



## CAPÍTULO TRES

# CUBIERTA METÁLICA

### 3.1 DESCRIPCIÓN GENERAL

En ambas estaciones, la cubierta de las mismas, debido a la importante luz libre necesaria y atendiendo a las exigencias arquitectónicas que consisten en cubierta verde, se optó por utilizar cabriadas metálicas con montantes, diagonales y cordones de perfiles laminados en caliente.

### 3.2 ANÁLISIS DE ACCIÓN DEL VIENTO

Se realizara el análisis siguiendo la normativa vigente para la cuantificación de la acción del viento, la cual es el reglamento CIRSOC 102 – 2005.

#### 3.2.1 Valores de Cálculo

##### Consideraciones Iniciales

Exposición: C  
Categoría: III  
Velocidad Básica del Viento: 44 m/s  
Factor de Importancia (I): 1,15

##### Efecto Topográfico

$K_1$ : 0,43  
 $K_2$ : 0,75  
 $K_3$ : 0,61  
 $K_{zt} = (1 + K_1 \cdot K_2 \cdot K_3)^2$   
 $K_{zt}$ : 1,43

##### Factor de Direccionalidad





$K_d: 0,85$  ; Caso 2, Figura 3. CIRSOC 102 - 2005

Presión Dinámica

$K_h: 1,00$

$$q_h = 0,613 * K_{zt} * K_d * V^2 * I * K_h$$

$q_h: 1658 \text{ N/m}^2$

**3.2.2 Presiones de Viento de Diseño para el SPRV**

$$p = qG C_p - q_i(G C_{pi})$$

$$p = q_h G C_p - q_h(G C_{pi})$$

G: 0,85

Edificio Parcialmente Cerrado

$GC_{pi}: +/-0,55$

**3.2.2.1 Viento normal a la Cumbre**

Superficie	Cp
Cubierta a Barlovento	-0,61
Cubierta a Sotavento	-0,41

▲ Tabla 3.1 - Coeficientes de Presión Cp para Cubierta

Superficie	q (N/m <sup>2</sup> )	Cp	Presión Neta (KN/m <sup>2</sup> )	
			(+GC <sub>pi</sub> )	(-GC <sub>pi</sub> )
Cubierta a Barlovento	1658	-0,61	-1,77	0,05
Cubierta a Sotavento	1658	-0,41	-1,55	0,39

▲ Tabla 3.2 - Presiones sobre el SPRF

La presión mínima estipulada por la reglamentación es de 0,50 KN/m<sup>2</sup>

**3.2.2.2 Viento Paralelo a la Cumbre**

Superficie	Distancia desde el Borde a Barlovento	Cp
Cubierta	0 a h	-0,9
	h a 2h	-0,5
	>2h	-0,3

▲ Tabla 3.3 - Coeficientes de Presión Cp para Cubierta

Superficie	Distancia desde el Borde a Barlovento	q (N/m <sup>2</sup> )	Cp	Presión Neta (KN/m <sup>2</sup> )	
				(+GC <sub>pi</sub> )	(-GC <sub>pi</sub> )
Cubierta	0 a h	1658	-0,9	-2,18	-0,35
	h a 2h	1658	-0,5	-1,61	0,20
	>2h	1658	-0,3	-1,33	0,48

▲ Tabla 3.4 - Presiones sobre el SPRF

La presión mínima estipulada por la reglamentación es de 0,50 KN/m<sup>2</sup>





### 3.2.3 Presiones en Componentes y Revestimientos de Cubierta

#### Áreas Efectivas

Correas  $A_1=4,2m*0,8m=3,36m^2$   
 $A_2=4,2m*(4,2m/3)=5,88m^2$  (Valor adoptado)

Panel  $A_1=0,8m*1,00m=0,80m^2$  (Valor adoptado)  
 $A_2=0,8m*(0,8m/3)=0,21m^2$

Fijador  $A_1=0,8m*0,25=0,20m^2$

Componente	A (m <sup>2</sup> )	GCp	GCp
Correa	5,88	0,23	-0,95
Panel	0,80	0,30	-1,0
Fijador	0,20	0,30	-1,0

▲ Tabla 3.5 - Coeficientes de Presión Cp para Cubierta Componentes y Revestimientos

$$p = q_h(GC_p - GC_{pi})$$

Edificio Parcialmente Cerrado

GC<sub>pi</sub>: +/-0,55

q<sub>h</sub>: 1658 N/m<sup>2</sup>

Componente	Presión Neta Positiva KN/m <sup>2</sup>	Presión Neta Negativa KN/m <sup>2</sup>
Correa	-0,53	-0,66
Panel	-0,41	-0,74
Fijador	-0,41	-0,74

▲ Tabla 3.6 - Presiones sobre Componentes y Revestimientos en cubierta.

La presión mínima estipulada por la reglamentación es de 0,50 KN/m<sup>2</sup>

### 3.4 ANÁLISIS DE CARGAS PERMANENTES Y SOBRECARGAS

Para realizar el análisis de carga se debe distinguir entre los distintos elementos a dimensionar, entre ellos tenemos a las chapas trapezoidales T101, las correas en las que apoyan estas chapas y el reticulado sobre el que apoyan correas y se sostiene el cielorraso.

Luego de realizar el predimensionado, se calcula para tener en cuenta la influencia del peso propio, los siguientes elementos:

- Chapa Trapezoidal T101 – Espesor: 0,71mm
- Correas UPN ( □ ) – 100mm
- Cordones Sup. e Inf.: Columna Armada Grupo 2 – Perfiles  $\perp$  127\*127\*11,1mm
- Montantes y Diagonales.: Columna Armada Grupo 2 – Perfiles  $\perp$  64\*64\*7,9mm





$$q_{Lr} = 1 \text{ KN/m}^2$$

$$q_{D-SUELO} = 21 \text{ KN/m}^3 \cdot 0,15 \text{ m} = 3,15 \text{ KN/m}^2$$

$$q_{D-CHAPA} = 0,07 \text{ KN/m}^2$$

$$q_{D-CORREAS} = 0,10 \text{ KN/m}$$

$$q_{D-CORDONES RET} = 0,54 \text{ KN/m (Por Cordon, compuesto por dos perfiles Angulo)}$$

$$q_{D-MONTANTES RET} = 0,19 \text{ KN/m (Por montante o diagonal, compuesto por dos perfiles Angulo)}$$

$$q_{D-CIELORRASO} = 0,05 \text{ KN/m}^2$$

### 3.5 COMBINACIONES DE CARGA A ANALIZAR

#### 3.5.1 Estados Límites Últimos

Se analizaran los siguientes ocho (9) estados de carga, donde está presente el análisis sin considerar la colocación del sustrato de suelo, condición desfavorable para las combinaciones donde esté presente la succión de la acción del viento. Luego de analizar cual son las combinaciones críticas, obtenemos las combinaciones de carga resultantes a analizar.

##### 3.5.1.1 Combinaciones de Carga (Todas)

1.  $U = 1,4D_{\text{con suelo}}$
2.  $U = 1,2D_{\text{con suelo}} + 0,5Lr$
- 3.a  $U = 1,2D_{\text{con suelo}} + 1,6Lr - 0,8W$  (No es crítica)
- 3.b  $U = 1,2D_{\text{con suelo}} + 1,6Lr + 0,8W$
- 4.a  $U = 1,2D_{\text{con suelo}} - 1,6W + 0,5Lr$  (No es crítica)
- 4.b  $U = 1,2D_{\text{con suelo}} + 1,6W + 0,5Lr$
- 5.a  $U = 0,9D_{\text{con suelo}} - 1,6W$  (No es crítica)
- 5.b  $U = 0,9D_{\text{con suelo}} + 1,6W$  (No es crítica)
6.  $U = 0,9D_{\text{sin suelo}} - 1,6W$





### 3.5.1.2 Combinaciones de Carga a Analizar

1.  $U=1,4D_{\text{con suelo}}$
2.  $U=1,2D_{\text{con suelo}} +0,5Lr$
3.  $U=1,2D_{\text{con suelo}} +1,6Lr +0,8W$  (Presión)
4.  $U=1,2D_{\text{con suelo}} +0,5Lr +1,6W$  (Presión)
5.  $U=0,9D_{\text{sin suelo}} -1,6W$  (Succión)

### **3.5.2 Estados Límites de Servicio**

Se verifica a condiciones límites de Servicio, el cual es un estado en el cual la función de un edificio, su aspecto y mantenimiento, y el confort de sus ocupantes están preservados para uso normal.

#### 3.5.2.1 Combinaciones de Carga

1.  $S= D + (Lr \text{ o } W)$
2.  $S=D + 0,7(Lr + W)$
3.  $S=D + 0,6Lr + 0,6W$

#### 3.5.2.2 Combinaciones de Carga a Analizar

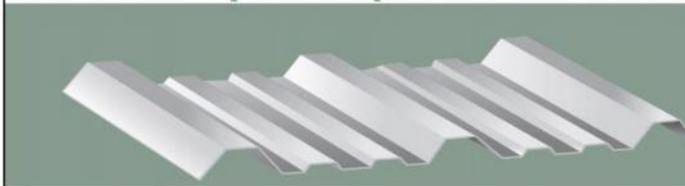
1.  $S= D_{\text{con suelo}} + Lr$
2.  $S= D_{\text{con suelo}} + W$  (Presión)
3.  $S= D_{\text{sin suelo}} - W$  (Succión)
4.  $S= D_{\text{con suelo}} + 0,7Lr + 0,7W$  (Presión)
5.  $S= D_{\text{sin suelo}} + 0,6Lr - 0,6W$  (Succión)

### **3.6 CUBIERTA DE CHAPAS TRAPEZOIDALES**

Se utilizarán chapas trapezoidales de denominación comercial T101, con recubrimiento de fábrica, que consiste en una aleación aluminio/cinc en ambas caras, lo que le confiere en una solución óptima para nuestros requerimientos de proyecto.



## Chapa Trapezoidal T101



▲ Figura 3.1

Espesor (Mm)	Peso teórico aproximado útil			Ancho tot. (mm)	Sección A (cm <sup>2</sup> )	Peso propio G (kg/m)	Características geométricas y mecánicas		
	Galv.ARSA (kg/m <sup>2</sup> )	CINCALUM (kg/m <sup>2</sup> )	GLOBE COLOR (kg/m <sup>2</sup> )				Flexión directa		
							I <sub>x</sub> (cm <sup>3</sup> )	W (cm <sup>3</sup> )	M adm.(kg.cm)
0,50	5,06	4,91	5,18	1.100	5,99	4,70	6,37	2,61	4.378
0,71	7,08	6,93	7,22	1.100	8,51	6,68	9,74	4,05	6.790

▲ Figura 3.2 – Características Ingenieriles

$$q_{Lr} = 1 \text{ KN/m}^2$$

$$q_{D-SUELO} = 3,15 \text{ KN/m}^2$$

$$q_{D-CHAPA} = 0,07 \text{ KN/m}^2$$

$$q_{W \text{ SUCCION}} = -0,74 \text{ KN/m}^2$$

$$q_{W \text{ PRESION}} = 0,50 \text{ KN/m}^2$$

Combinación de carga	Nº Combinación de Carga	Presión Neta KN/m <sup>2</sup>
1,4D <sub>con suelo</sub>	1	4,50
1,2 D <sub>con suelo</sub> + 0,5Lr	2	4,11
1,2 D <sub>con suelo</sub> + 1,6Lr + 0,8W (Presión)	3	5,63
1,2 D <sub>con suelo</sub> + 0,5Lr + 1,6W (Presión)	4	4,91
0,9D <sub>sin suelo</sub> - 1,6W (Succión)	5	-1,12

▲ Tabla 3.7

$$M_u = 4504 \text{ Kg.cm (Condicion Desfavorable)}$$

$$M_u < M_{adm} (6790 \text{ Kg.cm}) \quad \text{Verifica}$$

### 3.7 CORREAS DE CUBIERTA

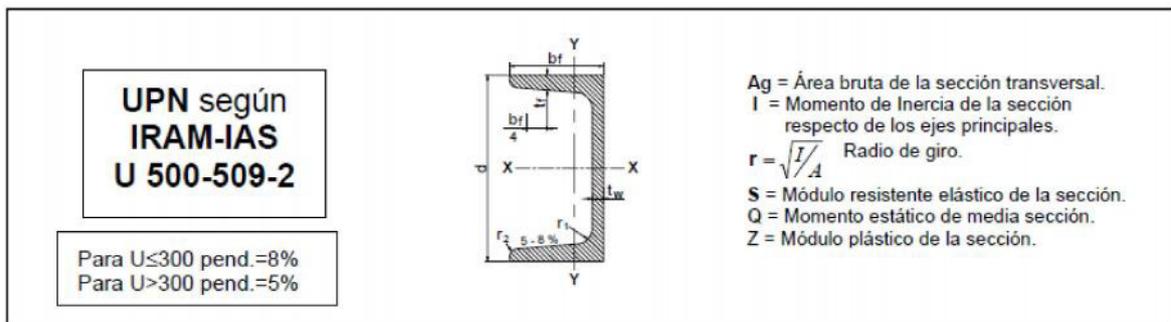
Las correas se calcularan de manera de aprovechar el largo comercial al máximo posible (6m), para ello se las armara para que trabajen a viga tipo "Gerber". Las mismas además están sometidas a Flexión disimétrica, para lo cual se realizaran las verificaciones correspondientes. Para este elemento se verificaran tanto estados límites últimos como de servicio.





$q_{Lr} = 1 \text{ KN/m}^2$	$q_{Lr} = 0,8 \text{ KN/m}$
$q_{D-SUELO} = 3,15 \text{ KN/m}^2$	$q_{D-SUELO} = 2,52 \text{ KN/m}$
$q_{D-CHAPA} = 0,07 \text{ KN/m}^2$	$q_{D-CHAPA} = 0,056 \text{ KN/m}$
$q_{D-CORREAS} = 0,10 \text{ KN/m}$	$q_{D-CORREAS} = 0,10 \text{ KN/m}$
$q_{W \text{ SUCCION}} = -0,66 \text{ KN/m}^2$	$q_{W \text{ SUCCION}} = -0,52 \text{ KN/m}$
$q_{W \text{ PRESION}} = 0,50 \text{ KN/m}^2$	$q_{W \text{ PRESION}} = 0,40 \text{ KN/m}$

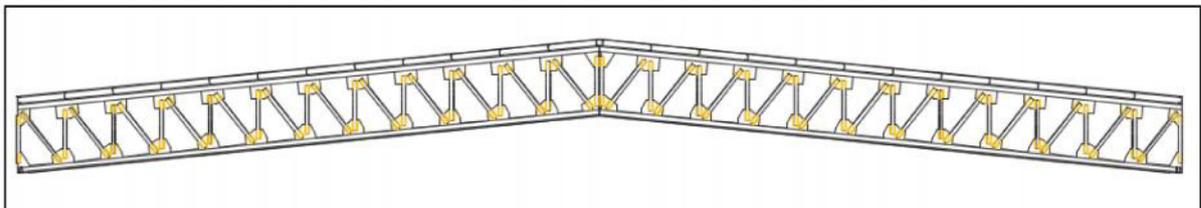
Las correas serán perfiles laminados normalizados C100, para determinar esta sección se realizaron los cálculos a flexión disimétrica de las mismas, verificando solicitaciones de corte.



▲ Figura 3.3

### 3.7 RETICULADO

Las correas transfieren las cargas a los nudos, logrando de esta manera y con otras disposiciones, que las barras componentes del reticulado trabajen a compresión o tracción únicamente. Se adoptó un diseño de cabriadas que logra longitudes uniformes de montante y diagonales, logrando así una simplificación en el armado en taller de la misma.

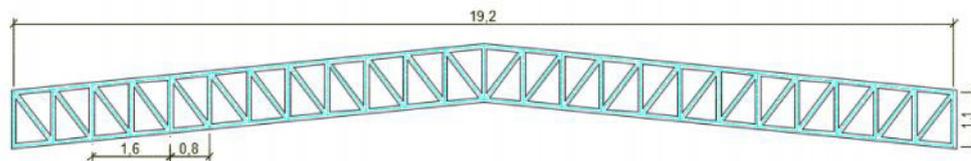


▲ Figura 3.4

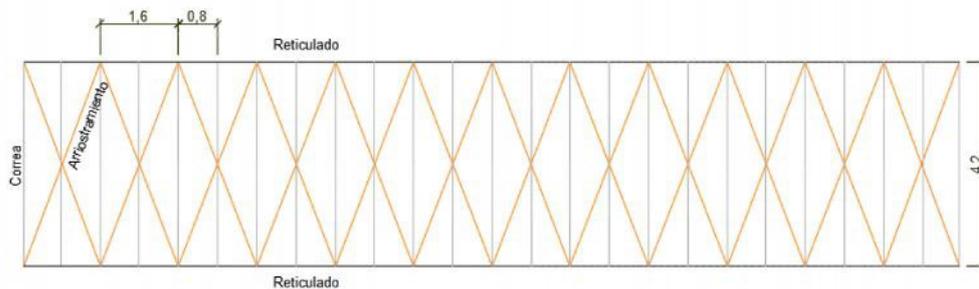


### 3.7.1 Dimensionamiento Cordón Superior

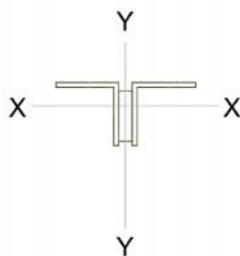
- Se calcula como columna soldada, sección maciza.
- 2 Perfiles  $\perp$  102\*102\*12,7mm
- Chapa intermedia de 3,17mm\*76,2mm
- Del análisis estructural para solicitaciones de Compresión obtenemos los siguientes valores:  $P_{u1} = -1291,12 \text{ KN}$  ;  $P_{u2} = -1282,13 \text{ KN}$
- Del análisis estructural para solicitaciones de Tracción obtenemos los siguientes valores:  $P_{u1} = 536,58 \text{ KN}$
- Arriostramientos para pandeo fuera del plano cada 160 cm (Cruz de San Andrés)



VISTA



PLANTA



▲ Figura 3.5 – Detalles de armado Cordón Superior





### 3.7.1.1 Longitud de Pandeo

Pandeo Alrededor de X;  $L_{px}=1*80\text{cm}=80\text{cm}$

Pandeo Alrededor de Y;  $L_{py}=K_y*160\text{cm}$

$$K_y = 0,75 + 0,25 * (1282,13 / 1291,12) = 1,00$$

$$L_{py} = K_y * 160\text{cm} = 160\text{cm}$$

### 3.7.1.2 Relación de Esbeltez

$$\lambda_r = \frac{200}{\sqrt{F_y}} = 13,05$$

$$\lambda_f = 12$$

$$\lambda_f < \lambda_r \quad \text{Seccion sin elementos esbeltos}$$

### 3.7.1.3 Pandeo Alrededor del eje X-X Material

2 Perfiles J 102\*102\*12,7mm

$$A_{g1} = 24,45 \text{ cm}^2$$

$$A_{gT} = 73,06 \text{ cm}^2$$

$$I_x = I_y = 230,95 \text{ cm}^4 \text{ (Angular)}$$

$$I_{XT} = 645,81 \text{ cm}^4$$

$$r_{XT} = 2,97 \text{ cm}$$

$$\lambda_c = \frac{1}{\pi} \sqrt{\frac{235 \text{ Mpa}}{200000 \text{ Mpa}}} \frac{k * l}{r} \quad \lambda_c = 0,294$$

$$F_{cr} = 0,658 \lambda_c^2 F_y \quad F_{cr} = 226 \text{ Mpa}$$

$$R_d = 0,85 * F_{cr} * A_{gT} * 0,1 = 1407,5 > 1291,12 \text{ KN}$$

Verifica

### 3.7.1.4 Pandeo Alrededor del eje Y-Y Libre

2 Perfiles J 102\*102\*12,7mm

$$A_{g1} = 24,45 \text{ cm}^2$$

$$A_{gT} = 73,06 \text{ cm}^2$$

$$e_x = e_y = 2,98 \text{ cm}$$





$$I_x = I_y = 230,95 \text{ cm}^4 \text{ (Angular)}$$

$$I_{YT} = 1501,17 \text{ cm}^4$$

$$r_{YT} = 4,53 \text{ cm}$$

$$\lambda_c = \frac{1}{\pi} \sqrt{\frac{235 \text{ Mpa}}{200000 \text{ Mpa}}} \lambda_m \quad \lambda_c = 0,385$$

$$F_{cr} = 0,658 \lambda_c^2 F_y \quad F_{cr} = 220 \text{ Mpa}$$

$$R_d = 0,85 * F_{cr} * A_{gT} * 0,1 = 1371,2 > 1291,12 \text{ KN} \quad \text{Verifica}$$

### 3.7.1.5 Áreas Neta, bruta y Efectiva

2 Perfiles J 102\*102\*12,7mm

L = 30cm

$$U = 1 - \frac{x}{L} \leq 0,90 \quad U = 0,90$$

$$A_e = A_{gT} * U \quad A_{eT} = 65,80 \text{ cm}^2$$

### 3.7.1.6 Fluencia en Sección Bruta, Rotura en sección Neta y Rotura por bloque de corte

$$R_d = 0,9 * F_y * A_{gT} * 0,1$$

$$R_d = 1545,04 \text{ KN} > 536,58 \text{ KN} \quad \text{Verifica Fluencia en Sección Bruta}$$

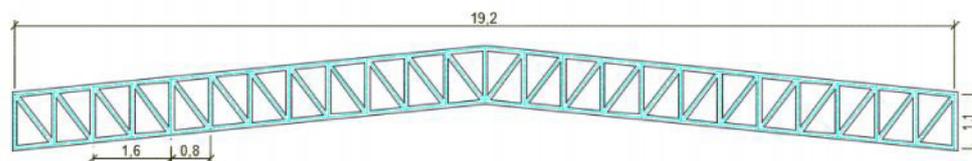
$$R_d = 0,75 * F_u * A_{eT} * 0,1$$

$$R_d = 1825,1 \text{ KN} > 536,58 \text{ KN} \quad \text{Verifica Rotura en Sección Neta}$$

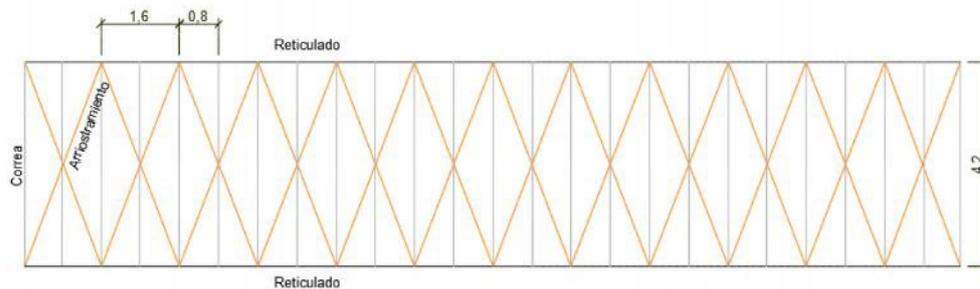


### 3.7.2 Dimensionamiento Cordón Inferior

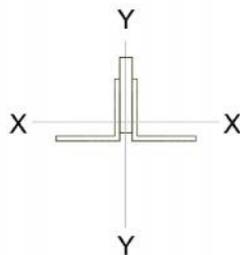
- Se calcula como columna soldada, sección maciza.
- 2 Perfiles  $\perp$  89\*89\*12,7mm
- Chapa intermedia de 3,17mm\*101,6mm
- Del análisis estructural para solicitaciones de Compresión obtenemos los siguientes valores:  $P_{u1} = -521,76 \text{ KN}$  ;  $P_{u2} = -511,51 \text{ KN}$
- Del análisis estructural para solicitaciones de Tracción obtenemos los siguientes valores:  $P_{u1} = 1280,87 \text{ KN}$
- Arriostramientos para pandeo fuera del plano cada 480 cm (Tornapuntas)



VISTA



PLANTA



▲ Figura 3.6 – Detalles de armado Cordón Inferior