

## **PROYECTO:**

**“PROGRAMA TECHOS SOLARES PÚBLICOS  
HOSPITAL COLEGIO EDMUNDO QUEZADA ”**

## **MEMORIA DE CÁLCULO ESTRUCTURAL**

Ubicación: Avenida Los Escritores 2055, Vallenar.  
III Región Atacama.

Fecha: DICIEMBRE 2015

**VFC Ingeniería E.I.R.L.  
Nelson Fredes C.  
Ingeniero Civil**

## INDICE

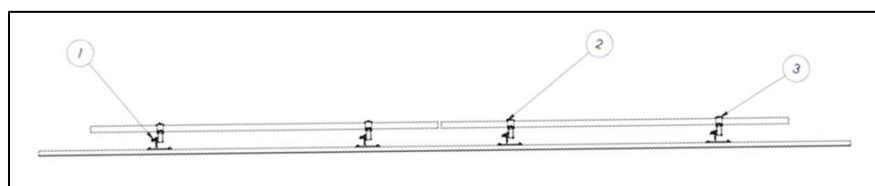
1	ALCANCES .....	2
2	ESTRUCTURACIÓN .....	2
3	LISTADO DE NORMAS .....	3
4	Propiedad materiales.....	3
5	CARGAS CONSIDERADAS.....	4
6	COMBINACIONES DE CARGA .....	5
7	MODELACIÓN Y ANÁLISIS ESTRUCTURAL.....	6
7.1	verificación pernos de anclaje estructura de panel a costanera. ....	8
7.2	verificación costaneras .....	9
8	CONCLUSION.....	13

## 1 ALCANCES

El presente informe y memoria de cálculo estructural perteneciente al proyecto de instalación de paneles fotovoltaicos presentará los resultados del análisis estructural de un sistema HATICON sobre la cubierta del edificio Hospital Regional Copiapó con el objetivo de garantizar el cumplimiento de las normas de diseño estructural sin perjudicar la estructura existente.

## 2 ESTRUCTURACIÓN

El proyecto contempla un tipo de solución ALSKYE con un panel paralelo a la superficie de techumbre anclado directamente a las costaneras mediante pernos TIPO A325 con diámetro  $\frac{1}{4}$  in.



**Figura 1 esquema solución ALSKYE**

### 3 LISTADO DE NORMAS

El proyecto de estructura está diseñado con las normas que a continuación se describen:

- NCh427** “Especificaciones para el cálculo de estructuras de acero para edificios”.
- NCh431** “Construcción – Sobrecargas de nieve”.
- NCh432** “Cálculo de la acción del viento sobre las construcciones”.
- NCh433** “Diseño sísmico de edificios”
- D.S. Nº61** “Modificación NCh 433”
- NCh1537** “Diseño estructural de edificios – cargas permanentes y sobrecargas de uso”.
- AISC-LRFD 2005** “Specification for structural steel building”

### 4 PROPIEDAD MATERIALES

Para cerchas y costaneras metálicas de la estructura existente se considera el uso de A37-24ES.

- Acero Estructural: A37-24ES
- Pernos : TIPO A325
- Aluminio: 6061T6

## 5 CARGAS CONSIDERADAS

### a. Carga permanente (D)

- Sobrecarga Paneles peso propio : 12 Kgf/m<sup>2</sup>
- Peso específico acero : 7850 kgf/m<sup>3</sup>
- Peso específico Aluminio : 2700 kgf/m<sup>3</sup>

### b. Carga de techo (Lr)

Se considera una sobrecarga de techo de 100 Kgf/m<sup>2</sup>. Sin embargo este valor puede ser reducido según características de pendiente y área tributaria en cada zona de techumbre en estudio.

### c. Carga sísmica (E)

Dada las características de la estructura existente y la pequeña masa que adiciona los paneles, se anticipa que el diseño en los elementos de techumbre será controlado por las cargas de viento y no de sismo. De esta manera no se considera la carga sísmica para este análisis.

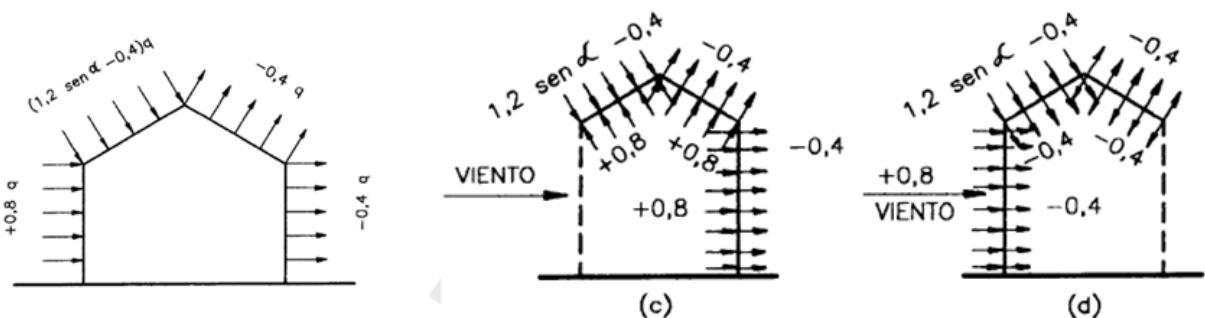
### d. Carga viento (W)

Según norma nch432 se considera una carga promedio de 95 Kgf/m<sup>2</sup> como presión básica, para una altura de techo de 7 m en campo abierto.

Factor de forma C

Para superficies inclinadas  $C=1.2 \sin(\alpha)$

Según sea el caso el factor de forma podrá ser calculado como ilustra el siguiente esquema.



Con  $Q = 95 \text{ [kgf/m}^2\text{]}$

#### e. Carga nieve (S)

Dada la altura y latitud del proyecto no se considera cargas de nieve según NCh431.

## 6 COMBINACIONES DE CARGA

Las combinaciones de carga consideradas son las siguientes:

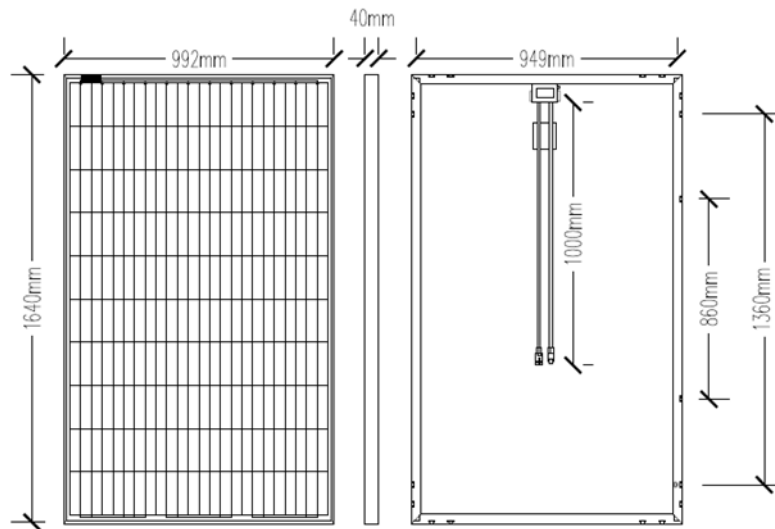
Tensiones Admisibles	Resistencia
D	$1.4D$
D+L	$1.2D+1.6L+0.5(Lr \text{ o } S)$
D+(Lr o S)	$1.2D+1.6(Lr \text{ o } S)+L$
D+0.75L+0.75(Lr o S)	$1.2D+1.6(Lr \text{ o } S) +0.8W$
D+W	$1.2D+1.6W+L+0.5(Lr+S)$
D+E	$1.2D+1.4E+L+0.2S$
D+0.75W+0.75L+0.75(Lr o S)	$0.9D+1.6W$
D+0.75E+0.75L+0.75(Lr o S)	$0.9D+1.4E$
0.6D+W	
0.6D+E	

donde:

- D: Carga permanente
- L: Carga de uso según NCh 1537
- Lr: Carga de uso techo según NCh 1537
- E: Carga sísmica según NCh 433 y D.S. N°61
- S: Carga de nieve según NCh 431
- W: Carga de viento según NCh 432.

## 7 MODELACION Y ANALISIS ESTRUCTURAL

Dimensiones de panel solar utilizado en todo el proyecto.



DETALLE PANEL SOLAR FOTOVOLTAICO

Para efectos de modelación se utilizará el software sap2000 con el objetivo de obtener las reacciones del panel y estructura de soporte sobre las costaneras.

El tipo de solución ALSKYE dispuesto en forma paralela a la techumbre no incrementa las cargas de viento. Sin embargo se considera la inclinación natural del techo con  $\alpha=5^\circ$ .

$$\text{Superficie tributaria}=1.62[\text{m}^2]$$

$$\text{Ancho tributario}=0.99[\text{m}]$$

Carga de peso propio panel sobre perfil de elemento de escuadra.

$$q_{pp} = 11.9[\text{kgf/m}]$$

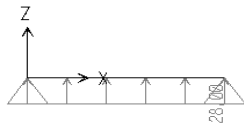
---

Carga de viento panel sobre perfil de elemento escuadra

$$Q_w = 95[\text{kgf/m}^2]$$

$$q_w = 95[\text{kgf/m}]$$

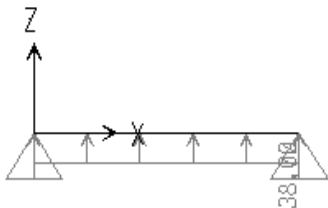
$$W_+ = (1.2 * \text{sen}(5) - 0.4) * q_w = -28[\text{kgf/m}] \quad \text{Caso d) pág. 4}$$



---

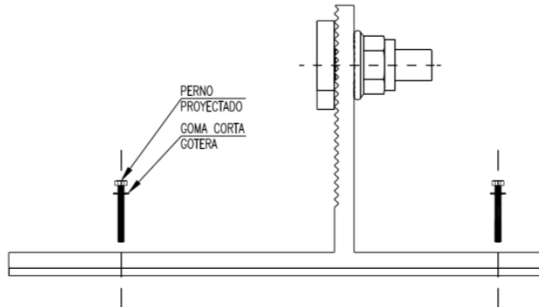

$$W_- = 0.4 * q_w = -38[\text{kgf/m}]$$

Caso b) pág. 4





## 7.1 VERIFICACIÓN PERNOS DE ANCLAJE ESTRUCTURA DE PANEL A COSTANERA.



### DISEÑO PERNOS MÉTODO ASD.

Pernos A-325	Tabla J.3.2 AISC-2005
Tensión de tracción nominal	$F_{nt} := 620 \text{ MPa} = 6.322 \times 10^3 \cdot \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$
Tensión de corte nominal	$F_{nv} := 330 \text{ MPa} = 3.365 \times 10^3 \cdot \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$
Diámetro del perno	$\phi_p := \frac{1}{4} \text{ in} = 0.635 \cdot \text{cm}$
Área bruta del perno	$A_b := \frac{\pi \cdot \phi_p^2}{4} = 0.317 \cdot \text{cm}^2$
Resistencia nominal a tracción	$R_{nt} := F_{nt} \cdot A_b = 2.002 \times 10^3 \cdot \text{kgf}$
Resistencia nominal a corte	$R_{nv} := F_{nv} \cdot A_b = 1.066 \times 10^3 \cdot \text{kgf}$
Factor de seguridad	$\Omega := 2$
SOLICITACIONES	
Tracción	$T_r := 140 \text{ kgf}$
Corte	$V_r := 82 \text{ kgf}$
Verificación a la tracción	$F_{ut} := \frac{T_r \cdot \Omega}{R_{nt}} = 0.14 < 1 \text{ CUMPLE}$
Verificación al corte	$F_{uv} := \frac{V_r \cdot \Omega}{R_{nv}} = 0.154 < 1 \text{ CUMPLE}$
Interacción corte tracción	$\left( \frac{T_r \cdot \Omega}{R_{nt}} \right)^{\frac{5}{3}} + \left( \frac{V_r \cdot \Omega}{R_{nv}} \right)^{\frac{5}{3}} = 0.082 < 1 \text{ CUMPLE}$

LA solución de anclaje perteneciente al sistema Haticon es decir el perno A-325 (1/4" diámetro ) cumple con los requerimientos estructurales en cuestión.

## 7.2 VERIFICACIÓN COSTANERAS

Según información suministrada por mandante las costaneras CA150x50x15x3 espaciadas a 1.2 [m], arriostradas cada 1.5[m], se apoyan en tijerales metálicos espaciados a 6[m]. La techumbre posee un ángulo de inclinación  $\alpha=5^\circ$ .

Cálculo de carga de techumbre reducida para costanera.

$$\alpha = 5^\circ$$

$$A = 6m^2 \quad : \text{Área tributaria}$$

$$Q = 100 [kg/m^2]$$

$$C_\alpha = 1 - 2.33 \operatorname{tg}(\alpha)$$

$$C_A = \begin{cases} 1 & \text{para } A < 20m^2 \\ 1 - 0.008 \cdot A & \text{para } 20m^2 < A \leq 50m^2 \\ 0.6 & \text{para } A \geq 50m^2 \end{cases}$$

$$Q_{red} = C_\alpha \cdot C_A \cdot Q = 79.6 [kg/m^2]$$

$$@ = 1.2[m]$$

$$q_{red} = Q_{red} \cdot @ = 95.5 [kg/m]$$

Se ilustra el modelo de costaneras y solución Alskye

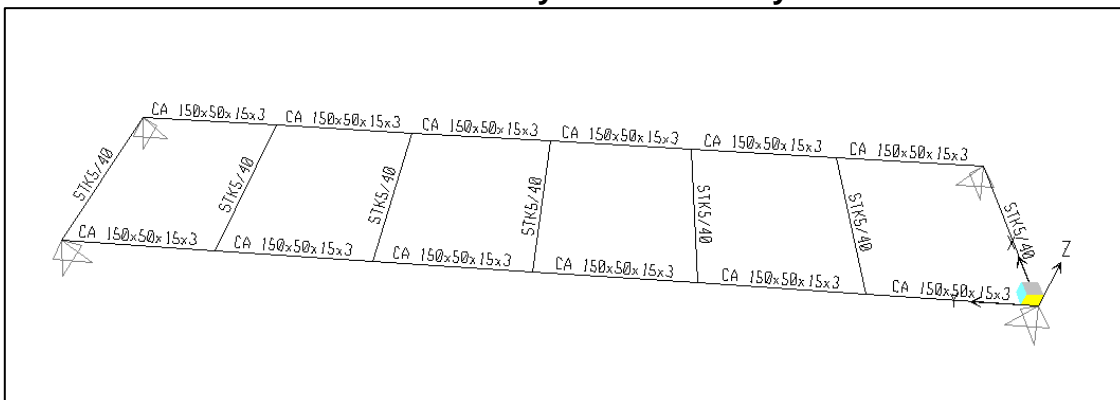
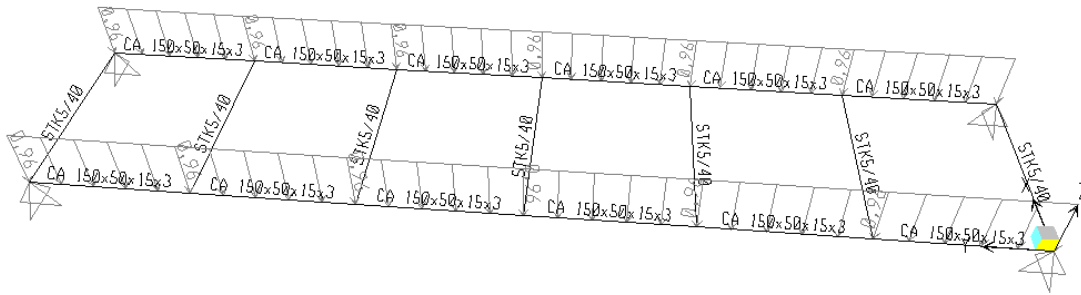


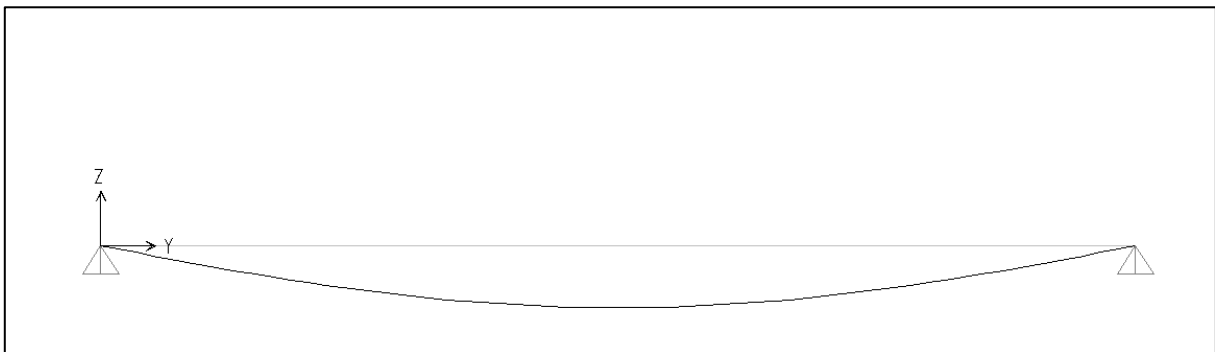
Figura 2 Modelo de costaneras mas paneles con sus respectivas nomenclaturas.

Se ilustra el modelo con la adición de carga de techumbre más las cargas de viento y peso propio de paneles previamente incorporadas.



**Figura 3 Cargas de techumbre**

**Resultados obtenidos mediante método ASD.**



**Figura 4 Deformación máxima = 8mm < L/200=30 mm.**

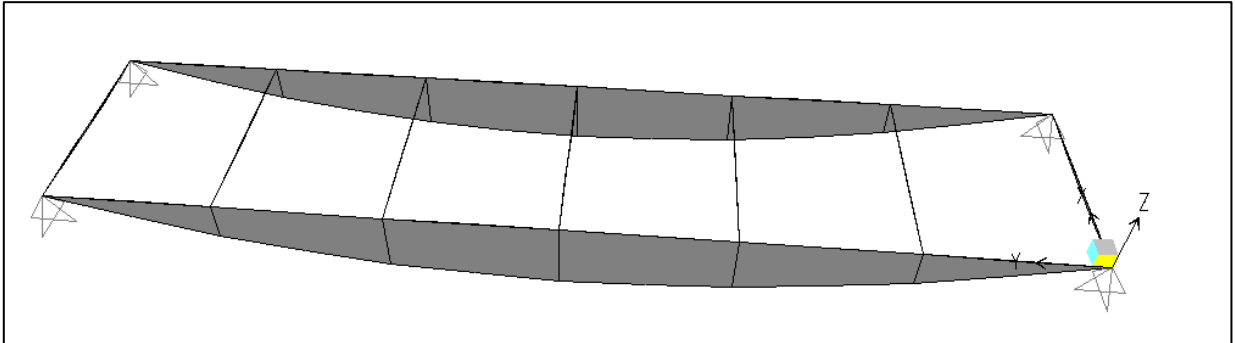
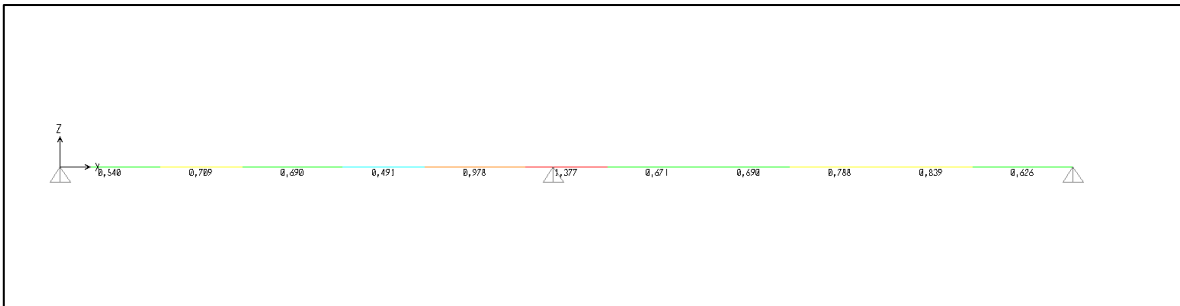


Figura 5 Momento Máximo=285kgf\*m

Tras un análisis mediante método ASD se obtienen los siguientes factores de utilización.



**Factor K=0.893 <1 Cumple con el diseño**

Finalmente se ilustran las propiedades de la costanera □ 100x50x3 verificando su diseño para esfuerzos y deformaciones cumpliendo todas las normativas.

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS									
Location	P	M33	M22	U2	U3	T			
0,000	25,360	285,144	32,885	25,033	9,174	2,573			
PMH DEMAND/CAPACITY RATIO									
Governing Equation	Total Ratio	P Ratio	MMajor Ratio	MMinor Ratio	Ratio Limit	Status Check			
(H2-1)	0,943	= 0,002	+ 0,803	+ 0,139	0,950	OK			
AXIAL FORCE DESIGN									
	P Force	Fa Stress	Fa Allowable	Ft Allowable					
Axial	25,360	29352,277	12420038,95	14400000,00					
MOMENT DESIGN									
	M Moment	Fb Stress	Fb Allowable	Fe Allowable	Cm Factor	K Factor	L Factor	Cb Factor	
Major Moment	285,144	12716103,27	15840000,00	136243482,9	1,000	1,000	1,000	1,000	
Minor Moment	32,885	2195885,706	15840000,00	45494857,3	1,000	1,000	1,000		
SHEAR DESIGN									
	U Force	Fu Stress	Fu Allowable	Stress Ratio	Status Check	Torsion			
Major Shear	25,033	41721,532	9600000,000	0,004	OK	0,000			
Minor Shear	9,174	30580,390	9600000,000	0,003	OK	0,000			

## 8 CONCLUSION

Tras haber verificado los resultados del análisis estructural midiendo parámetros de diseño tales como esfuerzos axiales, esfuerzos de corte, momentos y deformaciones sin encontrar ningún caso de incumplimiento se concluye que el sistema de paneles fotovoltaicos modelo ALSKYE, instalado en la techumbre existente del edificio según planos de montaje, no afecta el cumplimiento de las normativas de diseño estructural.

**VFC Ingeniería E.I.R.L.**  
**Nelson Fredes C.**  
**Ingeniero Civil**