



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

**SEDE CUENCA**

**CARRERA DE MECÁNICA**

**“DISEÑO ESTRUCTURAL DE UNA CLARABOYA PARA EL CENTRO COMERCIAL  
LA PRENSA EN LA CIUDAD DE CUENCA”**

Trabajo de titulación previo a la obtención del  
título de Ingeniero Mecánico

AUTOR: PATRICIO ANDRES PARRA BONILLA

TUTOR: ING. PAÚL BOLÍVAR TORRES JARA, M.SC.

Cuenca - Ecuador

2023

## **CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

Yo, Patricio Andres Parra Bonilla con documento de identificación N° 0107548596, manifiesto que:

Soy el autor y responsable del presente trabajo; y, autorizo a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Cuenca, 15 de agosto del 2023

Atentamente,



---

Patricio Andres Parra Bonilla

0107548596

**CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE  
TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

Yo, Patricio Andres Parra Bonilla con documento de identificación N° 0107548596, expreso mi voluntad y por medio del presente documento cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autor del Proyecto técnico: “Diseño estructural de una claraboya para el Centro Comercial La Prensa en la ciudad de Cuenca”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero Mecánico, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribo este documento en el momento que hago la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, 15 de agosto del 2023

Atentamente,



---

Patricio Andres Parra Bonilla

0107548596

## CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Paúl Bolívar Torres Jara con documento de identificación N° 0102776036, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: DISEÑO ESTRUCTURAL DE UNA CLARABOYA PARA EL CENTRO COMERCIAL LA PRENSA EN LA CIUDAD DE CUENCA, realizado por Patricio Andres Parra Bonilla con documento de identificación N° 0107548596, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción Proyecto técnico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, 15 de agosto del 2023

Atentamente,



---

Ing. Paúl Bolívar Torres Jara, M.Sc.

0102776036

## **DEDICATORIA**

A mis padres Ligia y Patricio por ser el apoyo incondicional en los momentos más difíciles, a mis hermanas Cristina y Anita por la compañía que siempre me brindan. A todos mis amigos que me acompañaron durante estos años de universidad en especial a Marina, Belén, Fabián y Paúl.

## **AGRADECIMIENTOS**

A todos los docentes de la carrera de ingeniería mecánica por compartirme sus conocimientos y ayudarme en mi proceso de formación profesional.

## **RESUMEN**

El trabajo de titulación se desarrolló a partir de una necesidad presente por parte del centro comercial LA PRENSA en la ciudad de Cuenca y se llevó en tres instancias, se empezó con el levantamiento de toda la información del lugar donde se requiere implementar la nueva claraboya a su vez se tomaron los parámetros para realizar el cálculo estructural. En una segunda instancia se realizó el diseño de la estructura bajo las normativas estipuladas por la Normativa Ecuatoriana de la Construcción (NEC) y sus distintos capítulos entre los que están cargas sísmicas, cargas no sísmicas, estructuras de acero y trabajo con vidrio. Con el apoyo del software SAP2000 se realizó las respectivas simulaciones de la estructura para obtener resultados del comportamiento de la misma, luego se realizó un análisis para determinar la mejor manera de sujeción del vidrio templado que estará sobre la claraboya por último en su tercera instancia se realizó el análisis de costos del material en la estructura propuesta.

**Palabras clave:** claraboya, calculo estructural, cargas, estructura, acero, vidrio templado.

## **ABSTRACT**

The titling work was developed from a present need by the LA PRENSA shopping center in the city of Cuenca it was carried out in three instances, it began with the collection of all the information of the place where it is required to implement the new skylight the parameters were taken to perform the structural calculation. In a second instance, the design of the structure was carried out under the stipulated regulations the Ecuadorian Construction Regulationsb (NEC) and their different chapters of seismic loads, non-seismic loads, steel structures and glass work. With the support of the SAP2000 software, the respective simulations of the structure were carried out to obtain results of its behavior, then an analysis was carried out to determine the best way to hold the tempered glass that will be on the skylight finally in its third instance the cost analysis of the material in the proposed structure was carried out.

**Keywords:** skylight, structural calculation, loads, structure, steel, tempered glass.

# Índice

1	PROBLEMA DE ESTUDIO.....	12
2	JUSTIFICACIÓN.....	12
3	OBJETIVOS .....	13
3.1	Objetivo general .....	13
3.2	Objetivos específicos.....	13
4	MARCO HIPOTÉTICO.....	13
5	MARCO TEÓRICO .....	13
5.1	Material .....	14
5.1.1	Resistencia.....	14
5.1.2	Uniformidad .....	14
5.1.3	Elasticidad .....	14
5.1.4	Ductilidad.....	14
5.1.6	Tenacidad .....	14
5.2	Características Generales .....	15
5.2.1	Acero estructural ASTM-A36.....	15
5.2.2	Acero estructural ASTM-A709.....	15
5.2.3	Acero estructural ASTM-A913 .....	16
5.2.4	Acero estructural ASTM-A992.....	16
5.3	Método LFRD (Diseño por Factores de Carga y Resistencia).....	16
5.3.1	Cargas.....	17
5.3.2	Cargas Muertas.....	17
5.3.3	Cargas Vivas .....	18
5.3.4	Cargas de granizo.....	19
5.3.5	Carga de Lluvia .....	19
5.3.6	Carga de Viento.....	20
5.3.7	Cargas Sísmicas.....	23
5.4	El vidrio como material estructural .....	32
5.4.1	Composición y propiedades características.....	32
5.4.2	Tipologías y procesos de fabricación .....	33
5.4.3	Tratamientos térmicos .....	34
5.5	Métodos de sujeción de cristales .....	35
5.5.1	Siliconas estructurales .....	35
5.5.2	Siliconas de doble acristalamiento .....	36
5.5.3	Cintas VHB .....	37
5.6	Armadura.....	38
5.6.1	Armaduras simples.....	39



5.6.2	Armaduras Compuestas.....	39
5.6.3	Tipos de armaduras .....	39
5.7	Diseño de elementos de una estructura de techo .....	40
5.7.1	Vigas .....	41
5.7.2	Correas .....	41
5.8	Métodos de unión de armadura .....	41
5.8.1	Soldadura.....	42
5.8.2	Empernado .....	43
5.9	Patrimonio cultural.....	44
5.9.1	Seguridad de las edificaciones .....	44
5.9.2	Vulnerabilidad estructural .....	44
5.9.3	Daño estructural .....	44
5.9.6	Tipos de intervención.....	45
6	MARCO METOLOGICO.....	46
6.1	Condiciones iniciales.....	46
6.1.2	Análisis de cargas.....	47
6.1.2.1	Carga de viento.....	47
6.1.2.2	Carga sísmica .....	49
6.1.2.2	Cálculo carga de granizo .....	51
6.2	Diseño de la estructura .....	52
6.3	Diseño del cristal.....	61
6.4	Diseño de adhesivo de unión para la cubierta .....	65
6.5	Costos materiales de la estructura .....	68
7.	CONCLUSIONES .....	70
8.	RECOMENDACIONES .....	71
9.	BIBLIOGRAFÍA.....	72
10.	ANEXOS.....	74
10.1	Anexo 1 .....	74
10.2	Anexo 2 .....	75
10.3	Anexo 3 .....	76
10.4	Anexo 4 .....	77
10.5	Anexo 5 .....	78

## Índice de figuras

Figura 1. Zonas sísmicas y valores de factor Z .....	25
Figura 2. Curva de peligro sísmico, Cuenca .....	25
Figura 3. Zona sísmica de la ciudad de Cuenca y su factor Z.....	26
Figura 4. Espectro de la respuesta elástica de aceleración $S_a$ .....	28
Figura 5. Estructura molecular del vidrio .....	32
Figura 6. Proceso de producción de un vidrio flotado .....	34
Figura 7. Cartucho Sikaflex-256 negro. ....	36
Figura 8. Armadura de techo .....	38
Figura 9. Armadura típica para techos .....	38
Figura 10. Armadura simple .....	39
Figura 11. Armadura compuesta .....	39
Figura 12. Elementos de armadura. ....	41
Figura 13. Elementos de techo.....	41
Figura 14. Soldadora MIG .....	42
Figura 15. Soldadora de arco eléctrico revestido .....	43
Figura 16. Posiciones de soldadura . ....	43
Figura 17. Unión empernada .....	43
Figura 18. Casa patrimonial colapsada por daño estructural. ....	45
Figura 19. Claraboya existente dentro del centro comercial LA PRENSA. ....	46
Figura 20. Separaciones entre pórticos y distribución del vidrio en estructura existente. ....	46
Figura 21. Dimensiones de la cercha existente. ....	47
Figura 22. Cercha tipo Howe propuesta.....	52
Figura 23. Separaciones entre pórticos de la nueva estructura. ....	52
Figura 24. Dimensiones de la cercha a proponer.....	53
Figura 25. Distribución de perfilería.....	53
Figura 26. Distribución de los pórticos. ....	54
Figura 27. Configuración de material en SAP2000.....	55
Figura 28. Clasificación de los perfiles. ....	55
Figura 29. Configuración de los perfiles.....	55
Figura 30. Modelamiento de claraboya.....	56
Figura 31. Cargas para modelación.....	56
Figura 32. Combinación de cargas más desfavorables.....	57
Figura 33. Modelo 1. ....	57
Figura 34. Modelo 2. ....	58
Figura 35. Modelo 3. ....	58
Figura 36. Esfuerzos cortantes en la estructura. ....	59
Figura 37. Valores del elemento más desfavorable en SAP2000. ....	59
Figura 38. Esfuerzos axiales en la estructura.....	60
Figura 39. Valores de elementos más desfavorables en SAP2000. ....	60
Figura 40. Distribución de cristalería de protección. ....	62
Figura 41. Deformación de un panel de vidrio templado. ....	64
Figura 42. Distribución de la cristalería con los esfuerzos presentes.....	64

## Índice de tablas

<i>Tabla 1. Propiedades de los aceros estructurales</i>	15
<i>Tabla 2. Composición química del ASTM-A36.</i>	15
<i>Tabla 3. Composición química del ASTM-A709.</i>	15
<i>Tabla 4. Composición química del ASTM-A913.</i>	16
<i>Tabla 5. Composición química del ASTM-A992.</i>	16
<i>Tabla 6. Combinaciones de carga mediante LRFD.</i>	16
<i>Tabla 7. Carga muerta: pesos de los materiales (metales).</i>	18
<i>Tabla 8. Sobrecargas mínimas (Cubiertas).</i>	18
<i>Tabla 9. Coeficiente de corrección</i>	20
<i>Tabla 10. Coeficientes de entorno <math>C_e</math></i>	21
<i>Tabla 11. Determinación del factor de forma <math>C_f</math></i>	22
<i>Tabla 12. Tipos de perfiles de suelo</i>	23
<i>Tabla 13. Valores Z dependientes de la ubicación en la geografía del Ecuador</i>	26
<i>Tabla 14. Coeficiente I según el tipo y uso de edificaciones/estructuras</i>	27
<i>Tabla 15. Valores del coeficiente de reducción R</i>	28
<i>Tabla 16. Valores de <math>C_t</math> según el tipo de estructura</i>	30
<i>Tabla 17. Tipo de suelo y factor de sitio <math>F_a</math>.</i>	30
<i>Tabla 18. Tipo de suelo y factores de sitio <math>F_d</math></i>	31
<i>Tabla 19. Tipo de suelo y factores de comportamiento inelástico del subsuelo <math>F_s</math></i>	31
<i>Tabla 20. Características técnicas de Sikaflex-256.</i>	35
<i>Tabla 21. Características de las cintas VHB familia 4941</i>	37
<i>Tabla 22. Características de las cintas VHB familia 4950</i>	38
<i>Tabla 23. Tipos de armaduras</i>	40
<i>Tabla 24. Variables para el cálculo de la velocidad del viento corregida.</i>	47
<i>Tabla 25. Datos para cálculo de presión de viento.</i>	48
<i>Tabla 26. Datos para cálculo de carga sísmica.</i>	49
<i>Tabla 27. Datos para cálculo del espectro elástico de respuesta.</i>	50
<i>Tabla 28. Datos para cálculo del corte basal de diseño.</i>	50
<i>Tabla 29. Datos para cálculo del desplazamiento lateral.</i>	51
<i>Tabla 30. Comparativa perfilera-demanda/capacidad.</i>	61
<i>Tabla 31. Perfilera designada para ocupar.</i>	61
<i>Tabla 32. Límites de tolerancia de acuerdo a su espesor.</i>	63
<i>Tabla 33. Espesores nominales y límites de tolerancia</i>	63
<i>Tabla 34. Deflexiones máximas del vidrio templado según su espesor</i>	64
<i>Tabla 35. Usos generales para el vidrio templado</i>	65
<i>Tabla 36. Características técnicas del sikaflex-256-negro</i>	68
<i>Tabla 37. Costos de perfilera.</i>	68

## **1 PROBLEMA DE ESTUDIO**

En el centro comercial LA PRENSA existe una claraboya de madera que tiene 12 metros de largo por 5 metros de ancho para el ingreso de luz a sus instalaciones, la estructura presenta pandeo en sus vigas y viguetas, también desplazamiento de los cristales que cubren la estructura, generando peligro para los usuarios de las instalaciones ya que en cualquier momento puede generar un fallo estructural, ya sea por peso propio, carga excesiva de viento, carga de lluvia, carga de granizo o la acción de un sismo.

Para el análisis y diseño de la nueva estructura se debe tener en cuenta que la casa está considerada como patrimonio dentro del registro de áreas históricas y casas patrimoniales en el Municipio de Cuenca, generando ciertas restricciones para modificaciones y diseños en la estructura.

Por lo tanto, en el diseño estructural es necesario considerar las cargas de viento, cargas sísmicas y el peso propio de la estructura, basándose en la normativa de la construcción ecuatoriana NEC, para garantizar la vida de las personas que estarán en la infraestructura, que son la prioridad ante cualquier fallo.

## **2 JUSTIFICACIÓN**

El proyecto de carácter social inicia con la solicitud por parte del centro comercial LA PRENSA hacia la universidad Politécnica Salesiana para realizar una inspección por parte de un profesional en el campo estructural. Debido al deterioro que se evidencia en la estructura como son el pandeo de sus vigas, daño por presencia de humedad y rotura general en todos sus cristales, por lo que es necesario una remodelación del sistema estructural, planteando un nuevo diseño estructural a partir de las dimensiones existentes en la estructura obsoleta que contemplen las normas generales del diseño y también los estándares patrimoniales de la ciudad de Cuenca. Con la nueva estructura se pretende generar seguridad a las instalaciones y confort para todos los usuarios.

### **3 OBJETIVOS**

#### **3.1 Objetivo general**

Diseñar la estructura de la claraboya del centro comercial LA PRENSA de la ciudad de Cuenca.

#### **3.2 Objetivos específicos**

- Establecer las condiciones iniciales para el diseño de la estructura
- Diseñar la estructura bajo las normativas requeridas.
- Analizar costos del material en la estructura propuesta

### **4 MARCO HIPOTÉTICO**

La definición de una estructura para una casa patrimonial a través de un diseño bajo las normativas vigentes considerando las condiciones climáticas y las permitidas por las columnas de la edificación, para garantizar el bienestar de las personas que se encuentran en su interior al momento de existir alguna situación fuera de lo común.

### **5 MARCO TEÓRICO**

En este apartado se realizará una revisión de los campos más importantes, en la primera parte se revisará las características generales de los aceros, en una segunda parte se revisará la Normativa Ecuatoriana de la Construcción (NEC), en una tercera parte se revisará las armaduras con sus principales características y por último se revisará las tipologías del vidrio y los adhesivos para su implementación.

## **5.1 Material**

El acero como material estructural cuenta con grandes propiedades mecánicas. Es un material versátil ya que tiene gran resistencia, poco peso, facilidad de fabricación frente a otros materiales estructurales.[1]

A continuación, describir algunas ventajas del acero estructural en el campo constructivo.

### **5.1.1 Resistencia**

Principal característica de un acero estructural, debido a que si se realiza una comparativa entre la resistencia por la unidad de peso implica el bajo peso de la estructura. [1]

### **5.1.2 Uniformidad**

Las propiedades presentes en el acero no cambian apreciablemente con el tiempo como sucede en las estructuras de concreto reforzado que con el tiempo sufren daños.[1]

### **5.1.3 Elasticidad**

Capacidad para soportar esfuerzos muy altos y retornar a su forma natural una vez retirada la fuerza impuesta sobre el elemento de la estructura.[1]

### **5.1.4 Ductilidad**

Capacidad que tiene el material para soportar grandes deformaciones sin fallar bajo altos esfuerzos de tensión. Un material que no contenga esta característica será duro pero frágil al mínimo impacto repentino. [1]

### **5.1.6 Tenacidad**

Capacidad del material para absorber la energía en grandes cantidades, en un miembro de acero podemos ver que sufre grandes deformaciones, pero sigue resistiendo grandes fuerzas.[1]

## 5.2 Características Generales

El acero estructural presenta ciertas características especiales para su trabajo, dependiendo de cada una de las condiciones del uso y su forma de trabajo.

Tabla 1. Propiedades de los aceros estructurales [2].

Material	Esfuerzo de fluencia $\sigma_Y$ (MPa)	Esfuerzo ultimo $\sigma_U$ (MPa)	Esfuerzo cortante (MPa)	Módulo de elasticidad (GPa)	Módulo de rigidez (GPa)
ASTM-A36	250	400	145	200	77.2
ASTM-A709	345	500		200	77.2
ASTM-A913	450	550		200	77.2
ASTM-A992	345	450		200	77.2

### 5.2.1 Acero estructural ASTM-A36

Es un acero al carbono de carácter estructural dedicado para la parte de las construcciones de pórticos y cerchas, en la parte de estructuras de acero soldadas y atornilladas así también tiene aplicación en la fabricación de artículos y piezas para usos generales. No tiene restricciones en su soldadura.

Tabla 2. Composición química del ASTM-A36.

C	Si	Mn	S	P	Cu
$\leq 0.25$	$\leq 0.40$	-	$\leq 0.05$	$\leq 0.04$	$\geq 0.20$

### 5.2.2 Acero estructural ASTM-A709

Acero estructural de alta resistencia y baja aleación utilizado principalmente en la construcción de puentes debido a sus optimas propiedades mecánicas.

Tabla 3. Composición química del ASTM-A709.

C	Si	Mn	S	P	Cu
$\leq 0.23$	$\leq 0.40$	-	$\leq 0.05$	$\leq 0.04$	$\geq 0.23$

### 5.2.3 Acero estructural ASTM-A913

Acero con alta resistencia a la corrosión y buenas propiedades mecánicas junto con una buena capacidad para la soldadura y trabajo en bajas temperaturas.

Tabla 4. Composición química del ASTM-A913.

<b>C</b>	<b>Si</b>	<b>Mn</b>	<b>S</b>	<b>P</b>	<b>Cu</b>
≤ 0.12	≤ 0.40	≤ 0.25	≤ 0.03	≤ 0.04	≥ 0.45

### 5.2.4 Acero estructural ASTM-A992

Acero con fines estructurales generales, con buena capacidad de soldadura y su principal uso es en el encuadre de estructuras de edificios y puentes.

Tabla 5. Composición química del ASTM-A992.

<b>C</b>	<b>Si</b>	<b>Mn</b>	<b>S</b>	<b>P</b>	<b>Cu</b>
≤ 0.23	≤ 0.40	≤ 0.50	≤ 0.045	≤ 0.035	≥ 0.6

## 5.3 Método LFRD (Diseño por Factores de Carga y Resistencia)

Los factores de carga y resistencia son basados en su límite de trabajo como estructura. Denominando como limite a el momento que la estructura deja de trabajar a causa de un fallo dentro de esta, como puede ser los fallos por carga de las estructuras, de pandeo, de fractura, las fatigas del material, etc.[1]

Tabla 6. Combinaciones de carga mediante LRFD [3].

<b>COMBINACIONES DE CARGA</b>	
a	$U = 1.4D$
b	$U = 1.2D + 1.6L + 0.5(L_r \text{ o } S \text{ o } R)$
c	$U = 1.2D + 1.6(L_r \text{ o } S \text{ o } R) + (L \text{ o } 0.5W)$
d	$U = 1.2D + 1.0W + L + 0.5(L_r \text{ o } S \text{ o } R)$
e	$U = 1.2D + 1.0E + L + 0.25$
f	$U = 0.9D + 1.0W$
g	$U = 0.9D + 1.0E$



Donde la carga  $L$  en la ecuación  $c, d, e$  según su orden, debe considerarse como 1 para pisos de reuniones y cargas que sobrepasen las  $100 \text{ lb/pie}^2$ ; se permite valor de 0.5 en otras cargas vivas.

Donde:

*U: Carga factorizada de diseño*

*D: Carga muerta*

*L: Carga viva debida a la ocupación*

*L<sub>r</sub>: Carga viva del techo*

*S: Carga de nieve*

*R: Carga nominal debido a la precipitación pluvial del hielo iniciales, independientemente del encharcamiento.*

*W: Carga de viento*

*E: Carga de sismo*

### **5.3.1 Cargas**

Las estructuras deben dimensionarse con el objetivo que no fallen ni se deformen excesivamente bajo la acción de cargas. Para cálculo de las cargas se precisa el conjunto de consideraciones y normas teniendo en cuenta las que rigen dentro del país o región en la que se está trabajando. El diseñador debe tener todos los factores que afectarán dentro de su estructura en cualquier momento, considerando siempre toda carga que pueda llegar a combinarse en un momento dado.[1]

### **5.3.2 Cargas Muertas**

Son cargas de magnitud constante que permanecen fijas en un mismo lugar, como lo es el propio peso de la estructura en la construcción, o sus componentes que se encontraran sobre esta, por lo que se debe tener en cuenta al momento de realizar el diseño, siempre con una visión a una mejora dentro de estas estructuras lo que con el paso

del tiempo puede generar nuevas cargas muertas sobre esta. Siempre se dimensionan de acuerdo con su volumen y el área de utilización que se genere por esta. [1]

Tabla 7. Carga muerta: pesos de los materiales (metales) [3].

Material	Peso unitario (kN/m <sup>3</sup> )
<b>E. Metales</b>	
Acero	78.5
Aluminio	27
Bronce	85
Cobre	89
Estaño	74
Fundición gris	72
Latón	85
Plomo	114
Zinc	72

### 5.3.3 Cargas Vivas

Las cargas vivas se especifican como toda carga que puede cambiar de lugar y magnitud en un cierto momento, son cargas que se mueven por su propio impulso como son camiones, gente, etc. Otras cargas vivas son aquellas que se producen al momento de construir, viento, lluvia, sismo, cambios de temperatura, etc. [1]

Tabla 8. Sobrecargas mínimas (Cubiertas) [3].

Ocupación o Uso	Carga uniforme (kN/m <sup>2</sup> )	Carga concentrada (kN)
<b>Cubiertas</b>		
Cubiertas planas, inclinadas y curvas	0.7	
Cubiertas destinadas para áreas de paseo	3	
Cubiertas destinadas en jardinería o patios de reunión.	4.8	
Cubiertas destinadas para propósitos especiales		
Toldos y carpas	-----	-----
Construcción en lona apoyada sobre una estructura ligera	0.24(no reduc.)	
Todas las demás	1	

Elementos principales expuestos a áreas de trabajo	8.9
Carga puntual en los nudos inferiores de la celosía de cubierta, miembros estructurales que soportan cubiertas sobre fábricas, bodegas y talleres de reparación vehicular	1.4
Todos los otros usos	1.4
Todas las superficies de cubierta sujetas a mantenimiento de trabajadores	
En la región andina y sus estribaciones, desde una cota de 1000 msnm, no se permite la reducción de carga viva en cubiertas para prevenir caídas de granizo o ceniza.	

### 5.3.4 Cargas de granizo

Este tipo de cargas en algunos casos son muy importantes ya que con la presencia de este fenómeno si no se tiene una inclinación adecuada del techo y un desfogue de este material, se generan cargas grandes y variables sobre la estructura lo que puede generar un colapso. [1]

Por normativa se especifica que, para regiones con más de 1500 msnm, la carga se determina mediante la siguiente formulación:

$$S = \rho_s \cdot H_s$$

Donde:

$\rho_s$ : peso específico del granizo (1000 kg/m<sup>3</sup>)

$H_s$ : Altura de acumulación (m)

Teniendo en cuenta que para cubiertas con pendientes menores al 15% se considera una carga de granizo mínima de 0.5 kN/m<sup>2</sup>

### 5.3.5 Carga de Lluvia

La carga de lluvia es un factor que se debe tener en cuenta debido a que, si existe una tormenta muy fuerte y esta no cuenta con la inclinación requerida para el desfogue de agua, se genera el fenómeno conocido como encharcamiento, generando deflexiones. Este proceso continuo hasta llegar a un colapso.[1]

### 5.3.6 Carga de Viento

Las cargas de viento no se pueden clasificar como una ciencia exacta ya que son variantes de acuerdo a la localidad, la altura sobre el nivel del terreno, las edificaciones que rodean la estructura, entre otros factores. La dirección del viento es un factor importante, ya que estas pueden estar bajo fuerzas en la estructura que dependerán de la inclinación su salida de viento las cuales se pueden trabajar a presión (barlovento) o succión (sotavento). [1] La normativa NEC-SE-CG indica que para edificaciones de hasta 10m de altura, la velocidad de viento no será menor a 21m/s.[3]

La velocidad instantánea máxima será la velocidad corregida del viento, dicha velocidad se multiplica por un coeficiente de corrección  $\sigma$ , el cual dependerá de la altura de la edificación y su ubicación topográfica. [3]

$$Vb = V \cdot \sigma$$

Donde:

*Vb: velocidad corregida del viento en m/s*

*V: Velocidad instantánea máxima del viento en m/s*

*$\sigma$ : Coeficiente de corrección*

Todos los datos se analizarán a partir de la tabla según su categoría.

- Categoría A (sin obstrucción): edificios frente al mar, zonas rurales y espacios abiertos sin obstáculos topográficos
- Categoría B (obstrucción baja): edificios de zonas suburbanas con edificaciones de baja altura, promedio hasta los 10m.
- Categoría C (zona edificada): zonas urbanas con edificios de altura

*Tabla 9. Coeficiente de corrección [3].*

Altura (m)	Sin obstrucción (Categoría A)	Obstrucción baja (Categoría B)	Zona edificada (Categoría C)
5	0.96	0.86	0.80
10	1.00	0.90	0.80
20	1.06	0.97	0.88
40	1.14	1.03	0.96
80	1.21	1.14	1.06
150	1.28	1.22	1.15

Donde la presión de viento de acuerdo a la normativa ecuatoriana se determinará para saber el empuje que existe sobre la estructura, donde viene dada por la siguiente ecuación:

$$P = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot Vb^2 \cdot C_e \cdot C_f$$

Donde:

$P$ : Presión de cálculo en Pa ( $N/m^2$ )

$\rho$ : Densidad del aire en  $Kg/m^3$  (se puede tomar el valor de 1.25)

$C_e$ : Coeficiente de entorno

$C_f$ : Coeficiente de forma

Para determinar el valor  $C_e$  debe tomar los valores de la tabla 26.10-1 de la normativa ASCE 7-16 siendo esta referente a la Normativa Ecuatoriana de la Construcción (NEC), según su categorización a la exposición.

Tabla 10. Coeficientes de entorno  $C_e$  [3].

Altura sobre nivel del suelo (m)	Exposición		
	B	C	D
0-4.6	0.57 (0.70) <sup>a</sup>	0.85	1.03
6.1	0.62 (0.70) <sup>a</sup>	0.90	1.08
7.6	0.66 (0.70) <sup>a</sup>	0.94	1.12

9.1	0.70	0.98	1.16
12.2	0.76	1.04	1.22
15.2	0.81	1.09	1.27
18	0.85	1.13	1.31
21.3	0.89	1.17	1.34
24.4	0.93	1.21	1.38
27.4	0.96	1.24	1.4
30.5	0.99	1.26	1.43
36.6	1.04	1.31	1.48
42.7	1.09	1.36	1.52
48.8	1.13	1.39	1.55
54.9	1.17	1.43	1.58
61	1.20	1.46	1.61
76.2	1.28	1.53	1.68
91.4	1.35	1.59	1.73
106.7	1.41	1.64	1.78
121.9	1.47	1.69	1.82
137.2	1.52	1.73	1.86
152.4	1.56	1.77	1.89

Tabla 11. Determinación del factor de forma  $C_f$  [3].

<b>Construcción</b>	<b>Barlovento</b>	<b>Sotavento</b>
Superficies verticales de edificios	+0.8	---
Anuncios, muros aislados, elementos con una dimensión corta en el sentido del viento	+1.5	---
Tanques de agua, chimeneas y otros de sección circular o elíptica	+0.7	---
Tanques de agua, chimeneas y otros de sección cuadrada o rectangular	+2.0	---
Arcos y cubiertas cilíndricas con un ángulo de inclinación que no exceda los 45°	+0.8	-0.5
Superficies inclinadas a 15° o menos	+0.3 a 0	-0.6
Superficie inclinada entre 15° y 60°	+0.3 a +0.7	-0.6
Superficie inclinada entre 60° y la vertical	+0.8	-0.6

### 5.3.7 Cargas Sísmicas

En muchos lugares del mundo existen territorios sísmicos, para realizar construcciones en esos territorios es necesario considerar fuerzas sísmicas de diseño. Durante un sismo se generan aceleraciones de la superficie terrestre que se descomponen en elementos verticales y horizontales, siendo los horizontales los causantes de los colapsos de estructuras en su gran mayoría, para realizar un correcto análisis se recomienda tener en cuenta la distribución de masa en la estructura, tipo de estructuración, su rigidez, entre otros. Las estructuras a diseñar y construirse llegan a ser económicas en relación a su resistencia sísmica, pero adecuar una estructura existente para que resista sismo puede ser muy costoso.[1]

Para un correcto análisis de las cargas sísmicas se dan algunos coeficientes, factores y fórmulas que están estipulados en la NEC en su capítulo de cargas sísmicas y diseño sismorresistente.

- *Geología local*

Dentro del capítulo de cargas sísmicas se estipula que existen seis tipologías de suelos correspondientes al nivel superior de los 30 metros.

Tabla 12. Tipos de perfiles de suelo [4].

Tipo de perfil	Descripción	Definición
<b>A</b>	Perfil de roca competente	$V_s \geq 1500m/s$
<b>B</b>	Perfil de roca de rigidez media	$1500m/s > V_s \geq 760m/s$
<b>C</b>	Perfiles de suelos muy densos o roca blanda, que cumplan con el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	$760m/s > V_s \geq 360m/s$
	perfiles de suelos muy densos o roca blanda, que cumplan con cualquiera de los dos criterios	$N \geq 50$ $S_u \geq 100kPa$
<b>D</b>	Perfiles de suelos rígidos que cumplan con el criterio de velocidad de la onda cortante, o	$360m/s > V_s \geq 180m/s$
	Perfiles de suelos rígidos que cumplan cualquiera de las dos condiciones	$50 > N \geq 15$ $100kPa > S_u \geq 50kPa$
<b>E</b>	Perfil que cumpla el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	$V_s \geq 180m/s$

	Perfil que contiene un espesor total H mayor de 3m de arcillas blandas	$IP > 20$ $w \geq 40\%$ $S_u < 50kPa$
<b>F</b>	Los perfiles de suelo tipo <b>F</b> requieren una evaluación realizada explícitamente en el sitio por un ingeniero geotecnista. Se contempla las siguientes subclases:	
	F1- Suelos susceptibles a la falla o colapso causado por la excitación sísmica, tales como: suelos licuables, arcillas sensitivas, suelos dispersivos o débilmente cementados, etc.	
	F2- Turba y arcillas orgánicas y muy orgánicas(H>3m para turba o arcillas orgánicas y muy orgánicas).	
	F3- Arcillas de muy alta plasticidad (H>7,5m con índice de plasticidad IP>75)	
	F4- Perfiles de gran espesor de arcillas de rigidez mediana a blanda(H>30m)	
	F5- Suelos con contrastes de impedancia $\alpha$ ocurriendo dentro de los primeros 30m superiores del perfil de subsuelo, incluyendo contactos entre suelos blandos y roca, con variaciones bruscas de velocidades de ondas de corte.	
	F6- Rellenos colocados sin control ingenieril	

- *Factor Z*

Según la normativa ecuatoriana de la construcción el factor Z es un valor referencial que dependerá de la ubicación dentro del territorio ecuatoriano, en el caso de que la ubicación no esté dentro de las ciudades categorizadas se puede tomar valores de las ciudades cercanas a los predios.



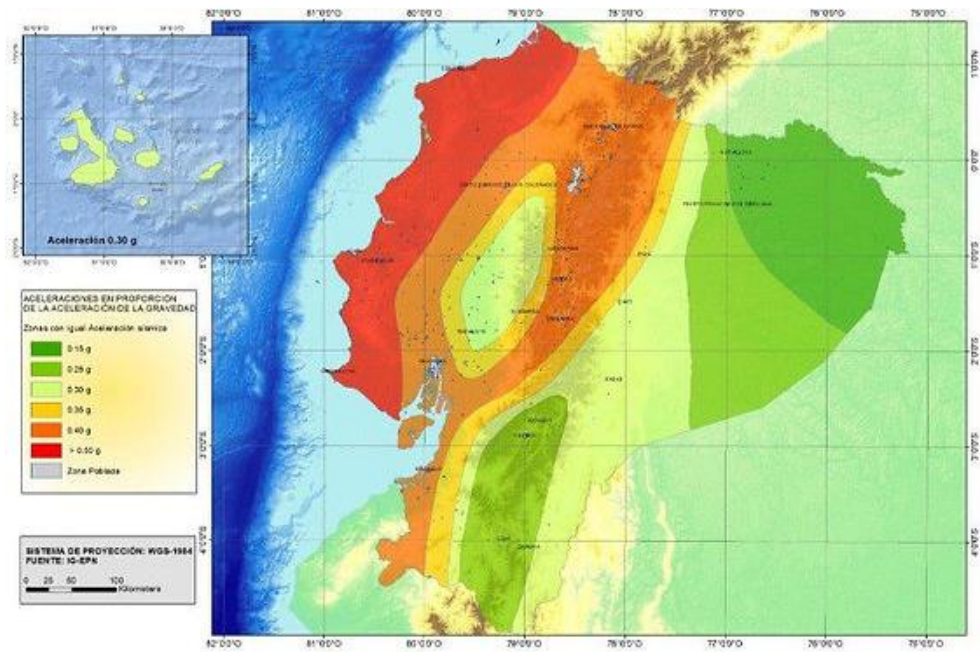


Figura 1. Zonas sísmicas y valores de factor Z [4].

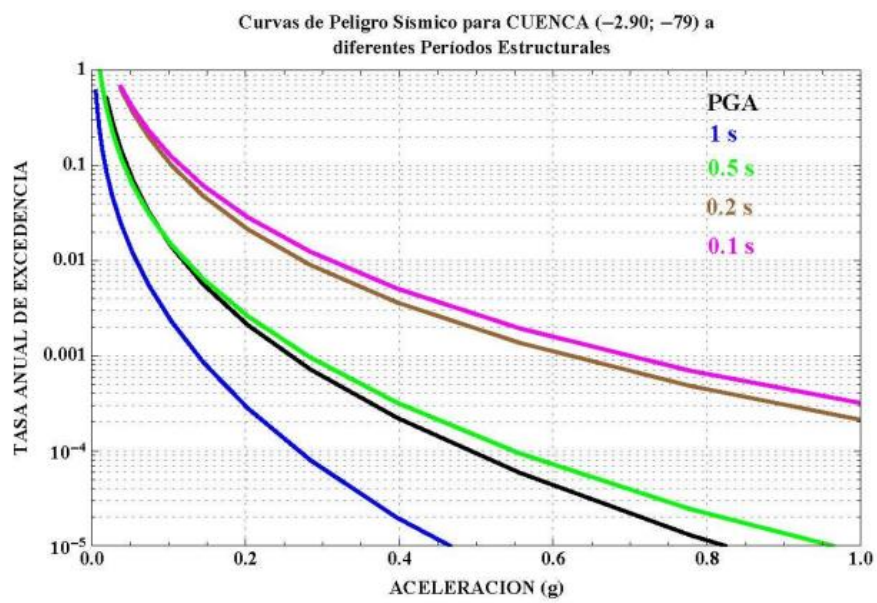


Figura 2. Curva de peligro sísmico, Cuenca [4].

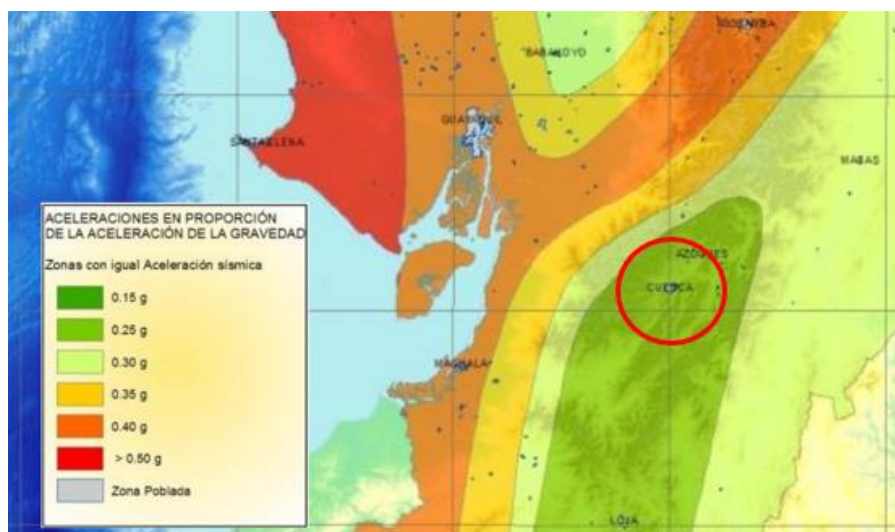


Figura 3. Zona sísmica de la ciudad de Cuenca y su factor Z [4].

La designación de las zonas sísmicas a partir de los factores Z está dada por intermedia, alta y muy alta, como se puede ver en la siguiente tabla.

Tabla 13. Valores Z dependientes de la ubicación en la geografía del Ecuador [4].

Zona sísmica	I	II	III	IV	V	VI
Valor factor Z	0.15	0.25	0.30	0.35	0.40	≥ 0.50
Caracterización del peligro sísmico	Intermedia	Alta	Alta	Alta	Alta	Muy alta

- *Cortante basal de diseño V*

La cortante basal es la sumatoria de fuerzas laterales en el diseño sísmico, el cual se determina a partir de la siguiente ecuación:

$$V = \frac{I \cdot S_a(T_a)}{R \cdot \Phi_P \cdot \Phi_E} \cdot W$$

Donde:

$S_a(T_a)$ : espectro de diseño en aceleración

$\Phi_P$  y  $\Phi_E$ : coeficientes de evaluación en planta y elevación

*I: Coeficiente de importancia*

*R: Factor de reducción de resistencia sísmica*

*W: Carga sísmica reactiva*

*T<sub>a</sub>: Periodo de vibración*

- *Coeficiente de importancia*

El coeficiente de importancia *I* es el factor de incremento de demanda sísmica en los distintos tipos de estructuras, los cuales se dan a partir de su utilización o uso que se deberán dar después de un fenómeno sísmico[4]. Detallando en la tabla 14 cada una de las categorías que existen:

*Tabla 14. Coeficiente I según el tipo y uso de edificaciones/estructuras [4].*

<b>Categoría</b>	<b>Tipo de uso, destino e importancia</b>	<b>Coeficiente <i>I</i></b>
<b>Edificaciones esenciales</b>	Hospitales, clínicas, Centros de salud o de emergencia sanitaria. Instalaciones militares, de policía, bomberos, defensa civil. Garajes o estacionamientos para vehículos y aviones que atienden emergencias. Torres de control aéreo. Estructuras de centros de telecomunicaciones u otros centros de atención de emergencias. Estructuras que albergan equipos de generación y distribución eléctrica. Tanques u otras estructuras utilizadas para depósito de agua u otras sustancias anti-incendio. Estructuras que albergan depósitos tóxicos, explosivos, químicos u otras sustancias peligrosas.	1.5
<b>Estructuras de ocupación especial</b>	Museos, iglesias, escuelas y centros de educación o deportivos que albergan más de trescientas personas. Todas las estructuras que albergan más de cinco mil personas. Edificios públicos que requieren operar continuamente	1.3
<b>Otras estructuras</b>	Todas las estructuras de edificación y otras que no clasifican dentro de las categorías anteriores	1

- *Resistencia sísmica*

Para el factor de resistencia sísmica  $R$  se lo realiza cuando el diseño de la estructura garantice la ductilidad y resistencia de la misma, teniendo en cuenta la normativa y las consideraciones de diseño, en la siguiente tabla se presenta los valores correspondientes a cada caso:

Tabla 15. Valores del coeficiente de reducción  $R$  [4].

<b>Valores del coeficiente de reducción de respuesta estructural <math>R</math></b>	
Reservorios y depósitos, incluidos tanques y esferas presurizadas, soportados mediante columnas o soportes arriostrados o no arriostrados.	2
Silos de hormigón fundido en sitio y chimeneas que poseen paredes continuas desde la cimentación	3.5
Estructuras tipo cantiléver tales como chimeneas, silos y depósitos apoyados en sus bordes	3
Naves industriales con perfiles de acero	3
Torres en armadura (auto-portantes o atirantadas)	3
Estructuras en forma de péndulo invertido 2	2
Torres de enfriamiento	3.5
Depósitos elevados soportados por una pila o por apoyos no arriostrados 3	3
Letreros y carteleras	3.5
Estructuras para vallas publicitarias y monumentos	2
Otras estructuras no descritas en este documento	2

- *Coficiente de regularidad en planta y elevación*

Si la estructura no cuenta con irregularidades en elevación y planta se tomará un valor de 1 para el coeficiente de regularidad en planta  $\phi_P$  y coeficiente de regularidad de elevación  $\phi_E$  con el criterio de que es regular en planta como elevación. [4]

- *Espectro elástico horizontal de diseño en aceleraciones*

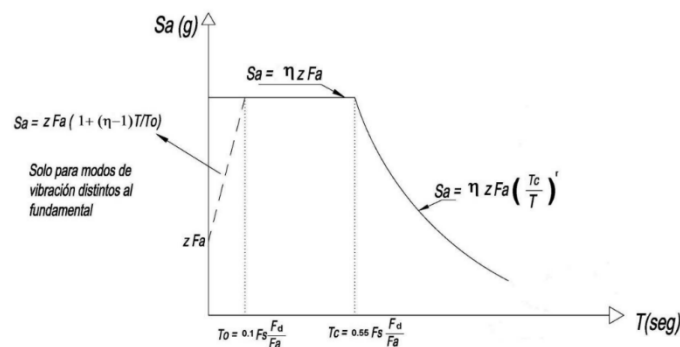


Figura 4. Espectro de la respuesta elástica de aceleración  $S_a$ . [4].

Para el espectro elástico  $S_a$  nos ayuda a saber el comportamiento sísmico de la estructura en un periodo de vibración el cual depende de la tipología de suelo y el factor Z que varía de acuerdo a la ubicación dentro de la zona del país.[4]

El cual se expresa como fracción de aceleración de la gravedad, expresado de la siguiente manera:

$$S_a = \eta Z F_a \text{ para } 0 \leq T \leq T_c$$

$$S_a = \eta Z F_a \left(\frac{T_c}{T}\right)^r \text{ para } T > T_c$$

Donde

$\eta$ : Razon entre la aceleración espectral  $S_a$  ( $T = 0.1s$ )

$F_a$ : Coeficiente de amplificación de suelo en la zona de período cortó

$r$ : Factor usado en el espectro de diseño elástico, cuyos valores dependen de la ubicación geográfica del proyecto

$r$ : 1 para todos los suelos, con excepción del suelo tipo E

$r$ : 1.5 para tipo de suelo E

$S_a$ : espectro de respuesta elástico de aceleraciones

$T$ : Período fundamental de vibración de la estructura

$T_c$ : Período límite de vibración en el espectro sísmico elástico de aceleración que representa el sismo de diseño

$Z$ : Aceleración máxima en roca esperada para el sismo de diseño expresada como fracción de la aceleración de la gravedad  $g$

Según la normativa ecuatoriana de la construcción (NEC) los valores de  $\eta$

dependerán de la región del país en donde se trabaje:

$\eta$ : 1.80 en Provincias de la Costa (excepto para Esmeraldas)

$\eta$ : 2.48 en Provincias de la Sierra, Esmeraldas y Galápagos

$\eta$ : 2.60 en Provincias del Oriente

- *Periodo fundamental de vibración*

Valor que nos permite determinar el espectro elástico de diseño para el cálculo de fuerzas sísmicas sobre la estructura para garantizar un buen dimensionamiento, esta expresada por la siguiente ecuación:

$$T = C_t \cdot h_n^\alpha$$

Donde

*T*: Período fundamental de vibración

*h<sub>n</sub>*: Altura máxima de la edificación de *n* pisos, medida desde la base de la estructura, en metros

*C<sub>t</sub>*: Coeficiente que depende de edificio

Tabla 16. Valores de *C<sub>t</sub>* según el tipo de estructura [4].

Tipo de estructura	C <sub>t</sub>	α
Estructuras de acero		
Sin arriostramiento	0.072	0.8
Con arriostramiento	0.0073	0.75
Pórticos especiales de hormigón armado		
Sin muros estructurales ni diagonales rigidizadores	0.055	0.9
Con muros estructurales o diagonales rigidizadores y para otras estructuras basadas en muros estructurales y mampostería estructural	0.055	0.75

- *Periodo límite de vibración*

El periodo límite de vibración *T<sub>o</sub>* representa el periodo del sismo y este dado por la siguiente ecuación:

$$T_o = 0.10F_s \cdot \frac{F_d}{F_a}$$

Donde:

*F<sub>a</sub>*: Coeficiente de amplificación de suelo en la zona de período cortó.

*F<sub>d</sub>*: Coeficiente de amplificación de suelo, Amplifica las ordenadas del espectro elástico de respuesta de desplazamientos para diseño en roca

*F<sub>s</sub>*: Coeficiente de amplificación de suelo, considera el comportamiento no lineal de los suelos.

Tabla 17. Tipo de suelo y factor de sitio *F<sub>a</sub>* [4].

Tipo de perfil del suelo	Zona sísmica y Factor Fa					
	I	II	III	IV	V	VI
Factor Z	0.15	0.25	0.3	0.35	0.4	≥0.5
A	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
B	1	1	1	1	1	1
C	1.4	1.3	1.25	1.23	1.2	1.18
D	1.6	1.4	1.3	1.25	1.2	1.12
E	1.8	1.5	1.39	1.26	1.14	0.97
F	Clasificación de los perfiles de suelo en la tabla 12					

Tabla 18. Tipo de suelo y factores de sitio Fd [4].

Tipo de perfil del suelo	Zona sísmica y Factor Fa					
	I	II	III	IV	V	VI
Factor Z	0.15	0.25	0.3	0.35	0.4	≥0.5
A	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
B	1	1	1	1	1	1
C	1.6	1.5	1.4	1.35	1.3	1.25
D	1.9	1.7	1.6	1.5	1.4	1.3
E	2.1	1.75	1.7	1.65	1.6	1.5
F	Clasificación de los perfiles de suelo en la tabla 12					

Tabla 19. Tipo de suelo y factores de comportamiento inelástico del subsuelo Fs [4].

Tipo de perfil del suelo	Zona sísmica y Factor Fa					
	I	II	III	IV	V	VI
Factor Z	0.15	0.25	0.3	0.35	0.4	≥0.5
A	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
B	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
C	1	1.1	1.2	1.25	1.3	1.45
D	1.2	1.25	1.3	1.4	1.5	1.65
E	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2
F	Clasificación de los perfiles de suelo en la tabla 12					

- *Periodo límite de vibración*

El periodo límite de vibración  $T_c$  representa el sismo de diseño y este dado por la siguiente ecuación:

$$T_c = 0.55F_s \cdot \frac{F_s}{F_a}$$

Donde:

*T<sub>c</sub>*: Es el periodo límite de vibración en el espectro sísmico elástico de aceleraciones que representa el sismo de diseño.

*F<sub>a</sub>*: Coeficiente de amplificación de suelo en la zona de período cortó.

## 5.4 El vidrio como material estructural

El vidrio con el paso de los años tomo mucha más utilidad en el campo estructural para las edificaciones, con esto se lleva a cabo mejoras en sus tratamientos y características tanto mecánicas como de confort haciendo énfasis en las térmicas y acústicas.[5]

### 5.4.1 Composición y propiedades características

Es un material inorgánico, duro y frágil, que se obtiene a partir de arena de sílice, carbonato de sodio y caliza realizada a 1500 grados Celsius. Presenta rotura frágil, es decir, no sufre deformación antes de una fractura a causa de su estructura interna.

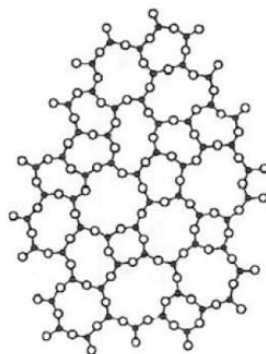


Figura 5. Estructura molecular del vidrio [6].



En la aplicación arquitectónica el vidrio más utilizado es el de silicato sodocálcico y el vidrio borosilicato, el primero de uso más común mientras que el segundo se lo utiliza cuando requiere resistencia al fuego y grandes oscilaciones de temperatura.[7]

- *Resistencia Mecánica:* no se considera como una constante del material, sino como aspectos de la forma de fabricación, tensiones residuales, defectos en la superficie o el historial de carga. La resistencia mecánica cambia de acuerdo a las grietas y microfisuras en el cristal existentes, generando una posible fractura del material cuando existen fuerzas de tensión y compresión.[7]
- *Resistencia a cambios de temperatura:* Se da en función del tratamiento térmico al que ha sido expuesto durante su fabricación, ya sea en su calentamiento o enfriamiento. Generando tensiones de tracción y dilatación entre la superficie y el núcleo del vidrio. [7]
- *Propiedades ópticas:* Depende mucho del espesor, composición química y de capas adicionales en la superficie, se mantiene una alta transparencia en el rango de longitudes de onda entre 380 y 750 nanómetros [7]

#### **5.4.2 Tipologías y procesos de fabricación**

El vidrio que se obtiene del horno de fusión a unos 1600 grados Celsius el cual denominamos vidrio recocido donde a partir de este se puede obtener el vidrio flotado y vidrio colado.

- *Vidrio flotado:* Se obtiene a partir de la salida del horno en estado fundido aproximadamente a una temperatura de 1040 grados Celsius. Luego se vierte sobre un baño de estaño fundido sobre el cual se estabiliza y se deja enfriar paulatinamente hasta los 600 grados Celsius mientras son arrastrados por rodillos, graduando espesores entre 0.4 y 25 milímetros. Con un enfriamiento muy lento para evitar tensiones internas. La mayor novedad de este proceso es la obtención de un vidrio completamente pulido de sus dos caras sin necesidad de procesos extras. [7]

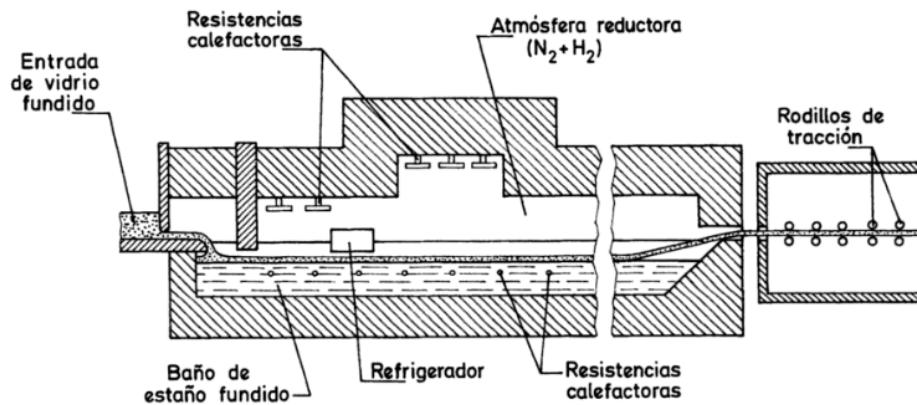


Figura 6. Proceso de producción de un vidrio flotado [7].

### 5.4.3 Tratamientos térmicos

Para el aumento de la resistencia mecánica, al choque térmico y brindar condiciones de seguridad ante cualquier posibilidad de rotura se realiza los tratamientos adicionales.

- *Templado térmicamente:* Es un vidrio de seguridad sometido a un tratamiento térmico de templado, El tratamiento térmico de templado consiste en producir un calentamiento gradual dentro del horno hasta una temperatura de reblandecimiento. Logrado esto, se retira la pieza del horno, para proceder a un endurecimiento violento, mediante aire a presión adquiere un aumento significativo de su resistencia a los esfuerzos mecánico y térmico. [8]
- *Termoendurecido:* Es un vidrio procesado, muy parecido al vidrio templado, sin embargo, el proceso de enfriamiento es más lento el cual confiere una tensión interna proporcional. El vidrio termo endurecido es dos veces más resistente a cargas de viento que un vidrio primario, pero no es un vidrio de seguridad. El principal beneficio del vidrio termo endurecido es reducir la probabilidad de rotura por esfuerzo térmico y por deflexión. Cuando el vidrio termo endurecido se rompe se da en trozos grandes y tiende a mantenerse en su posición hasta ser remplazado.[9]

- *Laminado*: Es un vidrio de seguridad, plano o curvo, que está compuesto por dos o más láminas de vidrio unidas íntimamente por interposición de interláminas de PVB. En caso de roturas los trozos de vidrio quedan adheridos a la interlámina, permaneciendo el conjunto dentro del marco, proporcionando seguridad a las personas e impidiendo la entrada a su través. [10]

## 5.5 Métodos de sujeción de cristales

La normativa utilizada para el cálculo y selección de adhesivo del vidrio es NEC-HS-VIDRIO utilizada conjuntamente con las demás normativas NEC-15, la cual explica que debe tener una capacidad de movimiento  $\pm 12.5\%$  para retener los paneles de cristal en su lugar, además de ser lo suficientemente resistente para transferir la carga de viento a la estructura, sin una deformación excesiva, y a la vez con suficiente flexibilidad a fin de adaptarse a la expansión térmica entre el cristal y la estructura de metal.[11]

### 5.5.1 Siliconas estructurales

La propiedad mecánica más destacable que presentan las siliconas estructurales es su alto módulo de elasticidad, es decir que, para producir una deformación en la silicona, hay que ejercer una fuerza alta, ya que han de ser las que soporten las cargas de viento y el peso de las unidades. Este alto módulo asegura la estabilidad dimensional de las fachadas y su comportamiento frente a solicitudes mecánicas extremas. [12]

#### ***Sikaflex-256***

Adhesivo utilizado generalmente para vidrios automotrices que presenta grandes características para sujeción:

Tabla 20. Características técnicas de Sikaflex-256 [13].

Color	Densidad	Resistencia a la tracción	Elongación a la rotura	Resistencia a propagación de corte	Cortadura por tracción
Negro	1.2 kg/l	7 MPa	400%	11 N/mm	5 MPa

Además de contar con las siguientes características:

- *Excelente adhesión:* sobre los sustratos usados en construcción como son vidrio, revestimientos reflectantes, metales y pinturas.
- *No corrosivo:* La durabilidad de una junta estructural depende de la falta de ataque por parte de la silicona a la superficie de adhesión.
- Facilidad de aplicación y almacenaje.
- No presentar subproductos de reacción nocivos, ni productos inflamables.



Figura 7. Cartucho Sikaflex-256 negro [14].

### 5.5.2 Siliconas de doble acristalamiento

Presenta propiedades similares a la silicona estructural, aunque en este caso al ser las superficies de adhesión en ambos casos vidrio, la adherencia sobre metales no es una virtud crítica como en el caso de las siliconas estructurales. Ambos productos son siliconas neutras de reacción tipo aikoxi, inalterables frente a los agentes atmosféricos y rayos ultravioleta.[15]

Las principales características presentes en este tipo de silicona son:

- *Adhesión:* Esto hace que las láminas se mantengan unidas pese a la acción de los agentes de envejecimiento atmosféricos como polución, ultravioletas, temperaturas extremas, cambios bruscos de temperatura, etc.

- *Rayos ultravioletas:* Esto los hace imprescindibles en los acristalamientos estructurales, puesto que en estos acristalamientos la luz incide directamente sobre la segunda barrera.

### 5.5.3 Cintas VHB

Cintas de doble cara destinadas para soportar grandes cargas en condiciones climáticas y de trabajo exigentes.

- *Familia 4941*

Esta familia es un adhesivo acrílico de uso múltiple en sus dos caras, con buenas características adhesivas sobre variedad de sustratos con energía superficial alta y media, entre metales, vidrio y plásticos. La espuma dentro de la cinta brinda buen contacto, incluso entre sustratos distintos. [16]

Tabla 21. Características de las cintas VHB familia 4941 [16].

Numero	Color	Espesor (mm)	Densidad (kg/m <sup>3</sup> )	Adhesión90° (N/100mm)	Tensión normal (kPa)	Esfuerzo cortante (kPa)	Tolerancia temperatura (°C)
4936	Gris	0.64	720	300	620	550	149
4941	Gris	1.1	720	385	385	585	149
4979F	Negro	1.55	720	385	385	80	149
4991	Gris	2.3	720	385	385	450	121

- *Familia 4950*

Esta familia cuenta con una adhesión para uso general en las dos caras, se usa en metal, vidrio y sustratos de plástico con elevada energía superficial. La espuma dentro de la cinta brinda buen contacto, incluso entre sustratos distintos.[16]

Tabla 22. Características de las cintas VHB familia 4950 [16].

Numero	Color	Espesor (mm)	Densidad (kg/m <sup>3</sup> )	Adhesión90° (N/100mm)	Tensión normal (kPa)	Esfuerzo cortante (kPa)	Tolerancia temperatura (°C)
4929	Negro	0.64	800	350	1100	690	149
4949	Negro	1.1	800	440	970	550	149
4955	Blanco	2	720	350	655	480	204
4959	Blanco	3	720	350	520	380	204

## 5.6 Armadura

Una armadura se compone de varios elementos esbeltos unidos entre sí en sus puntos extremos; los elementos más usados en construcción consisten en barras metálicas o puntales de madera, las armaduras planas están situadas en un solo plano y usualmente se utilizan para soportar techos y puentes.[17]

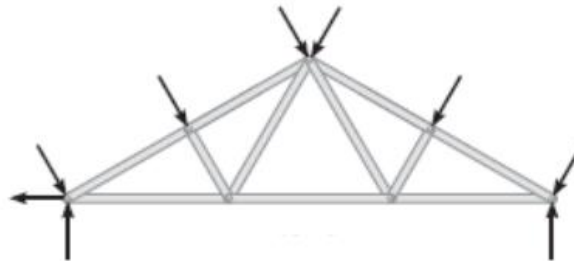


Figura 8. Armadura de techo [17].



Figura 9. Armadura típica para techos [17].

### 5.6.1 Armaduras simples

Se considera armadura simple a un mínimo de tres elementos conectados entre sí.  
[17]

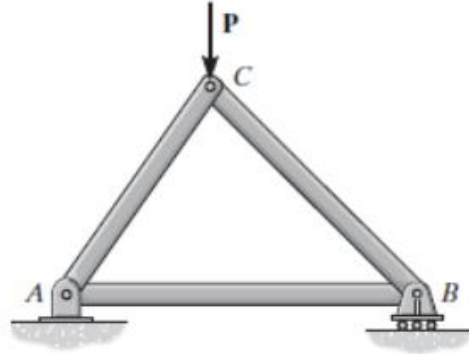


Figura 10. Armadura simple [17].

### 5.6.2 Armaduras Compuestas

Una armadura compuesta se genera a partir de agregar más elementos a una armadura simple, generando armaduras de mayor tamaño.[17]

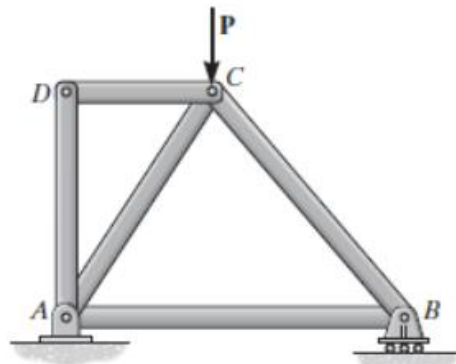
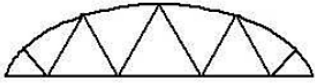

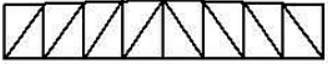
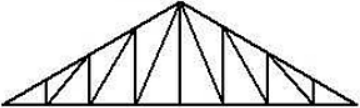
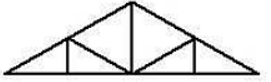
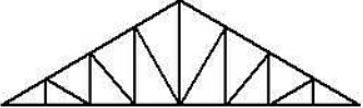
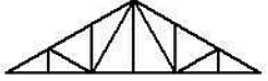
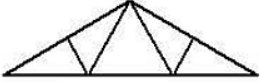
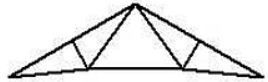


Figura 11. Armadura compuesta [17].

### 5.6.3 Tipos de armaduras

Los tipos de armaduras varían de acuerdo a la utilización que se requiera dar, tipo de cargas, su arquitectura, entre otros.

Tabla 23. Tipos de armaduras [18].

Armadura	Nombre
	De arco y cuerda
	Warren plana
	Pratt plana
	Pratt
	Pendolón
	Howe
	Abanico
	Fink o W
	Fink combada

## 5.7 Diseño de elementos de una estructura de techo

Para el diseño de la estructura del techo es necesario realizar la revisión bibliográfica que se encuentre enfocada en armaduras, sus elementos, materiales y métodos de unión que pueden ser considerados dentro de un análisis estructural.



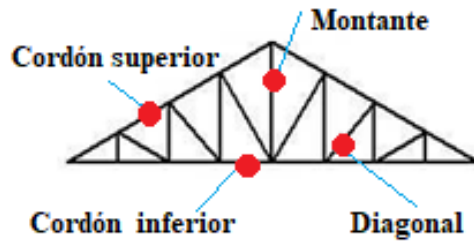


Figura 12. Elementos de armadura.

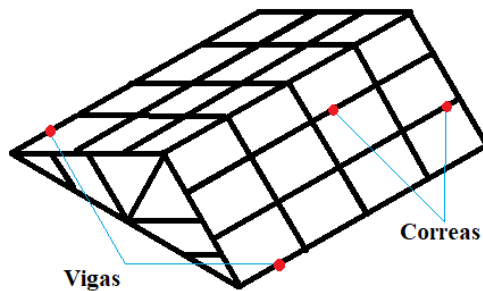


Figura 13. Elementos de techo.

### 5.7.1 Vigas

Elemento diseñado para soportar cargas transversales a su eje, generalmente están apoyadas sobre las columnas las cuales están encargadas de soportar las cargas de la estructura, casi siempre están colocadas de manera horizontal. [18]

### 5.7.2 Correos

Su principal función es unir los pórticos y repartir las cargas de manera uniforme para toda la estructura a su vez une todos los paneles que están dentro de la estructura, son elementos que por lo general se encuentran a tensión. Las correas están dimensionadas de acuerdo a la luz que se encuentre entre pórticos y las cargas que tendrán que resistir en su trabajo.[19]

## 5.8 Métodos de unión de armadura

Los métodos de sujeción de cada armadura dependerán de la aplicación destinada para cada una de ellas y las facilidades que se pueden brindar al momento de montar la

estructura. Además de considerar factores como el mantenimiento, condiciones de trabajo destinado y reducir costos.

### 5.8.1 Soldadura

Soldar es unir dos piezas de igual o distinta naturaleza mediante una perfecta unión entre ellas, casi siempre con la aportación de calor, con o sin aplicación de presión, además de la existencia o no de material de aportación, pudiendo tener este la misma o distinta composición que los metales a unir.[20] Dependiendo de la aplicación se puede emplear diferentes tipologías de soldadura. La persona que realiza la soldadura debe estar certificada por organismos reguladores y estar en constante evaluación de sus aptitudes [19]

- *MIG*

Utiliza una atmosfera de gas protectora de gas inerte que por lo general es Hidrogeno y una varilla de metal de aportación, este tipo de soldadura funde el material de aporte y el material base al mismo tiempo para lograr una mayor penetración, una de las ventajas de este tipo de soldadura es que no requiere una limpieza posterior de escoria ya que no se la produce.[20]

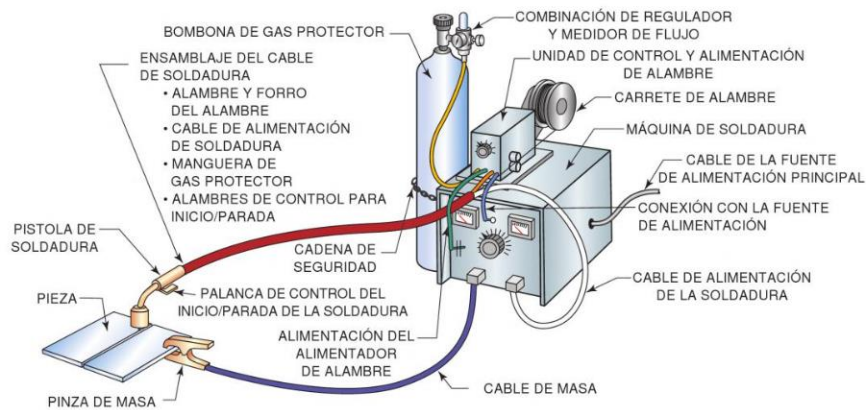


Figura 14. Soldadora MIG [20].

- *Arco con electrodo revestido*

Proceso similar a la tipología de la MIG, pero sin gas protector, su atmosfera protectora proviene del revestimiento del electrodo el cual se evapora y fusiona al momento de fundir su núcleo, un tipo de soldadura muy rentable y con gran utilidad para diferentes uniones y espesores.[20]

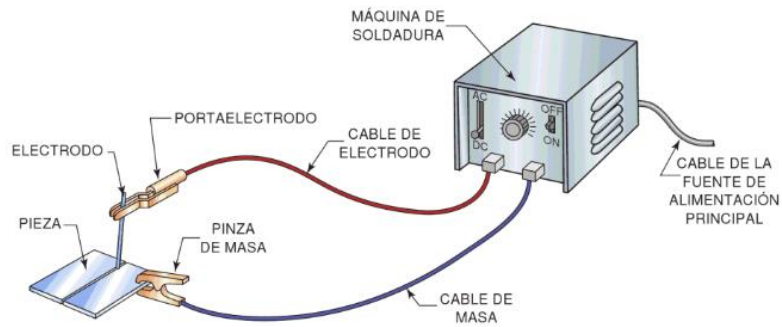


Figura 15. Soldadora de arco eléctrico revestido [20].

- *Posiciones de soldadura*

Las posiciones de soldadura dependen de las condiciones de trabajo y la forma del cordón que se requieren utilizar.

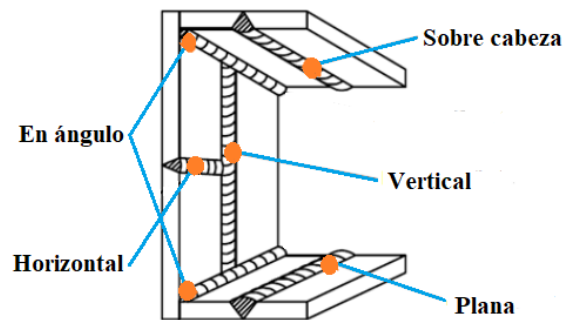


Figura 16. Posiciones de soldadura [21].

### 5.8.2 Empernado

Las uniones empernadas consisten en unir mediante pernos de cierto diámetro, que al colocarlo se sujeta por su parte roscada con una tuerca que al ir roscándose consigue el apriete deseado entre las piezas de acero. Entre las principales ventajas tenemos un montaje y desmontaje sin mayor problema, no se requiere mano altamente calificada, el equipo de instalación es económico, no se requiere pernos de montaje.[21]

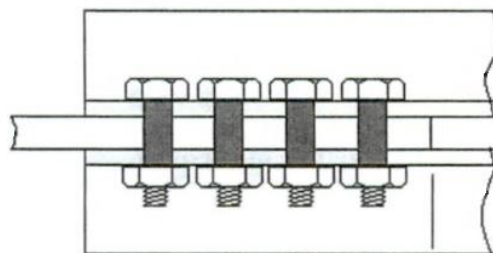


Figura 17. Unión empernada [22].

## **5.9 Patrimonio cultural**

En la ciudad de Cuenca existen varios inmuebles considerados Patrimonio Cultural de la Humanidad, por lo general están situados en las partes céntricas de la ciudad con un total de 213 edificaciones inventariadas hasta la fecha, para lo cual el municipio está en la obligatoriedad de conservarlos y restaurarlos en la medida sea posibles.[23]

### **5.9.1 Seguridad de las edificaciones**

Al tener en cuenta que son estructuras con técnicas de construcción antiguas y de materiales mucho más débiles en casas patrimoniales, se debe considerar muchos más factores para la seguridad de las edificaciones como son el suelo, diseño y la forma de construcción.[24]

### **5.9.2 Vulnerabilidad estructural**

Se refiere a posibles daños que se pueden presentar en algún componente de la estructura a causa de la presencia de un sismo de cierta magnitud por un periodo de tiempo determinado. [24]

### **5.9.3 Daño estructural**

Según se establece en la Normativa Ecuatoriana de la Construcción en su capítulo NEC-SE-DS, tiene por objeto prevenir daños en elementos no estructurales y estructurales ante cualquier movimiento telúrico ya sea de mediana o gran escala, que suceda durante la vida útil de la estructura, además de salvaguardar la vida de los ocupantes.[4]

Es importante destacar que solo el hecho de diseñar de acuerdo a un código no siempre salvaguarda contra el daño producido por terremotos severos. Los códigos sísmicos establecen los requisitos mínimos para proteger la vida de los ocupantes, pero en muchos casos las edificaciones quedan inhabitables.[4]



Figura 18. Casa patrimonial colapsada por daño estructural [25].

### 5.9.6 Tipos de intervención

- *Restitución:* Es la intervención que permite la reposición de elementos que se han perdido o que su grado de deterioro no permite su restauración, pero que debe mantener unidad visual en todos los aspectos con la estructura original.[26]
- *Refuerzo:* Es el uso de elementos nuevos o refuerzos, con la finalidad de otorgar consistencia estructural a la edificación o parte de la misma.[26]
- *Remodelación y complementación funcional:* Este tipo de intervenciones permite dar características de habitabilidad, debe denotarse su contemporaneidad y ser reversibles a la estructura original.[26]

## 6 MARCO METOLOGICO

### 6.1 Condiciones iniciales

Realizando una visita previa al centro comercial LA PRENSA en la ciudad de Cuenca se procedió con el levantamiento de la información correspondiente para realizar el redimensionamiento de la estructura a diseñar basándose en la estructura existente y respetando su estilo de arquitectura.



Figura 19. Claraboya existente dentro del centro comercial LA PRENSA.

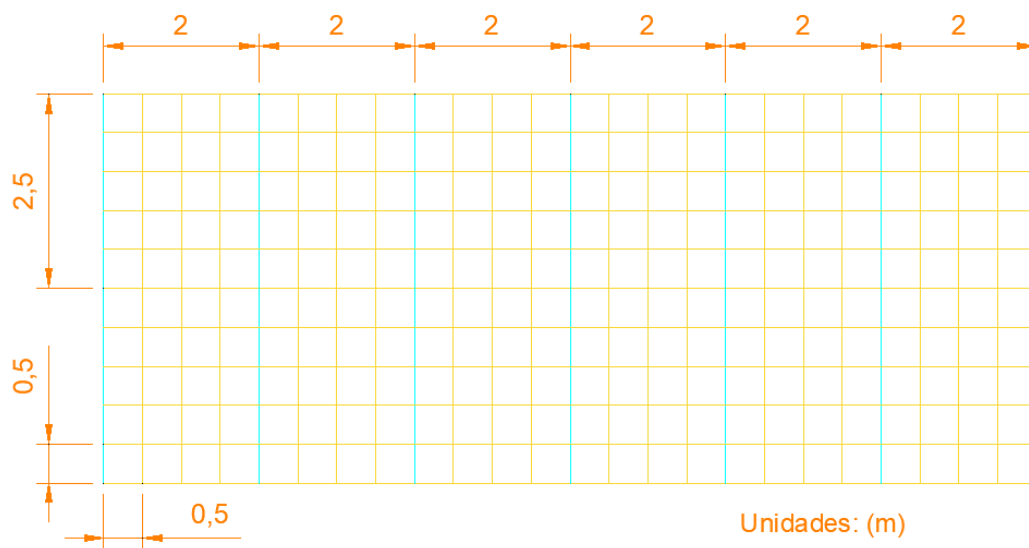


Figura 20. Separaciones entre pórticos y distribución del vidrio en estructura existente.

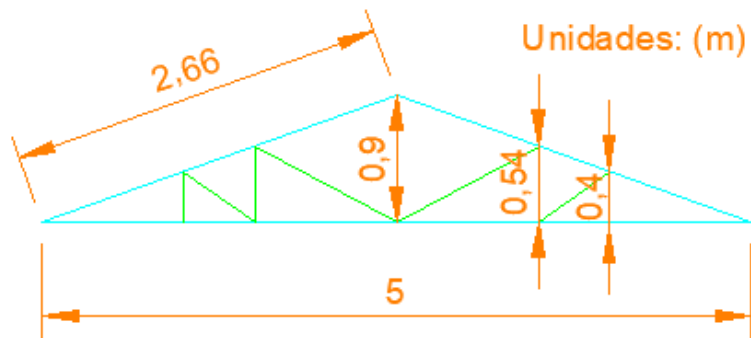


Figura 21. Dimensiones de la cercha existente.

Como se mencionó en la justificación del proyecto, la estructura cuenta con las dimensiones de 12 metros de largo por 5 metros de ancho y 1 metro de alto, manteniendo la forma de armadura actual se realizará un cambio en su longitud al nuevo diseño esto a causa de tener un voladizo demasiado pequeño y que trae consecuencias cuando existe la presencia de lluvia con vientos fuertes.

## 6.1.2 Análisis de cargas

### 6.1.2.1 Carga de viento

En base a lo definido en el apartado 5.3.6 para comenzar el cálculo de la carga de viento se inicia por la velocidad del viento corregida.

Tabla 24. Variables para el cálculo de la velocidad del viento corregida.

Variable	Símbolo	Valor	Normativa
Velocidad del viento corregida	Vb	-----	NEC-SE-CG
Velocidad instantánea máxima	V	21m/s	NEC-SE-CG
Coefficiente de corrección	$\sigma$	0.8	NEC-SE-CG

$$Vb = V \cdot \sigma$$

$$Vb = 21m/s \cdot 0.8$$

$$Vb = \frac{16.8m}{s} \approx \frac{17m}{s}$$

Según normativa la velocidad instantánea para el diseño no es menor a 21m/s en edificaciones de hasta 10m, considerando un coeficiente de corrección para zona edificada según la tabla 7.

Posteriormente se realiza el cálculo de las presiones del viento sobre la estructura, generando la tabla de datos:

Tabla 25. Datos para cálculo de presión de viento.

Variable	Símbolo	Valor	Normativa
Velocidad del viento corregida	$V_b$	17m/s	NEC-SE-CG
Densidad del aire	$\rho$	1.25kg/m <sup>3</sup>	NEC-SE-CG
Coeficiente de altura	$C_e$	1.18	ASCE 7-16
Superficie inclinada entre 15° y 60°	$C_f$	0.30	NEC-SE-CG
Superficie inclinada entre 15° y 60°	$C_f$	-0.6	NEC-SE-CG
Presión del viento	$P$	---	NEC-SE-CG

*Presión del viento a sotavento*

$$P = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot V_b^2 \cdot C_e \cdot C_f$$

$$P = \frac{1}{2} \cdot 1.25 \text{kg/m}^3 \cdot \left(\frac{17\text{m}}{\text{s}}\right)^2 \cdot 1.18 \cdot 0.3$$

$$P = 63.94 \text{kg/m}^2$$

*Presión del viento a barlovento*

$$P = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot V_b^2 \cdot C_e \cdot C_f$$

$$P = \frac{1}{2} \cdot \frac{1.25 \text{kg}}{\text{m}^3} \cdot \left(\frac{17\text{m}}{\text{s}}\right)^2 \cdot 1.18 \cdot -0.6$$

$$P = -127.88 \text{kg/m}^2$$



### 6.1.2.2 Carga sísmica

Para la carga sísmica se tomarán en cuenta los parámetros estipulados en la Normativa Ecuatoriana de la Construcción NEC-SE-DS

Tabla 26. Datos para cálculo de carga sísmica.

Variable	Símbolo	Valor	Normativa
Coefficiente de amplificación del suelo en periodo corto	$F_a$	1.4	NEC-SE-DS
Desplazamiento para diseño en roca	$F_d$	1.45	NEC-SE-DS
Coefficiente de componente no lineal del suelo	$F_s$	1.06	NEC-SE-DS
Tipo de edificación	$ct$	0.072	NEC-SE-DS
Coefficiente unidimensional	$\alpha$	0.8	NEC-SE-DS
Altura suelo-punto más alto	$hn$	10m	NEC-SE-DS
Tipo de suelo	A-B-C-D-E-F	D	NEC-SE-DS

$$T_o = 0.10F_s \cdot \frac{F_d}{F_a}$$

$$T_o = 0.10 \cdot 1.06 \cdot \frac{1.45}{1.4}$$

$$T_o = 0.11$$

$$T_c = 0.55F_s \cdot \frac{F_d}{F_a}$$

$$T_c = 0.55 \cdot 1.06 \cdot \frac{1.45}{1.4}$$

$$T_c = 0.604$$

$$T = C_t \cdot h_n^\alpha$$

$$T = 0.072 \cdot 10^{0.8}$$

$$T = 0.45$$

- *Cálculo del espectro de respuesta elástico de aceleraciones:*

Tabla 27. Datos para cálculo del espectro elástico de respuesta.

Variable	Símbolo	Valor	Normativa
Coeficiente de amplificación del suelo	$S_a$	----	NEC-SE-DS
Razón de aceleración espectral	$\eta$	2.48	NEC-SE-DS
Factor de aceleración del terreno	$Z$	0.25	NEC-SE-DS
Coeficiente de amplificación del suelo	$F_a$	1.4	NEC-SE-DS

$$S_a = \eta Z F_a$$

$$S_a = 2.48 \cdot 0.25 \cdot 1.4$$

$$S_a = 0.868$$

- *Cálculo del corte basal de diseño:*

Tabla 28. Datos para cálculo del corte basal de diseño.

Variable	Símbolo	Valor	Normativa
Coeficiente de amplificación del suelo	$S_a$	0.868	NEC-SE-DS
Coeficiente de importancia	$I$	1	NEC-SE-DS
Reducción de respuesta estructural	$R$	8	NEC-SE-DS
Coeficiente de regularidad en planta	$\phi_P$	1	NEC-SE-DS
Coeficiente de regularidad en elevación	$\phi_E$	1	NEC-SE-DS

$$V = \frac{I \cdot S_a}{R \cdot \phi_P \cdot \phi_E}$$

$$V = \frac{1 \cdot 0.868}{8 \cdot 1 \cdot 1}$$

$$V = 0.1085$$

- *Cálculo del desplazamiento lateral:*

Tabla 29. Datos para cálculo del desplazamiento lateral.

Variable	Símbolo	Valor	Normativa
Deriva inelástica máxima de diseño	$\Delta_M$	0.02	NEC-SE-DS
Reducción	$R$	2	NEC-SE-DS
Desplazamiento obtenido en las fuerzas laterales	$\Delta_E$	----	NEC-SE-DS

$$\Delta_M = 0.75 \cdot R \cdot \Delta_E$$

$$\Delta_E = \frac{\Delta_M}{0.75 \cdot R}$$

$$\Delta_E = \frac{0.02}{0.75 \cdot 2}$$

$$\Delta_E = 0.013$$

- *Coefficiente Z*

Para la ciudad de cuenca se tiene un factor

$$Z = 0.25$$

- *Cálculo de reducción de sobrecarga en cubierta*

Según la normativa no se reducirá la sobrecarga de cubierta en la región andina superior a los 1000 msnm (metros sobre nivel del mar) (2.538 msnm para la ciudad de cuenca), no se permite la reducción de carga viva en cubiertas por la presencia de caída de granizo y ceniza en caso de una erupción volcánica.

### 6.1.2.2 Cálculo carga de granizo

Por normativa nos dice que para cubiertas con inclinación hasta el 15% se utiliza  $0.5 \text{ kN/m}^2$  además se adicionará una sobrecarga de  $1 \text{ kN/m}^2$  en las áreas de los aleros, en un ancho del 10% de la luz libre, medido desde el borde hacia el apoyo y no menor a 1m.

## 6.2 Diseño de la estructura

Se respetará el diseño de la cercha en cuanto a forma, siendo así, se generará un nuevo dimensionamiento en cuanto a los expuesto a los objetivos. Se utilizará el diseño de cercha tipo Howe como el original, siendo este el modelo propuesto previo al análisis estructural.

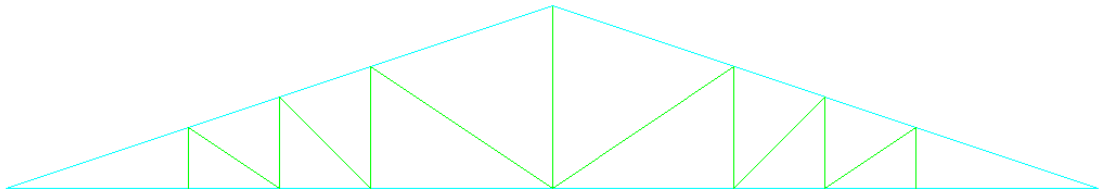


Figura 22. Cercha tipo Howe propuesta.

Donde las líneas de color celeste serán el cordón superior e inferior, de la misma manera las líneas de tono verde serán los montantes y diagonales dentro de la cercha.

La estructura a proponer será de 12 metros de largo por 6 metros de ancho, con una separación entre pórticos de 3 metros y las partes donde se asentará el vidrio una distancia de 1.5 de largo por 1.5 de ancho.

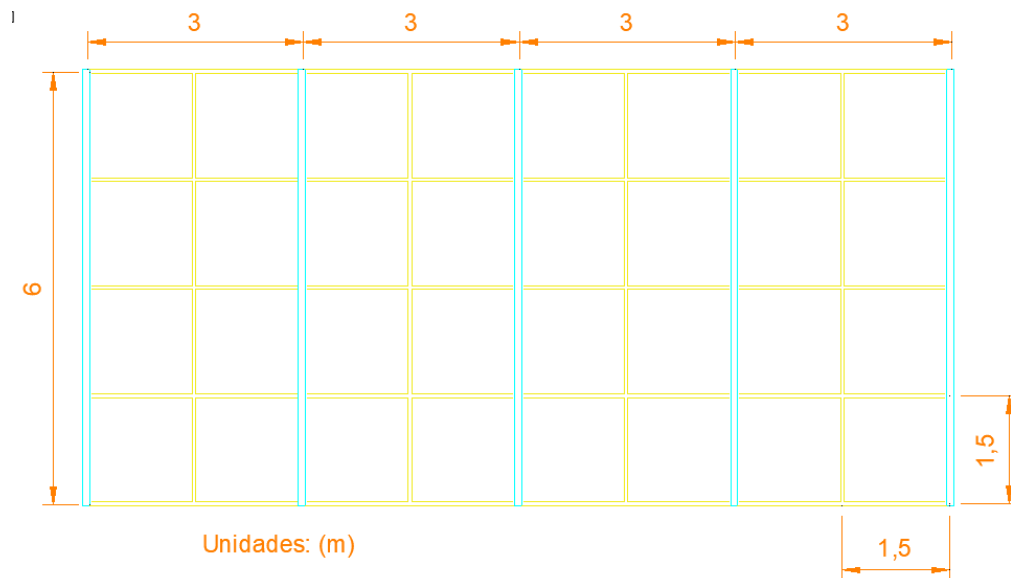


Figura 23. Separaciones entre pórticos de la nueva estructura.

De la misma manera la altura de la armadura es de 1 metro, con separación entre montantes de 1 metro.

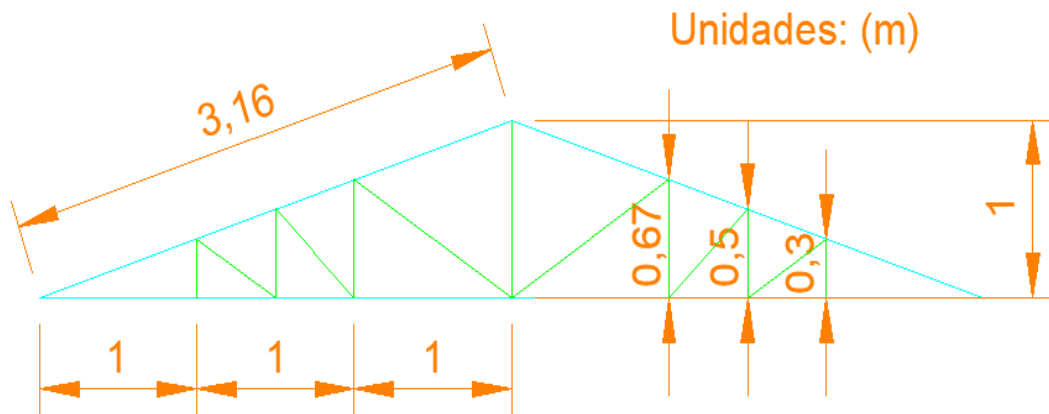


Figura 24. Dimensiones de la cercha a proponer.

la cercha está compuesta por perfilera cuadrada como se muestra a continuación:

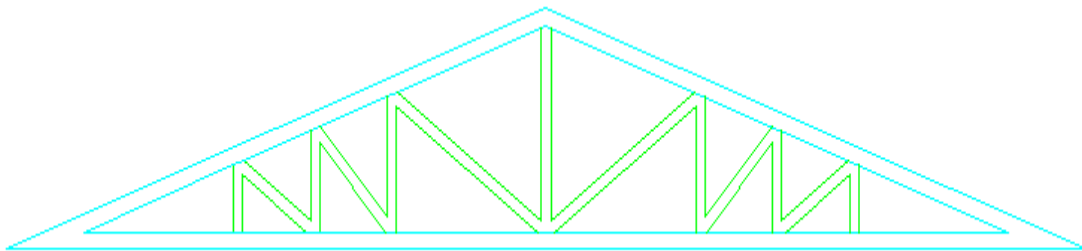


Figura 25. Distribución de perfilera.

Las correas están compuestas por perfilera rectangular que servirá para transmitir las cargas hacia la cercha y como soporte para las láminas de vidrio templado.

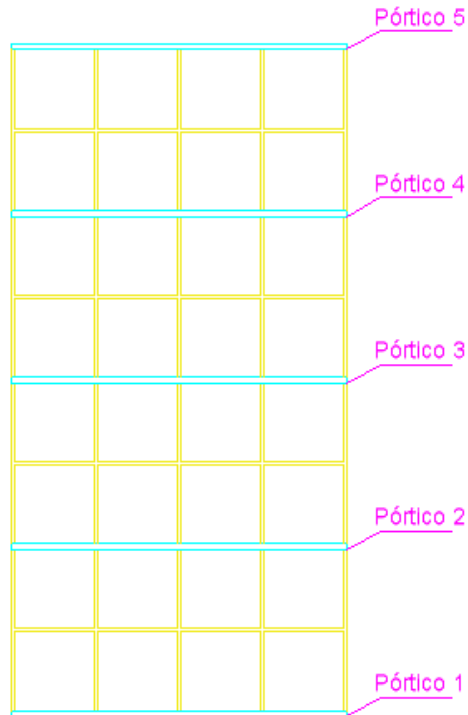


Figura 26. Distribución de los pórticos.

Con las medidas estipuladas y la geometría de la estructura se procede a ingresar los materiales y la perfilaría que se desea emplear en el diseño en SAP2000.

Para el ingreso de los materiales ya se tiene librerías estipuladas por el programa, lo cual facilita el proceso de la selección de materiales, como se puede observar en la figura 27.

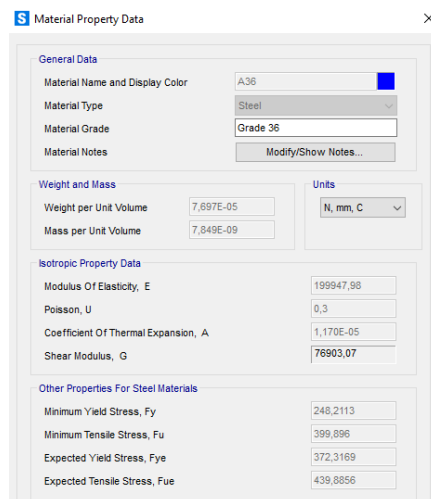


Figura 27. Configuración de material en SAP2000.

Con el material designado, procedemos a nombrar cada una de las perfiles para ocupar en la construcción de la cercha.

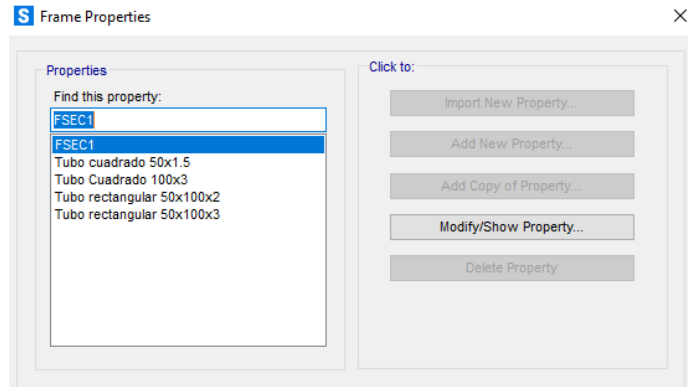


Figura 28. Clasificación de los perfiles.

Cuando se clasifican los perfiles se deben configurar los distintos espesores de cada perfil al igual que sus dimensiones como se muestra en la figura a continuación.

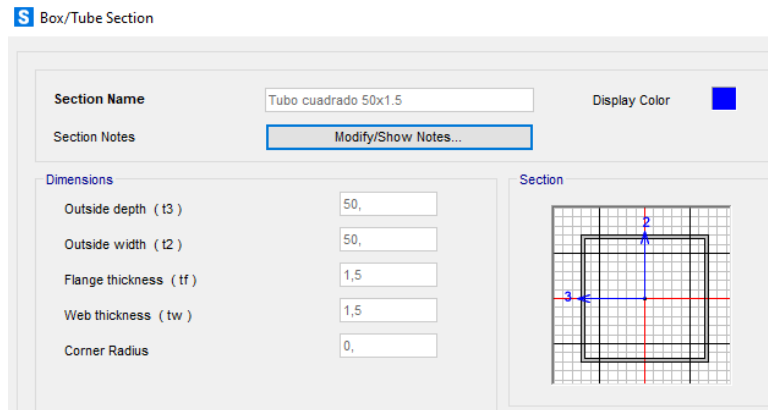


Figura 29. Configuración de los perfiles.

Con la perfilería configurada se procede al modelamiento, empleando la perfilería antes mencionada de acuerdo al trabajo que cumple dentro de la estructura.

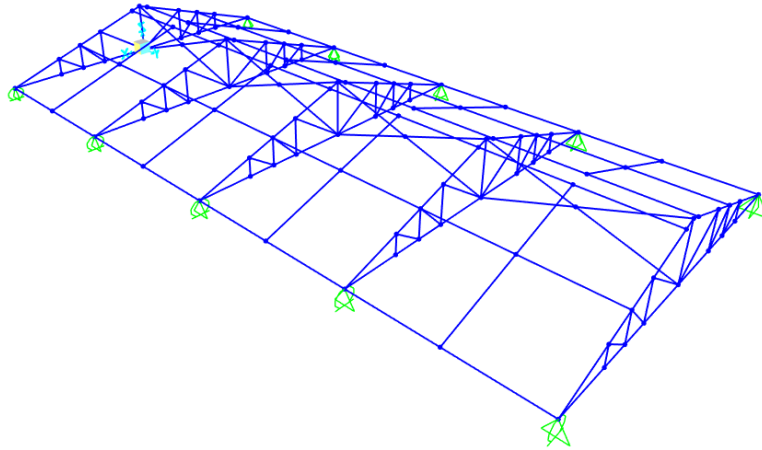


Figura 30. Modelamiento de claraboya.

Con el modelamiento se procede a ingresar las distintas cargas de acuerdo a los cálculos realizados bajo la Normativa Ecuatoriana de la Construcción (NEC).

Load Cases	
Load Case Name	Load Case Type
DEAD	Linear Static
MODAL	Modal
C Muerta	Linear Static
C Viva	Linear Static
C Viento	Linear Static
CW1	Linear Static
Sx	Linear Static
Sy	Linear Static
Sismo dinamicox	Response Spectrum
Sismo dinamicoy	Response Spectrum

Figura 31. Cargas para modelación.

El programa realiza las distintas combinaciones de carga para obtener los casos más desfavorables dentro de la estructura y saber cuándo está trabajando a su máximo de demanda capacidad.



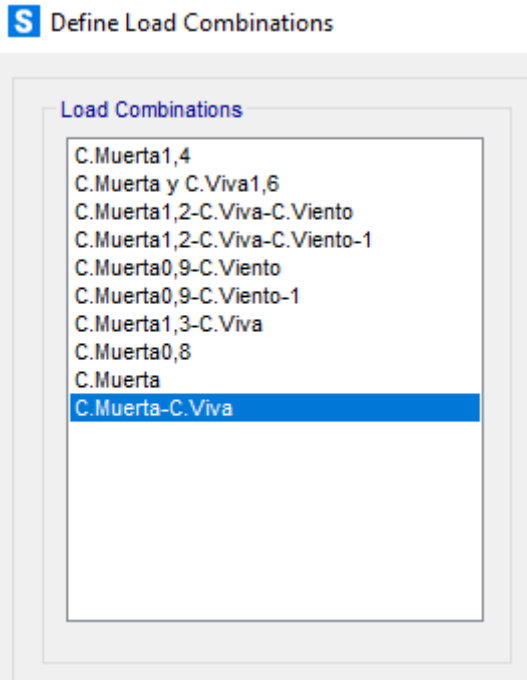


Figura 32. Combinación de cargas más desfavorables.

Teniendo en cuenta que la demanda capacidad por seguridad no deben superar una utilidad del 80%.

- Modelos

Con el primero modelo se tiene demanda capacidad superiores a 1, el cual queda descartado por su perfil inadecuado ya que presenta grandes deformaciones como se aprecia en la figura 27. Por lo que se realiza cambios en la perfilería para obtener nuevos resultados.

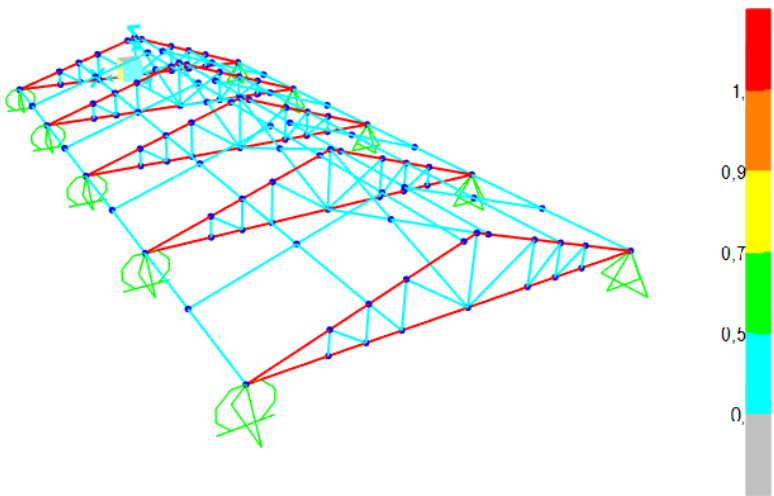


Figura 33. Modelo 1.

En el segundo modelo ya modificada la perfilería obtenemos que uno de los cordones superiores no está dentro de la demanda capacidad requerida, ya que existen esfuerzos excedentes con valores superiores al 80% de la demanda capacidad en dicha parte de la estructura, por lo cual una vez más se modifica la perfilería.

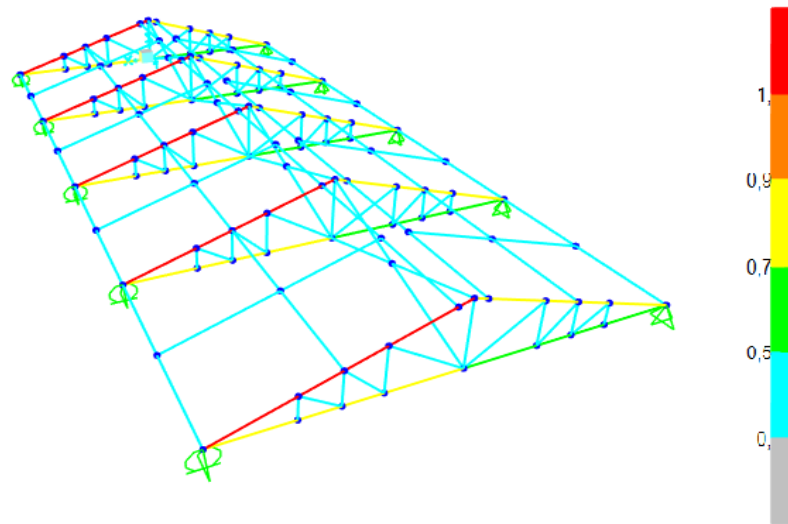


Figura 34. Modelo 2.

El tercer modelo esta dentro de la demanda capacidad aceptable ya que esta debajo del 80% en toda su estructura, generando mayor seguridad y confianza.

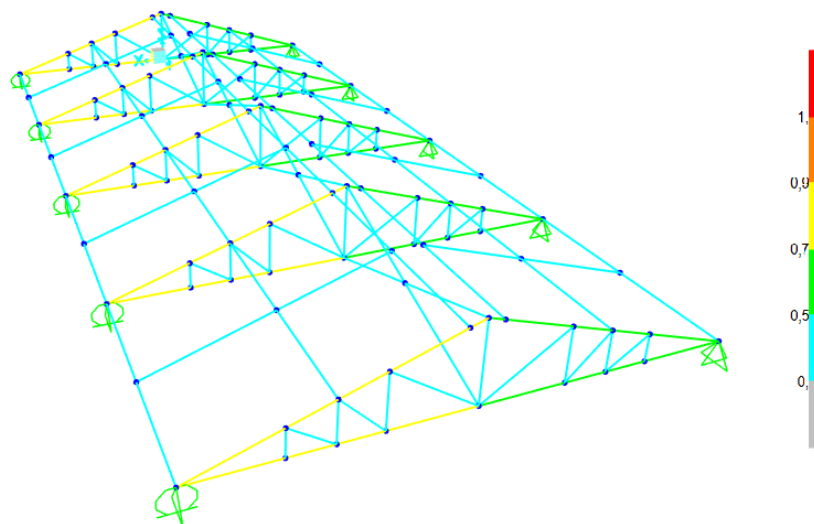


Figura 35. Modelo 3.

Contando con lo requerido se procede a un análisis del elemento a mayor demanda capacidad con la combinación de carga mas desfavorable a esfuerzos cortantes y esfuerzos axiales.

En el caso de carga C.Viva-C.Muerta donde se presenta lo mas desfavorable, representa a la combinación de carga con un factor de escala de 1.

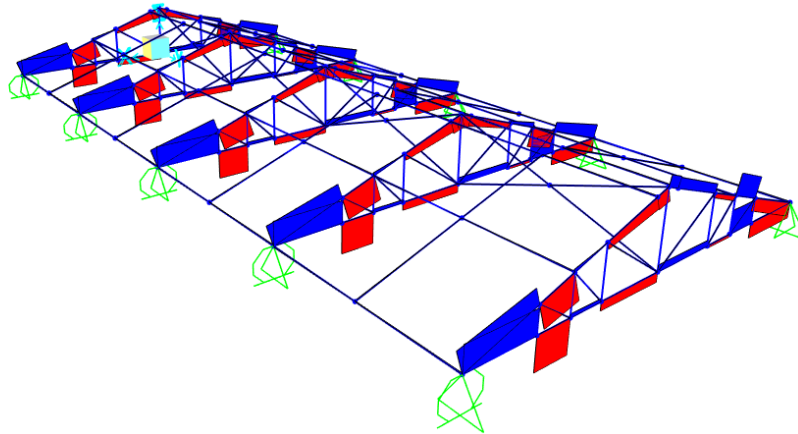


Figura 36. Esfuerzos cortantes en la estructura.

Realizando el análisis del cordón inferior de la cercha podemos ver que existe un mayor esfuerzo en el tercer tramo de la armadura, donde se presentan valores de cortante de 8289.62 N y una deflexión de 3.12 mm todo este valor en la distancia de 2m desde el punto inicial de la cercha.

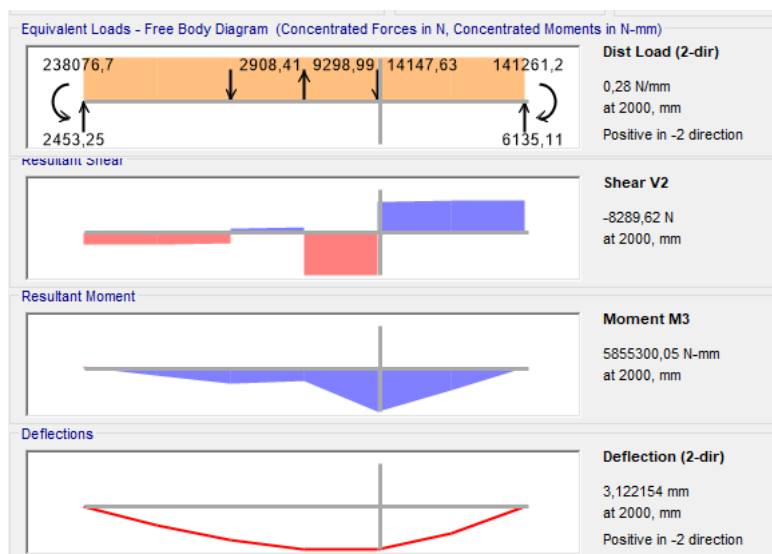


Figura 37. Valores del elemento más desfavorable en SAP2000.

De la misma manera se realizó el análisis del caso C.Viva-C.Muerta donde se presenta la combinación de cargas con los esfuerzos axiales en la cercha, específicamente en el cordón inferior donde se presentan valores mayores

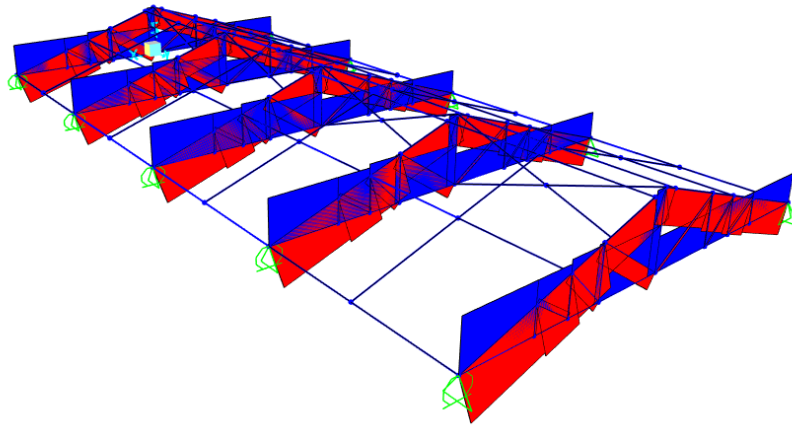


Figura 38. Esfuerzos axiales en la estructura.

Los esfuerzos axiales presentes en el cordón inferior a una distancia de 1.5 m tienen valores de 321.805 kN este valor es el que presenta su valor mas alto.

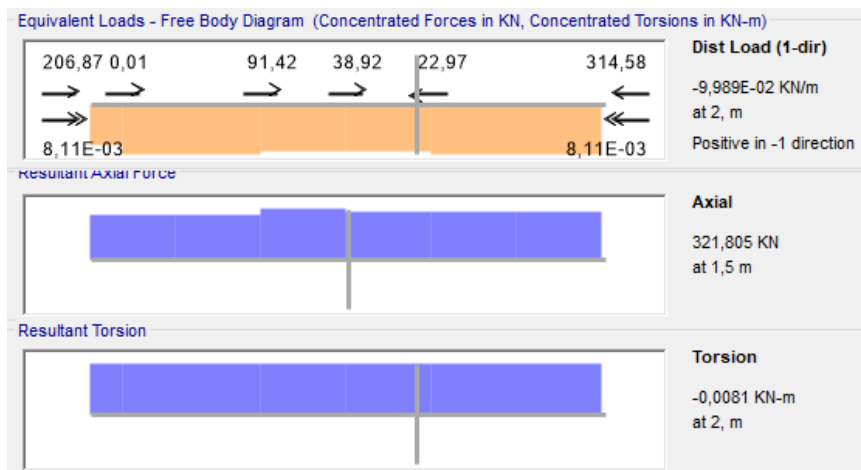


Figura 39. Valores de elementos más desfavorables en SAP2000.

De acuerdo a la perfilería y el análisis de los elementos más desfavorables se realizó una comparativa entre los tres tipos de perfilería que se empleó para obtener valores de demanda capacidad aceptables dentro del programa.

Tabla 30. Comparativa perfilera-demanda/capacidad.

	Elemento	C. Superior	C. Inferior	Diagonal	Montante	Riostras	Correas
Modelo 1	Demanda/Capacidad	1,9	1,67	0,12	0,21	0,44	0,1
	Perfil	Tubo cuadrado 75x2	Tubo cuadrado 75x2	Tubo cuadrado 75x2	Tubo cuadrado 75x2	Tubo rectangular 50x100x3	Tubo cuadrado 75x2
Modelo 2	Demanda/Capacidad	1,00	0,9	0,38	0,44	0,47	0,22
	Perfil	Tubo cuadrado 100x2	Tubo cuadrado 100x2	Tubo cuadrado 50x1,5	Tubo cuadrado 50x1,5	Tubo rectangular 50x100x3	Tubo cuadrado 75x2
Modelo 3	Demanda/Capacidad	0,78	0,69	0,41	0,49	0,46	0,39
	Perfil	Tubo cuadrado 100x3	Tubo cuadrado 100x3	Tubo cuadrado 50x1,5	Tubo cuadrado 50x1,5	Tubo rectangular 50x100x3	Tubo cuadrado 75x2

Se utiliza tubo rectangular de 100mm para que el vidrio templado tenga soporte en los cuatros lados como los indica la normativa NEC más adelante.

Tabla 31. Perfilera designada para ocupar.

Perfilera Utilizada	
Cordón Superior, Inferior	Tubo cuadrado 100mmx3mm
Diagonales y Montantes	Tubo cuadrado 50mmx1.5mm
Riostras	Tubo rectangular 50x100mmx3mm
Correas	Tubo cuadrado 75mmx2mm

Como se muestra en la figura 28, el rediseño muestra una demanda capacidad de 79% como máximo (color amarillo) y esfuerzos mínimos (color celeste) de 39%.

### 6.3 Diseño del cristal

Tomadas las consideraciones de soporte en el anterior punto, se presenta a continuación la distribución de cristalería de protección como se puede observar en la figura 30.

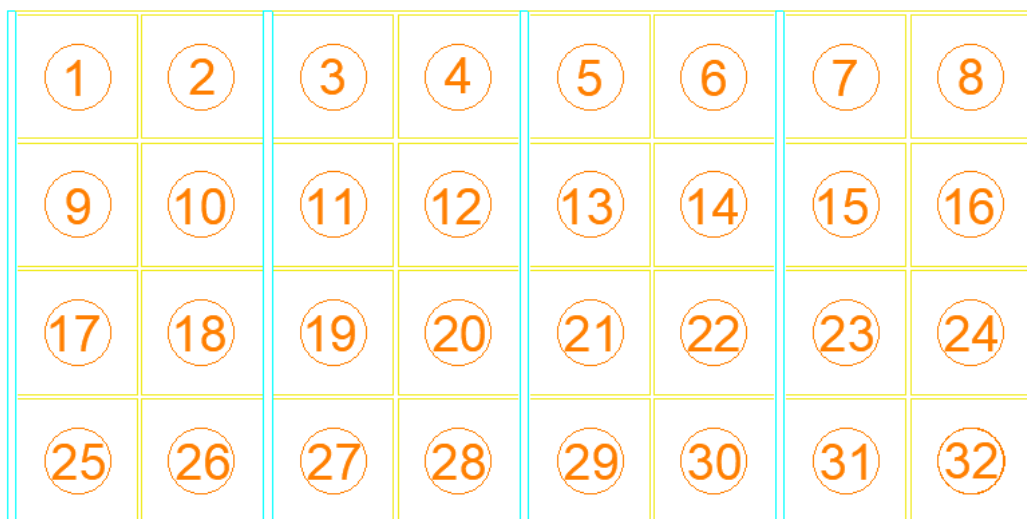


Figura 40. Distribución de cristalería de protección.

Debido a la inclinación del techo se tendrá una longitud total de uso de cubierta de 6.32m los cuales se ha distribuido en 32 láminas de 1.5mx1.5m teniendo en cuenta que se debe dejar una separación de 6mm entre cristal y cristal debido a la dilatación térmica propia del vidrio y cargas vivas (sísmicas), siendo llenado el espacio sobrante un sellante estructural para evitar fugas.

Para el cálculo de las dimensiones adecuadas para la estructura y su seguridad integra, así como la de los ocupantes se utilizará la norma NEC-HS-VIDRIO. Donde nos menciona que, si el vidrio está ubicado en un área de riesgo, debe adoptar el proceso más adecuado para satisfacer las normas de seguridad: templado, laminado u otras opciones, como dividir el paño.

Para este caso se utilizará el vidrio templado ya que ofrece una resistencia mayor a otras tipologías de vidrio además de brindar alta seguridad.

- *Tolerancias permitidas*

La normativa NEC menciona la norma *NTE INEN 2067* como referente para el uso de vidrio de seguridad, la cual indica las especificaciones mostradas a continuación

Tabla 32. Límites de tolerancia de acuerdo a su espesor [27].

Espesores nominales (mm)	Límites de tolerancia (mm)	
	Minino	Máximo
3	2.8	3.2
4	3.7	4.3
5	4.7	5.3
6	5.7	6.3
8	7.6	8.4
10	9.5	10.5
12	11.4	12.6
15	14	16
19	18	20

En la sección 6.2.2 de la *NTE INEN 2067* indica las dimensiones máximas recomendadas para una pieza, están en función del espesor de la misma, de la relación entre sus lados y del sistema de instalación a emplearse.

Tabla 33. Espesores nominales y límites de tolerancia [27].

Espesor nominal (mm)	Relación máxima tolerancia L/A*
3 a 6	1
8 a 10	2
12 a 19	4
Nota: Un vidrio templado de 4 a 6 mm de espesor nominal de 1m x 1m, tendrá una tolerancia de $\pm 1$ mm (1,001 m o 0,999 m)	

- *Pandeo del vidrio templado (deflexión máxima)*

Con la carga estimada de viento a succión (sotavento) es decir una carga negativa, donde el vidrio sufre un pandeo en la parte central como se puede observar en la figura presentada a continuación. Se tiene una demanda capacidad de 0.41% y en deformación un pandeo de 1.9 mm en la parte céntrica, respecto a sus extremos donde presenta una demanda capacidad de 0.01% con una deformación de 0.1 mm como se puede observar en la figura 31.

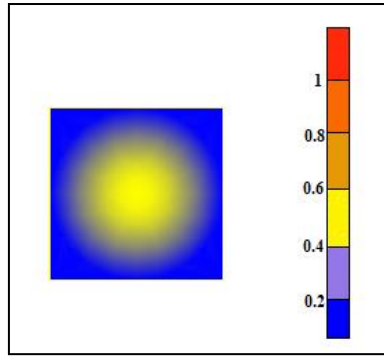


Figura 41. Deformación de un panel de vidrio templado.

El vidrio utilizado en fachadas tendera a pandearse debido a su relación largo, ancho, por esto se debe dar un enmarcado por los cuatro lados, en donde nos indica las dimensiones máximas de flechas (deflexiones máximas dependiendo sus dimensiones).

Tabla 34. Deflexión máxima del vidrio templado según su espesor [27].

Espesor nominal(mm)	Flecha permitida hasta las longitudes indicadas (mm)									
	500	1000	1500	1750	2000	2250	2500	2700	3000	3400
3, 4 y 5	2.4	3	5.9	7.7	8.9	9.8	10.7	13.1		
6	2.4	2.4	4.9	5.9	7.1	8.3	9.5	11.9	14.2	
8	1.8	1.8	3.6	4.8	5.9	7.1	8.3	10.7	11.9	
10	1.2	1.2	2.4	3	3.6	4.2	4.8	7.1	9.5	11.9
12	0.6	0.6	1.2	1.8	2.4	2.7	3	3.6	4.8	5.9

Se tomará como referencia el vidrio templado de 6mm de 1.5m largo teniendo una deformación permitida de 4.9mm.

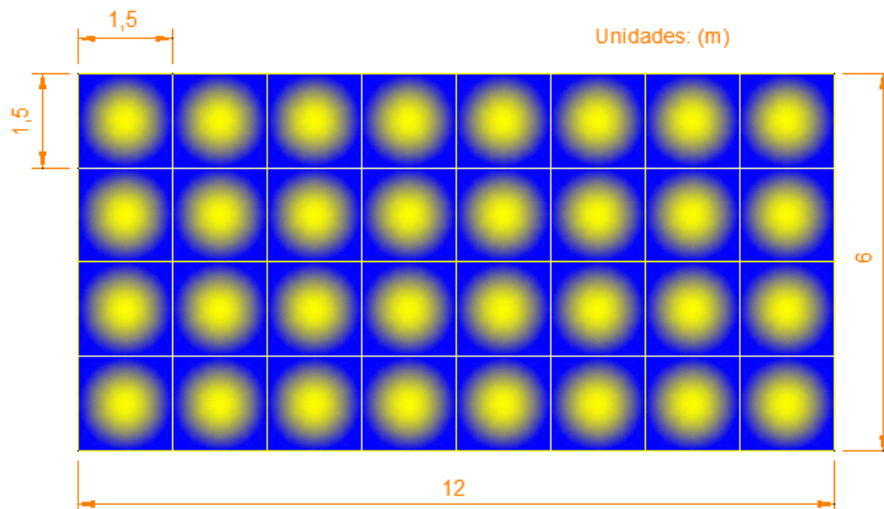


Figura 42. Distribución de la cristalería con los esfuerzos presentes.



La distribución de la cristalería con sus medidas dentro de la estructura y las deformaciones presentes como se puede observar en la figura 32.

Tabla 35. Usos generales para el vidrio templado [27].

ANEXO C. USOS GENERALES PARA EL VIDRIO TEMPLADO PLANO											
ESPEORES (mm)									Medida máxima(mm)	Lugar de uso	OBSERVACIONES
3	4	5	6	8	10	12	15	19			
	X								1000X800 1100X1000 1200X1500 1400X1800 1600X2200	Claraboya	Dependerá del ángulo de inclinación y del tipo de estructura
	X	X							1200X2200 1400X2400 1700X2600 1800X2800 2000X3300	Fachas de edificios	Apoyo en todo el perímetro, revisar cargas de viento, altura del edificio y cargas del diseño para todos los casos
	X	X	X						1200X2200 1400X2400 1700X2600	Casas	Instalación con aluminio perimetral

Debido a la relación 1:1.1 del vidrio utilizado en el diseño como se observa en la tabla 30, se tiene en la normativa una media máxima 1400mm x 2400mm con vidrio templado de 6mm en relación 2:1, por consecuencia el vidrio templado utilizado en el diseño se puede ocupar para construir.

#### 6.4 Diseño de adhesivo de unión para la cubierta

De los diferentes tipos de adhesivos presentados, los que tienen un mejor rendimiento y mayor duración son los sellos (siliconas) estructurales ya que tienen una duración más larga que los demás sistemas presentados, lo que representa un ahorro en coste de mantenimiento a largo plazo.

- *Resistencia a cortante*

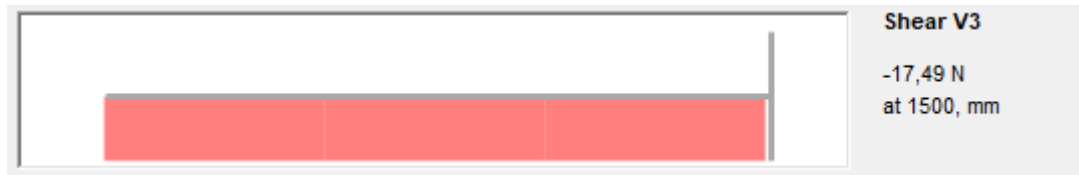
Considerando las características de la silicona se calcula la resistencia a cortante de la silicona entre el vidrio templado y la base de la estructura.

$$\tau_{max} = \frac{Pc}{A}$$

Donde:

*Tmax: Esfuerzo cortante máximo sometido*

*Pc: Carga máxima mediante software SAP2000*



*A: Área de la silicona entre el vidrio templado y la superficie de la estructura*

$$\tau_{max} = \frac{17.49N}{0.000036m^2}$$

$$\tau_{max} = 0.486MPa$$

Realizamos la comprobación de la utilización de la silicona respecto al cortante estipulado:

$$\tau_{per} = \frac{\tau_{max}}{1.67}$$

Donde:

*Tmax: Esfuerzo cortante máximo estipulado por el fabricante*

*Tperm: Esfuerzo cortante permisible con factor de seguridad*

$$\tau_{per} = \frac{5MPa}{1.67}$$

$$\tau_{per} = 2.994Mpa$$

$$\frac{\tau_{max}}{\tau_{per}} = 16.23\%$$

- *Resistencia a tensión*

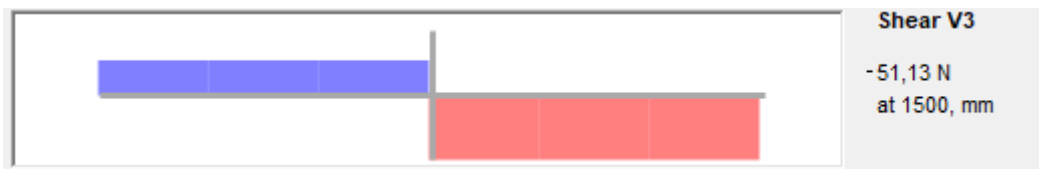
Considerando las características de la silicona se calcula la resistencia a tensión de la silicona entre el vidrio templado y la base de la estructura.

$$\sigma_{max} = \frac{Pc}{A}$$

*Donde:*

*$\sigma_{max}$ : Esfuerzo tensión máximo sometido*

*$Pc$ : Carga critica calculada mediante software*



*A: Área de la silicona entre el vidrio templado y la superficie de la estructura*

$$\sigma_{max} = \frac{51.13N}{0.000036m^2}$$

$$\sigma_{max} = 1.42MPa$$

Realizamos la comprobación de la utilización de la silicona respecto al esfuerzo de tensión estipulado:

$$\sigma_{per} = \frac{\sigma_{max}}{1.67}$$

*Donde:*

*$\sigma_{max}$ : Esfuerzo a tensión máximo estipulado por el fabricante*

*$\sigma_{perm}$ : Esfuerzo permisible con factor de seguridad*

$$\sigma_{per} = \frac{7MPa}{1.67}$$

$$\sigma_{per} = 4.19Mpa$$

$$\frac{\sigma_{max}}{\sigma_{per}} = 33.88\%$$

De acuerdo a los cálculos se obtiene un esfuerzo cortante 0.486 MPa y el esfuerzo a tensión de 1.42 MPa valores que están dentro de lo estipulado por el fabricante donde indica que el esfuerzo cortante máximo tiene un valor de 5 MPa y el esfuerzo a tensión un valor de 7MPa.

Para este caso en específico se utilizará el producto SIKAFLEX 256 debido a sus excelentes propiedades de adherencia en vidrios y estructura metálica, aunque sea un producto utilizado en la industria automotriz para sujetar parabrisas y ventanas de vidrio templado y tenga costos similares a una cinta VHB, con una diferencia en su vida útil que supera los 10 años bajos condiciones normales.

Tabla 36. Características técnicas del sikaflex-256-negro [13].

Alargamiento de rotura (CSQP 036-1 / ISO 37)	400% Aprox.
Espesor de 6mm de espesor x 10mm de ancho	20.30m por cartucho de 600cm <sup>3</sup>

La normativa nos indica que el ancho de contacto del cordón de silicona debe ser mínimo de 6mm.

## 6.5 Costos materiales de la estructura

Los costos de la estructura estas separados en tres partes como es la perfilería, los vidrios y la silicona de sujeción del cristal.

- Perfilería

Se realiza el metraje de acuerdo a cada tipo de perfil y las dimensiones que se ocupan en toda la estructura.

Tabla 37. Costos de perfilería.

Elemento	Cordón superior e inferior	Diagonal y montante	Riostras	Correas
Perfil	Tubo cuadrado 100x3	Tubo cuadrado 50x1,5	Tubo rectangular 50x100x3	Tubo cuadrado 75x2

Metraje	61,6 m	45,1 m	25,8 m	96 m
Cantidad	11 tubos	8 tubos	5 tubos	16 tubos
Costo	\$665,28	\$123,04	\$225,45	\$663,36

Los precios son referenciales consultados a la fecha en la fabricante DIPAC en la ciudad de Cuenca, con el gasto en perfilería por un total de \$1677,13 teniendo en cuenta que los tubos se producen en una longitud de 6 metros.

- Vidrio

El vidrio a partir de las dimensiones estipuladas y el cálculo de los paños que más favorecen dentro de la estructura se dejó en dimensiones de 1,5m de ancho por 1.5m de largo.

Estimación total de metraje:

$$(1.5m * 1.5m) * (32) = 72m^2$$

El costo del vidrio templado por metro cuadrado:

$$72m^2 * \frac{\$40}{m^2} = \$2880$$

- Silicona

Para saber y tener un aproximado del costo de la silicona se realizó un cálculo del metraje promedio, estimando que por normativa nos dice que el cordón de silicona no debe ser menor a 6mm de espesor y 10mm de ancho.

Estimación total de metraje:

$$(6m * 32) = 192m$$

Cada cartucho de Sika Flex rinde 20.6m lineales.

$$\frac{192m}{20.6m} = 9.32 \approx 10 \text{ cartuchos}$$

Tomando en cuenta que se requiere sellar los espacios entre las uniones se agregará 1 SIKAFLEX adicional.

$$\text{Costo Total} = 11 * \$12 = \$132$$

Teniendo un costo total de materiales de toda la estructura por un valor aproximado a los 4689,13 dólares en materiales para la claraboya

## 7. CONCLUSIONES

Se estableció las condiciones iniciales de diseño, respetando las geometrías iniciales existentes en el centro comercial LA PRENSA, modificando únicamente la distribución de los cristales y la separación entre pórticos.

El diseño en el software SAP200 se lo realizó bajo los parámetros establecidos por la Normativa Ecuatoriana de la Construcción (NEC) considerando capítulos de la normativa como son cargas sísmicas (NEC-SE-DS), cargas no sísmicas (NEC-SE-CG), estructuras de acero (NEC-SE-AC) y vidrio (NEC-HS-VIDRIO).

El diseño de la estructura se lo realizó por iteraciones que corresponden a las distintas dimensiones de los perfiles tubulares rectangulares, hasta obtener los resultados con un factor demanda capacidad del 79% los cuales cumplen con los criterios de diseño aceptados por la normativa.

La selección del vidrio templado está de acuerdo a la normativa nacional donde el espesor es escogido de acuerdo a las condiciones de carga más desfavorable y sus dimensiones, que según los análisis mediante software la deflexión máxima que se da en el vidrio es de 2.1mm considerando un espesor de 6 mm que estipula la normativa para una deflexión permisible de 4.9 mm.

El análisis de la silicona se realizó para comprobar su factor demanda capacidad en relación a los valores brindados por el fabricante, las cargas a las que estaría expuesto son tensión y corte, que al calcular sus esfuerzos y relacionarlos con los valores permisibles nos dan un valor de 33.88% a tensión y 16.23% a corte, que está dentro de los parámetros aceptables de diseño y de esta manera brinda confiabilidad a la sujeción del vidrio.

Se realizó una comparativa entre el costo de la perfilería del segundo y tercer modelo que cumplen con los factores demanda capacidad estipulados en la normativa; el costo del segundo modelo es de \$4468 y del tercer modelo es de \$4690 obteniendo una diferencia de costo del 4%, se consideró el valor más alto debido a que el segundo modelo trabaja con un factor demanda capacidad del 100% como modelo ideal por lo que al momento de la construcción puede existir cargas excéntricas que pueden afectar a los requerimientos de la normativa.

## **8. RECOMENDACIONES**

Para futuros trabajos se recomienda realizar el levantamiento de datos más detallado referente a la parte estructural de la vivienda, para precisar las prestaciones de seguridad que pueda brindar la estructura.

## 9. BIBLIOGRAFÍA

- [1] J. McCorman, *Diseño de ESTRUCTURAS DE ACERO METODO LRFD*, ALFAOMEGA GRUPO EDITOR, S.A. Mexico, 2006.
- [2] J. Beer, *MECANICA DE MATERIALES*, Sexta. Mexico: McGRAW-HILL/INTERAMERICANA EDITORES, S.A., 2013.
- [3] Normativa Ecuatoriana de la Construcción NEC-SE-CG, «Cargas No Sísmicas». Ministerio de desarrollo urbano y vivienda. [En línea]. Disponible en: <https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/2023/03/1.-NEC-SE-CG-Cargas-No-Sismicas.pdf>
- [4] Normativa Ecuatoriana de la Construcción NEC-SE-DS, «Diseño sísmo resistente». Ministerio de desarrollo urbano y vivienda. [En línea]. Disponible en: <https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/2023/03/2.-NEC-SE-DS-Peligro-Sismico-parte-1.pdf>
- [5] E. A. Dávila Elías, «Actualidad y desarrollo del uso del vidrio en la construcción», [En línea]. Disponible en: <https://core.ac.uk/download/pdf/35291391.pdf>
- [6] H. R. Corti, *Una mirada fisicoquímica a través del vidrio*, 1.<sup>a</sup> ed. Ciudad de Buenos Aires: Eudeba, 2008. Accedido: 18 de julio de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://bibliotecas.ups.edu.ec:3488/es/ereader/bibliotecaups/101423>
- [7] J. M. F. Navarro, *El vidrio*, Tercera. Madrid: Editorial CSIC - CSIC Press, 2003.
- [8] E. Cardenas Aleman, «Vidrio templado: teoría y solución de un problema industrial», Universidad Autonoma De Nuevo Leon, Monterrey, 1991. [En línea]. Disponible en: <http://eprints.uanl.mx/184/1/1020070534.PDF>
- [9] C. Pearson, «Manuel del Vidrio Plano», Camara del Vidrio Plano y sus Manufacturas de la Republica Argentina, Argentina.
- [10] J. Aguilar y O. Gómez-Daza, «Resistencia adhesiva interfacial de vidrios laminados con películas delgadas semiconductoras», vol. 17, n.º 2, pp. 15-20, 2004.
- [11] Normativa Ecuatoriana de la Construcción NEC-HS-VIDRIO, «Vidrio». Ministerio de desarrollo urbano y vivienda. [En línea]. Disponible en: <https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/2023/03/1.-NEC-HS-VD-Vidrio.pdf>
- [12] L. Berasategui, «Acristalamiento estructural», *Inf. Constr.*, vol. 43, n.º 417, Art. n.º 417, feb. 1992, doi: 10.3989/ic.1992.v43.i417.1344.
- [13] Buildin trust SIKA, «HOJA DE DATOS DEL PRODUCTO Sikaflex-256», Sika, Técnico, 2023. [En línea]. Disponible en: <https://esp.sika.com/dms/getdocument.get/73d25f41-8f1d-4b59-885d-1b0cf2b546c3/sikaflex-256.pdf>
- [14] «SIKAFLEX 256 NEGRO CARTUCHO INDUST». <https://www.pintulac.com.ec/sikaflex-256-negro-cartucho-indust.html> (accedido 3 de agosto de 2023).
- [15] A. Morúa Achiaga, «Silicona y transparencia. Autómatas y cibernautas», vol. 21, pp. 18-27, 1995.
- [16] 3M Ecuador, «División de Adhesivos y Cintas Industriales». septiembre de 2010. [En línea]. Disponible en: <https://multimedia.3m.com/mws/media/671000/3m-vhb-tapes.pdf>
- [17] R. Hibbeler, *Estatica*, Decimosegunda. Mexico: PEARSON EDUCACIÓN, 2010.
- [18] A. Chávez, «Estructuras II: Armaduras planas para techos», p. 146.
- [19] E. Gustin, *Estructuras metálicas*. Reverte, 1980.



- [20] L. JEFFUS, *Soldadura. Principios y aplicaciones*, Quinta. España: Ediciones Paraninfo, S.A., 2009.
- [21] L. Nuñez, «Caracterización de uniones en estructuras de acero». junio de 2018. [En línea]. Disponible en: [http://repositorio.umayor.cl/xmlui/bitstream/handle/sibum/6850/19084168-5\\_SAG.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.umayor.cl/xmlui/bitstream/handle/sibum/6850/19084168-5_SAG.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- [22] G. Valencia, *Estructuras de acero. Introducción al diseño*. Univ. Nacional de Colombia, 2006.
- [23] «CUENCA – Ministerio de Cultura y Patrimonio». <https://www.culturaypatrimonio.gob.ec/cuenca/> (accedido 25 de julio de 2023).
- [24] E. M. Cevallos Torres, «Evaluación probabilística del riesgo sísmico en edificios patrimoniales para reforzamiento con estructuras metálicas en la ciudad de Ambato», masterThesis, Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica. Maestría en Ingeniería Civil con Mención en Estructuras Metálicas, 2022. Accedido: 26 de julio de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://repositorio.uta.edu.ec:8443/jspui/handle/123456789/36429>
- [25] G. M. Alvarado, «Agresión a vivienda patrimonial obliga a Municipio de Cuenca a tomar acciones inmediatas.», *Portal Diverso*, 3 de febrero de 2020. <https://portaldiverso.com/agresion-a-vivienda-patrimonial-obliga-a-municipio-de-cuenca-a-tomar-acciones-inmediatas/> (accedido 31 de mayo de 2023).
- [26] INN, «Estructuras - Intervención de construcciones patrimoniales de tierra cruda - Requisitos del proyecto estructural». Instituto Nacional de Normalización-INN, 2013.
- [27] INEN, «NORMA TECNICA ECUATORIANA NTE INEN 2 067:1996». Instituto Ecuatoriano de Normalización, 1996. [En línea]. Disponible en: <https://ia801502.us.archive.org/6/items/ec.nte.2067.1996/ec.nte.2067.1996.pdf>

## 10. ANEXOS

### 10.1 Anexo 1

BUILDING TRUST



# HOJA TÉCNICA DE PRODUCTO

## Sikaflex®-256

SISTEMA ADHESIVO SIN PRIMER PARA APLICACIÓN DIRECTA EN REEMPLAZO DE CRISTALES AUTOMOTRICES

#### Datos Técnicos del Producto

Base química	Poliuretano 1 Componente
Color (CQP <sup>1)</sup> 001-1)	Negro
Mecanismo de curado	Curado por humedad
Densidad (sin curar) (CQP00 6 - 4)	1,2 kg/l aprox.
Tixotropía (CQP061 - 1)	Muy bueno
Temperatura de aplicación	5 - 35°C
Tiempo de formación de piel <sup>2)</sup> (CQP019-1)	40 min. aprox.
Tiempo abierto <sup>2)</sup> (CQP526-1)	30 min. aprox.
Velocidad de curado (CQP049 - 1)	Ver diagrama
Dureza Shore A (CQP 023-1/ISO 868)	50 a prox.
Resistencia a la tensión (CQP036 - 1 / ISO 37)	7 N/mm <sup>2</sup> aprox.
Alargamiento de ruptura (CQP036 - 1 / ISO 37)	400% aprox.
Resistencia a la propagación de desgarre (CQP 045-1 / ISO 34)	11 N/mm
Resistencia a la cortadura por tensión (CQP 046-1 / ISO 4587)	5 N/mm <sup>2</sup> aprox.
Tiempo de liberación seguro <sup>2)</sup> (carros) con doble bolsa de aire	6 h
de acuerdo a la norma FMVSS 212 / 208 sin bolsa de aire	2 h
Resistencia eléctrica (CQP 079 - 2 / ASTM D 257 - 99)	1 x 10 <sup>7</sup> Ω cm aprox.
Temperatura de servicio (CQP513 -1)	permanente -40°C +90°C
Vida de almacenamiento (Almacenado de bajo de 25°C) (CQP 016-1)	9 meses

<sup>1)</sup> CQP = Procedimiento de Calidad Corporativo

<sup>2)</sup> 23°C (73°F) / 50% h.r.

#### DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO

Sikaflex - 256 es un adhesivo de 1 componente para aplicación directa en cristales sin primer. Es un producto fácil de aplicar, con consistencia pastosa que cura con la exposición a la humedad. Sikaflex - 256 provee un largo tiempo de formación de piel y asegura la aplicación aun bajo condiciones calientes.

Sikaflex - 256 ofrece calidad combinada con seguridad. Sikaflex®- 256 es fabricado de acuerdo con las normas ISO 9001/14001 del sistema de aseguramiento de calidad y con el programa "Responsible Care".

#### BENEFICIOS DEL PRODUCTO

- Tratamiento sin primer
- Buena comportamiento de aplicación / buenas propiedades tixotrópicas
- Corta cortadura de hilo
- Aplicación en frío
- Formulación un componente
- Calidad Automotriz OEM

## 10.2 Anexo 2

### 3M VHB™ Cintas

Cintas 3M™ VHB™			Espesor		Adhesivo Tipo	Espuma Tipo	Densidad lb/ft³ (kg/m³)	Espesor de <i>liner</i>		
Familia	Número	Color	Pulg. (mm)	Tolerancia				Tipo	Pulg. (mm)	Color
4950	4920	Blanco	0.015 (0.4)	± 15%	Uso general	Firme	50 (800)	DK papel	0.003 (0.08)	Blanco (impreso)
	4929	Negro	0.025 (0.64)	± 15%	Uso general	Firme	50 (800)	Poliéster	0.002 (0.05)	Trans- parente
	4930	Blanco	0.025 (0.64)	± 15%	Uso general	Firme	50 (800)	DK papel	0.003 (0.08)	Blanco (impreso)
	4930F	Blanco	0.025 (0.64)	± 15%	Uso general	Firme	50 (800)	PE película	0.005 (0.125)	Rojo
	4949	Negro	0.045 (1.1)	± 10%	Uso general	Firme	50 (800)	Poliéster	0.002 (0.05)	Trans- parente
	4950	Blanco	0.045 (1.1)	± 10%	Uso general	Firme	50 (800)	DK papel	0.003 (0.08)	Blanco (impreso)
	4955	Blanco	0.080 (2.0)	± 10%	Uso general	Firme	45 (720)	Poliéster	0.002 (0.05)	Trans- parente
	4959	Blanco	0.012 (3.0)	± 10%	Uso general	Firme	45 (720)	Poliéster	0.002 (0.05)	Trans- parente
	4959F	Blanco	0.120 (3.0)	± 10%	Uso general	Firme	45 (720)	PE película	0.005 (0.125)	Rojo
4945	4945	Blanco	0.045 (1.1)	± 10%	Multiuso	Firme	50 (800)	DK Papel	0.003 (0.08)	Blanco (impreso)
	4946	Blanco	0.045 (1.1)	± 10%	Multiuso	Firme	50 (800)	PE película	0.005 (0.12)	Trans- parente
4910	4905	Trans.	0.020 (0.5)	± 15%	Uso general	Sólido	60 (960)	PE película	0.005 (0.15)	Rojo (impreso)
	4910	Trans.	0.040 (1.0)	± 10%	Uso general	Sólido	60 (960)	PE película	0.005 (0.15)	Rojo (impreso)
4951	4951	Blanco	0.045 (1.1)	± 10%	Aplic. baja Temp.	Firme	50 (800)	Poliéster	0.002 (0.05)	Trans- parente
	4943F	Gris	0.045 (1.1)	± 10%	Aplic. baja Temp.	Confor.	45 (720)	Poliéster	0.002 (0.05)	Trans- parente
	4957F	Gris	0.062 (1.55)	± 10%	Aplic. baja Temp.	Confor.	45 (720)	Poliéster	0.002 (0.05)	Trans- parente
4952	4932	Blanco	0.025 (0.64)	± 15%	LSE	Firme	50 (800)	DK papel	.0003 (0.08)	Blanco (impreso)
	4952	Blanco	0.045 (1.1)	± 10%	LSE	Firme	50 (800)	DK papel	0.003 (0.08)	Blanco (impreso)
4611	4611	Gris oscuro	0.045 (1.1)	± 10%	Uso general	Firme	52 (840)	PE película	0.005 (0.125)	Rojo
	4646	Gris oscuro	0.025 (0.64)	± 15%	Uso general	Firme	52 (840)	PE película	0.005 (0.125)	Rojo
	4655	Gris oscuro	0.062 (1.55)	± 10%	Uso general	Firme	52 (840)	PE película	0.005 (0.125)	Rojo
4622	4618	Blanco	0.025 (0.64)	± 15%	Uso gral/múlt.	Confor.	45 (720)	PE película	0.004 (0.10)	Verde
	4622	Blanco	0.45 (1.1)	± 10%	Uso gral/múlt.	Confor.	45 (720)	PE película	0.004 (0.10)	Verde
	4624	Blanco	0.062 (1.55)	± 10%	Uso gral/múlt.	Confor.	45 (720)	PE película	0.004 (0.10)	Verde

## 10.3 Anexo 3



### DATOS TECNICOS

#### RESISTENCIA MECANICA

La resistencia de un vidrio depende de varios factores, forma de apoyo, cantidad de lados que están soportados, espesor, tipo de aplicación (interior o exterior), dimensiones, lugar en el que se va a utilizar, altura a la que se va a instalar etc... Todos estos factores forma de cálculo y resistencia de los vidrios están consignados en la NSR 10

#### CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y MECANICAS CONVENCIONALES PARA PRODUCTOS DE BASE VITREA

CARACTERÍSTICAS	SIMBOLO	VALOR NUMÉRICO Y UNIDAD
Densidad (a 18°C)	$\rho$	2500Kg/m <sup>3</sup>
Dureza		6 unidades (escala de Mohs)
Modulo de Young (modulo de elasticidad)	E	7 x 10 <sup>10</sup> Pa
Índice de poisson	$\mu$	0,2
Calor específico	c	0,72 x 10 <sup>3</sup> J/ (KG*°K)
Coefficiente medio de dilatación lineal entre 20°C y 300°C	$\alpha$	9 x 10 <sup>-6</sup> K <sup>-1</sup>
Conductividad térmica	$\lambda$	1 W/ (m*°K)
Índice de refracción medio en el espectro visible	n	1,5

#### RESISTENCIA TERMICA

Las características mecánicas del vidrio templado permanecen inalteradas en condiciones continuas hasta 250°C y no son afectadas en temperaturas debajo de 0°C.

El Vidrio templado soporta gradientes y variaciones bruscas de temperatura hasta de 200

#### PROPIEDADES OPTICAS

COLOR	ESPESOR m.m	Visible Light		Solar Energy (Dierct)		Winter		
		% T	% Reflectance		% T	Reflect % Out	U - Factor Night - Time	U - Factor Sumer - Time
			Indoor	Outdoor				
BRONCE	2	77	7	7	76	7	1,05	0,95
	3	70	1	1	67	6	1,04	0,94
	4	64	6	6	62	6	1,04	0,94
	5	60	6	6	57	6	1,03	0,93
	6	55	6	6	52	6	1,03	0,93
	8	46	5	5	43	5	1,01	0,92
GRIS	10	40	5	5	37	5	1,01	0,91
	2	72	7	7	74	7	1,05	0,95
	3	63	6	6	66	6	1,04	0,94
	4	56	6	6	60	6	1,04	0,94
	5	51	6	6	55	6	1,03	0,93
	6	45	5	5	50	5	1,03	0,93
CLARO	8	35	5	5	41	5	1,01	0,92
	10	29	5	5	34	5	1,01	0,91
	2	91	8	8	88	8	1,05	0,95
	3	90	8	8	85	8	1,04	0,94
	4	90	8	8	84	8	1,04	0,94
	5	90	8	8	82	8	1,03	0,93
	6	89	8	8	80	7	1,03	0,93
	8	88	8	8	77	7	1,01	0,92
	10	88	8	8	75	7	1,01	0,91

## 10.4 Anexo 4

NTE INEN 2 067

1996-08

### ANEXO C. USOS GENERALES PARA EL VIDRIO TEMPLADO PLANO

ESPEORES (mm)									Medida Máxima (mm)	Lugar de uso*	OBSERVACIONES
3	4	5	6	8	10	12	15	19			
	x								1 000x800 1 100x1 000 1 200x1 500 1 400x1 800 1 600x2 200	Claraboyas	Dependerá del ángulo de inclinación y del tipo de estructura
	x								1 200x2 200 1 400x2 400 1 700x2 600 1 800x2 800 2 000x3 300	Fachadas de edificios	Apoyado en todo el perímetro, revisar cargas de viento, altura del edificio y cargas del diseño, para todos los casos.
	x								1 200x2 200 1 400x2 400 1 700x2 600	Casas	Instalación con aluminio perimetral Instalación con aluminio perimetral Instalación con aluminio perimetral
	x								900x2 000 1 000x2 400 1 200x2 400 1 400x2 600 1 700x3 000 2 000x3 300	Divisiones de ambiente	Apoyado en todo el perímetro Apoyado en todo el perímetro Apoyado en todo el perímetro Anclado con accesorios Anclado con accesorios Anclado con accesorios
x	x								600x600 700x700 800x800 1 000x1 400 1 400x2 000 1 800x2 500 2 000x2 800 2 100x3 000 2 400x3 300	Mesas y tableros	Apoyado en dos lados Apoyado en dos lados Apoyado en dos lados Apoyado en dos lados Apoyado en dos lados Apoyado en dos lados Apoyado en dos lados Apoyado en dos o cuatro lados
	x								800x800 1 200x1 200 1 400x1 400 1 500x2 000	Protector de pisos	Apoyado en toda la superficie Apoyado en toda la superficie Apoyado en toda la superficie Apoyado en toda la superficie
									800x800 1 100x1 100 1 400x1 400	Pisos de vidrio	Soportado en todo su perímetro Soportado en todo su perímetro Soportado en todo su perímetro
x	x								700x2 000 850x2 000 900x2 100 950x2 200 850x2 100 1 000x2 200 1 200x2 300 1 200x2 500 1 200x3 000	Puertas	Instalación con aluminio perimetral Instalación con aluminio perimetral Instalación con aluminio perimetral Instalación con aluminio perimetral Accesorios Accesorios Accesorios y zócalo inferior metálicos Zócalo Superior e inferior metálicos Zócalo Superior e inferior metálicos
	x								800x1 700 900x1 800 1 000x1 900 1 000x220 1 300x2 400	Cortinas de baño para puertas y módulos fijos	Instalación con accesorios o aluminio perimetral Instalación con accesorios o aluminio perimetral Instalación con aluminio perimetral Instalación con accesorios Instalación con accesorios

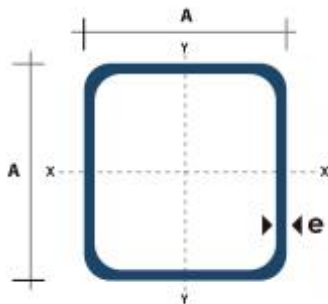
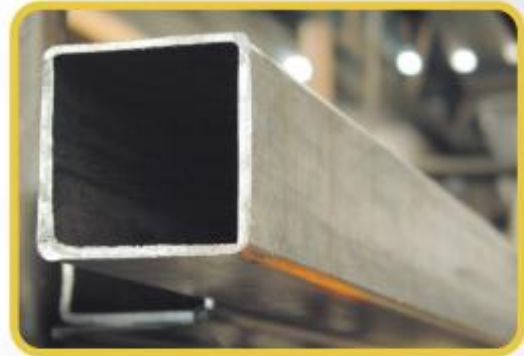
\* El presente cuadro es base referencial de aplicaciones, cada caso particular requiere de múltiples consideraciones técnicas para su instalación o puesta en obra. Se recomienda consultar con los fabricantes.

(Continúa)

## TUBO ESTRUCTURAL CUADRADO

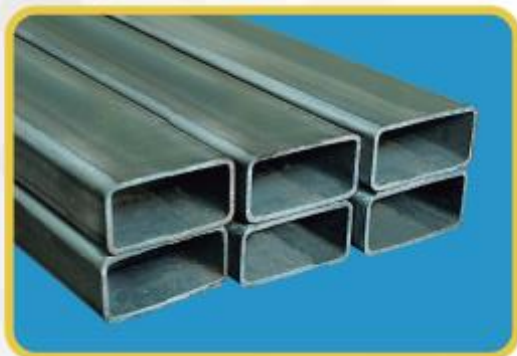
### Especificaciones Generales:

<b>Norma:</b>	NTE INEN 2415
<b>Calidad:</b>	SAE J 403 1008
<b>Acabado:</b>	Acero negro o Galvanizado
<b>Largo Normal:</b>	6,00m y medidas especiales
<b>Dimensiones:</b>	Desde 20mm a 100mm
<b>Espesores:</b>	Desde 1,20mm a 5,00mm



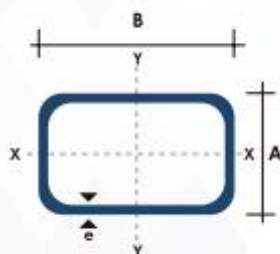
Dimensiones			Área	Ejes X-Xe Y-Y		
A mm	Espesor mm (e)	Peso Kg/m	Área cm <sup>2</sup>	I cm <sup>4</sup>	W cm <sup>3</sup>	i cm <sup>3</sup>
20	1.2	0.72	0.90	0.53	0.53	0.77
20	1.5	0.88	1.05	0.58	0.58	0.74
20	2.0	1.15	1.34	0.69	0.69	0.72
25	1.2	0.90	1.14	1.08	0.87	0.97
25	1.5	1.12	1.35	1.21	0.97	0.95
25	2.0	1.47	1.74	1.48	1.18	0.92
30	1.2	1.09	1.38	1.91	1.28	1.18
30	1.5	1.35	1.65	2.19	1.46	1.15
30	2.0	1.78	2.14	2.71	1.81	1.13
40	1.2	1.47	1.80	4.38	2.19	1.25
40	1.5	1.82	2.25	5.48	2.74	1.56
40	2.0	2.41	2.94	6.93	3.46	1.54
40	3.0	3.54	4.44	10.20	5.10	1.52
50	1.5	2.29	2.85	11.06	4.42	1.97
50	2.0	3.03	3.74	14.13	5.65	1.94
50	3.0	4.48	5.61	21.20	4.48	1.91
60	2.0	3.66	3.74	21.26	7.09	2.39
60	3.0	5.42	6.61	35.06	11.69	2.34
75	2.0	4.52	5.74	50.47	13.46	2.97
75	3.0	6.71	8.41	71.54	19.08	2.92
75	4.0	8.59	10.95	89.98	24.00	2.87
100	2.0	6.17	7.74	122.99	24.60	3.99
100	3.0	9.17	11.41	176.95	35.39	3.94
100	4.0	12.13	14.95	226.09	45.22	3.89
100	5.0	14.40	18.36	270.57	54.11	3.84

# TUBO ESTRUCTURAL RECTANGULAR



## Especificaciones Generales:

Norma	NTE INEN 2415
Calidad:	SAE J 403 1008
Acabado:	Acero negro o galvanizado
Largo normal:	6.00 m y medidas especiales
Dimensiones:	Desde 20mm x 40mm a 50mm x 150mm
Espesores:	Desde 1,20mm a 3,00mm



Dimensiones				Área	Ejes Y-Y			Ejes X-X		
A mm	B mm	Espesor (e) mm	Peso Kg/m	Área cm <sup>2</sup>	I cm <sup>4</sup>	W cm <sup>3</sup>	i cm	I cm <sup>4</sup>	W cm <sup>3</sup>	i cm <sup>3</sup>
20	40	1.2	1.09	1.32	2.61	1.30	1.12	0.88	0.88	0.83
20	40	1.5	1.35	1.65	3.26	1.63	1.40	1.09	1.09	0.81
20	40	2.0	1.78	2.14	4.04	2.02	1.37	1.33	1.33	0.79
25	50	1.5	1.71	2.10	6.39	2.56	1.74	2.19	1.75	1.02
25	50	2.0	2.25	2.74	8.37	3.35	1.75	2.80	2.24	1.01
25	50	3.0	3.30	4.14	12.56	5.02	1.74	3.99	3.19	0.99
30	50	1.5	1.88	2.25	7.27	2.91	1.80	3.32	2.21	1.21
30	50	2.0	2.41	2.94	9.52	3.81	1.80	4.28	2.85	1.21
30	50	3.0	3.30	4.21	12.78	5.11	1.74	5.66	3.77	1.16
30	70	2.0	3.03	3.74	22.20	6.34	2.44	5.85	3.90	1.25
30	70	3.0	4.48	5.41	30.50	8.71	2.37	7.84	5.23	1.20
40	60	1.5	2.29	2.91	14.90	4.97	2.26	7.94	3.97	1.65
40	60	2.0	3.03	3.74	18.08	6.13	2.22	9.81	4.90	1.62
40	60	3.0	4.48	5.41	25.31	8.44	2.16	13.37	6.69	1.57
30	70	1.5	2.34	2.91	18.08	5.17	2.49	4.76	3.17	1.28
30	70	2.0	2.93	3.74	22.20	6.34	2.44	5.85	3.90	1.25
30	70	3.0	4.25	5.41	30.50	8.71	2.37	7.84	5.23	1.20
40	80	1.5	2.76	3.74	31.75	7.94	2.91	10.77	5.39	1.70
40	80	2.0	3.66	4.54	37.32	9.33	2.87	12.70	6.35	1.67
40	80	3.0	5.42	6.61	52.16	13.04	2.81	17.49	8.75	1.63
50	100	2.0	4.52	5.74	74.94	14.99	3.61	25.65	10.26	2.11
50	100	3.0	6.71	8.41	106.34	21.27	3.56	35.97	14.39	2.07
50	150	2.0	6.17	7.74	207.45	27.66	5.18	37.17	14.87	2.19
50	150	3.0	9.17	11.41	298.35	39.78	5.11	52.54	21.02	2.15