la losa para verificar ausencia de deflexiones, fisuras o daños.
7. **Ausencia de filtraciones:** Se debe verificar que no existan fisuraciones, dilataciones y filtraciones de agua sobre la losa a intervenir, con el fin de no afectar las condiciones físicas de la estructura.

9. CONCLUSIONES

Basado en el análisis técnico realizado conforme a los lineamientos de la NSR-10 y considerando:

- Carga muerta existente: 340 kg/m²
- Capacidad de diseño: 400 kg/m²
- Carga adicional paneles + soporte: 22.24 kg/m²
- Margen disponible: 60 kg/m²

Se concluye que la estructura de cubierta del Palacio de Justicia de Pereira TIENE CAPACIDAD ESTRUCTURAL SUFICIENTE para soportar la instalación del sistema de paneles solares fotovoltaicos, manteniendo un margen de seguridad adecuado y cumpliendo con los requisitos establecidos en el Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10.

Factor de seguridad remanente: 1.58 (equivalente a 35 kg/m² de reserva adicional después de la instalación)

CONCEPTO TÉCNICO: FAVORABLE

La instalación propuesta cumple con los requisitos de seguridad estructural establecidos en la normativa vigente.

Notas:

1. *Este informe se basa en la información suministrada en el estudio de vulnerabilidad sísmica existente. Cualquier modificación en las especificaciones de los paneles o en las condiciones de la estructura debe ser reevaluada.*
2. *No es un estudio o diseño definitivo - Aclara explícitamente que el documento no constituye un diseño estructural ejecutivo*
3. *Naturaleza del documento - Define que son conclusiones técnicas preliminares basadas en el análisis de datos numéricos de los insumos suministrados*
4. *Fuentes de información - Lista específicamente los documentos base: estudio de vulnerabilidad sísmica, y especificaciones técnicas de paneles.*

Asunto: Recomendación estructural
Motivo: Paneles solares Palacio de Justicia, Pereira Risaralda.
Fecha firma: 17/11/2025
Correo electrónico: yenny.campino@gmail.com
Nombre de usuario: YENNY VIVIANA CAMPIÑO RESTREPO
ID transacción: 318c27bb-6d88-44c0-b190-1aa3918321ac