

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**  
**SEDE CUENCA**



**CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**

Tesis previa a la obtención del  
Título de Ingeniero Mecánico

**TEMA:**

ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD PARA LA CONSTRUCCIÓN DE  
VIVIENDAS UNIFAMILIARES UTILIZANDO EL SEL (SISTEMA  
ESTRUCTURAL LIVIANO).

**AUTORES:**

Herman Gustavo Romero Acaro

Luis Clemente Soto Cueva

**DIRECTOR:**

Ing. Paúl Álvarez

Cuenca, Febrero del 2013

Breve Reseña de los autores e información de contacto

**Herman Gustavo Romero Acaro**

Estudiante de la Carrera de Ingeniería Mecánica

Universidad Politécnica Salesiana

imaishelus@hotmail.com

**Luis Clemente Soto Cueva**

Estudiante de la Carrera de Ingeniería Mecánica

Universidad Politécnica Salesiana

lsotoc\_86@hotmail.com

Todos los derechos reservados.

Queda prohibida, salvo la excepción prevista por la ley, cualquier forma de reproducción, distribución, comunicación pública y transformación de esta obra para fines comerciales, sin contar con la autorización de los titulares de propiedad intelectual. La infracción de los derechos mencionados puede ser constitutiva de delito contra la propiedad intelectual. Se permite la difusión de este texto con fines académicos o investigativos por cualquier medio, con la debida notificación a los autores.

**DERECHOS RESERVADOS**

©2013 Universidad Politécnica Salesiana

**CUENCA - ECUADOR - SUDAMÉRICA**

## **DECLATORIA DE RESPONSABILIDAD**

Los conceptos desarrollados han sido tomados de las referencias bibliográficas citadas, previamente analizados, los análisis de mercado, técnico y económico y las conclusiones realizadas que se encuentran en este documento son de exclusiva responsabilidad de los autores:

Cuenca, febrero del 2013



Herman Gustavo Romero Acaro



Luis Clemente Soto Cueva.

## **CERTIFICACIÓN**

Ing. Paul Álvarez

Certifica

Haber dirigido y revisado cada uno de los capítulos de los que consta este trabajo de tesis, realizado por los señores Herman Gustavo Romero Acaro y Luis Clemente Soto Cueva.

Cuenca, Febrero del 2013

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'P. Álvarez', is written over a light-colored rectangular background.

Ing. Paul Álvarez

**DIRECTOR**

## **DEDICATORIA**

Quiero dedicar esta tesis a mis queridos padres, Herman y María, por su amor incondicional, sus enseñanzas de vida y su ejemplo de perseverancia y dedicación para alcanzar las metas planteadas.

A mis hermanos Richard y Karla, quienes han contribuido con un sinnúmero de consejos durante mi vida que me han ayudado a crecer personalmente.

Y a toda mi familia, que de alguna forma han contribuido para la culminación de mi trabajo de tesis.

*Gustavo*

## **AGRADECIMIENTOS**

Quiero agradecer a Dios por darme el don de la vida y la salud para culminar mi carrera. A mis padres por su apoyo incondicional e infinito.

De manera especial a Soledad quien se ha convertido en mi segunda madre por todo el aprecio y el cariño brindado durante todo este tiempo.

*Gustavo*

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo principalmente a Dios, por haberme dado la vida y permitirme el haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación profesional.

De igual forma, dedico esta tesis a mi padre Riddean y a mi madre Carmen, que han sabido formarme con buenos sentimientos, hábitos y valores, lo cual me ha ayudado a salir adelante en los momentos más difíciles.

A mi hermana Shirley, que siempre ha estado junto a mí y brindándome su cariño y apoyo incondicional.

A mi compañero, Gustavo porque sin el equipo que formamos, no hubiéramos logrado esta meta.

Por último pero no menos importante a mis amigos y compañeros en general que nos apoyamos mutuamente en nuestra formación profesional.

*Luís*

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios, por estar conmigo siempre para fortalecer mi corazón e iluminar mi mente y por haber puesto en mi camino a personas que han sido mi soporte y compañía durante todo este tiempo

A mi padre y a mi madre por el apoyo incondicional que me dieron a lo largo de la carrera.

*Luís*

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradecemos de manera especial al Ing. Paúl Álvarez por el apoyo brindado a lo largo del desarrollo de este trabajo.

A la empresa “Tugalt” y por medio de esta al Ing. Patricio Arpi por la asesoría y los datos técnicos brindados.

Al Ing. Carlos Julio Cordero director del departamento técnico de la Cámara de la Construcción de Cuenca, por permitirnos acceder a la información del proyecto de vivienda unifamiliar desarrollado por dicha entidad.

Al Eco. Fernando Vivar por su colaboración en el tercer capítulo de nuestra tesis.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

CONTENIDO	PÁGINA
<b>CAPÍTULO 1</b>	
<b>ANÁLISIS DE MERCADO</b>	
<b>1.1. Definición del Producto.....</b>	<b>1</b>
1.1.1. Perfilería.....	2
1.1.2. Paneles.....	3
1.1.3. Entrepisos.....	4
1.1.4. Entrepisos Húmedos .....	6
1.1.5. Entrepisos Secos .....	7
1.1.6. Vanos en Entrepisos.....	8
1.1.7. Estructura de Techo.....	9
1.1.8. Aislaciones .....	10
1.1.9. Características del SEL .....	15
1.1.10. Ventajas.....	16
<b>1.2. Plan de Muestreo.....</b>	<b>18</b>
1.2.1. Definición de la Población.....	18
1.2.2. Definición de la Muestra.....	18

1.2.3. Formato de Encuesta .....	21
1.2.4. Análisis de los Resultados de las Encuestas .....	24
<b>1.3. Análisis de la Demanda .....</b>	<b>35</b>
<b>1.4. Análisis de la Oferta .....</b>	<b>36</b>
<b>1.5. Análisis de Precios .....</b>	<b>37</b>
<b>1.6. Conclusiones y Recomendaciones del Estudio de Mercado .....</b>	<b>38</b>

## **CAPÍTULO 2**

### **ANÁLISIS TÉCNICO**

<b>2.1. Descripción del Proyecto .....</b>	<b>39</b>
<b>2.2. Criterios de Diseño Estructural .....</b>	<b>40</b>
2.2.1. Normas y Códigos .....	40
2.2.1.1. Normas Ecuatorianas .....	40
2.2.1.1. Normas y Códigos de Estados Unidos .....	40
2.2.2. Materiales .....	40
2.2.2.1. Acero Estructural Liviano .....	40
<b>2.3. Cargas de Diseño .....</b>	<b>43</b>
2.3.1. Carga Muerta .....	43
2.3.1.1. Armadura y Cubierta .....	43
2.3.1.2. Distribución de Carga Muerta .....	46
2.3.2. Sobrecargas de Uso (Carga Viva) .....	49
2.3.3. Carga de Viento .....	51
2.3.3.1. Cálculo de la presión del viento .....	52
2.3.4. Carga de Granizo .....	54

2.3.4.1. Distribución de Carga de Granizo Cubierta .....	54
2.3.5. Carga de Sismo .....	54
2.3.5.1. Zona Sísmica y Factor de Zona.....	54
2.3.5.2. Tipo de Suelo .....	55
2.3.5.3. Aceleración Espectral.....	57
2.3.5.4. Cortante Basal de Diseño .....	58
<b>2.4. Combinaciones de Carga .....</b>	<b>60</b>
<b>2.5. Diseño Estructural .....</b>	<b>61</b>
2.5.1. Características Geométricas de los perfiles.....	62
2.5.2. Análisis Estructural de la Vivienda.....	74
2.5.2.1. Cubierta.....	74
2.5.2.2. Vigas entrepiso.....	82
2.5.2.3. Paneles para planta alta .....	88
2.5.2.4. Paneles para planta baja .....	92
2.5.2.4. Análisis de la cubierta a compresión.....	94
2.5.3. Análisis estructural de la vivienda con perfiles de menos espesor .....	96
2.5.3.1. Viga Entrepiso.....	96
2.5.3.2. Paneles para planta alta .....	104
2.5.3.3. Paneles para planta baja .....	106
<b>2.6. Análisis y Comprobación de un Marco rígido de la vivienda .....</b>	<b>108</b>
2.6.1. Cálculo de un marco rígido de la vivienda.....	109
<b>2.7. Detalles Constructivos.....</b>	<b>114</b>
2.7.1. Encuentro entre paneles .....	114
2.7.1.1. Encuentro para esquinas.....	114
2.7.1.2. Encuentro de paneles en T .....	115
2.7.1.3. Encuentro de paneles en Cruz .....	116
2.7.2. Entrepisos y Vanos en Entrepisos .....	117

2.7.3. Armado de la Cabreada.....	120
2.7.4. Conexiones .....	122
2.7.5. Anclajes.....	125
<b>2.8. Conclusiones y Recomendaciones del análisis técnico .....</b>	<b>126</b>

### **CAPÍTULO 3**

#### **ANÁLISIS DE ECONÓMICO**

<b>3.1. Introducción.....</b>	<b>127</b>
<b>3.2. Análisis de Costos Directos .....</b>	<b>127</b>
3.2.1. Cuantificación de perfiles a usar para la vivienda .....	128
3.2.2. Costos de Material Directo.....	149
3.2.3. Costos de Mano de Obra Directa .....	151
3.2.4. Análisis de Precios Unitarios .....	153
3.2.5. Depreciación de Herramientas .....	154
3.2.6. Gastos Directos de Fabricación.....	156
<b>3.3. Presupuesto de la construcción de la vivienda unifamiliar de 100 m2 con SEL.....</b>	<b>158</b>
<b>3.4. Presupuesto de la construcción de la vivienda unifamiliar de 100m2 por la Cámara de la Construcción de Cuenca .....</b>	<b>160</b>
<b>3.5. Conclusiones y Recomendaciones del Análisis Económico.....</b>	<b>161</b>
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES GENERALES .....	163
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	166

## ÍNDICE DE TABLAS

### CAPÍTULO 1

Tabla1.1. Sistemas de Construcción .....	24
Tabla1.2. Cantidad de viviendas construidas .....	25
Tabla1.3. Características de sistemas constructivos .....	26
Tabla1.4. Mayor costo en la construcción .....	27
Tabla1.5. Tiempo promedio de construcción.....	28
Tabla1.6. Conocimiento del SEL por constructores .....	30
Tabla1.7. Ventajas requeridas por los constructores.....	31
Tabla1.8. Cambio de sistema de construcción.....	32
Tabla1.9. Aplicación del SEL .....	33
Tabla1.10. Información del SEL.....	34

### CAPÍTULO 2

Tabla 2.1. Requisitos Mecánicos .....	40
---------------------------------------	----

Tabla 2.2. Requisitos Químicos .....	41
Tabla 2.3. Espesor del recubrimiento.....	41
Tabla 2.4. Pesos unitarios de materiales .....	43
Tabla 2.5. Pesos unitarios de materiales cielorraso .....	44
Tabla 2.6. Pesos unitarios cerámica .....	44
Tabla 2.7. Pesos unitarios de fibrocemento .....	44
Tabla 2.8. Pesos unitarios OSB.....	45
Tabla 2.9. Carga muerta distribuida.....	48
Tabla 2.10. Carga Viva .....	49
Tabla 2.11. Carga Viva distribuida .....	50
Tabla 2.12. Coeficiente de corrección $\sigma$ .....	51
Tabla 2.13. Exigencias de resistencias a la carga de viento.....	52
Tabla 2.14. Factor de Forma, $C_f$ .....	52
Tabla 2.15. Pesos unitarios de granizo.....	54
Tabla 2.16. Carga de Granizo distribuida .....	54
Tabla 2.17. Valores del Factor Z en función de la zona sísmica adoptada.....	55
Tabla 2.18. Tipos de suelo y factores de sitio, $F_a$ .....	56
Tabla 2.19. Tipos de suelo y factores de sitio, $F_d$ .....	56
Tabla 2.20. Tipos de suelo y factores de comportamiento inelástico del subsuelo, $F_s$ .....	56
Tabla 2.21. Perfiles utilizados para el análisis estructural .....	62
Tabla 2.22. Determinación del coeficiente k de la plancha .....	76
Tabla 2.23. Características geométricas del perfil PGG 100 x 0.89 .....	78
Tabla 2.24. Determinación del coeficiente k de la plancha .....	84
Tabla 2.25. Determinación del coeficiente k de la plancha .....	98
Tabla 2.26. Diámetro y longitud de los tornillos autoperforantes.....	124

## ÍNDICE DE FIGURAS

### CAPÍTULO 1

Figura 1.1. Vivienda unifamiliar de 2 niveles .....	2
Figura 1.2. Perfiles .....	3
Figura 1.3. Paneles con SEL .....	4
Figura 1.4. Entrepiso .....	5
Figura 1.5. Entrepiso in Line framing .....	5
Figura 1.6. Entrepiso húmedo .....	6
Figura 1.7. Entrepiso seco .....	7
Figura 1.8. Vanos en el entrepiso .....	8
Figura 1.9. Estructura techo .....	9
Figura 1.10. Barrera de agua y viento .....	11
Figura 1.11. Aislación Térmica .....	12
Figura 1.12. Aislación con EIFS .....	13
Figura 1.13. Exterior con Siding vinílico .....	14

## CAPÍTULO 2

Figura 2.1. Vivienda unifamiliar .....	39
Figura 2.2. Perforación en el perfil .....	42
Figura 2.3. Áreas tributarias cubierta .....	46
Figura 2.3. Áreas tributarias entrepiso .....	47
Figura 2.5. Esquematización de paredes .....	47
Figura 2.6. Áreas tributarias cielorraso .....	48
Figura 2.7. Ecuador, Zona sísmica para diseño y valor del factor Z .....	55
Figura 2.8. Distribución de Carga de Sismo .....	59
Figura 2.9. Diseño estructural vivienda 100 m <sup>2</sup> .....	61
Figura 2.10. Elemento lineal vertical .....	63
Figura 2.11. Elemento lineal horizontal .....	63
Figura 2.12. Elemento circular a 90° .....	64
Figura 2.13. Momento último en la cabreada más crítica .....	74
Figura 2.14. Área Efectiva .....	91
Figura 2.15. Espectro de carga entrepiso con el perfil PGG 200 x 1.24 .....	103
Figura 2.16. Espectro de carga entrepiso con el perfil PGG 200 x 1.6 .....	103
Figura 2.17. Marcos rígidos .....	108
Figura 2.18. Marco rígido software .....	109
Figura 2.19. Carga muerta y dimensiones del marco rígido .....	110
Figura 2.20. Diagrama de momentos y reacciones .....	112
Figura 2.21. Resultados del SAP2000 y reacciones .....	113
Figura 2.22. Diagrama de momentos software .....	113
Figura 2.23. Encuentro de esquinas .....	114
Figura 2.24. Unión de Placas .....	115
Figura 2.25. Encuentro de paneles en T .....	115
Figura 2.26. Placas sobre paneles en T .....	116

Figura 2.27. Encuentro de paneles en Cruz .....	116
Figura 2.28. Entrepiso .....	117
Figura 2.29. Vano en entrepiso .....	118
Figura 2.30. Detalle de vano en entrepiso .....	119
Figura 2.31. Detalle de la cabreada .....	120
Figura 2.32. Apoyo de la cabreada sobre el panel portante .....	121
Figura 2.33. Despiece del armado de la cabreada al apoyo del montante .....	122
Figura 2.34. Tipos de tornillos .....	123
Figura 2.35. Tipos de puntas de tornillos .....	123
Figura 2.36. Anclaje .....	125
Figura 2.37. Anclaje Instalado .....	125

## **ANEXOS**

### **ANEXO A**

A1. Vivienda unifamiliar 100 m2 Cámara de la Construcción de Cuenca .....	170
A2. Presupuesto Vivienda unifamiliar 100 m2 Cámara de la Construcción de Cuenca .....	171

### **ANEXO B**

B1. Armado de un panel Planta Alta .....	173
B2. Armado de un panel entrepiso .....	175
B3. Armado de un vano entrepiso .....	177
B4. Armado de la Estructura del Techo .....	180
B5. Armado de montantes .....	183

### **ANEXO C**

C1. Proforma de materiales para recubrimiento interior, exterior por MultiGypsum .....	188
C2. Proforma de materiales para recubrimiento interior, exterior por Sicon .....	189
C3. Proforma de perfiles laminados en frío por Tugalt .....	190

### **ANEXO D**

D1. Resultados por el Software .....	191
D2. Vista Tridimensional .....	209
ANEXO E	
E1. Planos de la vivienda .....	210

## **RESUMEN**

Según los datos estadísticos proporcionadas por el Instituto Ecuatoriano de Estadísticas y Censos (INEC) realizado en el año 2001 [6], el 43.17% de la población posee una vivienda de hormigón armado, y el 33.22% de madera, siendo estos los índices más altos.

Dado también que el índice de personas en el último censo realizado en el 2010 [5], indica que no poseen vivienda propia o tienen mediagua, covacha, choza y viviendas colectivas es del 17.85% .

Además la falta de conocimiento de nuevas técnicas para la construcción de viviendas por parte de los ingenieros y arquitectos hace que solamente se dediquen a construir con sistemas convencionales como por ejemplo, hormigón armado, madera, estructuras con perfiles conformados en caliente, entre otras.

Tomando estos datos como referencia, los costos y el tiempo de construcción de las viviendas tradicionales, es necesario que se desarrolle un nuevo sistema para la construcción que proporcione a la población una forma rápida, eficiente, menos costosa y confiable de construcción.

Nuestro proyecto de Tesis pretende realizar un análisis de factibilidad que comprende un estudio de mercado, técnico y económico acerca del Sistema Estructural Liviano (SEL), conocido mundialmente como STEEL FRAMING, como una nueva alternativa de construcción en nuestro país.

# CAPITULO 1

## ANÁLISIS DE MERCADO

### 1.1. DEFINICIÓN DEL PRODUCTO

Este proyecto de tesis pretende demostrar la factibilidad de usar el Sistema Estructural Liviano (SEL) como material para la construcción de viviendas unifamiliares en nuestro país. Por lo tanto su definición en forma general es la siguiente.

Es un sistema constructivo que reemplaza total o parcialmente a la estructura tradicional (mampostería, hormigón, etc.) por paneles formados con perfiles de acero galvanizado liviano. Se lo conoce a nivel mundial como **Steel Framing (SF)**, al ser un sistema industrializado posibilita una construcción en seco de gran rapidez de ejecución.

La interpretación de la expresión inglesa “Steel Framing” es la siguiente “Steel = acero” y “Framing que se deriva de Frame = estructura, esqueleto, construcción”<sup>1</sup>

El SEL se encuentra formada básicamente por paredes, pisos y el techo que en conjunto forman la composición estructural de la vivienda, con los debidos cálculos estructurales, como se muestra en la figura 1.1.

---

<sup>1</sup> Que significa Steel Framing <http://www.ecosteel.com.ar/SFr1.html>

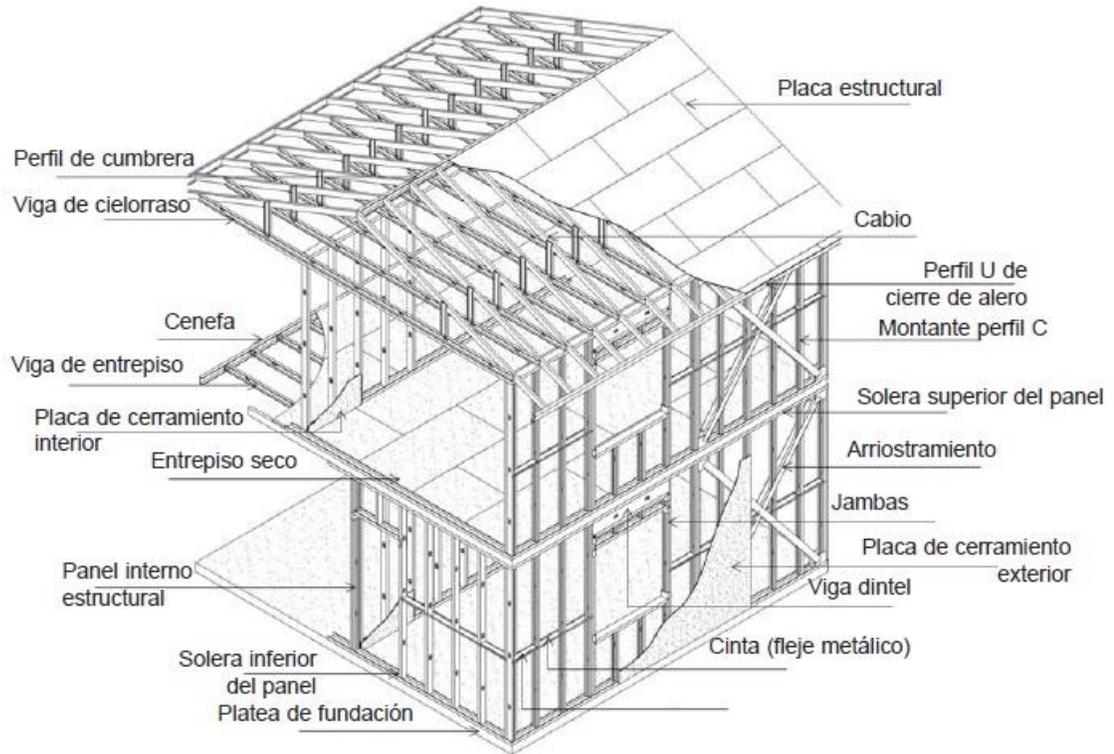


Figura 1.1. Vivienda Unifamiliar de dos niveles: Fuente [1]

### 1.1.1. Perfilería

Los perfiles utilizados en el SEL se obtienen a partir del conformado progresivo en frío de un fleje de chapa de acero galvanizado por inmersión en caliente, obteniéndose espesores que varían entre 0.9 mm a 1.6 mm. El galvanizado por su parte es un proceso mediante el cual se da protección frente a la corrosión al acero base. Esta protección de galvanizado se realiza de dos formas [2].

- **Protección tipo barrera:** La capa de cinc adherida al acero lo aísla del medio ambiente.
- **Protección Catódica:** Se agrega al circuito de la corrosión un ánodo sacrificio, este no es más que un metal más electronegativo que el metal al cual se quiere proteger.

Los perfiles más utilizados son los que se muestran en la figura 1.2.

PGC- Perfil resistente

• PGU- Perfil de vinculación

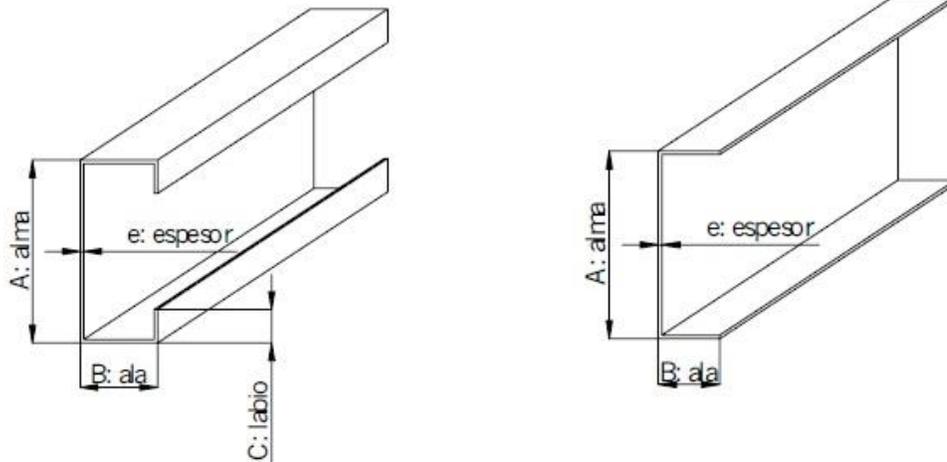


Figura 1.2. Perfiles: Fuente [2]

El perfil PGC (Perfil en C) es usado en montantes, vigas, dinteles y cabriadas y el perfil PGU (Perfil en U) se utiliza para lo que son las soleras de panel, soleras de vano, cenefas y refuerzos de secciones compuestas.

### 1.1.2. Paneles

“Los paneles que forman la estructura se llaman paneles estructurales o autoportantes, que se encuentran formados por una gran cantidad de perfiles galvanizados muy livianos, llamados montantes que van separados entre sí por 400 o 600 mm, como se muestra en la figura 1.3”<sup>2</sup>.

<sup>2</sup> Estructuras de Acero Liviano, Tugalt, Ecuador 2007-2008, Paneles, pág. 6.

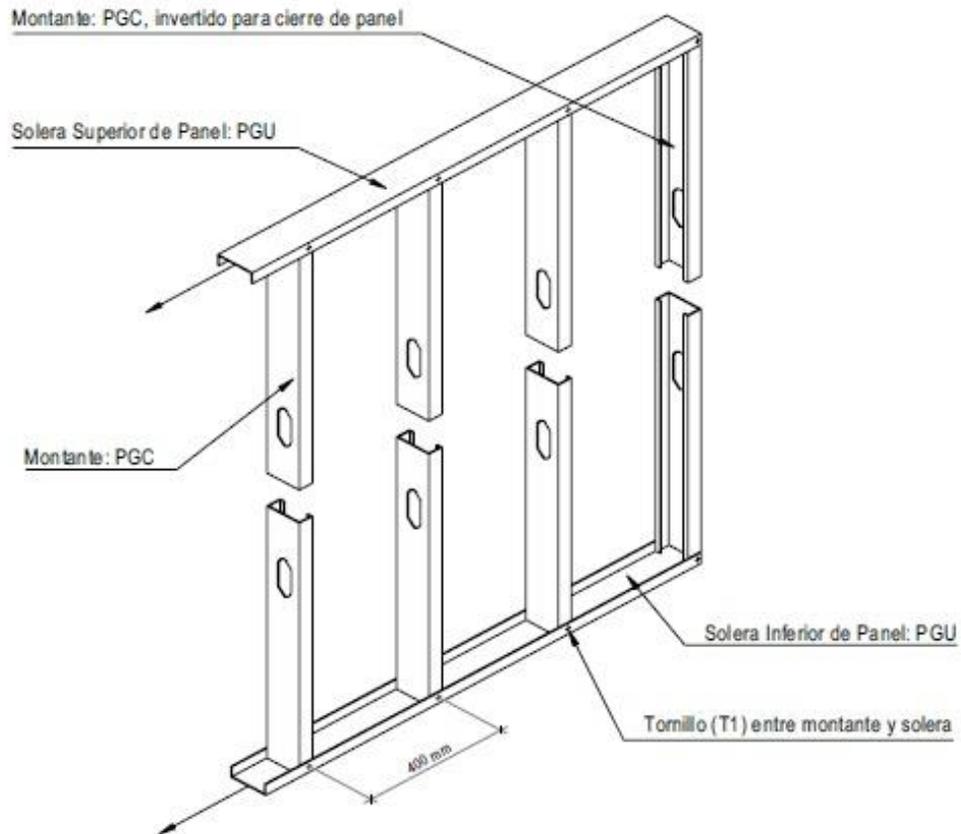


Figura 1.3. Paneles con SEL: Fuente [2]

### 1.1.3. Entrepisos

Los entrepisos en steel framing se resuelven utilizando perfiles PGC ver figura 1.2, como vigas cuya altura, en general, no es inferior a los 150 mm. En todos los casos deben preverse rigidizadores (recortes de perfiles PGC) en coincidencia con los apoyos de las mismas con el objeto de evitar el abollamiento del alma debido a la concentración de tensiones.

“Se disponen de forma horizontal como se muestra en la figura 1.4, obedeciendo a la misma modulación de los montantes, estos perfiles son las vigas del entrepiso que sirven de apoyo para los materiales que forman la superficie del contrapiso. Las vigas del entrepiso van a poyadas en los montantes a fin de permitir que sus almas coincidan con

las almas de los montantes que se disponen in line framing o estructura alineada, esto permitirá que predominen los esfuerzos axiales en los elementos de la estructura.”<sup>3</sup>

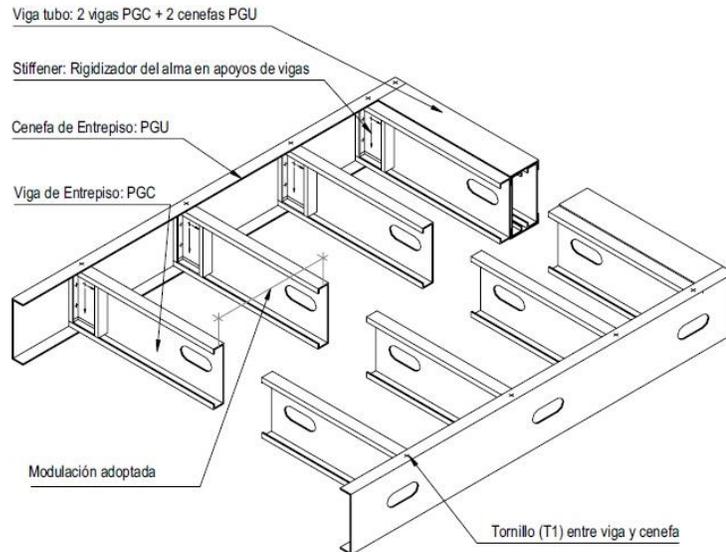


Figura 1.4. Entrepisos: Fuente [2]

### Entrepisos in line framing

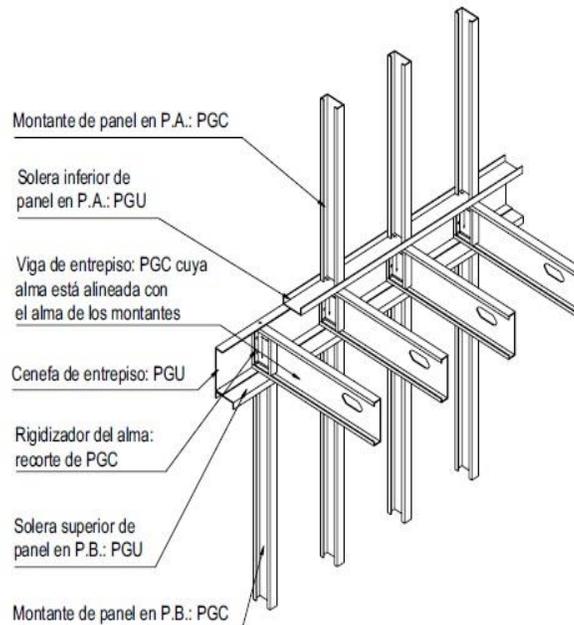


Figura 1.5. Entrepisos in line framing: Fuente [2]

<sup>3</sup> Estructuras de Acero Liviano, Tugalt, Ecuador 2007-2008, Entrepiso, pág. 18.

### 1.1.4. Entrepisos húmedos

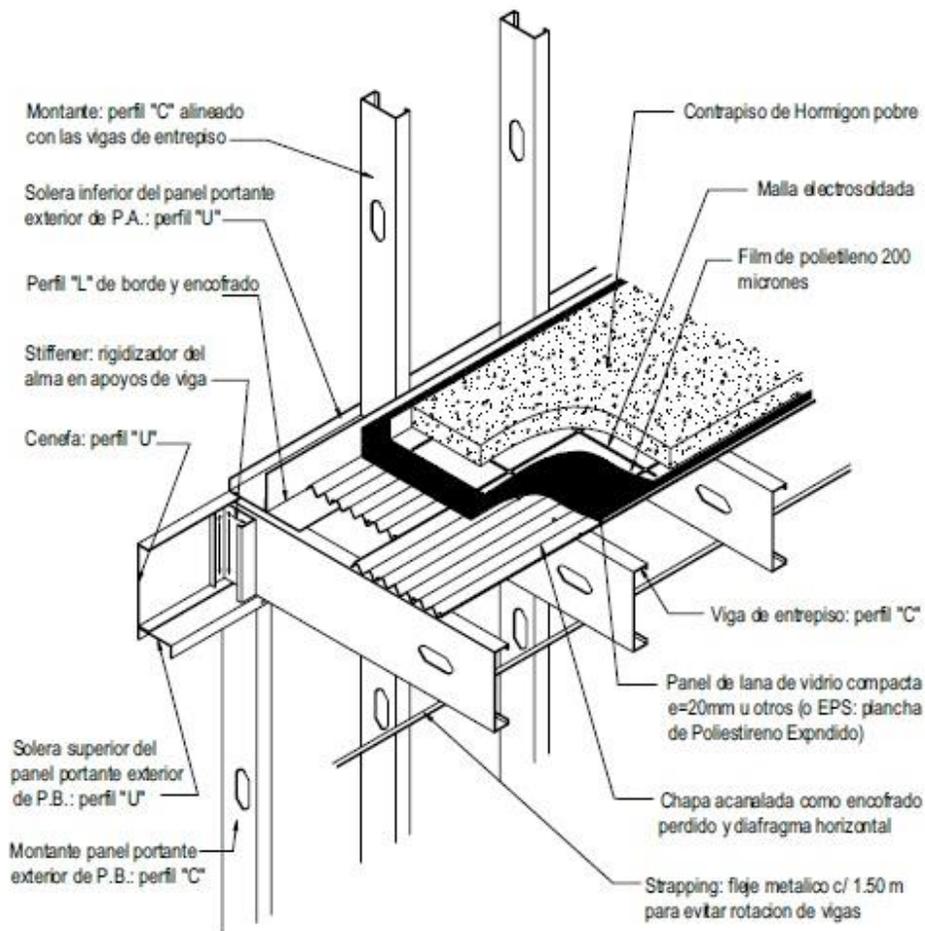


Figura 1.6. Entrepiso húmedo: Fuente [2]

“Otro de los elementos que forman parte de los entrepisos resueltos con steel framing es el piso, y este puede ser resuelto en forma húmeda o seca. La resolución de entrepisos húmedos se ejecuta colocando una chapa acanalada a modo de encofrado perdido sobre la cual se cuele un contrapiso de hormigón de 6 cm de espesor aproximadamente, ver figura 1.6.”<sup>4</sup>

<sup>4</sup> Estructuras de Acero Liviano, Tugalt, Ecuador 2007-2008, Entrepiso Seco, pág. 17

### 1.1.5. Entrepisos seco

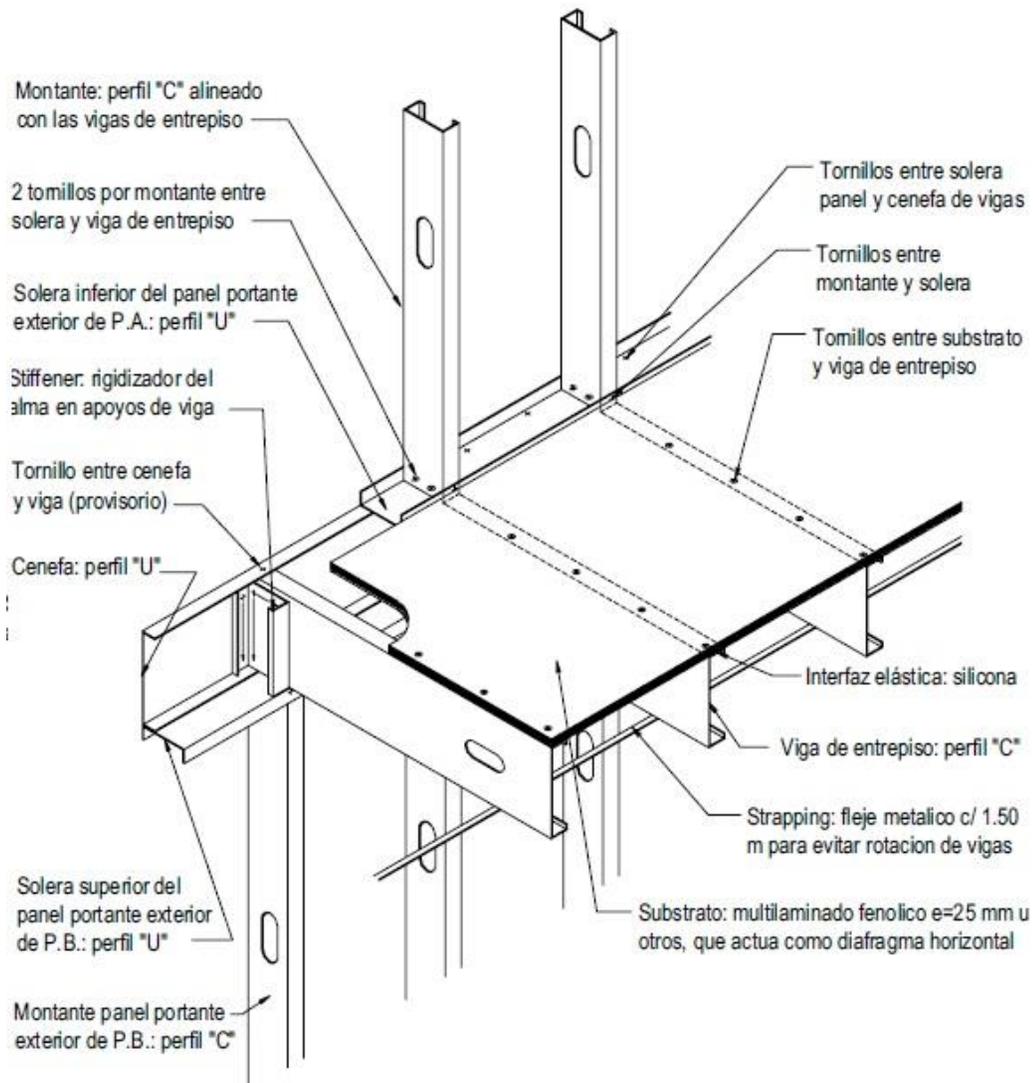


Figura 1.7. Entresido seco: Fuente [2]

“En el caso de los entresidos secos, como se muestra en la figura 1.7, se sujetan al ala superior de las vigas de entresido placas tales como multilaminados fenólicos, placas cementicias o similares respecto de su resistencia a la flexión. La principal característica en comparación con los entresidos húmedos es la menor carga introducida por peso propio, además de la mayor velocidad de ejecución. Sin embargo aparece una mayor transmisión de sonidos por impacto, que deberá minimizarse utilizando una interfaz elástica entre las vigas y las placas o mediante la utilización de piso flotante.”<sup>5</sup>

<sup>5</sup> Estructuras de Acero Liviano, Tugalt, Ecuador 2007-2008, Entresido Seco, pág. 18.

### 1.1.6. Vanos en Entrepisos

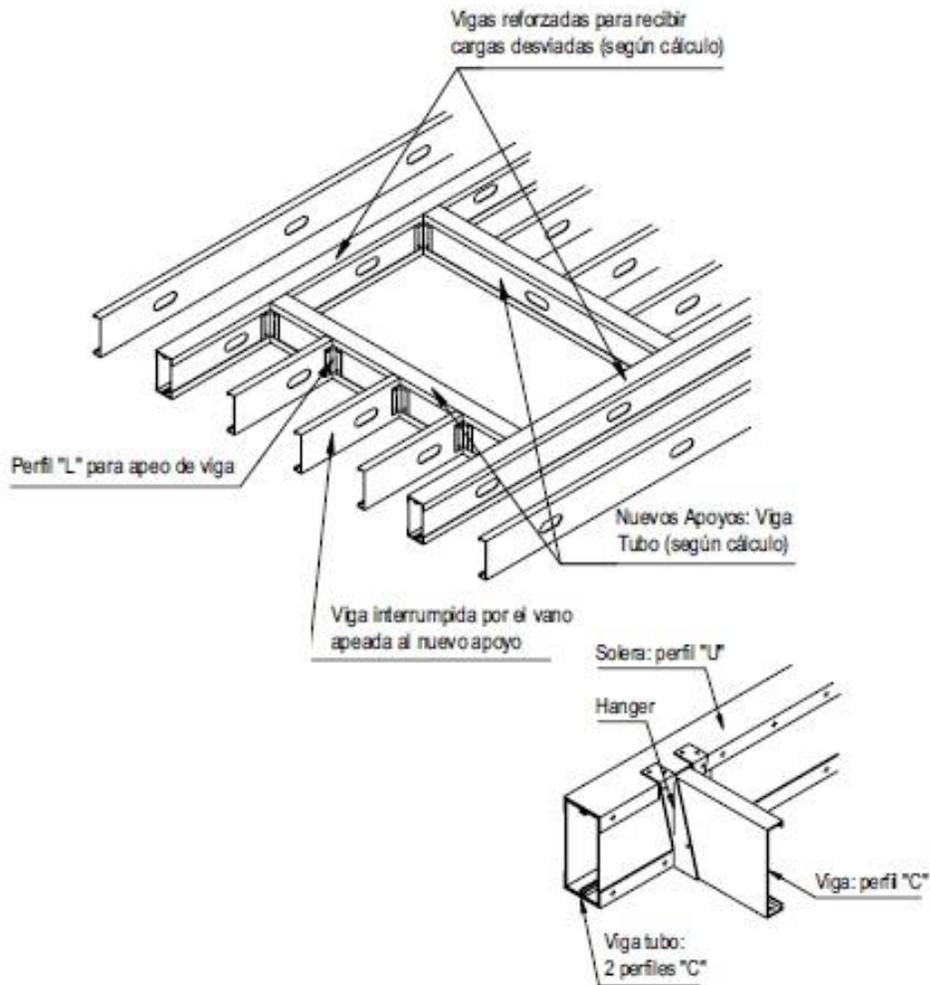


Figura 1.8. Vanos en el Entrepiso: Fuente [2]

“Para hacer vanos en el entrepiso como se muestra en la figura 1.8, (para la escalera, por ejemplo), es necesario proveer un nuevo apoyo a las vigas que fueron interrumpidas. Tales apoyos son en general vigas tubo cuya sección dependerá tanto de su luz como de las cargas que le transmite el entrepiso.”<sup>6</sup>

<sup>6</sup> Estructuras de Acero Liviano, Tugalt, Ecuador 2007-2008, Vanos, pág. 22.

### 1.1.7. Estructura de Techo (Cabriadas)

“El uso de cabriadas como tipología estructural para la resolución de estructura de techos en construcciones con steel framing es el caso más frecuente. Las cabriadas están compuestas por elementos que unidos entre sí, conforman una estructura plana indeformable apta para resistir cargas en su plano, pudiendo cubrir luces importantes entre sus apoyos extremos. Además su geometría permite que, mediante una correcta disposición de aberturas para la toma y salida de aire, circule el volumen de aire contenido entre la cubierta y el cielorraso, favoreciendo la aislación térmica de los locales bajo cubierta. Ver figura 1.9.”<sup>7</sup>

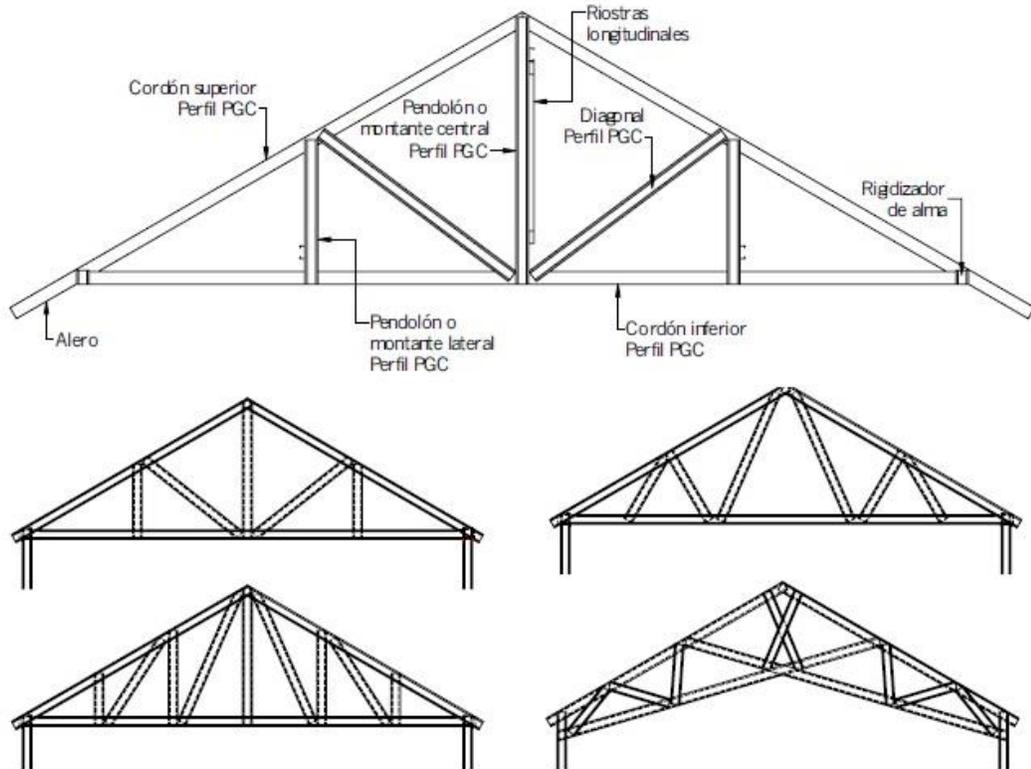


Figura 1.9. Estructuras techo: Fuente [2]

<sup>7</sup> Estructuras de Acero Liviano, Tugalt, Ecuador 2007-2008, Cabreadas, pág. 26.

Cabe señalar que la disposición de los diferentes elementos componentes de la cabriada dependerá de consideraciones tanto de diseño como estructurales, por lo que el diseño que se presenta aquí es sólo a título de ejemplo. En todos los casos todas las piezas que conforman una cabriada deben ser resueltas con perfiles PGC, dado que es la sección más apta para absorber los esfuerzos axiales a los que estas piezas van a estar sometidos.[2]

### **1.1.8. Aislaciones**

Las aislaciones son muy importantes para evitar infiltraciones de viento y lluvia como la penetración y formación de humedad y lo más importante conservar la temperatura adecuada dentro de la vivienda.

### **Barrera de Agua y Viento**

#### **Funciones**

- Reducir el flujo de aire a través de las superficies expuestas al exterior (paredes y techos).
- Mantener quieto el aire atrapado en la cavidad de las paredes, de manera que el mismo pueda actuar como aislante térmico.
- Permitir la evacuación de la humedad que eventualmente podría haber en la cavidad de las paredes exteriores o bajo cubierta.
- Proveer resistencia a la penetración de agua desde el exterior al interior de la vivienda.
- Proteger a la estructura y otros materiales de las inclemencias del tiempo durante el período de construcción.

## Ubicación

- Debe envolver la totalidad de la superficie exterior de la construcción en forma continua.
- Puede colocarse engrampado sobre el substrato exterior y de esta forma brinda protección frente a las inclemencias del tiempo durante la etapa de construcción.
- También puede ubicarse directamente sobre la estructura de acero cuando no exista substrato (terminación exterior con mampostería) o cuando se pretenda sujetar el EPS mediante adhesivo al substrato (terminación exterior con EIFS).
- Deben solaparse y encintarse todas las uniones de manera de minimizar las infiltraciones de aire.

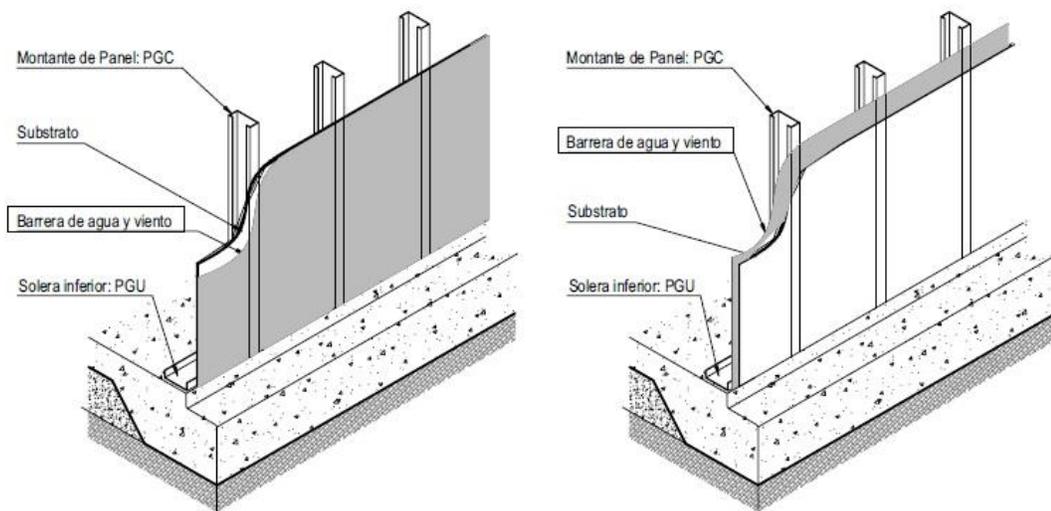


Figura 1.10. Barrera de Agua y Viento: Fuente [2]

## Aislación Térmica

El propósito básico de la aislación térmica de una vivienda es evitar la transmisión de calor desde el espacio con mayor temperatura hacia el espacio con menor temperatura, de modo de reducir el consumo de energía para acondicionamiento y brindar niveles más elevados de confort.

Los materiales más usualmente utilizados como aislantes térmicos en la construcción de edificios con steel framing son los siguientes. [2]

### **Poliestireno expandido (EPS)**

Disponibile en planchas es el material con menor resistencia térmica y también el de menor densidad. Su uso se indica especialmente para cortar los puentes térmicos, colocándose sobre el paramento exterior, antes de la aplicación del material de terminación. La tipología utilizada deberá ser difícilmente inflamable o autoextinguible. [2]

### **Lana de vidrio**

Existen básicamente 2 variedades: en rollo y proyectable. La lana de vidrio en rollo suele incluir una membrana de papel kraft o aluminio que hace las veces de barrera de vapor, aunque debido a la discontinuidad en su aplicación, nunca debe omitirse la colocación del film de polietileno continuo. [2]

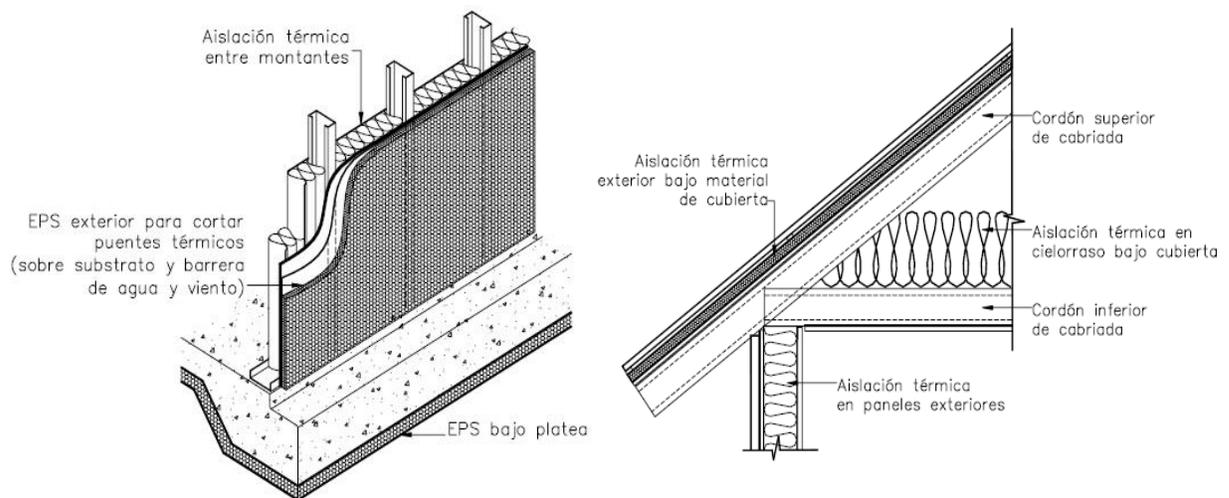


Figura 1.11. Aislación Térmica: Fuente [2]

## Terminaciones Exteriores con – EIFS

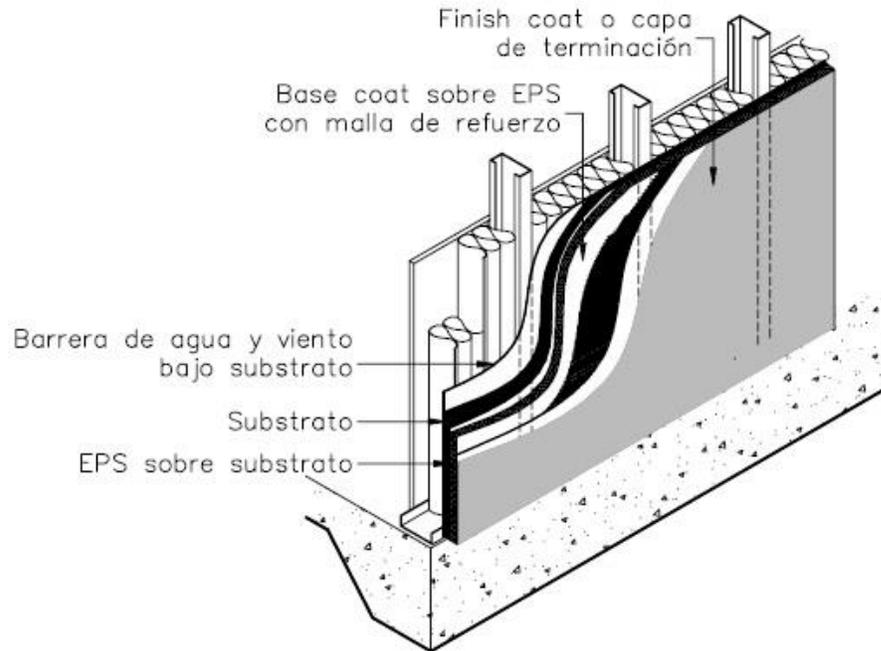


Figura 1.12. Exterior con EIFS: Fuente [2]

Las siglas EIFS significan "exterior insulation and finish system" o "sistema de aislación y terminación exterior". Brinda aislación térmica exterior capaz de cortar los puentes térmicos a través de los perfiles, y terminación exterior dada por una piel con diferentes texturas y colores que además otorga resistencia mecánica. Componentes básicos (sistema tipo EIFS estándar).[2]

- **Substrato:** sirve como apoyo del resto de los componentes del sistema.
- **EPS (poliestireno expandido):** actúa como aislación y sobre el mismo se aplicarán las capas de terminación superficial. Puede sujetarse al substrato mediante tornillos autoperforantes con arandelas plásticas o mediante adhesivos.
- **Base coat o capa base:** es una base acrílica que debe mezclarse 1:1 en peso con cemento portland tipo I. Su espesor final aprox. es de 3 mm.
- **Mesh o malla de refuerzo:** es una malla de fibra de vidrio de tejido abierto que queda embebida en el espesor de la capa de base. Actúa como una armadura para proveer al

sistema mayor resistencia a los impactos. Existen diferentes tipos según sea el grado de exposición a los impactos de la zona donde será aplicada.

- **Finish coat o capa de terminación:** es una mezcla con base acrílica de alta durabilidad y resistente a la humedad. Esta es la capa que quedará expuesta y la que otorga el color y la textura final. Suele aplicarse con llana o espátula.

### Terminaciones exteriores- Siding vinílico

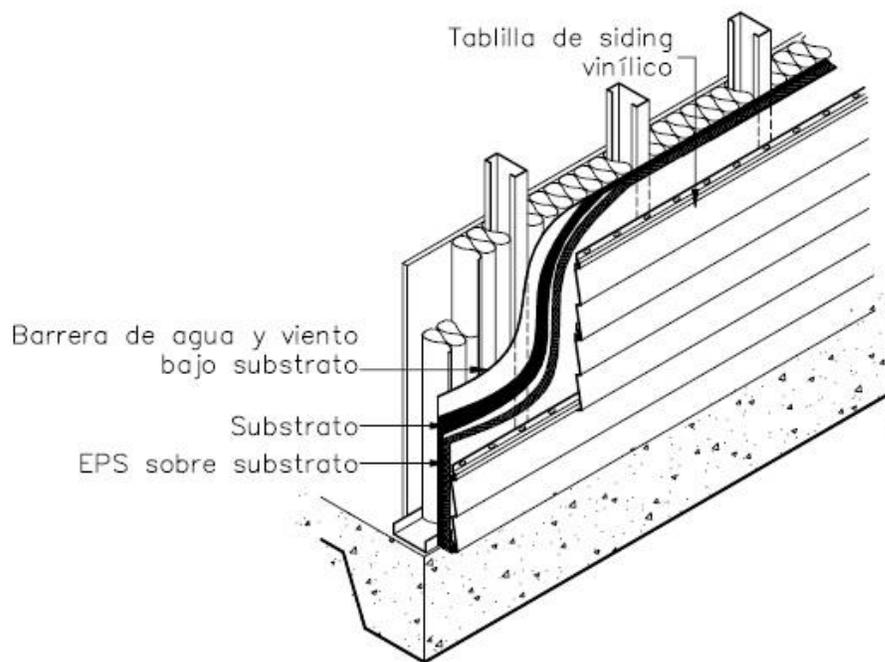


Figura 1.13. Exterior con Siding vinílico: Fuente [2]

El siding vinílico es una alternativa económica, de fácil instalación, alta durabilidad y bajo mantenimiento.

Hay además otras alternativas disponibles en el mercado en cuanto a diseño y materiales componentes, tales como madera maciza, fibra celulósica y cementicio.

“En el caso de siding vinílico, las tablillas se fijarán mecánicamente al substrato (con clavos o tornillos galvanizados), previa colocación de los accesorios o perfiles especiales (piezas de arranque, de esquina, bajo alero, cenefas, etc.) y sobre el EPS, que actuará como aislación para cortar los puentes térmicos.

Para su correcto funcionamiento es necesario prever juntas que permitan la dilatación y contracción por variación de temperatura, por lo cual la fijación debe estar centrada con respecto al agujero ovalado que viene calado en las tablas y debe preverse 1 mm entre la cabeza del tornillo o clavo y el vinilo, como para permitir dicho desplazamiento.”<sup>8</sup>

### **1.1.9. Características del SEL**

#### **Flexible**

El proyectista puede diseñar sin restricciones, planificar etapas de ampliación o crecimiento. Admite cualquier tipo de terminaciones tanto exteriores como interiores. El sistema da la posibilidad de abordar temas desde ampliaciones en edificios existentes o viviendas unifamiliares nuevas hasta obras de varios pisos.

#### **100% Reciclaje**

La composición del acero producido en la actualidad incluye más de un 60% de acero reciclado, por lo que, desde un punto de vista ecológico, lo caracteriza como muy eficiente.

#### **Optimización de Recursos**

Por ser un sistema liviano, da la posibilidad de rapidez de ejecución incluyendo el panelizado, y posterior montaje. La ejecución de las instalaciones es realmente sencilla y muy eficiente. Estas características influyen en gran medida en el aprovechamiento de los materiales y de la mano de obra, ya que la planificación se hace más sencilla y precisa.

#### **Indeformable en el tiempo**

El Sistema utiliza materiales inertes y nobles. Estos componentes son pre industrializados producidos bajo normas internacionales y con garantía del fabricante.

---

<sup>8</sup> Estructuras de Acero Liviano, Tugalt, Ecuador 2007-2008, Aislaciones, pág. 34.

Estas construcciones no se demuelen, se desarmen con un alto grado de recuperación de materiales y se amplían con facilidad.

### **Facilidad constructiva para Instalaciones**

Se ejecutan con facilidad. Las cañerías de agua, gas, electricidad, calefacción, baja tensión, etc. se distribuyen con suma rapidez pasando a través de aberturas incorporadas en el alma de los perfiles.

### **Versatilidad en Terminaciones**

Los interiores y exteriores son a elección, todas las habituales y otras como el siding de madera, cemento o PVC revestimientos de placas cementicias texturadas o biseladas, molduras, marcos perimetrales, etc.

#### **1.1.10. Ventajas**

- Menor peso por metro cuadrado de construcción.
- Tiempo de ejecución de obra.
- Limpieza de obra.
- Mayor aislamiento termo acústico, brindando confort.

#### **Beneficios para el Cliente:**

- Menor tiempo de entrega de la construcción.
- Costos competitivos.
- Alta resistencia estructural.
- Menor costo de mantenimiento.
- Seguridad contra incendios.
- Resistente a la corrosión.
- Sin problemas de asentamiento.
- Menor desperdicio y basura.
- Sismo resistente.
- Mejor aislamiento térmico y acústico.

**Beneficios para el Constructor:**

- Menor tiempo de construcción (30 – 50 % menos).
- Pre-panelización fuera del sitio de trabajo (pre-ingeniería).
- Más ligero que otros materiales estructurales.
- No es combustible.
- Acabados Precisos.
- Paredes rectas y esquinas cuadradas.
- Puertas y ventanas que abren como deben.
- Menor desperdicio y basura.
- Reducción del 20 al 30% sistema tradicional con incidencia en el costo.
- El consumidor percibe el acero como resistente y durable.

## 1.2. PLAN DE MUESTREO

Se realizara un plan de muestreo para determinar información acerca de la oferta y la demanda, que tendría el uso del SEL como una alternativa para la construcción de viviendas.

### 1.2.1. Definición de la población

La población para el estudio de la demanda se encuentra enfocada a todos los profesionales, personas y empresas dedicadas a la construcción de viviendas, principalmente en la ciudad de Cuenca, que es el lugar en donde se realizar nuestro proyecto.

### 1.2.2. Definición de la muestra

Para determinar el tamaño de la muestra se empleara el tipo de muestreo no probabilístico el cual nos dice que la probabilidad no es igual para todos los elementos del espacio muestral [3]. Es decir la muestra elegida para el estudio de la demanda será estratificada únicamente a los sectores que se dedican a la construcción y que poseen características específicas para nuestro proyecto.

Para calcular el tamaño de la muestra se deben tomar en cuenta algunas propiedades y el error máximo que se permitirá en los resultados. Para el cálculo de n (tamaño de la muestra) se puede emplear la siguiente formula<sup>9</sup>.

$$n = \frac{\sigma^2 Z_2}{E_2}$$

Donde  $\sigma$  (sigma) es la desviación estándar, que puede calcularse por criterio, por referencia a otros estudios o por una prueba piloto. El nivel de confianza se denota por

---

<sup>9</sup> Formulada tomada del Libro de Evaluación de Proyectos, Estudio de Mercado, Gabriel Baca Urbina 5ta. Ed. Pág. 32.

Z, el cual se acepta que sea del 95%<sup>10</sup> con un error del 5% usado en la mayoría de las investigaciones. De la tabla de probabilidades de una distribución normal  $Z=1.96$ . [3]

Finalmente E es el error máximo permitido y se interpreta como la mayor diferencia permitida entre la media de la muestra y la media de la población.

Para estimar el valor de la desviación estándar se usaron los datos proporcionados por el INEC (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos) sobre el tipo de la estructura de la vivienda, datos que fueron obtenidos del censo de población y vivienda del 2001 (CPV-2001). Cabe señalar además que en el último censo realizado en el 2010 de población y vivienda no se considera este parámetro por lo que se asumirá un aumento al valor obtenido en el censo 2001 del 1.95% [5] que es la tasa de crecimiento que ha experimentado la población en el último censo.

De los resultados obtenidos del censo de población y vivienda del 2001 vemos que la tendencia en el tipo de estructura de la vivienda, que la población opta para construir con acero es del 17.70% [6] a nivel nacional. Y del 19.40 % en la región Sierra, cabe recalcar que nuestro proyecto de tesis lo estamos llevando a cabo en la ciudad de Cuenca, pero tomaremos los datos a nivel nacional ya que la diferencia que existe en comparación con la región sierra es mínima.

Por lo tanto realizando un aumento del 1.95% que es la tasa de crecimiento que la población ha experimentado desde el 2001 hasta el 2010, al porcentaje del tipo de estructura de la vivienda nos resulta lo siguiente:

---

<sup>10</sup> Evaluación de Proyectos, Estudio de Mercado, Gabriel Baca Urbina 5ta. Ed. Pág. 33.

% 2001 = 17.70

Tasa de Crecimiento = 1.95%

% Actual =  $17.70 + 17.70(0.0195)$

% Actual = 18.045

Este valor se estimara como la desviación estándar el cual nos indica cual es la tendencia de la población para usar el acero en la construcción de sus viviendas.

Por lo que nuestra muestra será la siguiente:

Datos:

Nivel de confianza	95%
Error	5%
Desviación estándar	0.18045

$$n = \frac{\sigma^2 Z^2}{E^2}$$
$$n = \frac{0.18045^2 (1.96)^2}{0.05^2}$$
$$n = 50.036$$

Esta será la muestra para aplicar las encuestas. La encuesta pretende obtener información sobre la factibilidad que tendría el uso del SEL como sistema de construcción y si los profesionales o personas vinculadas con la construcción lo usarían. Además de estimar los costos de producción de otros sistemas e información adicional para el desarrollo de la demanda y la oferta que este nuevo sistema constructivo tendrá en el mercado.

### 1.3. ESTUDIO DE LA DEMANDA

La demanda se analizara en la ciudad de Cuenca, lugar donde se desarrollaran las encuestas y donde se realiza nuestro proyecto de Tesis.

### 1.3.1. Formato de Encuesta

#### ENCUESTA DIRIGIDA A LOS CONSTRUCTORES, ARQUITECTOS, INGENIEROS, ALBAÑILES Y DISEÑADORES.

Saludos de parte de los estudiantes del 10mo ciclo de la carrera de Ingeniería Mecánica de la Universidad Politécnica Salesiana. La presente encuesta se realizará con el fin de recaudar información para saber si los encuestados están de acuerdo con el uso de un nuevo sistema de construcción para viviendas unifamiliares llamado SEL (Sistema Estructural Liviano) que básicamente es un sistema que usa perfiles de acero Galvanizado conformados en frío para la construcción, el mismo que posee muchas ventajas a diferencia de los sistemas convencionales.

**1. A su criterio Cuál es el sistema más utilizado de construcción.**

Puede señalar más de una opción

- Hormigón Armado
- Hormigón y estructura de acero
- Hormigón y madera
- Otros

.....  
.....  
.....

**2. Cuántas viviendas construye usted anualmente y que sistema de construcción utiliza.**

Puede señalar más de una opción

Sistema de construcción	Cantidad
Hormigón Armado	<input type="text"/>
Hormigón y estructura de acero	<input type="text"/>
Hormigón y madera	<input type="text"/>
Otros	<input type="text"/>

**3. En base a la pregunta 1 cuáles son las características de estos sistemas.**

Puede señalar más de una opción

- Menos Costo
- Menos tiempo de Construcción
- Más usado por los usuarios
- Anti sísmico
- Contra incendios
- Otros

.....  
.....  
.....

4. En base a la pregunta 1 por qué cree que los consumidores prefieren estos sistemas de construcción.

.....  
.....  
.....

5. En Base a la pregunta 2 para la ejecución de una obra, que es lo de mayor costo.

Mano de Obra   
Materiales de construcción

6. En qué tiempo generalmente se construye una vivienda promedio.

De 0 a 6 meses   
De 6 a 12 meses   
Más de 12 meses

**La siguiente pregunta se debe contestar solo si usted construye con acero**

7. De que proveedor usted obtiene los materiales que usa para la construcción.

.....  
.....  
.....

8. Cuál es el costo promedio por metro cuadrado de construcción con los sistemas convencionales que usted antes selecciono.

.....  
.....  
.....  
.....

9. Conoce usted el SEL (Sistema Estructural Liviano).

Si   
No

Si su respuesta es SI

**10. Si existiera un sistema novedoso de construcción que ventajas cree usted debería tener.**

**Puede señalar más de una opción**

- Menos Costo
- Menos tiempo de Construcción
- Anti sísmico
- Anti incendios
- Otros

.....  
.....  
.....

**11. Si existiera un Sistema de construcción que cumpla con las ventajas antes mencionadas estaría de acuerdo en utilizarlo para la construcción de viviendas.**

- Si
- No

**12. Recomendaría a los consumidores este sistema constructivo, en su empresa o trabajo.**

- Si
- No

**13. Cree usted que se debería proporcionar información técnica sobre las propiedades de los materiales de construcción a través de charlas, propaganda o de seminarios técnicos. Justifique su respuesta.**

- Si

.....  
.....  
.....

- No

.....  
.....  
.....

**Gracias por su Colaboración**

### 1.3.2. Análisis de los resultados de las encuestas

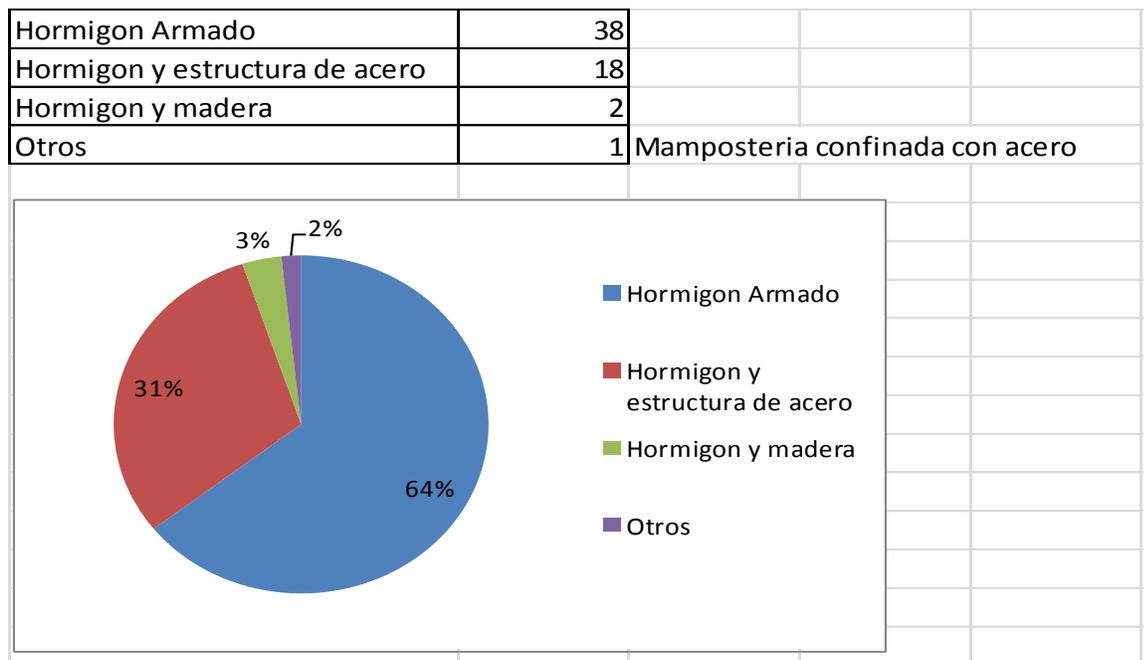
Las preguntas realizadas en las encuestas iban encaminadas a obtener información sobre los sistemas de construcción más utilizados, sus características y costos, además de conocer si los profesionales y constructores conocen el SEL.

La información recolectada en cada una de las preguntas es la siguiente:

#### Pregunta 1

A su criterio Cuál es el sistema más utilizado de construcción.

Tabla 1.1. Sistemas de Construcción



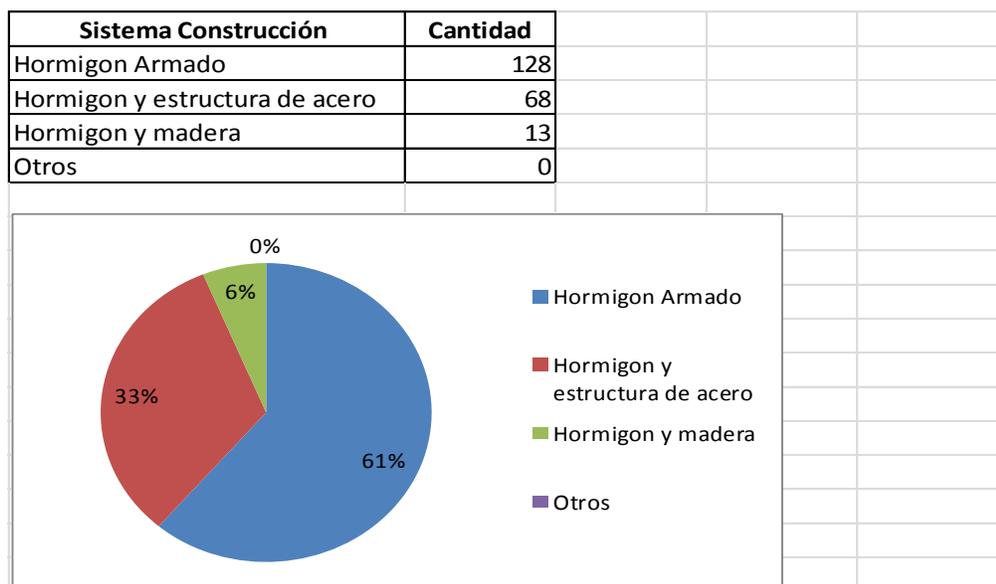
Fuente [Encuestas]: Elaborado por los Autores

Como se puede observar el sistema más utilizado de construcción por los profesionales y constructores es el hormigón armado con un 64%, seguido por el uso del acero lo cual es fácilmente comprobado por las construcciones que nos rodean.

## Pregunta 2

**Cuántas viviendas construye usted anualmente y que sistema de construcción utiliza.**

Tabla 1.2. Cantidad de Viviendas Construidas



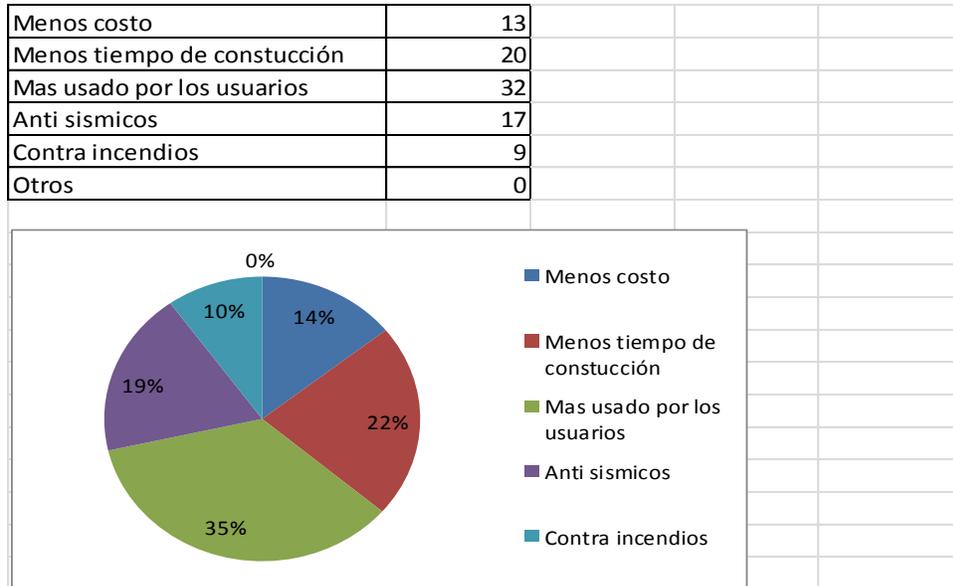
Fuente [Encuestas]: Elaborado por los Autores

De 50 personas encuestadas obtenemos un resultado en el cual se construyen 209 casas anualmente de las cuales 128 son de hormigón armado y 68 en estructura de acero, claramente se aprecia que la construcción con hormigón armado predomina, de igual manera observamos que la construcción con acero tiene un mercado que cada vez más va creciendo, lo cual nos da una idea clara de la demanda que actualmente tiene la construcción con acero.

### Pregunta 3

En base a la pregunta 1 cuáles son las características de estos sistemas.

Tabla 1.3. Características de Sistemas Constructivos



La característica que prevalece en los sistemas convencionales de construcción es la de más usado por los usuarios este resultado hace referencia a la falta de conocimiento de nuevos sistemas constructivos por parte de los constructores.

### Pregunta 4

En base a la pregunta 1 porque cree que los consumidores prefieren estos sistemas de construcción.

#### Hormigón armado

Opiniones:

- Porque es el sistema más conocido de construcción y los consumidores encuentran mayor seguridad y están acostumbrados a este tipo de viviendas.
- Por la poca información que se tiene de nuevos sistemas constructivos.

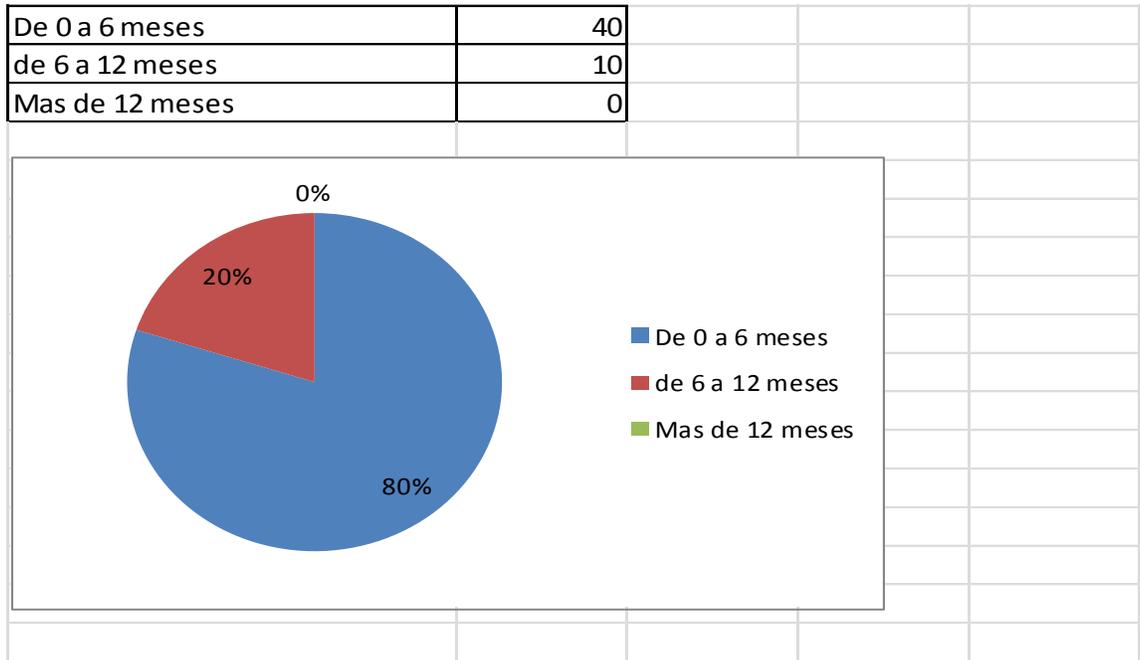


### Pregunta 6

**En qué tiempo generalmente se construye una vivienda promedio.**

(Tres dormitorios, dos baños, sala, comedor, cocina y cuarto de lavado)

Tabla 1.5. Tiempo Promedio de Construcción



Fuente [Encuestas]: Elaborado por los Autores

El tiempo para la construcción de una vivienda promedio resulto estar dentro del rango de los 6 meses.

### **Pregunta 7**

**De que proveedor usted obtiene los materiales que usa para la construcción.**

(Esta pregunta estaba dirigida solo a profesionales y constructores que construyen con acero).

Algunos proveedores son los siguientes:

- Dipac
- Disensa
- Unimax
- Ipac
- Adelca
- Kubiec
- Tugalt
- Novacero

Claramente se observa una variedad de proveedores de los cuales se obtienen los materiales para la construcción con acero. Esto nos da una perspectiva que en el mercado existen varios proveedores que pueden vender los perfiles de acero galvanizado usados para la construcción con SEL, lo cual es muy conveniente ya que así se lograra una mayor expansión del producto en el mercado.

### **Pregunta 8**

**Cuál es el costo promedio por metro cuadrado de construcción con los sistemas convencionales que usted antes selecciono.**

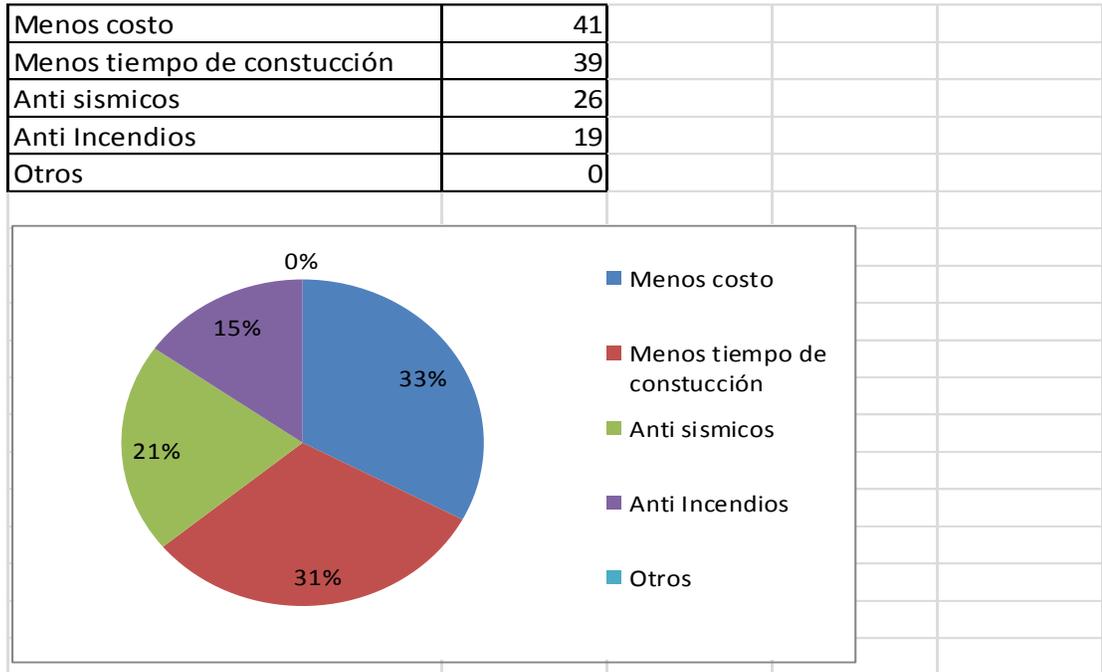
Los resultados de las encuestas nos dan un promedio en el costo de construcción con hormigón armado que se encuentra entre los 300 y 400 dólares el metro cuadrado dependiendo de los acabados, mientras que para la construcción con acero el costo por metro cuadrado se encuentra entre los 150 a 180 dólares dependiendo del peso de la estructura.



### Pregunta 10

Si existiera un sistema novedoso de construcción que ventajas cree usted que debería tener.

Tabla 1.7. Ventajas requeridas por los Constructores



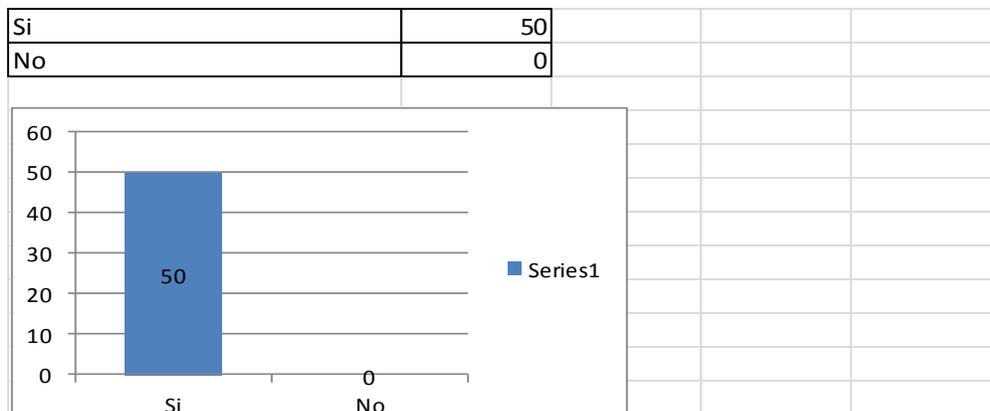
Fuente [Encuestas]: Elaborado por los Autores

Las ventajas que predominan y que resultan ser las de mayor importancia para los constructores en un nuevo sistema constructivo son menos costo y un menos tiempo de construcción, siendo igual de importante que el nuevo sistema sea antisísmico y anti incendios.

### Pregunta 11

Si existiera un sistema de construcción que cumpla con las ventajas antes mencionadas, estaría usted de acuerdo en utilizarlo para la construcción de viviendas.

Tabla 1.8. Cambio de sistema de Construcción



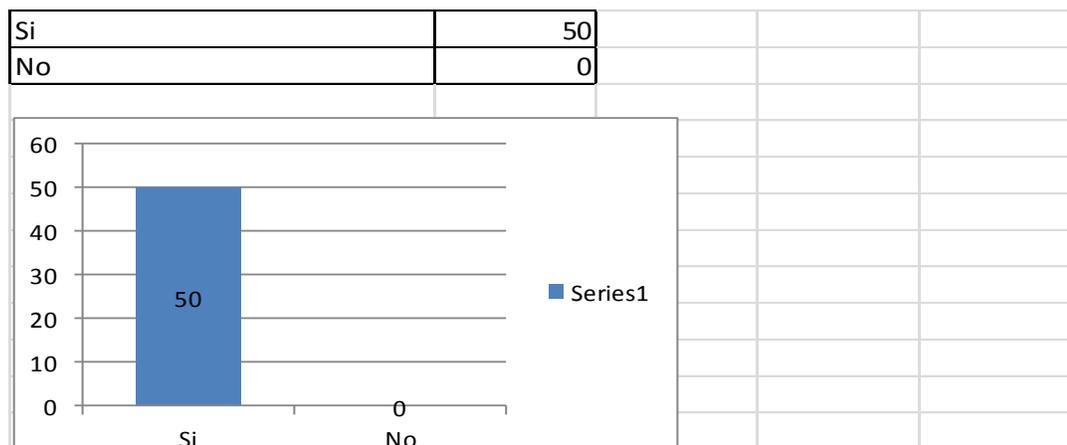
Fuente [Encuestas]: Elaborado por los Autores

La aceptación de los constructores por optar por un nuevo sistema de construcción que cumpla con las ventajas mencionadas es total. Este resultado es muy importante para nuestro proyecto ya que nos da una idea de la demanda que podría tener.

### Pregunta 12

**Recomendaría a los consumidores este sistema constructivo, en su empresa o trabajo.**

Tabla 1.9. Aplicación del SEL



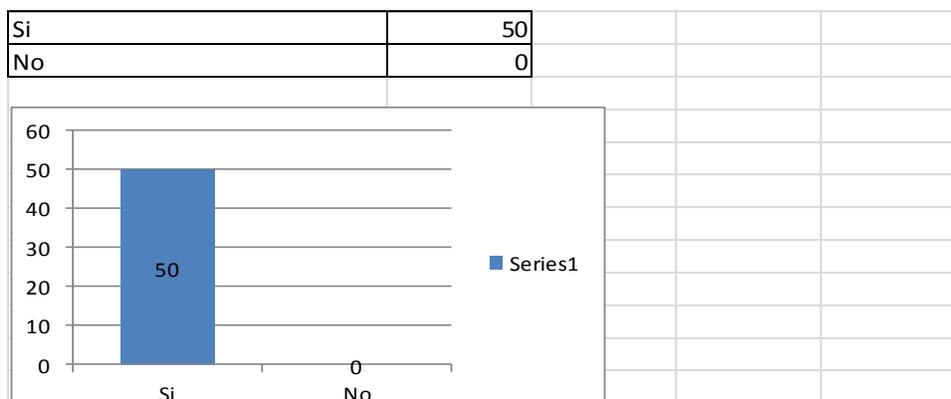
Fuente [Encuestas]: Elaborado por los Autores

Los constructores al existir un sistema constructivo con las ventajas antes mencionadas están totalmente de acuerdo en aplicarlo en su trabajo y por ende concientizar a los consumidores de sus ventajas que posee para la construcción de viviendas y aplicarlo.

### Pregunta 13

**Cree usted que se debería proporcionar información técnica sobre las propiedades de los materiales de construcción a través de charlas, propaganda o de seminarios técnicos. Justifique su respuesta.**

Tabla 1.10. Información SEL



Fuente [Encuestas]: Elaborado por los Autores

Todos los constructores están de acuerdo en que se brinde algún tipo de información sobre las características y ventajas de los materiales para la construcción y los nuevos métodos y sistemas constructivos mediante seminarios y charlas por parte de las Universidades, proveedores y productores de estos materiales.

#### **1.4. ANÁLISIS DE LA DEMANDA**

Luego de haber realizado el análisis de las encuestas, estimaremos la demanda que podría llegar a tener este nuevo sistema constructivo en cuanto se refiere a la parte constructiva y en la cual están directamente ligados los constructores.

Los resultados obtenidos en las encuestas, específicamente en las preguntas 10, 11 y 12 claramente se observa una gran demanda por parte de los constructores, para utilizar un sistema nuevo de construcción que efectivamente cumpla con las características y ventajas técnicas planteadas en la encuesta.

De acuerdo con la pregunta 2 de la encuesta que hace referencia al número de viviendas que anualmente se construyen podemos manifestar lo siguiente. Anualmente se construyen 209 viviendas entre 50 constructores, lo cual nos da un promedio de 4 casas por constructor. Este resultado nos permite medir que efectivamente existe una demanda por parte de la población en vivienda.

Tomando nuevamente como referencia los datos proporcionados por el INEC, según el último censo realizado, tenemos que el 72.7 % [5] de la población prefiere como vivienda una casa, la misma que puede estar dentro de los rangos de lo que es una vivienda promedio anteriormente manifestada (Tres dormitorios, cocina, sala, comedor, dos baños y cuarto de lavado), aproximadamente de 100m<sup>2</sup>.

Estas cifras nos dan una perspectiva de cómo la utilización del SEL para la construcción de viviendas puede generar una demanda satisfactoria, la cual depende mucho del cambio de sistema constructivo por parte de los profesionales de la construcción, cambio que de acuerdo a los resultados obtenidos en las encuestas lo consideramos viable.

A esto se puede sumar una serie de sucesos que ayudan a que este sistema constructivo vaya tomando fuerza en el mercado como lo es la existencia ya de la norma por parte

del INEN (Instituto Ecuatoriano de Normalización), la cual será un sustento que nos garantiza que el sistema consta con normativas que avalan su funcionalidad.

### **1.5. ANÁLISIS DE LA OFERTA**

Para analizar la oferta se debe primero recalcar que este sistema constructivo es nuevo en el país por lo que actualmente solo la empresa Tugalt ubicada en Cuenca es la pionera de esta propuesta llamada SEL.

Tugalt hoy en día fabrica y comercializa los perfiles utilizados para el SEL, además presta el asesoramiento para la construcción de viviendas y de otras obras utilizando este material. Por lo tanto se convierte al momento en la única empresa que oferta este nuevo sistema constructivo.

Al ser un sistema nuevo de construcción y un poco desconocido por parte de los constructores tal como lo indican los resultados de la pregunta 9 de la encuesta, es muy claro que la oferta aun no es muy significativa dentro el mercado de la construcción. Por ello es muy importante los resultados que obtendremos de nuestro proyecto de tesis ya que este servirá como un indicador de las ventajas y beneficios que nos brinda este nuevo sistema constructivo y que por ende es muy aplicado en países desarrollados como EEUU, Canadá, Reino Unido, Australia y en países de Sudamérica como Argentina y Chile.

## 1.6. ANÁLISIS DE PRECIOS

El precio de una vivienda con el SEL, lo estimaremos basándonos en lo que cuesta la construcción por metro cuadrado con hormigón armado que es el sistema que mayor se utiliza en nuestro país.

La estimación de precio que encontramos en el catálogo de Tugalt, nos sirve como un indicador para estimar el coste de este nuevo sistema constructivo, el cual hace referencia a que este sistema resulta un 20 a 30 % [2] menos que el sistema convencional de hormigón armado. Por lo tanto de los resultados de la pregunta 8 sobre el precio por metro cuadrado con el sistema convencional nos dan un promedio que se encuentra alrededor de los 350 dólares.

Con esta información se podría desarrollar el siguiente supuesto para tener en claro el ahorro de costo con el SEL.

Si la construcción de una vivienda de  $100 \text{ m}^2$  con hormigón armado resulta en 35.000 dólares, solo tomando el dato del costo por metro cuadrado ya que pueden intervenir otros factores externos para el precio final, como las obras de urbanización y algunos gastos directos de fabricación. El coste que tendría una vivienda con SEL sería el 20% o 30% menor, es decir esta construcción resultaría por los 28.000 o 24.500 dólares y el metro cuadrado por los 280 dólares aproximadamente.

## **1.7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES DEL ESTUDIO DE MERCADO**

Con el análisis de mercado realizado y con los indicadores obtenidos, los profesionales de la construcción necesitan de la aplicación de un nuevo sistema constructivo que les brinde nuevas ventajas y alternativas, además de pensar en el futuro tomando una idea ambientalista y tratar de aumentar el mercado de la construcción hacia los sectores más necesitados de vivienda, ofertando las mismas a un menor costo. Con todos estos antecedentes el SEL se convierte en el sistema de construcción ideal para solventar tales necesidades.

La mayoría de la población tal como lo demuestran los datos del INEC prefieren como vivienda una casa, la misma que concuerda perfectamente con nuestra propuesta de aplicar el SEL para la construcción de viviendas unifamiliares como ya antes lo hemos especificado.

El mercado está totalmente abierto para aplicar este nuevo sistema constructivo, el cual depende totalmente de la oferta que puede llegar a tener, la cual está ligada a los constructores ya que ellos deben ser los encargados de informar y brindar esta nueva alternativa a la población.

## CAPITULO 2

### ANÁLISIS TÉCNICO

#### 2.1. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

El proyecto consiste en realizar el análisis estructural de una vivienda unifamiliar de 100 m<sup>2</sup> usando el SEL, el diseño pertenece a la Cámara de la Construcción de Cuenca. Las dimensiones son las siguientes, 6.45 m de frente y 10.2 m de fondo, tal como se muestra en la figura junto con la distribución de habitaciones.



Figura 2.1. Vivienda Unifamiliar: Fuente [Cámara de la Construcción de Cuenca]

## 2.2. CRITERIOS DE DISEÑO ESTRUCTURAL

### 2.2.1. Normas y Códigos

#### 2.2.1.1. Normas Ecuatorianas

- Norma Ecuatoriana de la construcción NEC-11: Cargas y Materiales, Capítulo 1, Versión publicada 2011.
- Norma Ecuatoriana de la construcción NEC-11: Peligro sísmico y requisitos de diseño sismo resistente, Capítulo 2, Versión publicada 2011.

#### 2.2.1.2. Normas y Códigos de Estados Unidos

- North American Specification for the Design of Cold-Formed Steel Structural Members, AISI S200-07, 2007 Edition, American Iron and Steel Institute (AISI).

### 2.2.2. Materiales

#### 2.2.2.1. Acero Estructural Liviano

“El material debe ser fabricado con chapa de acero pre-galvanizado y que cumpla con las siguientes propiedades según lo establecido por la norma NTE INEN 2 526:2010. (Perfiles Especiales Abiertos, Livianos, Pre galvanizados y Conformados en Frio para uso en estructuras portantes).”<sup>11</sup>

#### Mecánicas

Tabla 2.1. Requisitos mecánicos

Grado	Límite de Fluencia min.	Resistencia al a tracción mín.	Elongación mínima en 50mm (%)
	(Mpa)	(Mpa)	e = 2mm Y ≥ 6mm
Grado A	250	365	21
Grado B	275	380	20
Grado C	340	450	16

Fuente: Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2 526:2010

<sup>11</sup> Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2 526:2010, pág. 16.

## Químicas

Tabla 2.2. Requisitos químicos

Grado	Carbón (C) % máx.	Manganeso (Mn) % máx.	Fósforo (P) % máx.	Azufre (S) % máx.
Grado A	0.25	1.35	0.035	0.04
Grado B	0.25	0.90	0.035	0.04
Grado C	0.25	1.35	0.035	0.04

Fuente: Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2 526:2010

## Recubrimiento de Zinc

Tabla 2.3. Espesor del recubrimiento

Grado	Recubrimiento	
	g/m <sup>2</sup>	(um)
Z275	275	40
Z460	460	65

Fuente: Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2 526:2010

## Requisitos complementarios

Deben tener perforaciones en el alma para colocación de soportes anti-giros, pasó de instalaciones eléctricas y sanitarias, deben tener la configuración geométrica que se indica a continuación.

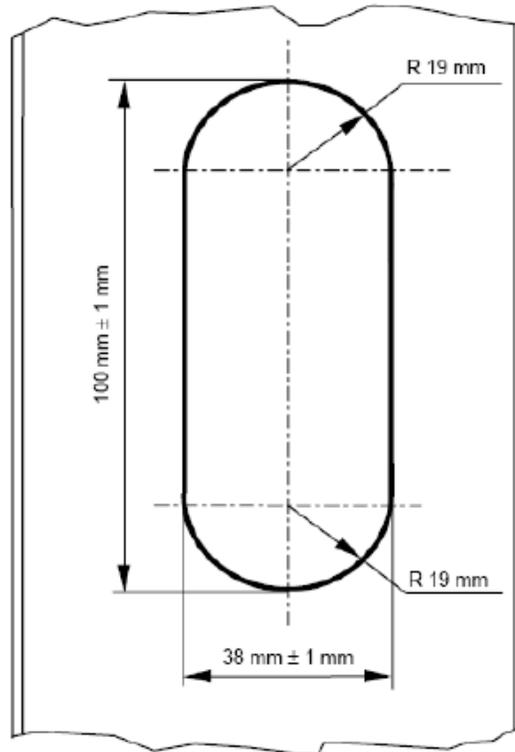


Figura 2.2. Perforación del perfil: Fuente [12]

- La distancia desde el extremo inferior del perfil y el centro de la primera perforación debe ser de 300 mm.
- La distancia entre centros de perforaciones consecutivas debe ser de 600 mm.

## 2.3. CARGAS DE DISEÑO

Para el diseño estructural se ha considerado las siguientes cargas:

- Carga Muerta
- Carga Viva
- Carga de Granizo
- Carga de Sismo
- Carga de Viento

### 2.3.1. Carga Muerta

Como carga muerta hemos considerado el peso propio de la estructura, la cubierta, cielorraso, paredes y el entrepiso.

#### 2.3.1.1. Armadura y Cubierta

Tabla 2.4. Pesos Unitarios de Materiales

<b>Material</b>	<b>Peso Unitario (KN/m<sup>3</sup>)</b>
Acero	78.5
<b>Cubierta</b>	<b>Peso Unitario (KN/m<sup>2</sup>)</b>
Fibrocemento Ondulado 8mm	0.20
Teja de barro cocido sin mortero	0.50

Fuente [7]

$$78.5 \frac{KN}{m^3} = 78500 \frac{N}{m^3} \times \frac{1 kg}{9.81 N} = 8002 \frac{kg}{m^3} \rightarrow \text{Acero}$$

$$0.20 \frac{KN}{m^2} = 200 \frac{N}{m^2} \times \frac{1 kg}{9.81 N} = 20.38 \frac{kg}{m^2} \rightarrow \text{Fibrocemento Ondulado 8mm}$$

$$0.50 \frac{KN}{m^2} = 500 \frac{N}{m^2} \times \frac{1 kg}{9.81 N} = 50.96 \frac{kg}{m^2} \rightarrow \text{Teja}$$

$$\text{Peso de la Armadura} \quad 8002 \frac{kg}{m^3} (0.0016m) = 12.80 \frac{kg}{m^2}$$

Peso de la Cubierta

$$\text{Fibrocemento ondulado} \quad 20.38 \frac{kg}{m^2}$$

$$\text{Teja} \quad 50.96 \frac{kg}{m^2}$$

$$\text{Peso Total} \quad 84.14 \frac{kg}{m^2}$$

## Cielorraso

Tabla 2.5. Pesos Unitarios de Materiales Cielorraso

Cubierta	Peso Unitario (kg/m <sup>2</sup> )
Yeso (Estuco)	8

Fuente [8]

## Paredes y Entrepiso

Tabla 2.6. Peso Unitario Cerámica

Material	Peso Unitario (KN/m <sup>2</sup> )
Baldosa de cerámica	0.20

Fuente [7]

Tabla 2.7. Pesos Unitario Fibrocemento

Material	Peso Unitario (kg/m <sup>2</sup> )
Fibrocemento 20 mm	22
Fibrocemento 10 mm	15

Fuente [8]

Tabla 2.8. Pesos Unitario OSB

Material	Peso Unitario (kg/m <sup>2</sup> )
OSB 18mm (Oriented strand board)	5.4
Aislamiento	10

Fuente [9]

*Entrepiso*

$$0.20 \frac{KN}{m^2} = 200 \frac{N}{m^2} \times \frac{1 kg}{9.81 N} = 20.38 \frac{kg}{m^2} \rightarrow \text{Baldosa Cerámica}$$

<i>Baldosa Cerámica</i>	$20.38 \frac{kg}{m^2}$
<i>Fibro cemento 20mm</i>	$22 \frac{kg}{m^2}$
<i>OSB</i>	$5.4 \frac{kg}{m^2}$

*Paredes*

<i>Fibro cemento 10mm</i>	$15 \frac{kg}{m^2}$
<i>OSB</i>	$5.4 \frac{kg}{m^2}$
<i>Aislamiento</i>	$10 \frac{kg}{m^2}$
	-----
<i>Peso Total</i>	$78.18 \frac{kg}{m^2}$

### 2.3.1.2. Distribución de Carga Muerta

La distribución de la Carga muerta se realizara mediante el área tributaria en la cabreada y el entrepiso.

El valor de carga muerta por el material de la armadura, no lo consideramos ya que al momento de cargar las especificaciones del mismo en el software de análisis y diseño estructural, este lo asume automáticamente.

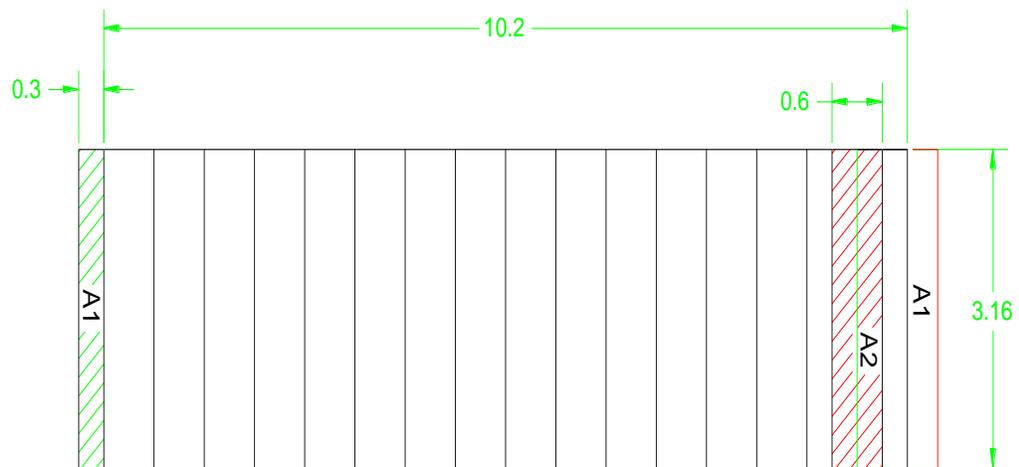


Figura 2.3. Áreas Tributarias Cubierta

*ÁREAS*

$$A1 = 3.16(0.3) = 0.948m^2$$

$$A2 = 3.16(0.6) = 1.896m^2$$

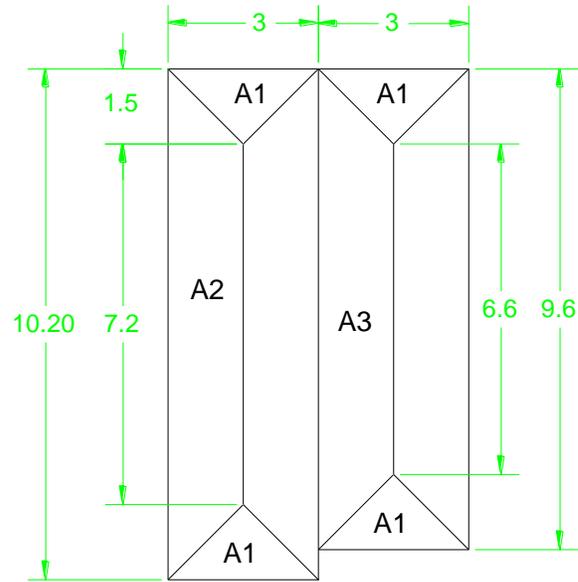


Figura 2.4. Áreas Tributarias Entrepiso

ÁREAS

$$A1 = 2\left(\frac{bh}{2}\right) = 1.5(1.5) = 2.25m^2$$

$$A2 = \frac{(B+b)h}{2} = \frac{(10.2+7.2)1.5}{2} = 13.05m^2$$

$$A3 = \frac{(B+b)h}{2} = \frac{(9.6+6.6)1.5}{2} = 12.15m^2$$

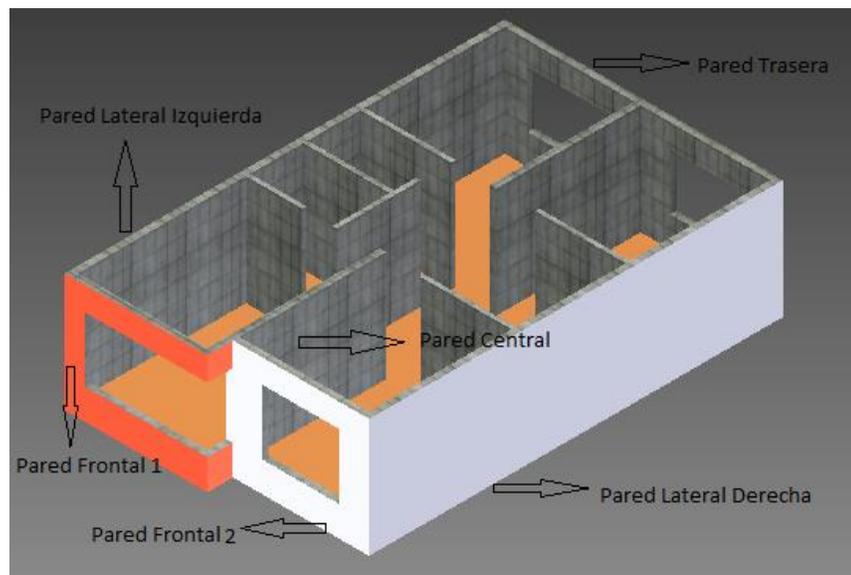


Figura 2.5. Esquemización de Paredes

Tabla 2.9. Carga Muerta Distribuida

<b>Armadura y Cubierta</b>				
	<b>Área Tributaria (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Longitud (m)</b>	<b>Carga Muerta (kg/m<sup>2</sup>)</b>	<b>Carga Distribuida (kg/m)</b>
Primer y Último Montante	0.948	3.16	71.34	21.40
Resto de Montantes	1.896	3.16	71.34	42.80
<b>Entrepiso y Paredes</b>				
Pared Frontal 1	2.25	3	78.18	58.63
Pared Frontal 2	2.25	3	78.18	58.63
Pared Trasera	2.25	6	78.18	29.31
Pared Lateral Derecha	12.15	9.60	78.18	98.94
Pared Lateral Izquierda	13.05	10.20	78.18	100
Pared Central	25.2	10.20	78.18	193.15

**Distribución de Carga Muerta Cielorraso**

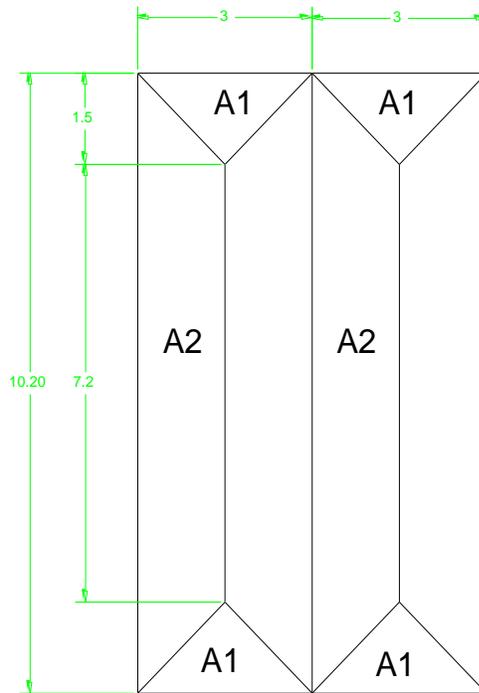


Figura 2.6. Áreas Tributarias Cielorraso

<b>Cielorraso</b>				
	<b>Área Tributaria (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Longitud (m)</b>	<b>Carga Muerta (kg/m<sup>2</sup>)</b>	<b>Carga Distribuida (kg/m)</b>
Pared Frontal 1	2.25	3	8	6
Pared Frontal 2	2.25	3	8	6
Pared Trasera	2.25	6	8	3
Pared Lateral Derecha	13.05	10.20	8	3
Pared Lateral Izquierda	13.05	10.20	8	10.23
Pared Central	26.1	10.20	8	20.47

### 2.3.2. Sobrecargas de Uso (Carga Viva)

La carga viva hace referencia a la ocupación a la que está destinada la edificación, la misma está conformada por los pesos de personas, muebles, equipos y accesorios móviles o temporales, mercadería en transición y otras.

Tabla 2.10. Carga Viva

<b>Ocupación o Uso</b>	<b>Carga Uniforme (KN/m<sup>2</sup>)</b>
Viviendas Unifamiliares	2

Fuente [7]

$$2 \frac{KN}{m^2} = 2000 \frac{N}{m^2} \times \frac{1 kg}{9.81 N} = 203.87 \frac{kg}{m^2}$$

$$Vivienda Unifamiliar \quad 203.87 \frac{kg}{m^2}$$

## Distribución de Carga Viva

Tabla 2.11. Carga Viva Distribuida

<b>Armadura y Cubierta</b>				
	<b>Área Tributaria (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Longitud (m)</b>	<b>Carga Viva (kg/m<sup>2</sup>)</b>	<b>Carga Distribuida (kg/m)</b>
Primer y Último Montante	0.948	3.16	203.87	61.16
Resto de Montantes	1.896	3.16	203.87	122.32
<b>Entrepiso</b>				
Pared Frontal 1	2.25	3.6	203.87	127.41
Pared Frontal 2	2.25	3	203.87	152.9
Pared Trasera	2.25	6	203.87	76.45
Pared Lateral Derecha	12.15	9.60	203.87	258.02
Pared Lateral Izquierda	13.05	10.20	203.87	260.83
Pared Central	25.2	10.20	203.87	503.67

### 2.3.3. Carga de Viento

Para estimar las cargas de viento se utilizara las especificaciones dadas por la Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-11, Capitulo 1, Cargas y materiales.

La velocidad de diseño por viento de hasta 10 m altura de edificaciones es aproximadamente de 75 Km/h.

Tabla 2.12. Coeficiente de corrección, 6

Altura (m)	Sin Obstrucción (Categoría A)	Obstrucción Baja (Categoría B)	Zona Edificada (Categoría C)
5	0.91	0.86	0.80
10	1	0.9	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

Fuente [7]

Nota: Categoría A: Edificios frente al mar, zonas rurales o espacios abiertos sin obstáculos topográficos.  
Categoría B: Edificios en zonas suburbanas con edificación de baja altura, promedio hasta 10m.  
Categoría C: Zonas urbanas con edificios de altura.

De acuerdo con los valores de la tabla anterior se procede a corregir la velocidad de diseño aplicando el factor de corrección 6.

$$V_h = V \cdot \sigma$$

$$V_h = 75 \frac{Km}{h} (0.9)$$

$$V_h = 67.5 \frac{Km}{h} = 18.75 \frac{m}{s} \rightarrow \text{Velocidad de Viento Corregida}$$

### 2.3.3.1. Cálculo de la Presión del viento

$$P = \frac{1}{2} \rho v_b^2 c_e c_f$$

Donde :

$P$  = Presión de cálculo expresada en Pa o  $N / m^2$

$\rho$  = Densidad del aire en  $Kg / m^3$

$v_b$  = velocidad básica del viento  $m / s$

$c_e$  = Coeficiente de entorno / altura

$c_f$  = Coeficiente de forma

El coeficiente de entorno/altura es un factor de corrección que tiene en cuenta el grado de exposición al viento del elemento considerado, el mismo se lo determina de acuerdo a lo establecido en el Capítulo 8 de la norma NEC-11.

Tabla 2.13. Exigencias de Resistencia a la carga de viento

Velocidad de viento (Km/h)	Presión de viento (Pa)	Calcificación al viento exigible
75	272	1

Fuente [10]

El coeficiente de forma  $c_f$  es un factor de corrección que tiene en cuenta la situación del elemento dentro de la fachada.

Tabla 2.14. Factor de Forma,  $C_f$

Construcción	Barlovento	Sotavento
Superficies inclinadas entre $15^\circ$ y $60^\circ$	0.7	0.6

Fuente [7]

Por lo tanto la presión del viento tanto a barlovento y a sotavento será:

*Barlovento*

$$P = \frac{1}{2} \rho v_b^2 c_e c_f$$

$$P = \frac{1}{2} (1.25 \frac{kg}{m^3})(18.75 \frac{m}{s})(1)(0.7)$$

$$P = 8.203 \frac{N}{m^2}$$

*CARGA BARLOVENTO*

$$8.203 \frac{N}{m^2} \left( \frac{1Kg}{9.81N} \right) = 0.836 \frac{kg}{m^2}$$

$$0.836 \frac{kg}{m^2} (1m)(10.2m) = 8.53kg$$

*Sotavento*

$$P = \frac{1}{2} \rho v_b^2 c_e c_f$$

$$P = \frac{1}{2} (1.25 \frac{kg}{m^3})(18.75 \frac{m}{s})(1)(0.6)$$

$$P = 7.03 \frac{N}{m^2}$$

*CARGA SOTAVENTO*

$$7.03 \frac{N}{m^2} \left( \frac{1Kg}{9.81N} \right) = 0.716 \frac{kg}{m^2}$$

$$0.716 \frac{kg}{m^2} (1m)(10.2m) = 7.31kg$$

Las cargas de barlovento y sotavento se distribuirán en forma puntual y perpendicular a la inclinación de la cubierta.

### 2.3.4. Carga de Granizo

Tabla 2.15. Peso Unitario Granizo

Material	Peso Unitario (KN/m <sup>3</sup> )
Hielo	9

Fuente [7]

$$9 \frac{KN}{m^3} = 9000 \frac{N}{m^3} \times \frac{1 kg}{9.81 N} = 917.41 \frac{kg}{m^3}$$

$$Peso \text{ en la Cubierta} \quad 917.41 \frac{kg}{m^3} (0.05m) = 45.87 \frac{kg}{m^2}$$

#### 2.3.4.1. Distribución de Carga de Granizo

Tabla 2.16. Carga de Granizo Distribuida

Cubierta				
	Área Tributaria (m <sup>2</sup> )	Longitud (m)	Carga Muerta (kg/m <sup>2</sup> )	Carga Distribuida (kg/m)
Primer y Último Montante	0.948	3.16	45.87	13.76
Resto de Montantes	1.896	3.16	45.87	27.52

### 2.3.5. Carga de Sismo

Para estimar la carga de sismo se utilizara las especificaciones dadas por la Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-11, Capitulo 2, Peligro sísmico y Requisitos de Diseño.

#### 2.3.5.1. Zona Sísmica y Factor de Zona

La zona que tomaremos como referencia para la ejecución del proyecto, es la ciudad de Cuenca, la cual se encuentra en la zona sísmica II, de acuerdo con lo estimado en la norma NEC-11.

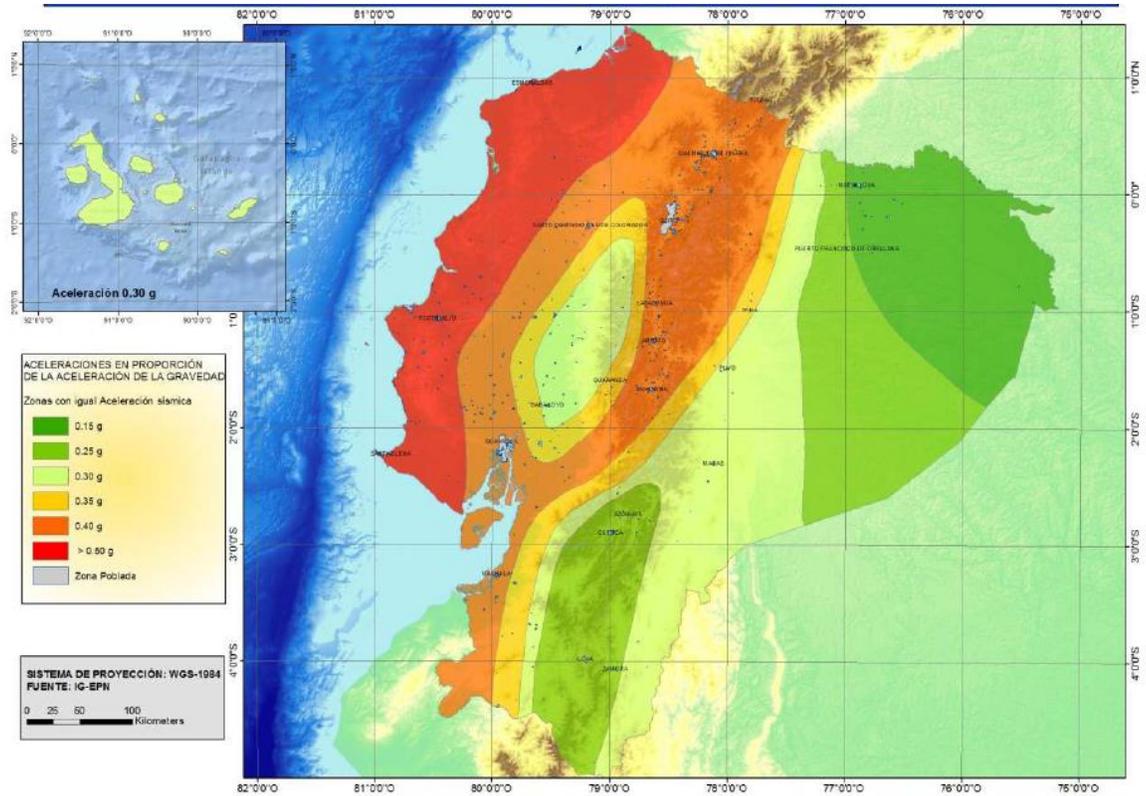


Figura 2.7. Ecuador, Zona Sísmicas para diseño y valor del factor Z: Fuente [11]

Tabla 2.17. Valores del Factor Z en función de la zona sísmica adoptada

Zona Sísmica	I	II	III	IV
Valor Factor Z	0.15	0.25	0.3	0.4

Fuente [11]

### 2.3.5.2. Tipo de Suelo

Se elegirá el perfil tipo D, ya que es para perfiles de suelos recomendado cuando no se conoce el tipo de suelo, según lo especificado en la norma NEC-11, en la tabla 2.3.

## Coeficientes de Amplificación o de Amplificación dinámica para perfiles de Suelo, Fa, Fd y Fs.

Tabla 2.18. Tipo de suelo y Factores de sitio Fa

Tipo de Perfil de suelo	Zona Sísmica	I	II	III	IV	V	VI
	Valor Z	0.15	0.25	0.30	0.35	0.40	> 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	1.418
D		1.6	1.4	1.3	1.25	1.2	1.15
E		1.8	1.5	1.4	1.28	1.15	1.05

Fuente [11]

Por lo tanto el valor del coeficiente Fa es 1.4, que amplifica las ordenadas del espectro de respuesta elástico de aceleraciones para diseño en roca, de acuerdo al sitio.

Tabla 2.19. Tipo de suelo y Factores de sitio Fd

Tipo de Perfil de suelo	Zona Sísmica	I	II	III	IV	V	VI
	Valor Z	0.15	0.25	0.30	0.35	0.40	> 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

Fuente [11]

Por lo tanto el valor del coeficiente Fd es 1.7 que amplifica las ordenadas del espectro elástico de respuesta de desplazamiento para diseño en roca, de acuerdo al sitio.

Tabla 2.20. Tipo de suelo y Factores del comportamiento inelástico del subsuelo Fs

Tipo de Perfil de suelo	Zona Sísmica	I	II	III	IV	V	VI
	Valor Z	0.15	0.25	0.30	0.35	0.40	> 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

Fuente [11]

Por lo tanto el factor de comportamiento inelástico del subsuelo  $F_s$  es 1.25, que considera el comportamiento no lineal de los suelos, la degradación del periodo del sitio que depende de la intensidad de frecuencia de excitación sísmica y los desplazamientos relativos del suelo, para los espectros de aceleración y desplazamiento.

### 2.3.5.3. Aceleración Espectral

El espectro de respuesta elástico de aceleraciones expresado como fracción de la aceleración de la gravedad  $S_a$ , para el nivel del sismo de diseño consistente con el factor de zona sísmica  $Z$ , el tipo de suelo del sitio de emplazamiento de la estructura y considerando los valores de los coeficientes de amplificación o de amplificación de suelo de las tablas anteriores.

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

$$\eta = 2.48 \rightarrow \text{Provincias de la sierra}$$

$$\text{Periodo de Vibración } T_c$$

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

$$T_c = 0.55(1.25) \frac{1.7}{1.4}$$

$$T_c = 0.834$$

$$\text{Periodo de vibración de la estructura}$$

$$T = C_t h_n^\alpha$$

$$h_n = \text{altura máxima de la edificación}$$

$$\text{Estructuras con arrojamientos } C_t = 0.073 \text{ y } \alpha = 0.75$$

$$T = 0.073(20)^{0.75}$$

$$T = 0.122$$

$$\text{Aceleración espectral}$$

$$S_a = \eta Z F_a \text{ Para } 0 \leq 0.122 \leq 0.834$$

$$S_a = 2.48(0.25)(1.4)$$

$$S_a = 0.868$$

#### 2.3.5.4. Cortante Basal de Diseño

El constante Basal total de diseño V, a nivel de cargas últimas que será, aplicado a una estructura en una dirección específica, se determinara mediante la siguiente expresión.

$$V = \frac{I S_a}{R \phi_p \phi_E} W$$

Dónde:

I = Factor de importancia igual a **1**, definido en la sección 2.6.4 de la norma NEC-11, Capitulo 2, Peligro sísmico y Requisitos de Diseño.

W = Carga reactiva, definido en la sección 2.7.1.1 norma NEC-11, Capitulo 2, Peligro sísmico y Requisitos de Diseño, como:

W = Carga Muerta de la Estructura + 25% Carga viva

W= 861.67 kg+ 25% (2079.5 kg)

W=1381.548 kg

R = Factor de reducción de respuesta estructural, definido en la sección 2.7.2.3 de la norma NEC-11, Capitulo 2, Peligro sísmico y Requisitos de Diseño, como:

Para estructuras de acero conformado en frio igual a **2**.

S<sub>a</sub> = Aceleración espectral

$\phi_p \phi_E$  = Factores de configuración estructural en planta y elevación, definido en la sección 2.6.5.2 de la norma NEC-11, Capitulo 2, Peligro sísmico y Requisitos de Diseño, como **1** debido a que la construcción no cumple con ninguna irregularidad.

$$V = \frac{I S_a}{R \phi_p \phi_E} W$$

$$V = \frac{1(0.806)}{3(1)(1)} (1381.548 \text{ kg})$$

$$V = 371.18 \text{ kg}$$

Carga que será distribuida de forma puntual a lo largo de la parte lateral izquierda de la cubierta, como se muestra en la figura.

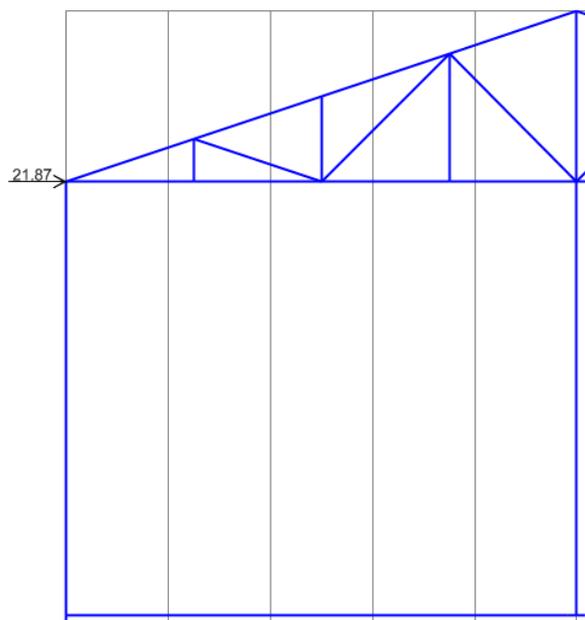


Figura 2.8. Distribución de Carga de Sismo

## 2.4. Combinaciones de Carga

Se consideraran las siguientes cargas con las diferentes combinaciones según lo establecido en la norma (North American Specification for the Design of Cold-Formed Steel Structural Members, AISI S100, 2007 Edition, American Iron and Steel Institute (AISI)), método LRFD (Diseño por factores de Carga y Resistencia).

D = Carga Muerta

E = Carga de Sismo

L = Carga Viva

L<sub>r</sub> = Carga Viva en azotea

S = Carga de Granizo

W = Carga de Viento

### Combinaciones

1.  $1.4D + L$
2.  $1.2D + 1.6L + 0.5(L_r \text{ o } S \text{ o } R_r)$
3.  $1.2D + 1.6(L_r \text{ o } S \text{ o } R_r) + 0.5(0.5L \text{ o } 0.8W)$
4.  $1.2D + 1.3W + 0.5L + 0.5(L_r \text{ o } S \text{ o } R_r)$
5.  $1.2D + 1.5E + 0.5L + 0.2S$
6.  $0.9D - (1.3W \text{ o } 1.5 E)$

## 2.5. Diseño Estructural

El diseño estructural se lo hará con el software adecuado, empleado para el análisis de diferentes estructuras elemento por elemento.

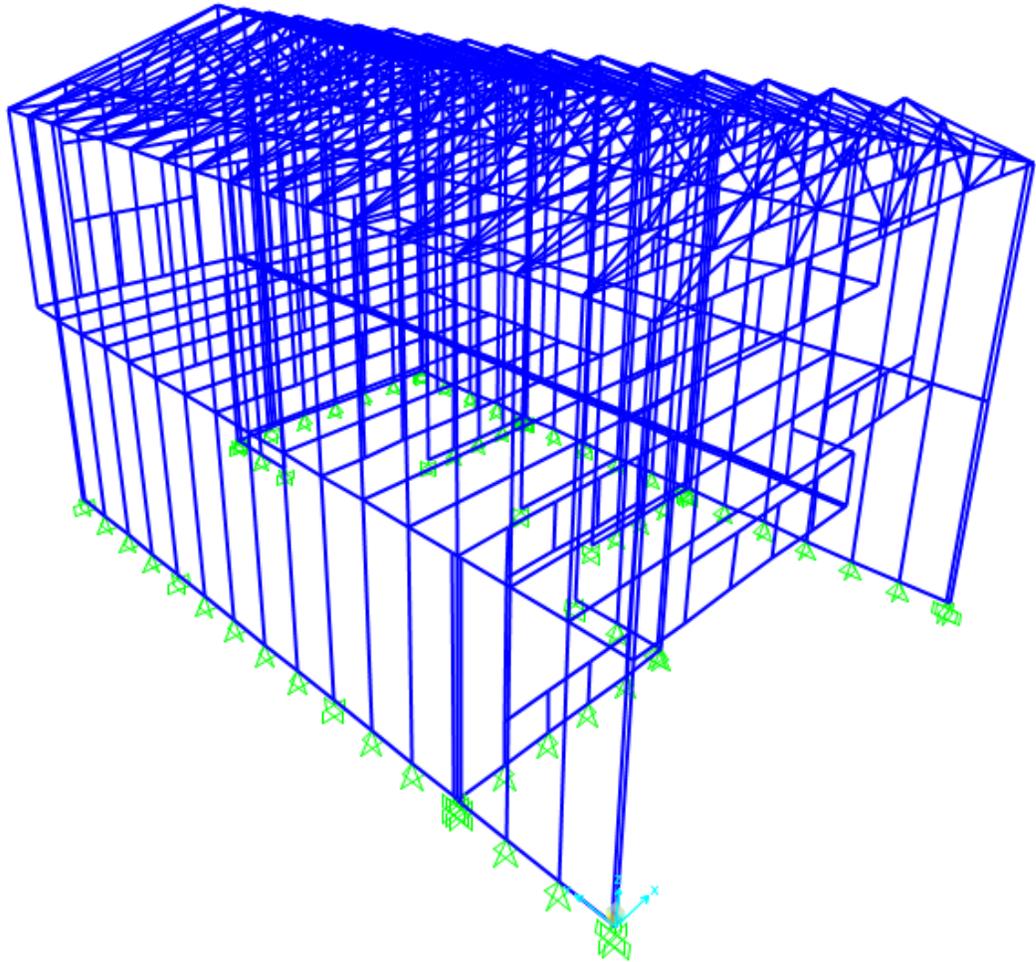


Figura 2.9. Diseño Estructural Vivienda 100 m<sup>2</sup>

La distancia entre los perfiles tanto en la parte frontal como en la parte lateral es de 60 cm. Se optó por esta distribución, proyectando el consumo de materiales para el recubrimiento exterior e interior. Los perfiles utilizados para el análisis estructural son los siguientes.

Tabla 2.21. Perfiles Utilizados para el Análisis Estructural

PGG y PGC 100 x 0.89	Cabreada y Planta Alta
PGG y PGC 100 x 1.24	Planta alta y Planta Baja
PGG y PGC 100 x 1.6	Planta Baja
PGG y PGC 200 x 1.4	Entrepiso

### 2.5.1. Características Geométricas de los perfiles

Como las secciones de los perfiles usados en el SEL son uniformes, el cálculo de las propiedades mecánicas se lo simplifica con la utilización del método lineal, método en el cual se considera el material de la sección concentrado a lo largo del centro medio del espesor de la chapa y los elementos de área son reemplazados por elementos lineales rectos o curvos.

“El espesor ( $t$ ) es requerido luego que los cálculos lineales han sido determinados, por lo que el área total tiene la siguiente expresión ( $A_t = L \cdot t$ ) y el momento de inercia de la sección será ( $I = I' \cdot t$ ).”<sup>12</sup>

Dónde:

$L$  = Longitud total de todos los elementos de lineales de la sección.

$I'$  = Momento de inercia de la línea media de la sección

$t$  = espesor de la plancha de la sección.

---

<sup>12</sup> Método Lineal, <http://tesis.uson.mx/digital/tesis/docs/9954/Capitulo3.pdf>, pág. 20.

## Ecuaciones generales para el cálculo de propiedades geométricas

### Elementos Lineales Rectos

Los momentos de inercia de un elemento recto vertical se pueden calcular utilizando las siguiente formulas.

$$I_1 = l^3/12$$
$$I_2 = 0$$
$$I_3 = la^2 + l^3/12$$

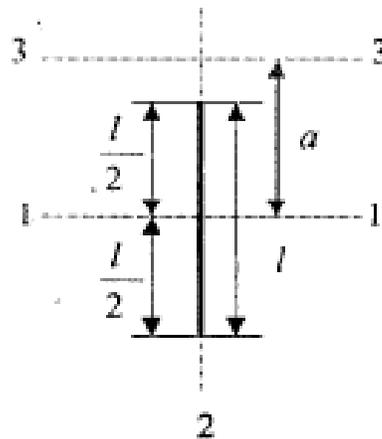


Figura 2.10. Elemento lineal vertical: Fuente [14]

Los momentos de inercia de un elemento recto horizontal se pueden calcular utilizando las siguiente formulas.

$$I_1 = 0$$
$$I_2 = l^3/12$$
$$I_3 = la^2$$

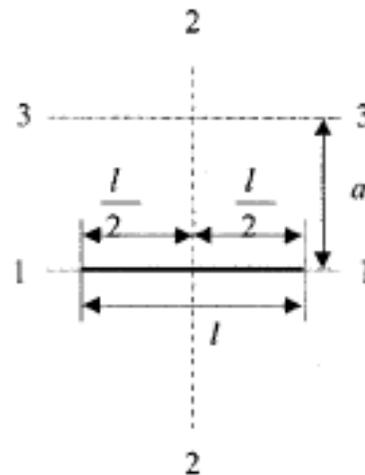


Figura 2.11. Elemento lineal horizontal Fuente [14]

## Elementos Lineales circulares

Para elementos con un segmento de arco que tengan un Angulo de  $\theta = 90$  las ecuaciones son las siguientes.

$$I = 1.57r$$

$$C = 0.637r$$

$$I_1 = I_2 = 0.149r^3$$

$$I_{1-2} = -0.137r^3$$

$$I_3 = I_4 = 0.785r^3$$

$$I_{3-4} = -0.50r^3$$

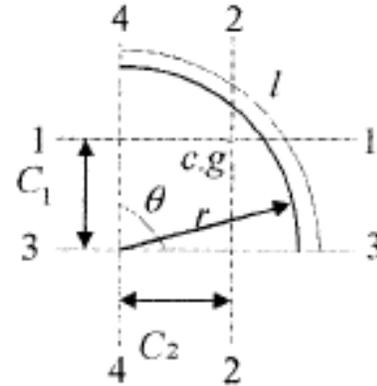
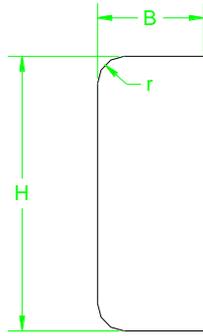
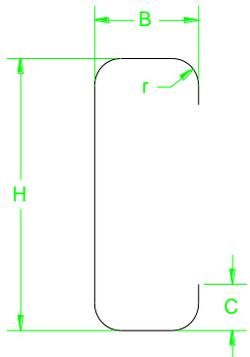


Figura 2.12. Elemento circular a 90°: Fuente [14]

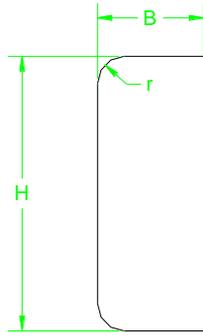
**Perfil PGC 100 x 0.89**

<p><b>Longitud del Ala</b>  <math>L_{Ala} = B-(r+t)</math>  <math>L_{Ala} = 35-(1.4+0.89)</math>  <math>L_{Ala} = 32.71 \text{ mm}</math></p>	
<p><b>Distancia del eje x-x la línea central del ala</b>  <math>Y_{Ala} = (H/2) -(t/2)</math>  <math>Y_{Ala} = (102/2) -(0.89/2)</math>  <math>Y_{Ala} = 50.55 \text{ mm}</math></p>	<p><math>I'_{Alma} = (1/12)(L_{Alma})^3</math>  <math>I'_{Alma} = 77048.3 \text{ mm}^3</math>  <math>I'_{Esquinas} = L_c (Y_e)^2</math>  <math>I'_{Esquinas} = 7190.36 \text{ mm}^3</math>  <math>I'_x = 258597 \text{ mm}^3</math></p>
<p><b>Propiedades de las esquinas a 90°</b>  <math>R = r + t/2</math>  <math>R = 1.4 + 0.89</math>  <math>R = 1.845</math>  <math>L_c = 1.57 R</math>  <math>L_c = 2.89 \text{ mm}</math>  <math>c = 0.637 R</math>  <math>c = 1.175 \text{ mm}</math></p>	<p><b>Momento de Inercia</b>  <math>I_x = I'_x (t)</math>  <math>I_x = 230151 \text{ mm}^4 = 23.01 \text{ cm}^4</math></p>
<p><b>Longitud del alma</b>  <math>L_{Alma} = H-2(r+t)</math>  <math>L_{Alma} = 102 - 2(1.4+0.89)</math>  <math>L_{Alma} = 97.42 \text{ mm}</math></p>	<p><b>Módulo de sección</b>  <math>S_x = I_x / (H/2)</math>  <math>S_x = 4512.76 \text{ mm}^3 = 4.51 \text{ cm}^3</math></p>
<p><b>Distancia del eje x-x al CG de las esquinas</b>  <math>Y_e = (L_{Alma}/2)+c</math>  <math>Y_e = 49.88 \text{ mm}</math></p>	
<p><b>Longitud de toda la sección</b>  <math>L_t = 2 L_{Ala} + L_{Alma} + 2 L_c</math>  <math>L_t = 168.62 \text{ mm}</math></p>	
<p><b>Área de la sección</b>  <math>A = L_t (t)</math>  <math>A = 150.072 \text{ mm}^2 = 1.5 \text{ cm}^2</math></p>	
<p><b>Momento de Inercia Lineal <math>I'_x</math></b>  <math>I'_x = 2 I'_{Alas} + I'_{Alma} + 2 I'_{Esquinas}</math>  <math>I'_{Alas} = L_{Ala} (Y_{Ala})^2</math>  <math>I'_{Alas} = 83583.9 \text{ mm}^3</math></p>	

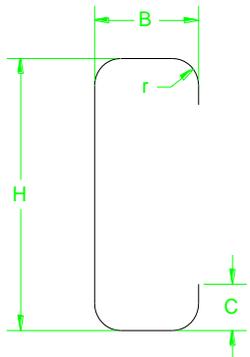
**Perfil PGG 100 x 0.89**

<p><b>Longitud del Ala</b>  <math>L_{Ala} = B - (r + t)</math>  <math>L_{Ala} = 40 - 2(1.4 + 0.89)</math>  <math>L_{Ala} = 35.42 \text{ mm}</math></p>	
<p><b>Distancia del eje x-x la línea central del ala</b>  <math>Y_{Ala} = (H/2) - (t/2)</math>  <math>Y_{Ala} = (100/2) - (0.89/2)</math>  <math>Y_{Ala} = 49.55 \text{ mm}</math></p>	<p><b>Momento de Inercia Lineal <math>I'_x</math></b>  <math>I'_x = 2 I'_{Alas} + I'_{Alma} + 2 I'_{Esquinas} + 2 I'_{labio}</math>  <math>I'_x = 2 I'_{Alas} + I'_{Alma} + 2 I'_{Esquinas}</math>  <math>I'_{Alas} = L_{Ala} (Y_{Ala})^2</math>  <math>I'_{Alas} = 86963.27 \text{ mm}^3</math>  <math>I'_{Alma} = (1/12) (L_{Alma})^3</math>  <math>I'_{Alma} = 72399.7 \text{ mm}^3</math>  <math>I'_{Esquinas} = L_c (Y_e)^2</math>  <math>I'_{Esquinas} = 6904.95 \text{ mm}^3</math>  <math>I'_{labio} = d (Y_l)^2</math>  <math>I'_{labio} = 15.6 (48.81 - 7.8)^2</math>  <math>I'_{labio} = 26326.035 \text{ mm}^3</math></p> <p><math>I'_x = 312788.21 \text{ mm}^3</math></p>
<p><b>Propiedades de las esquinas a 90°</b>  <math>R = r + t/2</math>  <math>R = 1.4 + 0.89</math>  <math>R = 1.845</math>  <math>L_c = 1.57 R</math>  <math>L_c = 2.89 \text{ mm}</math>  <math>c = 0.637 R</math>  <math>c = 1.175 \text{ mm}</math></p>	
<p><b>Longitud del alma</b>  <math>L_{Alma} = H - 2(r + t)</math>  <math>L_{Alma} = 100 - 2(1.4 + 0.89)</math>  <math>L_{Alma} = 95.42 \text{ mm}</math></p>	
<p><b>Distancia del eje x-x al CG de las esquinas</b>  <math>Y_e = (L_{Alma}/2) + c</math>  <math>Y_e = 48.88 \text{ mm}</math></p>	<p><b>Momento de Inercia</b>  <math>I_x = I'_x (t)</math>  <math>I_x = 278381.51 \text{ mm}^4 = 27.8 \text{ cm}^4</math></p>
<p><b>Longitud del labio</b>  <math>d = C - r</math>  <math>d = 17 - 1.4</math>  <math>d = 15.6 \text{ mm}</math></p>	<p><b>Módulo de sección</b>  <math>S_x = I_x / (H/2)</math>  <math>S_x = 5567.63 \text{ mm}^3 = 5.56 \text{ cm}^3</math></p>
<p><b>Longitud de toda la sección</b>  <math>L_t = 2 L_{Ala} + L_{Alma} + 2 L_c + 2d</math>  <math>L_t = 203.46 \text{ mm}</math></p>	
<p><b>Área de la sección</b>  <math>A = L_t (t)</math>  <math>A = 180.8 \text{ mm}^2 = 1.81 \text{ cm}^2</math></p>	

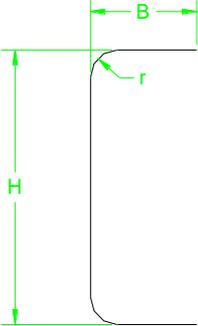
### Perfil PGC 100 x 1.24

<p><b>Longitud del Ala</b>  <math>L_{Ala} = B - (r + t)</math>  <math>L_{Ala} = 35 - (1.92 + 1.24)</math>  <math>L_{Ala} = 31.84 \text{ mm}</math></p>	
<p><b>Distancia del eje x-x la línea central del ala</b>  <math>Y_{Ala} = (H/2) - (t/2)</math>  <math>Y_{Ala} = (100/2) - (1.24/2)</math>  <math>Y_{Ala} = 49.38 \text{ mm}</math></p>	<p><math>I'_{alzas} = L_{alma} \cdot y_{alma}^2</math>  <math>I'_{alzas} = 77638.2 \text{ mm}^3</math>  <math>I'_{alma} = 1/12 (L_{alma})^3</math>  <math>I'_{alma} = 68510.9 \text{ mm}^3</math>  <math>I'_{esquinas} = L_c \cdot y_c^2</math>  <math>I'_{esquinas} = 9363.68 \text{ mm}^3</math>  <math>I'_x = 2(77638.2) + 68510.9 + 2(9363.68)</math>  <math>I'_x = 242515 \text{ mm}^3</math></p>
<p><b>Propiedades de las esquinas a 90°</b>  <math>R = r + t/2</math>  <math>R = 1.92 + 1.24/2</math>  <math>R = 2.54 \text{ mm}</math>  <math>L_c = 1.57 R</math>  <math>L_c = 3.9878 \text{ mm}</math>  <math>c = 0.637 R</math>  <math>c = 1.6179 \text{ mm}</math></p>	<p><b>Momento de Inercia</b>  <math>I_x = I'_x \cdot t</math>  <math>I_x = 300718 \text{ mm}^4 = 30.0718 \text{ cm}^4</math></p>
<p><b>Longitud del alma</b>  <math>L_{Alma} = H - 2(r + t)</math>  <math>L_{Alma} = 100 - 2(1.92 + 1.24)</math>  <math>L_{Alma} = 93.68 \text{ mm}</math></p>	<p><b>Módulo de Sección</b>  <math>S_x = I_x / (H/2)</math>  <math>S_x = 6014.36 \text{ mm}^3 = 6.0143 \text{ cm}^4</math></p>
<p><b>Distancia del eje x-x al CG de las esquinas</b>  <math>Y_e = (L_{Alma}/2) + c</math>  <math>Y_e = 48.457 \text{ mm}</math></p>	
<p><b>Longitud de toda la sección</b>  <math>L_t = 2 L_{Ala} + L_{Alma} + 2 L_c</math>  <math>L_t = 165.336 \text{ mm}</math></p>	
<p><b>Área de la sección</b>  <math>A = L_t (t)</math>  <math>A = 205.016 \text{ mm}^2 = 2.05 \text{ cm}^2</math></p>	
<p><b>Momento de Inercia Lineal <math>I'_x</math></b>  <math>I'_x = 2I'_{alzas} + I'_{alma} + 2I'_{esquinas}</math></p>	

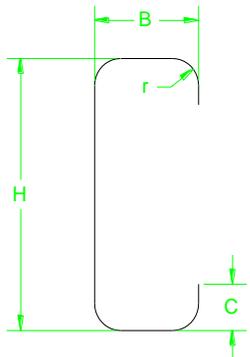
**Perfil PGG 100 x 1.24**

<p><b>Longitud del Ala</b>  <math>L_{Ala} = B-(r+t)</math>  <math>L_{Ala} = 40-2(1.92+1.24)</math>  <math>L_{Ala} = 36.84 \text{ mm}</math></p>	
<p><b>Distancia del eje x-x la línea central del ala</b>  <math>Y_{Ala} = (H/2) -(t/2)</math>  <math>Y_{Ala} = (100/2) -(1.24/2)</math>  <math>Y_{Ala} = 49.38 \text{ mm}</math></p>	<p><b>Momento de Inercia Lineal <math>I'_x</math></b>  <math>I'_x = 2 I'_{Alas} + I'_{Alma} + 2 I'_{Esquinas} + 2 I'_{labio}</math>  <math>I'_x = 2 I'_{Alas} + I'_{Alma} + 2 I'_{Esquinas}</math>  <math>I'_{Alas} = L_{Ala} (Y_{Ala})^2</math>  <math>I'_{Alas} = 89830.1 \text{ mm}^3</math>  <math>I'_{Alma} = (1/12)(L_{Alma})^3</math>  <math>I'_{Alma} = 68510.9 \text{ mm}^3</math>  <math>I'_{Esquinas} = L_c (Y_e)^2</math>  <math>I'_{Esquinas} = 9363.68 \text{ mm}^3</math>  <math>I'_{labio} = d (Y_l)^2</math>  <math>I'_{labio} = 15.08 (48.457-7.54)^2</math>  <math>I'_{labio} = 25246.94 \text{ mm}^3</math></p> <p><math>I'_x = 317392.34 \text{ mm}^3</math></p>
<p><b>Propiedades de las esquinas a 90°</b>  <math>R = r + t/2</math>  <math>R = 1.92 + 0.62</math>  <math>R = 2.54</math>  <math>L_c = 1.57 R</math>  <math>L_c = 3.9878 \text{ mm}</math>  <math>c = 0.637 R</math>  <math>c = 1.6179 \text{ mm}</math></p>	
<p><b>Longitud del alma</b>  <math>L_{Alma} = H-2(r+t)</math>  <math>L_{Alma} = 100 - 2(1.92+1.24)</math>  <math>L_{Alma} = 93.68 \text{ mm}</math></p>	
<p><b>Distancia del eje x-x al CG de las esquinas</b>  <math>Y_e = (L_{Alma}/2)+c</math>  <math>Y_e = 48.457 \text{ mm}</math></p>	<p><b>Momento de Inercia</b>  <math>I_x = I'_x (t)</math>  <math>I_x = 393566 \text{ mm}^4 = 39.35 \text{ cm}^4</math></p>
<p><b>Longitud del labio</b>  <math>d = C - r</math>  <math>d = 17 - 1.92</math>  <math>d = 15.08 \text{ mm}</math></p>	<p><b>Módulo de sección</b>  <math>S_x = I_x / (H/2)</math>  <math>S_x = 7871.33 \text{ mm}^3 = 7.87 \text{ cm}^3</math></p>
<p><b>Longitud de toda la sección</b>  <math>L_t = 2 L_{Ala} + L_{Alma} + 2 L_c + 2d</math>  <math>L_t = 198.896 \text{ mm}</math></p>	
<p><b>Área de la sección</b>  <math>A = L_t (t)</math>  <math>A = 246.631 \text{ mm}^2 = 2.46 \text{ cm}^2</math></p>	

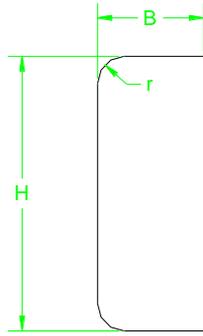
**Perfil PGC 100 x 1.6**

<p><b>Longitud del Ala</b>  <math>L_{Ala} = B-(r+t)</math>  <math>L_{Ala} = 35-(2.46+1.6)</math>  <math>L_{Ala} = 30.94 \text{ mm}</math></p>	
<p><b>Distancia del eje x-x la línea central del ala</b>  <math>Y_{Ala} = (H/2) -(t/2)</math>  <math>Y_{Ala} = (104/2) -(1.6/2)</math>  <math>Y_{Ala} = 51.2 \text{ mm}</math></p>	<p><math>I'_{Alma} = (1/12)( L_{Alma})^3</math>  <math>I'_{Alma} = 73451.9 \text{ mm}^3</math>  <math>I'_{Esquinas} = L_c (Y_e)^2</math>  <math>I'_{Esquinas} = 12851.4 \text{ mm}^3</math>  <math>I'_x = 261370 \text{ mm}^3</math></p>
<p><b>Propiedades de las esquinas a 90°</b>  <math>R = r + t/2</math>  <math>R = 2.46 + 1.6</math>  <math>R = 3.26 \text{ mm}</math>  <math>L_c = 1.57 R</math>  <math>L_c = 5.118 \text{ mm}</math>  <math>c = 0.637 R</math>  <math>c = 2.07 \text{ mm}</math></p>	<p><b>Momento de Inercia</b>  <math>I_x = I'_x (t)</math>  <math>I_x = 418191 \text{ mm}^4 = 41.81 \text{ cm}^4</math></p>
<p><b>Longitud del alma</b>  <math>L_{Alma} = H-2(r+t)</math>  <math>L_{Alma} = 104 - 2(2.46+1.6)</math>  <math>L_{Alma} = 95.88 \text{ mm}</math></p>	<p><b>Módulo de sección</b>  <math>S_x = I_x / (H/2)</math>  <math>S_x = 8042.14 \text{ mm}^3 = 8.04 \text{ cm}^3</math></p>
<p><b>Distancia del eje x-x al CG de las esquinas</b>  <math>Y_e = (L_{Alma}/2)+c</math>  <math>Y_e = 50.01 \text{ mm}</math></p>	
<p><b>Longitud de toda la sección</b>  <math>L_t = 2 L_{Ala} + L_{Alma} + 2 L_c</math>  <math>L_t = 167.99 \text{ mm}</math></p>	
<p><b>Área de la sección</b>  <math>A = L_t (t)</math>  <math>A = 268.79 \text{ mm}^2 = 2.68 \text{ cm}^2</math></p>	
<p><b>Momento de Inercia Lineal <math>I'_x</math></b>  <math>I'_x = 2 I'_{Alas} + I'_{Alma} + 2 I'_{Esquinas}</math>  <math>I'_{Alas} = L_{Ala} (Y_{Ala})^2</math>  <math>I'_{Alas} = 81107.4 \text{ mm}^3</math></p>	

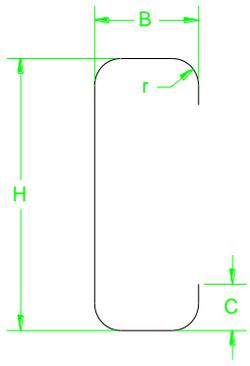
**Perfil PGG 100 x 1.6**

<p><b>Longitud del Ala</b>  <math>L_{Ala} = B - (r + t)</math>  <math>L_{Ala} = 40 - 2(2.46 + 1.6)</math>  <math>L_{Ala} = 31.88 \text{ mm}</math></p>	
<p><b>Distancia del eje x-x la línea central del ala</b>  <math>Y_{Ala} = (H/2) - (t/2)</math>  <math>Y_{Ala} = (100/2) - (1.6/2)</math>  <math>Y_{Ala} = 49.2 \text{ mm}</math></p>	<p><b>Momento de Inercia Lineal <math>I'_x</math></b>  <math>I'_x = 2 I'_{Alas} + I'_{Alma} + 2 I'_{Esquinas} + 2 I'_{labio}</math>  <math>I'_x = 2 I'_{Alas} + I'_{Alma} + 2 I'_{Esquinas}</math>  <math>I'_{Alas} = L_{Ala} (Y_{Ala})^2</math>  <math>I'_{Alas} = 77170 \text{ mm}^3</math>  <math>I'_{Alma} = (1/12) (L_{Alma})^3</math>  <math>I'_{Alma} = 64637.1 \text{ mm}^3</math>  <math>I'_{Esquinas} = L_c (Y_e)^2</math>  <math>I'_{Esquinas} = 11976.8 \text{ mm}^3</math>  <math>I'_{labio} = d (Y_l)^2</math>  <math>I'_{labio} = 14.54 (48.01 - 7.27)^2</math>  <math>I'_{labio} = 25792.47 \text{ mm}^3</math></p> <p><math>I'_x = 294515.65 \text{ mm}^3</math></p>
<p><b>Propiedades de las esquinas a 90°</b>  <math>R = r + t/2</math>  <math>R = 2.46 + 1.6</math>  <math>R = 3.26 \text{ mm}</math>  <math>L_c = 1.57 R</math>  <math>L_c = 5.118 \text{ mm}</math>  <math>c = 0.637 R</math>  <math>c = 2.07 \text{ mm}</math></p>	
<p><b>Longitud del alma</b>  <math>L_{Alma} = H - 2(r + t)</math>  <math>L_{Alma} = 100 - 2(2.46 + 1.6)</math>  <math>L_{Alma} = 91.88 \text{ mm}</math></p>	
<p><b>Distancia del eje x-x al CG de las esquinas</b>  <math>Y_e = (L_{Alma}/2) + c</math>  <math>Y_e = 48.01 \text{ mm}</math></p>	<p><b>Momento de Inercia</b>  <math>I_x = I'_x (t)</math>  <math>I_x = 471225.04 \text{ mm}^4 = 47.12 \text{ cm}^4</math></p>
<p><b>Longitud del labio</b>  <math>d = C - r</math>  <math>d = 17 - 2.46</math>  <math>d = 14.54 \text{ mm}</math></p>	<p><b>Módulo de sección</b>  <math>S_x = I_x / (H/2)</math>  <math>S_x = 9424.5 \text{ mm}^3 = 9.42 \text{ cm}^3</math></p>
<p><b>Longitud de toda la sección</b>  <math>L_t = 2 L_{Ala} + L_{Alma} + 2 L_c + 2d</math>  <math>L_t = 194.95 \text{ mm}</math></p>	
<p><b>Área de la sección</b>  <math>A = L_t (t)</math>  <math>A = 311.92 \text{ mm}^2 = 3.12 \text{ cm}^2</math></p>	

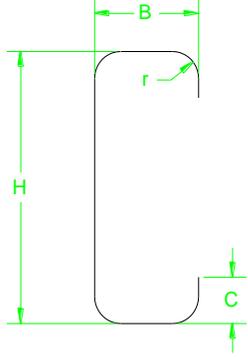
### Perfil PGC 200 x 1.6

<p><b>Longitud del Ala</b>  <math>L_{Ala} = B - (r + t)</math>  <math>L_{Ala} = 35 - (2.46 + 1.6)</math>  <math>L_{Ala} = 30.94 \text{ mm}</math></p>	
<p><b>Distancia del eje x-x la línea central del ala</b>  <math>Y_{Ala} = (H/2) - (t/2)</math>  <math>Y_{Ala} = (204/2) - (1.6/2)</math>  <math>Y_{Ala} = 101.2 \text{ mm}</math></p>	<p><math>I'_{alzas} = L_{alma} \cdot y_{alma}^2</math>  <math>I'_{alzas} = 310870 \text{ mm}^3</math>  <math>I'_{alma} = 1/12 (L_{alma})^3</math>  <math>I'_{alma} = 626310 \text{ mm}^3</math>  <math>I'_{esquinas} = L_c \cdot y_c^2</math>  <math>I'_{esquinas} = 51190.2 \text{ mm}^3</math>  <math>I'_x = 2(316870) + 626310 + 2(5490.2)</math>  <math>I'_x = 1362430.4 \text{ mm}^3</math></p>
<p><b>Propiedades de las esquinas a 90°</b>  <math>R = r + t/2</math>  <math>R = 2.46 + 1.6/2</math>  <math>R = 3.26 \text{ mm}</math>  <math>L_c = 1.57 R</math>  <math>L_c = 5.118 \text{ mm}</math>  <math>c = 0.637 R</math>  <math>c = 2.07 \text{ mm}</math></p>	<p><b>Momento de Inercia</b>  <math>I_x = I'_x \cdot t</math>  <math>I_x = 2179888.6 \text{ mm}^4 = 217.98 \text{ cm}^4</math></p>
<p><b>Longitud del alma</b>  <math>L_{Alma} = H - 2(r + t)</math>  <math>L_{Alma} = 204 - 2(2.46 + 1.6)</math>  <math>L_{Alma} = 195.88 \text{ mm}</math></p>	<p><b>Módulo de Sección</b>  <math>S_x = I_x / (H/2)</math>  <math>S_x = 21371.457 \text{ mm}^3 = 21.37 \text{ cm}^4</math></p>
<p><b>Distancia del eje x-x al CG de las esquinas</b>  <math>Y_e = (L_{Alma}/2) + c</math>  <math>Y_e = 100.01 \text{ mm}</math></p>	
<p><b>Longitud de toda la sección</b>  <math>L_t = 2 L_{Ala} + L_{Alma} + 2 L_c</math>  <math>L_t = 408.516 \text{ mm}</math></p>	
<p><b>Área de la sección</b>  <math>A = L_t (t)</math>  <math>A = 653.626 \text{ mm}^2 = 6.53 \text{ cm}^2</math></p>	
<p><b>Momento de Inercia Lineal <math>I'_x</math></b>  <math>I'_x = 2I'_{alzas} + I'_{alma} + 2I'_{esquinas}</math></p>	

**Perfil PGG 200 x 1.6**

<p><b>Longitud del Ala</b>  <math>L_{Ala} = B - (r + t)</math>  <math>L_{Ala} = 44 - 2(2.46 + 1.6)</math>  <math>L_{Ala} = 35.88 \text{ mm}</math></p>	
<p><b>Distancia del eje x-x la línea central del ala</b>  <math>Y_{Ala} = (H/2) - (t/2)</math>  <math>Y_{Ala} = (200/2) - (1.6/2)</math>  <math>Y_{Ala} = 99.2 \text{ mm}</math></p>	<p><b>Momento de Inercia Lineal <math>I'_x</math></b>  <math>I'_x = 2 I'_{Alas} + I'_{Alma} + 2 I'_{Esquinas} + 2 I'_{labio}</math>  <math>I'_x = 2 I'_{Alas} + I'_{Alma} + 2 I'_{Esquinas}</math>  <math>I'_{Alas} = L_{Ala} (Y_{Ala})^2</math>  <math>I'_{Alas} = 353082.16 \text{ mm}^3</math>  <math>I'_{Alma} = (1/12) (L_{Alma})^3</math>  <math>I'_{Alma} = 588718 \text{ mm}^3</math>  <math>I'_{Esquinas} = L_c (Y_e)^2</math>  <math>I'_{Esquinas} = 49163.304 \text{ mm}^3</math>  <math>I'_{labio} = d (Y_l)^2</math>  <math>I'_{labio} = 14.54 (98.01 - 7.27)^2</math>  <math>I'_{labio} = 119718.7 \text{ mm}^3</math></p> <p><math>I'_x = 1632646.32 \text{ mm}^3</math></p>
<p><b>Propiedades de las esquinas a 90°</b>  <math>R = r + t/2</math>  <math>R = 2.46 + 0.8</math>  <math>R = 3.26 \text{ mm}</math>  <math>L_c = 1.57 R</math>  <math>L_c = 5.118 \text{ mm}</math>  <math>c = 0.637 R</math>  <math>c = 2.07 \text{ mm}</math></p>	
<p><b>Longitud del alma</b>  <math>L_{Alma} = H - 2 (r + t)</math>  <math>L_{Alma} = 200 - 2(2.46 + 1.6)</math>  <math>L_{Alma} = 191.88 \text{ mm}</math></p>	
<p><b>Distancia del eje x-x al CG de las esquinas</b>  <math>Y_e = (L_{Alma}/2) + c</math>  <math>Y_e = 98.01 \text{ mm}</math></p>	<p><b>Momento de Inercia</b>  <math>I_x = I'_x (t)</math>  <math>I_x = 2612234.12 \text{ mm}^4 = 261.22 \text{ cm}^4</math></p>
<p><b>Longitud del labio</b>  <math>d = C - r</math>  <math>d = 17 - 2.46</math>  <math>d = 14.54 \text{ mm}</math></p>	<p><b>Módulo de sección</b>  <math>S_x = I_x / (H/2)</math>  <math>S_x = 26122.34 \text{ mm}^3 = 26.12 \text{ cm}^3</math></p>
<p><b>Longitud de toda la sección</b>  <math>L_t = 2 L_{Ala} + L_{Alma} + 2 L_c + 2d</math>  <math>L_t = 302.95 \text{ mm}</math></p>	
<p><b>Área de la sección</b>  <math>A = L_t (t)</math>  <math>A = 484.72 \text{ mm}^2 = 4.84 \text{ cm}^2</math></p>	

**Perfil PGG 200 x 1.24**

<p><b>Longitud del Ala</b>  <math>L_{Ala} = B - (r + t)</math>  <math>L_{Ala} = 44 - 2(1.92 + 1.24)</math>  <math>L_{Ala} = 37.68 \text{ mm}</math></p>	
<p><b>Distancia del eje x-x la línea central del ala</b>  <math>Y_{Ala} = (H/2) - (t/2)</math>  <math>Y_{Ala} = (200/2) - (1.24/2)</math>  <math>Y_{Ala} = 99.38 \text{ mm}</math></p>	<p><b>Momento de Inercia Lineal <math>I'_x</math></b>  <math>I'_x = 2 I'_{Alas} + I'_{Alma} + 2 I'_{Esquinas} + 2 I'_{labio}</math>  <math>I'_x = 2 I'_{Alas} + I'_{Alma} + 2 I'_{Esquinas}</math>  <math>I'_{Alas} = L_{Ala} (Y_{Ala})^2</math>  <math>I'_{Alas} = 372142.16 \text{ mm}^3</math>  <math>I'_{Alma} = (1/12) (L_{Alma})^3</math>  <math>I'_{Alma} = 605442.75 \text{ mm}^3</math>  <math>I'_{Esquinas} = L_c (Y_e)^2</math>  <math>I'_{Esquinas} = 38575.76 \text{ mm}^3</math>  <math>I'_{labio} = d (Y_l)^2</math>  <math>I'_{labio} = 15.08 (98.45 - 7.54)^2</math>  <math>I'_{labio} = 124630.59 \text{ mm}^3</math></p> <p><math>I'_x = 1676139.77 \text{ mm}^3</math></p>
<p><b>Propiedades de las esquinas a 90°</b>  <math>R = r + t/2</math>  <math>R = 1.92 + 1.24/2</math>  <math>R = 2.54 \text{ mm}</math>  <math>L_c = 1.57 R</math>  <math>L_c = 3.98 \text{ mm}</math>  <math>c = 0.637 R</math>  <math>c = 1.61 \text{ mm}</math></p>	
<p><b>Longitud del alma</b>  <math>L_{Alma} = H - 2(r + t)</math>  <math>L_{Alma} = 200 - 2(1.92 + 1.24)</math>  <math>L_{Alma} = 193.68 \text{ mm}</math></p>	
<p><b>Distancia del eje x-x al CG de las esquinas</b>  <math>Y_e = (L_{Alma}/2) + c</math>  <math>Y_e = 98.45 \text{ mm}</math></p>	<p><b>Momento de Inercia</b>  <math>I_x = I'_x (t)</math>  <math>I_x = 2078413.31 \text{ mm}^4 = 207.84 \text{ cm}^4</math></p>
<p><b>Longitud del labio</b>  <math>d = C - r</math>  <math>d = 13.84 \text{ mm}</math></p>	<p><b>Módulo de sección</b>  <math>S_x = I_x / (H/2)</math>  <math>S_x = 20784.13 \text{ mm}^3 = 20.78 \text{ cm}^3</math></p>
<p><b>Longitud de toda la sección</b>  <math>L_t = 2 L_{Ala} + L_{Alma} + 2 L_c + 2d</math>  <math>L_t = 307.16 \text{ mm}</math></p>	
<p><b>Área de la sección</b>  <math>A = L_t (t)</math>  <math>A = 380.87 \text{ mm}^2 = 3.81 \text{ cm}^2</math></p>	

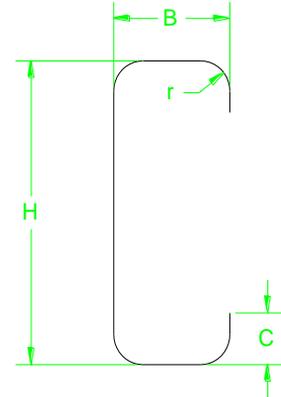
## 2.5.2. Análisis Estructural de la Vivienda

### 2.5.2.1. Cubierta

Perfil PGG 100 x 0.89

#### Características

Elemento	Dimensión
H	100 mm
B	40 mm
C	17 mm
r	1.40 mm
t	0.89 mm
$I_x$	$28.71 \text{ cm}^4$
$I_y$	$4.56 \text{ cm}^4$
A	$1.84 \text{ cm}^2$
$S_x$	$5.74 \text{ cm}^3$



#### Cálculo de la Resistencia

Como acción de las cargas gravitatorias se tomara la combinación más crítica, de acuerdo a lo establecido por la norma AISI y mencionado anteriormente. En nuestro caso la combinación 2 igual a  $1.2D + 1.6L + 0.5S$ , corroborado por el software de diseño estructural respectivamente, resulto ser la combinación de carga más crítica.

El cálculo del momento flector actuante se realizara en la cabreada más crítica, y de acuerdo a lo establecido en la norma AISI S100, 2007 Edition, sección B, Elementos, por el método de diseño LRFD.

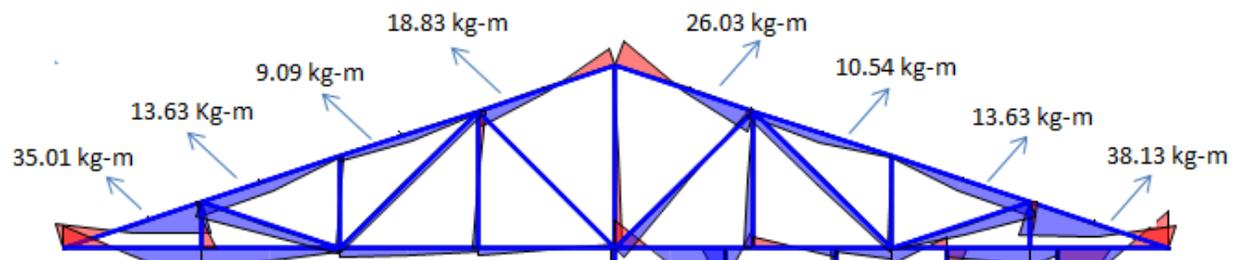


Figura 2.13. Momento Último en la cabreada más crítica

Momento Ultimo sobre la viga

$$C = 1.2D + 1.6L + 0.5S$$

$$D = 50.48$$

$$L = 122.32$$

$$S = 27.52$$

$$C = 270.048 \text{ kg/m}$$

$$L_{viga} = 0.7906 \text{ m}$$

$$M_U = \frac{CL^2}{8} = \frac{270.48(0.7906)^2}{8}$$

$$M_U = 21.6 \text{ Kg-m} = 21.18 \text{ kN-cm}$$

### Verificación de relaciones de esbeltez, Sección B1.1.

$$\text{Ala } \frac{b}{t} = \frac{35.42}{0.89} = 39.8 < 60 \quad \text{Cumple}$$

$$\text{Labio } \frac{d}{t} = \frac{15.6}{0.89} = 17.52 < 60 \quad \text{Cumple}$$

$$\text{Alma } \frac{h}{t} = \frac{95.42}{0.89} = 107.21 < 200 \quad \text{Cumple}$$

### Determinación de anchos efectivos de elementos comprimidos para resistencia, sección B2.1.

Labio

$$f_3 = f = 25 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} \rightarrow \text{Esfuerzo Limite de Fluencia}$$

$$k = 0.43$$

$$\lambda = \frac{1.052}{\sqrt{k}} \left( \frac{w}{t} \right) \sqrt{\frac{f}{E}}$$

$$\lambda = \frac{1.052}{\sqrt{0.43}} \left( \frac{15.6}{0.89} \right) \sqrt{\frac{25}{1.99E4}}$$

$$\lambda = 0.3255 < 0.673$$

Labio efectivo

Ala

$$L_{Ala} = w = 35.42 \text{ mm}$$

$$\lambda = \sqrt{\frac{f}{F_{cr}}}$$

$$F_{cr} = k \frac{\pi^2 E}{12(1 - \mu^2)} \left( \frac{t}{w} \right)^2$$

$$f = F_y = 25 \frac{\text{KN}}{\text{cm}^2}$$

$$E = 1.99E4 \frac{\text{KN}}{\text{cm}^2}$$

Como el ala del perfil se conecta al borde de un labio rigidizador, el valor de K estará comprendido entre 0.43 y 4, y se calcula según lo establecido en la sección B4.2.

Factor  $K$  0.43  $\rightarrow$  4

Estimación

$$S = 1.28 \sqrt{\frac{E}{f}}$$

$$S = 36.11$$

$$0.328S = 0.328(36.110)$$

$$0.328S = 11.84$$

$$\frac{w}{t} = \frac{35.42}{0.89}$$

$$\frac{w}{t} = 39.8$$

Como  $w/t = 39.8 > 0.328S = 11.84$

Entonces

$$b_1 = \frac{b}{2}(R_1)$$

$$b_2 = b - b_1$$

$K$  se debe calcular de acuerdo a la tabla B4.2

Tabla 2.22. Determinación del coeficiente k de la plancha

Rigidizador de borde de labio simple ( $140^\circ \geq \theta \geq 40^\circ$ )		Otras formas de rigidizadores de borde
$D/w \leq 0,25$	$0,25 < D/w \leq 0,8$	$3,57(RI)^n + 0,43 \leq 4$
$3,57(RI)^n + 0,43 \leq 4$	$(4,82 - 5D/w)(RI)^n + 0,43 \leq 4$	

Fuente [15]

$$\frac{D}{W} = \frac{17}{35.42} = 0.48$$

Como

$$0.25 < D/w = 0.48$$

$$K = \left(4.82 - \frac{5D}{w}\right)(R_I)^n + 0.43 \leq 4$$

$$(R_I) = \frac{I_s}{I_a} \leq 1$$

$$I_a = 399t^4 \left[ \frac{w/t}{S} - 0.328 \right]^3 \leq t^4 \left[ 115 \frac{w/t}{S} + 5 \right]$$

$$I_a = 116.16 > 89.29 \text{ no cumple}$$

$$I_s = \frac{td^3}{12} = \frac{0.89(15.6)^3}{12} = 281.5$$

$$(R_I) = \frac{I_s}{I_a} \leq 1$$

$$(R_I) = \frac{281.5}{116.16} \leq 1$$

$$(R_I) = 2.42$$

Por lo que se toma  $(R_I) = 1$

$$n = \left[ 0.582 - \frac{w/t}{4S} \right] \geq \frac{1}{3}$$

$$n = 0.30 \geq 0.333$$

por lo que se toma  $n = 1/3$

$$K = \left(4.82 - \frac{5(17)}{35.42}\right)(1)^{1/3} + 0.43 \leq 4$$

$$K = 2.85$$

$$F_{cr} = 2.85 \frac{\pi^2 1.99E4}{12(1-0.3^2)} \left( \frac{0.89}{35.42} \right)^2$$

$$F_{cr} = 32.36 \text{ KN} / \text{cm}^2$$

$$\lambda = \sqrt{\frac{25}{32.36}}$$

$$\lambda = 0.87 \leq 0.673 \rightarrow \text{Se reduce el ancho plano}$$

$$\rho = [1 - (0.22 / \lambda)] / \lambda$$

$$\rho = [1 - (0.22 / 0.87)] / 0.87$$

$$\rho = 0.85$$

$$b = \rho w$$

$$b = 0.85(35.42)$$

$$b = 30.10 \text{ mm}$$

Tabla 2.23. Características geométricas del Perfil PGG 100x0.89

Elemento	Longitud L(mm)	Distancia a la fibra superior Y(mm)	LY (mm <sup>2</sup> )	LY <sup>2</sup> (mm <sup>3</sup> )	Inercia Centroidal I <sub>o</sub> (mm <sup>3</sup> )
Ala Sup.	30.10	0.445	13.4	5.96	
Esq. Sup.	2.89	1.17	3.38	3.95	
Labio Sup.	15.6	16.55	258.18	4272.88	$1/12(15.6)^3=1898.21$
Alma	95.42	50	4771	238550	$1/12(95.42)^3=72399.7$
Esq. Inf.	2.89	98.83	285.62	28227.7	
Ala Inf.	35.42	99.55	3526.06	351019	
Labio Inf.	15.6	83.45	1301.82	108637	$1/12(15.6)^3=1898.21$
<b>Σ</b>	<b>197.92</b>		<b>10159.5</b>	<b>730716</b>	<b>76196.1</b>

*Distancia de la fibra neutra a la fibra superior*

$$v = \sum (LY) / L$$

$$v = \frac{10159.5}{197.92} = 51.33 \text{ mm}$$

*Inercia fibra superior*

$$I'fs = \sum (LY^2) + \sum Io$$

$$I'fs = 730716 + 76196.1$$

$$I'fs = 806912$$

*Momento de inercia lineal respecto al eje x'*

$$I'x' = I'fs - v^2 \sum L$$

$$I'x' = 806912 - 51.33^2 (197.92)$$

$$I'x' = 285439$$

*Momento de inercia real*

$$I_x = I'x'(t)$$

$$I_x = 254040 \text{ mm}^4$$

*Modulo de sección resistente de la fibra superior*

$$Sx's = \frac{I_x}{v}$$

$$Sx's = 4949.16 \text{ mm}^3$$

$$Sx = Sx's = 4.94 \text{ cm}^3$$

$$Mn = \phi_b S_e F_y$$

$$Mn = 0.9(4.94)(25)$$

$$Mn = 111.15 \text{ KN} - \text{cm}$$

$$Mu = 38.13 \text{ Kg} - \text{m} = 37.36 \text{ kN} - \text{cm}$$

$$Mu < Mn \rightarrow \text{Cumple}$$

### Almas y elementos rigidizados con gradiente de tensiones, sección B2.3.

Alma

Factor de esbeltez del alma

$$\lambda = \frac{1.052 \left( \frac{w}{t} \right) \sqrt{\frac{F_y}{E}}}{\sqrt{k}}$$

$$K = 4 + 2(1 - \psi)^3 + 2(1 - \psi)$$

$$\psi = \frac{f_2}{f_1}$$

$$F_{\max} = \frac{M_{\max}}{S_x}$$

$$F_{\max} = \frac{111.15 \text{ kN-cm}}{4.94 \text{ cm}^3} = 22.15 \text{ kN/cm}^2$$

$$f_1 = \left[ \frac{(50 - 2.29)}{50} \right] 22.15$$

$$f_1 = 21.46 \text{ kN/cm}^2 \rightarrow \text{Compresión}$$

$$f_2 = -f_1 = -21.46 \text{ kN/m}^2 \rightarrow \text{Tracción}$$

$$\psi = -1$$

$$K = 4 + 2[1 - (-1)]^3 + 2[1 - (-1)]$$

$$K = 24$$

$$F_y = f_1 = 21.46 \text{ kN/cm}^2$$

$$\lambda = \frac{1.052 \left( \frac{95.42}{0.89} \right) \sqrt{\frac{21.46}{1.99E4}}}{\sqrt{24}}$$

$$\lambda = 0.7560 \leq 0.673 \quad \text{No cumple}$$

Se debe reducir el ancho efectivo

$$\rho = [1 - (0.22 / \lambda)] / \lambda$$

$$\rho = [1 - (0.22 / 0.75)] / 0.75$$

$$\rho = 0.94$$

$$be = \rho w$$

$$be = 0.94(95.42)$$

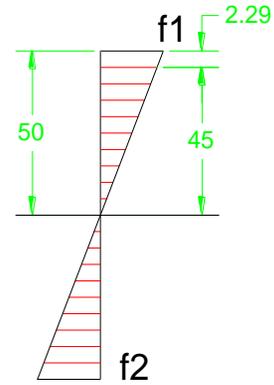
$$be = 89.69 \text{ mm}$$

Ancho efectivo  $b_1$

$$b_1 = be / (3 - \psi)$$

$$b_1 = 89.7 / (3 + 1)$$

$$b_1 = 22.45 \text{ mm}$$



Como  $\psi = -1 < 0.236$

Entonces

$$b_2 = b_e / 2$$

$$b_2 = 89.7 / 2$$

$$b_2 = 44.85 \text{ mm}$$

Por lo tanto  $b_1 + b_2 > L_{Alma}$  sometida a compresión

$$b_1 + b_2 = 67.3 \text{ mm}$$

$$h_a = \frac{L_{Alma}}{2} = \frac{95.42}{2} = 47.71 \text{ mm}$$

$67.3 > 47.71$  Comprueba que toda el alma es efectiva

El momento nominal resistente sigue siendo 111.15 kN-cm por lo cual toda la sección es efectiva y cumple con las especificaciones de la norma.

### Calculo de la deformación con cargas de servicio, $\Delta$

$$\Delta = \frac{5CL^4}{384EI}$$

$$E = 1.99E10 \text{ kg/m}^2$$

$$I = 2.78E-7 \text{ m}^4$$

$$C = 270.048 \text{ kg/m}$$

$$L_{viga} = 0.7906 \text{ m} = 79 \text{ cm}$$

$$\Delta = \frac{5(270.048)(0.7906)^4}{38(1.99E10)(2.78E-7)}$$

$$\Delta = 0.00025 \text{ m} = 0.025 \text{ cm}$$

Calculo del desplazamiento

$$\Delta p = \frac{L}{360}$$

$$\Delta p = \frac{79}{360} = 0.22 \text{ cm}$$

Como

$$\Delta = 0.025 < \Delta p = 0.22$$

El perfil PGG 100 x 0.89 cumple con la condición de deformación por lo que puede ser empleado para el diseño de la cubierta de la cabreada.

Algunos elementos propuestos inicialmente resultan sobre esforzados, específicamente las cabreadas de la cubierta 1, 2 y 12, por lo que se recomienda para garantizar que no fallen, lo siguiente,

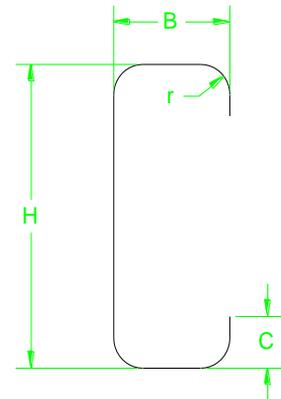
El perfil inicial PGG 100 x 0.89 podría ser reforzado al cambiar el mismo por un perfil PGG 100 x 1.6 y con esta medida garantizar que la cubierta no falle.

### 2.5.2.2. Viga Entrepiso

Perfil PGG 200 x 1.6

#### Características

Elemento	Dimensión
H	200 mm
B	44 mm
C	17 mm
r	2.46 mm
t	1.6 mm
$I_x$	$261.22 \text{ cm}^4$
$I_y$	$11.82 \text{ cm}^4$
A	$4.84 \text{ cm}^2$
$S_x$	$26.12 \text{ cm}^3$



*Momento Ultimo sobre la viga*

$$C = 1.2D + 1.6L + 0.5S$$

$$D = 46.90$$

$$L = 122.32$$

$$S = 27.52$$

$$C = 266.776 \text{ kg/m}$$

$$L_{\text{viga}} = 3 \text{ m}$$

$$M_v = \frac{CL^2}{8} = \frac{266.776(3)^2}{8}$$

$$M_v = 300.123 \text{ Kg-m} = 294.42 \text{ kN-cm}$$

### Verificación de relaciones de esbeltez, Sección B1.1.

$$\text{Ala } \frac{b}{t} = \frac{35.88}{1.6} = 22.425 < 60 \quad \text{Cumple}$$

$$\text{Labio } \frac{d}{t} = \frac{14.54}{1.6} = 9.08 < 60 \quad \text{Cumple}$$

$$\text{Alma } \frac{h}{t} = \frac{191.88}{1.6} = 119.5 < 200 \quad \text{Cumple}$$

### Determinación de anchos efectivos de elementos comprimidos para resistencia, sección B2.1.

Labio

$$f_3 = f = 25 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$$

$$k = 0.43$$

$$\lambda = \frac{1.052}{\sqrt{k}} \left( \frac{w}{t} \right) \sqrt{\frac{f}{E}}$$

$$\lambda = \frac{1.052}{\sqrt{0.43}} \left( \frac{14.54}{1.6} \right) \sqrt{\frac{25}{1.99E4}}$$

$$\lambda = 0.51 < 0.673 \quad \text{Labio efectivo}$$

Ala

$$L_{Ala} = w = 35.88 \text{ mm}$$

$$\lambda = \sqrt{\frac{f}{F_{cr}}}$$

$$F_{cr} = k \frac{\pi^2 E}{12(1 - \mu^2)} \left( \frac{t}{w} \right)^2$$

$$f = F_y = 25 \frac{\text{KN}}{\text{cm}^2}$$

$$E = 1.99E4 \frac{\text{KN}}{\text{cm}^2}$$

Como el ala del perfil se conecta al borde de un labio rigidizador, el valor de K estará comprendido entre 0.43 y 4, y se calcula según lo establecido en la sección B4.2.

Factor  $K$  0.43  $\rightarrow$  4

Estimación

$$S = 1.28 \sqrt{\frac{E}{f}}$$

$$S = 36.11$$

$$0.328S = 0.328(36.110)$$

$$0.328S = 11.84$$

$$\frac{w}{t} = \frac{35.88}{1.6}$$

$$\frac{w}{t} = 22.425$$

Como  $w/t = 22.425 > 0.328S = 11.84$

Entonces

$$b_1 = \frac{b}{2}(R_f)$$

$$b_2 = b - b_1$$

$K$  se debe calcular de acuerdo a la tabla B4.2

Tabla 2.24. Determinación del coeficiente  $k$  de la plancha

Rigidizador de borde de labio simple ( $140^\circ \geq \theta \geq 40^\circ$ )		Otras formas de rigidizadores de borde
$D/w \leq 0,25$	$0,25 < D/w \leq 0,8$	$3,57(RI)^n + 0,43 \leq 4$
$3,57(RI)^n + 0,43 \leq 4$	$(4,82 - 5D/w)(RI)^n + 0,43 \leq 4$	

Fuente [15]

$$\frac{D}{W} = \frac{17}{35.88} = 0.47$$

Como

$$0.25 < D/w = 0.47$$

$$K = \left(4.82 - \frac{5D}{w}\right)(R_f)^n + 0.43 \leq 4$$

$$(R_f) = \frac{I_s}{I_a} \leq 1$$

$$I_a = 399t^4 \left[ \frac{w/t}{S} - 0.328 \right]^3 \leq t^4 \left[ 115 \frac{w/t}{S} + 5 \right]$$

$$I_a = 65.69 < 500.7 \text{ cumple}$$

$$I_s = \frac{td^3}{12} = \frac{1.6(14.54)^3}{12} = 409.85$$

$$(R_f) = \frac{I_s}{I_a} \leq 1$$

$$(R_f) = \frac{409.85}{65.69} \leq 1$$

$$(R_f) = 6.23 \leq 1$$

Por lo que se toma  $(R_f) = 1$

$$n = \left[ 0.582 - \frac{w/t}{4S} \right] \geq \frac{1}{3}$$

$$n = 0.42 \geq 0.333$$

por lo que se toma  $n = 0.42$

$$K = \left( 4.82 - \frac{5(17)}{35.88} \right) (1)^{0.42} + 0.43 \leq 4$$

$$K = 2.88$$

$$F_{cr} = 2.88 \frac{\pi^2 1.99E4}{12(1-0.3^2)} \left( \frac{1.6}{35.88} \right)^2$$

$$F_{cr} = 103 \text{ KN/cm}^2$$

$$\lambda = \sqrt{\frac{25}{103}}$$

$$\lambda = 0.49 \leq 0.673 \rightarrow \text{Ala totalmente Efectiva}$$

### Almas y elementos rigidizados con gradiente de tensiones, sección B2.3.

Alma

Factor de esbeltez del alma

$$\lambda = \frac{1.052}{\sqrt{k}} \left( \frac{w}{t} \right) \sqrt{\frac{F_y}{E}}$$

$$K = 4 + 2(1-\psi)^3 + 2(1-\psi)$$

$$\psi = \frac{f_2}{f_1}$$

$$f_1 = -f_2$$

$$\psi = -1$$

$$K = 4 + 2[1 - (-1)]^3 + 2[1 - (-1)]$$

$$K = 24$$

$$F_y = f = 25 \text{ kN/cm}^2$$

$$\lambda = \frac{1.052}{\sqrt{24}} \left( \frac{191.88}{1.6} \right) \sqrt{\frac{25}{1.99E4}}$$

$$\lambda = 0.91 \leq 0.673 \quad \text{No cumple}$$

*Se debe reducir el ancho efectivo*

$$\rho = [1 - (0.22 / \lambda)] / \lambda$$

$$\rho = [1 - (0.22 / 0.91)] / 0.91$$

$$\rho = 0.83$$

$$be = \rho w$$

$$be = 0.83(191.88)$$

$$be = 159.88 \text{ mm}$$

*Ancho efectivo b1*

$$b1 = be / (3 - \psi)$$

$$b1 = 159.88 / (3 + 1)$$

$$b1 = 39.97 \text{ mm}$$

*Como  $\psi = -1 < 0.236$*

*Entonces*

$$b2 = be / 2$$

$$b2 = 159.88 / 2$$

$$b2 = 79.94 \text{ mm}$$

*Por lo tanto  $b1 + b2 > L_{Alma}$  sometida a compresión*

$$b1 + b2 = 119.91 \text{ mm}$$

$$h_a = \frac{L_{Alma}}{2} = \frac{191.88}{2} = 95.44 \text{ mm}$$

*119.91 > 95.44 Comprueba que toda el alma es efectiva*

$$\phi Mn = \phi Se F_y$$

$$\phi Mn = 0.9(26.12 \text{ cm}^3)(25 \text{ kN/cm}^2)$$

$$\phi Mn = 587.7 \text{ kN-cm}$$

De acuerdo con los resultados obtenidos con el software, el momento último  $M_u$  de la viga más crítica es igual a 179.7 KN-cm.

Por lo que el perfil PGG 200 x 1.6 queda comprobado cómo sigue.

$$M_u = 179.7 \text{ kN-cm}$$

$$\phi_c M_n = 587.7 \text{ KN}$$

$$M_u < \phi_c M_n \rightarrow \text{Verifica}$$

### Calculo de la deformación con cargas de servicio, $\Delta$

$$\Delta = \frac{5CL^4}{384EI}$$

$$E = 1.99E10 \text{ kg/m}^2$$

$$I = 2.61E - 6 \text{ m}^4$$

$$C = 266.776 \text{ kg/m}$$

$$L_{\text{viga}} = 3 \text{ m} = 300 \text{ cm}$$

$$\Delta = \frac{5(276.776)(3)^4}{384(1.99E10)(2.61E - 6)}$$

$$\Delta = 0.0056 \text{ m} = 0.56 \text{ cm}$$

*Calculo del desplazamiento*

$$\Delta p = \frac{L}{360}$$

$$\Delta p = \frac{300}{360} = 0.83 \text{ cm}$$

*Como*

$$\Delta = 0.56 < \Delta p = 0.83$$

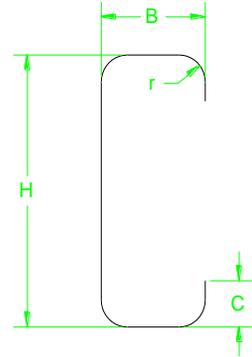
El perfil PGG 200 x 1.6 cumple con la condición de deformación por lo que puede ser empleado para el diseño de la cubierta del entrepiso.

### 2.5.2.3. Paneles para planta alta

Perfil PGG 100 x 1.24

#### Características

Elemento	Dimensión
H	100 mm
B	40 mm
C	17 mm
r	1.92 mm
t	1.24 mm
$I_x$	$39.35 \text{ cm}^4$
$I_y$	$6.13 \text{ cm}^4$
J	$0.0128 \text{ cm}^4$
$\beta$	0.6
A	$2.46 \text{ cm}^2$
$S_x$	$7.87 \text{ cm}^3$
$c_w$	$149.92 \text{ cm}^6$
$x_o$	3.875 cm
$r_0$	5.359 cm
$r_y$	1.549 cm



#### Calculo de resistencia

El cálculo de la resistencia a pandeo lateral se realizará de acuerdo a lo establecido en la norma AISI S100, 2007 Edition, sección C, Miembros, Elementos sometidos a pandeo lateral, C 3.1.2, por el método de diseño LRFD.

#### Tensión al pandeo flexional

$$L_y = 130 \text{ cm}$$

$$K_y = 1$$

$$r_y = 1.549 \text{ cm}$$

$$F_{e1} = \frac{\pi^2 E}{(Kl/r)^2}$$

$$F_{e1} = \frac{\pi^2 (1.99E4)}{[1(130)/1.549]^2}$$

$$F_{e1} = 27.88 \text{ kN/cm}^2$$

## Tensión al pandeo flexotorsional

$$L_x = 255 \text{ cm}$$

$$K_x = 1$$

$$r_x = 3.875 \text{ cm}$$

$$\sigma_{ex} = \frac{\pi^2 E}{(K_x L_x / r_x)^2}$$

$$\sigma_{ex} = \frac{\pi^2 (1.99E4)}{[1(255)/3.875]^2}$$

$$\sigma_{ex} = 45.35 \text{ kN/cm}^2$$

$$L_t = 130 \text{ cm}$$

$$K_t = 0.43$$

$$\sigma_t = \frac{1}{A r_0^2} \left[ GJ + \frac{\pi^2 E C_w}{(K_t L_t)^2} \right]$$

$$\sigma_t = \frac{1}{2.46(5.35)^2} \left[ 7690(0.0128) + \frac{\pi^2 1.99E4(149.92)}{(0.43 \times 130)^2} \right]$$

$$\sigma_t = 118.3 \text{ kN/cm}^2$$

$$F_{e2} = \frac{1}{2\beta} \left[ (\sigma_{ex} + \sigma_t) - \sqrt{(\sigma_{ex} + \sigma_t)^2 - 4\beta\sigma_{ex}\sigma_t} \right]$$

$$F_{e2} = \frac{1}{2(0.6)} \left[ (45.35 + 118.3) - \sqrt{(45.35 + 118.3)^2 - 4(0.6)(118.3)(45.35)} \right]$$

$$F_{e2} = 38.10 \text{ kN/cm}^2$$

## Tensión nominal de Pandeo

Se usa la tensión al pandeo flexional ya que resulto ser la menor, tal como lo establece la norma en l sección C4.1.

$$F_e = 27.88 \text{ kN} / \text{cm}^2$$

$$\lambda_c = \sqrt{\frac{F_y}{F_e}}$$

$$\lambda_c = \sqrt{\frac{25}{27.88}} = 0.94$$

Como

$$\lambda_c < 1.5$$

$$F_n = (0.658^{(\lambda_c)^2}) F_y$$

$$F_n = (0.658^{(0.94)^2}) F_y$$

$$F_n = (0.658^{(0.94)^2}) 25$$

$$F_n = 17.27 \text{ kN} / \text{cm}^2$$

Area Efectiva de acuerdo a la sección B2.2.a

$$\lambda = \frac{1.052 \left( \frac{w}{t} \right) \sqrt{f}}{\sqrt{K}} \sqrt{\frac{f}{E}}$$

$$K = 4$$

$$f = F_y$$

$$\lambda = \frac{1.052 \left( \frac{93.68}{1.24} \right) \sqrt{25}}{\sqrt{4}} \sqrt{\frac{25}{1.99E4}}$$

$$\lambda = 1.4$$

Como

$$\lambda > 0.673$$

$$b = w\rho$$

$$\rho = \frac{\left[1 - \frac{0.22}{\lambda}\right]}{\lambda}$$

$$\rho = \frac{\left[1 - \frac{0.22}{1.4}\right]}{1.4}$$

$$\rho = 0.60$$

$$b = 93.68 \text{ mm} (0.602)$$

$$b = 56.4 \text{ mm}$$

$$A_e = At - A_{\text{No Efectiva}}$$

$$A_{\text{No Efectiva}} = (w - b)t$$

$$A_{\text{No Efectiva}} = (93.68 - 56.4)(1.24)$$

$$A_{\text{No Efectiva}} = 46.22 \text{ mm}^2 = 0.4622 \text{ cm}^2$$

$$A_e = 2.46 - 0.4622$$

$$A_e = 1.99 \text{ cm}^2$$

$$\phi_c P_n = \phi_c A_e (F_n)$$

$$\phi_c P_n = 0.85(1.99 \text{ cm}^2)(17.27 \text{ kN/cm}^2)$$

$$\phi_c P_n = 29.32 \text{ KN}$$

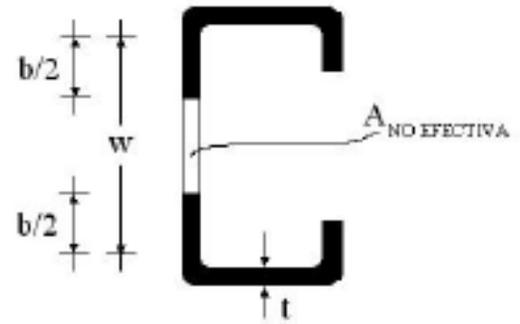


Figura 2.14. Área Efectiva: fuente [1]

De acuerdo con los resultados obtenidos con el software la carga última  $P_u$  sobre el montante más crítico es igual a 6.4KN.

Por lo que el perfil PGG 100 x 1.24 queda comprobado cómo sigue.

$$P_u = 6.4 \text{ KN}$$

$$\phi_c P_n = 29.34 \text{ KN}$$

$$\frac{P_u}{\phi_c P_n} = \frac{6.4 \text{ KN}}{29.34 \text{ KN}}$$

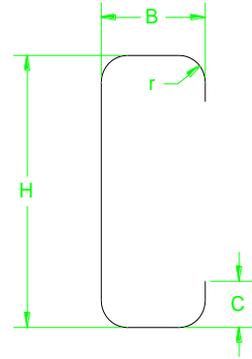
$$\frac{P_u}{\phi_c P_n} = 0.22 \rightarrow \text{Verifica}$$

### 2.5.2.4. Paneles para planta baja

Perfil PGG 100 x 1.6

#### Características

Elemento	Dimensión
H	100 mm
B	40 mm
C	17 mm
r	2.46 mm
t	1.6 mm
$I_x$	$47.12 \text{ cm}^4$
$I_y$	$7.61 \text{ cm}^4$
J	$0.0274 \text{ cm}^4$
$\beta$	0.61
A	$3.12 \text{ cm}^2$
$S_x$	$9.42 \text{ cm}^3$
$c_w$	$186.29 \text{ cm}^6$
$x_o$	3.857 cm
$r_0$	5.315 cm
$r_y$	1.5328 cm



#### Tensión al pandeo flexional

<b>Ly</b>	130 cm
<b>Ky</b>	1
<b>Ry</b>	1.5328 cm
<b>Fe1</b>	27.30 kN/cm <sup>2</sup>

#### Tensión al pandeo flexotorsional

<b>Lx</b>	255 cm
<b>Kx</b>	1
<b>rx</b>	3.857 cm
<b><math>\sigma_{ex}</math></b>	44.93 kN/cm <sup>2</sup>
<b>Lt</b>	130 cm
<b>Kt</b>	0.43
<b><math>\sigma_t</math></b>	135.23 kN/cm <sup>2</sup>
<b><math>\beta</math></b>	0.61
<b>Fe2</b>	38.83 kN/cm <sup>2</sup>

### Tensión nominal de Pandeo

<b>Fe</b>	27.30 kN/cm <sup>2</sup>
<b>λ<sub>c</sub></b>	0.957
<b>Fn</b>	17.04 kN/cm <sup>2</sup>
<b>w</b>	91.88 mm
<b>ρ</b>	0.74
<b>b</b>	68 mm
<b>Ae</b>	2.74 cm <sup>2</sup>
<b>φP<sub>n</sub></b>	39.68 kN

De acuerdo con los resultados obtenidos con el software la carga última  $P_u$  sobre el montante más crítico es igual a 13.77 KN.

Por lo que el perfil PGG 100 x 1.24 queda comprobado cómo sigue.

$$P_u = 13.77 \text{ KN}$$

$$\phi_c P_n = 39.68 \text{ KN}$$

$$\frac{P_u}{\phi_c P_n} = \frac{13.77 \text{ KN}}{39.68 \text{ KN}}$$

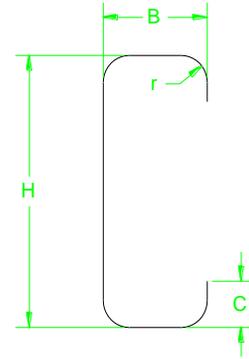
$$\frac{P_u}{\phi_c P_n} = 0.34 \rightarrow \text{Verifica}$$

### 2.5.2.5. Análisis de la Cubierta a Compresión

Perfil PGG 100 x 0.89

#### Características

Elemento	Dimensión
H	100 mm
B	40 mm
C	17 mm
r	1.40 mm
t	0.89 mm
$I_x$	$27.8 \text{ cm}^4$
$I_y$	$4.56 \text{ cm}^4$
J	$0.0048 \text{ cm}^4$
$\beta$	0.603
A	$1.81 \text{ cm}^2$
$S_x$	$5.56 \text{ cm}^3$
$c_w$	$111.59 \text{ cm}^6$
$x_o$	3.89 cm
$r_0$	5.40 cm
$r_y$	1.56 cm



#### Tensión al pandeo flexional

<b><math>L_y</math></b>	40 cm
<b><math>K_y</math></b>	1
<b><math>r_y</math></b>	1.56 cm
<b>Fe1</b>	$298.73 \text{ kN/cm}^2$

#### Tensión al pandeo flexotorsional

<b><math>L_x</math></b>	79 cm
<b><math>K_x</math></b>	1
<b><math>r_x</math></b>	3.89 cm
<b><math>\sigma_{ex}</math></b>	$476.20 \text{ kN/cm}^2$
<b><math>L_t</math></b>	40 cm
<b><math>K_t</math></b>	0.43
<b><math>\sigma_t</math></b>	$1404 \text{ kN/cm}^2$
<b><math>\beta</math></b>	0.603
<b>Fe2</b>	$409.32 \text{ kN/cm}^2$

### Tensión nominal de Pandeo

<b>Fe</b>	298.73 kN/cm <sup>2</sup>
<b>λ<sub>c</sub></b>	0.29
<b>F<sub>n</sub></b>	24.13 kN/cm <sup>2</sup>
<b>w</b>	95.42 mm
<b>ρ</b>	0.446
<b>b</b>	41.87 mm
<b>A<sub>e</sub></b>	1.34 cm <sup>2</sup>
<b>φP<sub>n</sub></b>	27.48 kN

De acuerdo con los resultados obtenidos con el software la carga última  $P_u$  sobre la viga más crítica es igual a 11.77 kN.

Por lo que el perfil PGG 100 x 0.89 queda comprobado cómo sigue.

$$P_u = 11.77 \text{ KN}$$

$$\phi_c P_n = 27.48 \text{ KN}$$

$$\frac{P_u}{\phi_c P_n} = \frac{11.77 \text{ KN}}{27.48 \text{ KN}}$$

$$\frac{P_u}{\phi_c P_n} = 0.43 \rightarrow \text{Verifica}$$

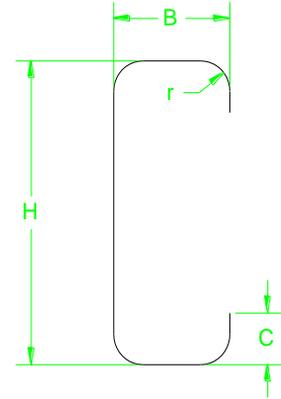
### 2.5.3. Análisis Estructural de la vivienda con perfiles de menor espesor.

#### 2.5.3.1. Viga Entrepiso

Perfil PGG 200 x 1.24

##### Características

Elemento	Dimensión
H	200 mm
B	44 mm
C	17 mm
r	1.92 mm
t	1.24 mm
$I_x$	$207.84 \text{ cm}^4$
$I_y$	$9.49 \text{ cm}^4$
A	$3.81 \text{ cm}^2$
$S_x$	$20.78 \text{ cm}^3$



*Momento Ultimo sobre la viga*

$$C = 1.2D + 1.6L + 0.5S$$

$$D = 46.90$$

$$L = 122.32$$

$$S = 27.52$$

$$C = 266.776 \text{ kg / m}$$

$$L_{viga} = 3 \text{ m}$$

$$M_U = \frac{CL^2}{8} = \frac{266.776(3)^2}{8}$$

$$M_U = 300.123 \text{ Kg} - \text{m} = 294.42 \text{ kN} - \text{cm}$$

### Verificación de relaciones de esbeltez, Sección B1.1.

$$\text{Ala } \frac{b}{t} = \frac{37.68}{1.24} = 30.38 < 60 \quad \text{Cumple}$$

$$\text{Labio } \frac{d}{t} = \frac{15.08}{1.24} = 12.16 < 60 \quad \text{Cumple}$$

$$\text{Alma } \frac{h}{t} = \frac{193.68}{1.24} = 156.19 < 200 \quad \text{Cumple}$$

### Determinación de anchos efectivos de elementos comprimidos para resistencia, sección B2.1.

Labio

$$f_3 = f = 25 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$$

$$k = 0.43$$

$$\lambda = \frac{1.052}{\sqrt{k}} \left( \frac{w}{t} \right) \sqrt{\frac{f}{E}}$$

$$\lambda = \frac{1.052}{\sqrt{0.43}} \left( \frac{13.84}{1.24} \right) \sqrt{\frac{25}{1.99E4}}$$

$$\lambda = 0.63 < 0.673 \quad \text{Labio efectivo}$$

Ala

$$L_{Ala} = w = 37.68 \text{ mm}$$

$$\lambda = \sqrt{\frac{f}{F_{cr}}}$$

$$F_{cr} = k \frac{\pi^2 E}{12(1 - \mu^2)} \left( \frac{t}{w} \right)^2$$

$$f = F_y = 25 \frac{\text{KN}}{\text{cm}_2}$$

$$E = 1.99E4 \frac{\text{KN}}{\text{cm}_2}$$

Como el ala del perfil se conecta al borde de un labio rigidizador, el valor de K estará comprendido entre 0.43 y 4, y se calcula según lo establecido en la sección B4.2.

Factor  $K$  0.43  $\rightarrow$  4

Estimación

$$S = 1.28 \sqrt{\frac{E}{f}}$$

$$S = 36.11$$

$$0.328S = 0.328(36.110)$$

$$0.328S = 11.84$$

$$\frac{w}{t} = \frac{37.68}{1.24}$$

$$\frac{w}{t} = 30.38$$

Como  $w/t = 30.38 > 0.328S = 11.84$

Entonces

$$b_1 = \frac{b}{2}(R_1)$$

$$b_2 = b - b_1$$

$K$  se debe calcular de acuerdo a la tabla B4.2

Tabla 2.25. Determinación del coeficiente  $k$  de la plancha

Rigidizador de borde de labio simple ( $140^\circ \geq \theta \geq 40^\circ$ )		Otras formas de rigidizadores de borde
$D/w \leq 0,25$	$0,25 < D/w \leq 0,8$	$3,57(RI)^n + 0,43 \leq 4$
$3,57(RI)^n + 0,43 \leq 4$	$(4,82 - 5D/w)(RI)^n + 0,43 \leq 4$	

Fuente [15]

$$\frac{D}{W} = \frac{17}{35.88} = 0.47$$

Como

$$0.25 < D/w = 0.45$$

$$K = \left(4.82 - \frac{5D}{w}\right)(R_f)^n + 0.43 \leq 4$$

$$(R_f) = \frac{I_s}{I_a} \leq 1$$

$$I_a = 399t^4 \left[ \frac{w/t}{S} - 0.328 \right]^3 \leq t^4 \left[ 115 \frac{w/t}{S} + 5 \right]$$

$$I_a = 127.59 < 240.56 \text{ cumple}$$

$$I_s = \frac{td^3}{12} = \frac{1.24(13.84)^3}{12} = 273.93$$

$$(R_f) = \frac{I_s}{I_a} \leq 1$$

$$(R_f) = \frac{273.93}{127.59} \leq 1$$

$$(R_f) = 2.14 \leq 1$$

Por lo que se toma  $(R_f) = 1$

$$n = \left[ 0.582 - \frac{w/t}{4S} \right] \geq \frac{1}{3}$$

$$n = 0.37 \geq 0.333$$

por lo que se toma  $n = 0.37$

$$K = \left(4.82 - \frac{5(17)}{37.68}\right)(1)^{0.37} + 0.43 \leq 4$$

$$K = 2.99$$

$$F_{cr} = 2.88 \frac{\pi^2 1.99E4}{12(1-0.3^2)} \left( \frac{1.24}{37.68} \right)^2$$

$$F_{cr} = 58.24 \text{ KN/cm}^2$$

$$\lambda = \sqrt{\frac{25}{58.24}}$$

$$\lambda = 0.42 \leq 0.673 \rightarrow \text{Ala totalmente Efectiva}$$

**Almas y elementos rigidizados con gradiente de tensiones, sección B2.3.**

*Alma*

*Factor de esbeltez del alma*

$$\lambda = \frac{1.052}{\sqrt{k}} \left( \frac{w}{t} \right) \sqrt{\frac{F_y}{E}}$$

$$K = 4 + 2(1 - \psi)^3 + 2(1 - \psi)$$

$$\psi = \frac{f_2}{f_1}$$

$$f_1 = -f_2$$

$$\psi = -1$$

$$K = 4 + 2[1 - (-1)]^3 + 2[1 - (-1)]$$

$$K = 24$$

$$F_y = f = 25 \text{ kN/cm}^2$$

$$\lambda = \frac{1.052}{\sqrt{24}} \left( \frac{193.68}{1.24} \right) \sqrt{\frac{25}{1.99E4}}$$

$$\lambda = 1.18 \leq 0.673 \quad \text{No cumple}$$

*Se debe reducir el ancho efectivo*

$$\rho = [1 - (0.22 / \lambda)] / \lambda$$

$$\rho = [1 - (0.22 / 0.91)] / 0.91$$

$$\rho = 0.69$$

$$be = \rho w$$

$$be = 0.69(193.68)$$

$$be = 133.53 \text{ mm}$$

*Ancho efectivo b1*

$$b1 = be / (3 - \psi)$$

$$b1 = 133.53 / (3 + 1)$$

$$b1 = 33.38 \text{ mm}$$

Como  $\psi = -1 < 0.236$

Entonces

$$b_2 = be/2$$

$$b_2 = 133.53/2$$

$$b_2 = 66.76\text{mm}$$

Por lo tanto  $b_1 + b_2 > L_{Alma}$  sometida a compresión

$$b_1 + b_2 = 100.14\text{mm}$$

$$h_a = \frac{L_{Alma}}{2} = \frac{193.68}{2} = 96.84\text{mm}$$

$100.14 > 96.84$  Comprueba que toda el alma es efectiva

$$\phi Mn = \phi Se F_y$$

$$\phi Mn = 0.9(20.78\text{ cm}^3)(25\text{ kN/cm}^2)$$

$$\phi Mn = 467.55\text{ kN-cm}$$

De acuerdo con los resultados obtenidos con el software el momento último  $M_u$  de la viga más crítica es igual a 175.63 kN-cm.

Por lo que el perfil PGG 200 x 1.4 queda comprobado cómo sigue.

$$M_u = 175.63\text{ kN-cm}$$

$$\phi_c M_n = 467.55\text{ kN}$$

$$M_u < \phi_c M_n \rightarrow \text{Verifica}$$

### Calculo de la deformación con cargas de servicio, $\Delta$

$$\Delta = \frac{5CL^4}{384EI}$$

$$E = 1.99E10 \text{ kg/m}^2$$

$$I = 2.61E - 6 \text{ m}^4$$

$$C = 276.776 \text{ kg/m}$$

$$L_{\text{viga}} = 3 \text{ m} = 300 \text{ cm}$$

$$\Delta = \frac{5(276.776)(3)^4}{384(1.99E10)(2.078E - 6)}$$

$$\Delta = 0.0070 \text{ m} = 0.70 \text{ cm}$$

*Calculo del desplazamiento*

$$\Delta p = \frac{L}{360}$$

$$\Delta p = \frac{300}{360} = 0.83 \text{ cm}$$

*Como*

$$\Delta = 0.70 < \Delta p = 0.83 \rightarrow \text{Cumple}$$

De acuerdo con el análisis desarrollado por el software de diseño estructural algunas vigas están siendo motivo de falla debido a que cumplen la condición establecida por la norma al límite.

Claro está que en el modelado que se realiza en el software, no se puede establecer las condiciones reales de como estarán dispuestos los perfiles en la construcción real.

Por esta razón el perfil PGG 200 x 1.24, es totalmente efectivo para ser utilizado en el entrepiso de la vivienda.

En las siguientes figuras se observa el análisis del entrepiso realizado por el software de diseño y análisis estructural con los perfiles PGG 200 x 1.24 y 200 x 1.6.

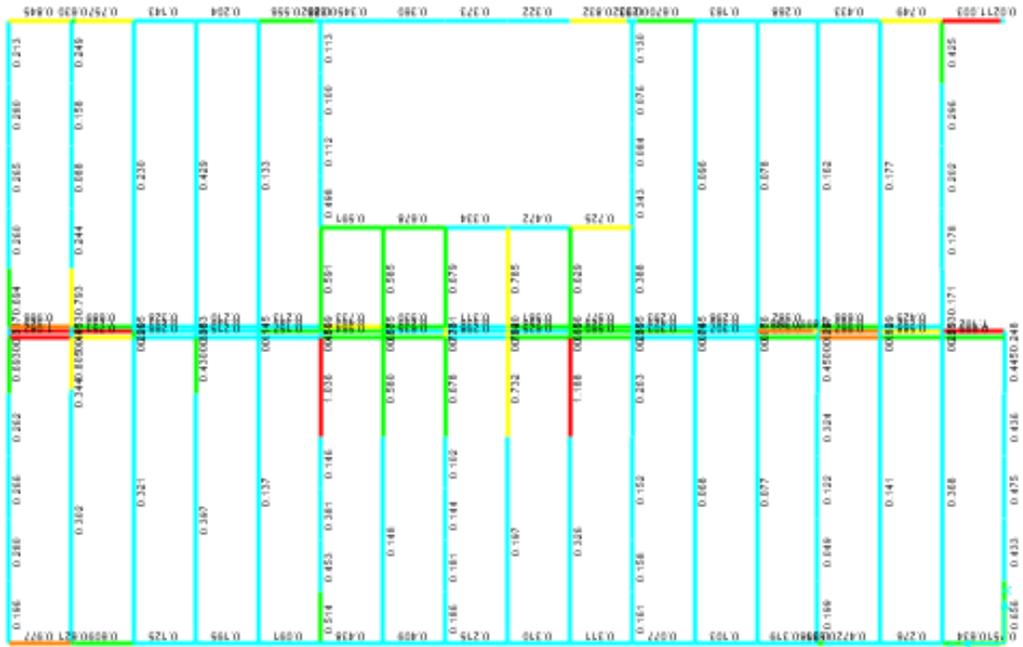


Figura 2.15. Espectro de Carga Entrepiso con el Perfil PGG 200 x 1.24

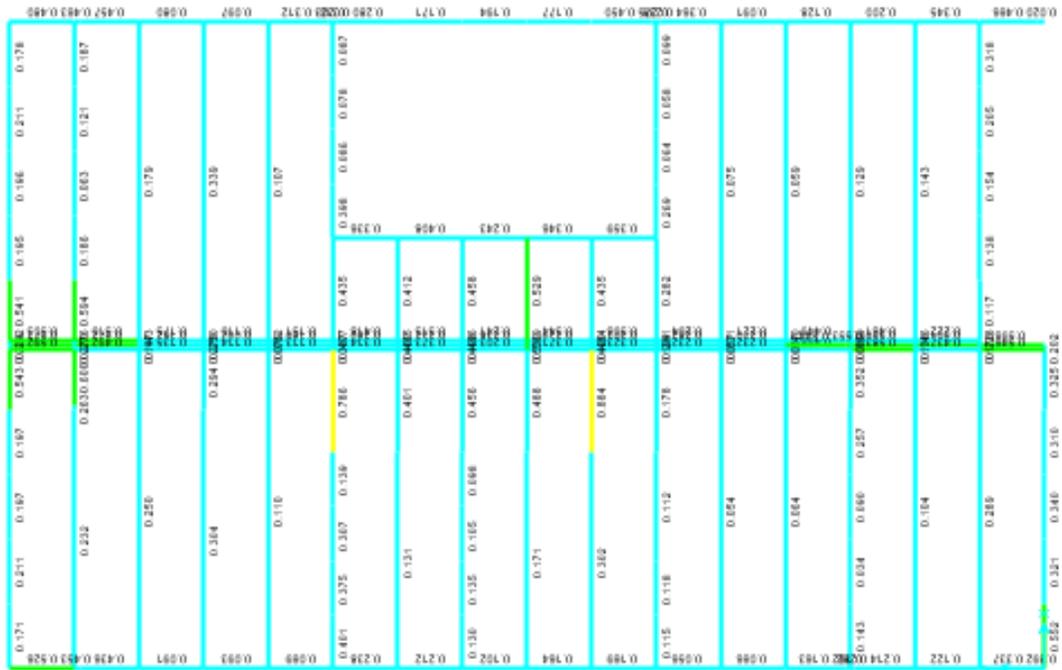


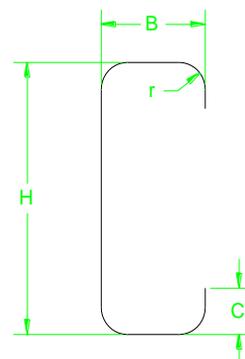
Figura 2.16. Espectro de Carga Entrepiso con el Perfil PGG 200 x 1.6

### 2.5.3.2. Paneles para planta alta

Perfil PGG 100 x 0.89

#### Características

Elemento	Dimensión
H	100 mm
B	40 mm
C	17 mm
r	1.40 mm
t	0.89 mm
$I_x$	$27.8 \text{ cm}^4$
$I_y$	$4.56 \text{ cm}^4$
J	$0.0048 \text{ cm}^4$
$\beta$	0.603
A	$1.81 \text{ cm}^2$
$S_x$	$5.56 \text{ cm}^3$
$c_w$	$111.59 \text{ cm}^6$
$x_o$	3.89 cm
$r_0$	5.40 cm
$r_y$	1.56 cm



#### Tensión al pandeo flexional

$L_y$	130 cm
$K_y$	1
$r_y$	1.56 cm
<b>Fe1</b>	28.28 kN/cm <sup>2</sup>

#### Tensión al pandeo flexotorsional

$L_x$	255 cm
$K_x$	1
$r_x$	3.89 cm
$\sigma_{ex}$	45.70 kN/cm <sup>2</sup>
$L_t$	130 cm
$K_t$	0.43
$\sigma_t$	63.46 kN/cm <sup>2</sup>
$\beta$	0.603
<b>Fe2</b>	32.34 kN/cm <sup>2</sup>

### Tensión nominal de Pandeo

<b>Fe</b>	28.80 kN/cm <sup>2</sup>
<b>λ<sub>c</sub></b>	0.93
<b>F<sub>n</sub></b>	17.40 kN/cm <sup>2</sup>
<b>w</b>	95.42 mm
<b>ρ</b>	0.446
<b>b</b>	41.87 mm
<b>A<sub>e</sub></b>	1.34 cm <sup>2</sup>
<b>φP<sub>n</sub></b>	19.81 kN

De acuerdo con los resultados obtenidos con el software la carga última  $P_u$  sobre el montante más crítico es igual a 6.58 KN.

Por lo que el perfil PGG 100 x 0.89 queda comprobado cómo sigue.

$$P_u = 6.58 \text{ KN}$$

$$\phi_c P_n = 34.46 \text{ KN}$$

$$\frac{P_u}{\phi_c P_n} = \frac{6.58 \text{ KN}}{19.81 \text{ KN}}$$

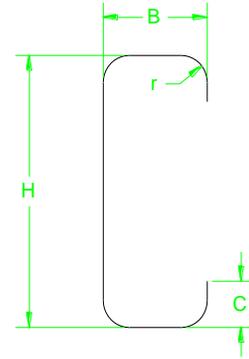
$$\frac{P_u}{\phi_c P_n} = 0.33 \rightarrow \text{Verifica}$$

### 2.5.3.3. Paneles para planta alta

Perfil PGG 100 x 1.24

#### Características

Elemento	Dimensión
H	100 mm
B	40 mm
C	17 mm
r	1.92 mm
t	1.24 mm
$I_x$	$39.35 \text{ cm}^4$
$I_y$	$6.13 \text{ cm}^4$
J	$0.0128 \text{ cm}^4$
$\beta$	0.6
A	$2.46 \text{ cm}^2$
$S_x$	$7.87 \text{ cm}^3$
$c_w$	$149.92 \text{ cm}^6$
$x_o$	3.875 cm
$r_0$	5.359 cm
$r_y$	1.549 cm



#### Tensión al pandeo flexional

$L_y$	130 cm
$K_y$	1
$r_y$	1.549 cm
<b>Fe1</b>	27.88 kN/cm <sup>2</sup>

#### Tensión al pandeo flexotorsional

$L_x$	255 cm
$K_x$	1
$r_x$	3.875 cm
$\sigma_{ex}$	45.35 kN/cm <sup>2</sup>
$L_t$	130 cm
$K_t$	0.43
$\sigma_t$	118.3 kN/cm <sup>2</sup>
$\beta$	0.6
<b>Fe2</b>	38.10 kN/cm <sup>2</sup>

### Tensión nominal de Pandeo

<b>Fe</b>	27.88 kN/cm <sup>2</sup>
<b>λ<sub>c</sub></b>	0.94
<b>Fn</b>	17.27 kN/cm <sup>2</sup>
<b>w</b>	93.68 mm
<b>ρ</b>	0.6
<b>b</b>	56.4 mm
<b>Ae</b>	1.99 cm <sup>2</sup>
<b>φP<sub>n</sub></b>	29.32 kN

De acuerdo con los resultados obtenidos con el software la carga última  $P_u$  sobre el montante más crítico es igual a 13.16 kN.

Por lo que el perfil PGG 100 x 1.24 queda comprobado cómo sigue.

$$P_u = 6.4 \text{ KN}$$

$$\phi_c P_n = 29.34 \text{ KN}$$

$$\frac{P_u}{\phi_c P_n} = \frac{13.16 \text{ KN}}{29.34 \text{ KN}}$$

$$\frac{P_u}{\phi_c P_n} = 0.44 \rightarrow \text{Verifica}$$

De igual manera que con las vigas el modelado que se realiza en el software, no establece las condiciones reales de como estarán dispuestos los montantes en la construcción real, motivo por el cual fallan algunos perfiles debido a que cumplen al límite la condición establecida por la norma.

Por esta razón los perfiles PGG 100 x 0.89 que conforman los montantes de la planta alta y los perfiles PGG 100 x 1.24 de la planta baja son totalmente efectivos para ser utilizados en la vivienda.

## 2.6. Comprobación de un marco rígido de la vivienda

Para verificar que los resultados obtenidos por el software de diseño y análisis estructural son los correctos se utilizara el análisis aproximado de marcos rígidos según lo establece el libro “Diseño de Estructuras Metálicas” de Jack C. McCormac.

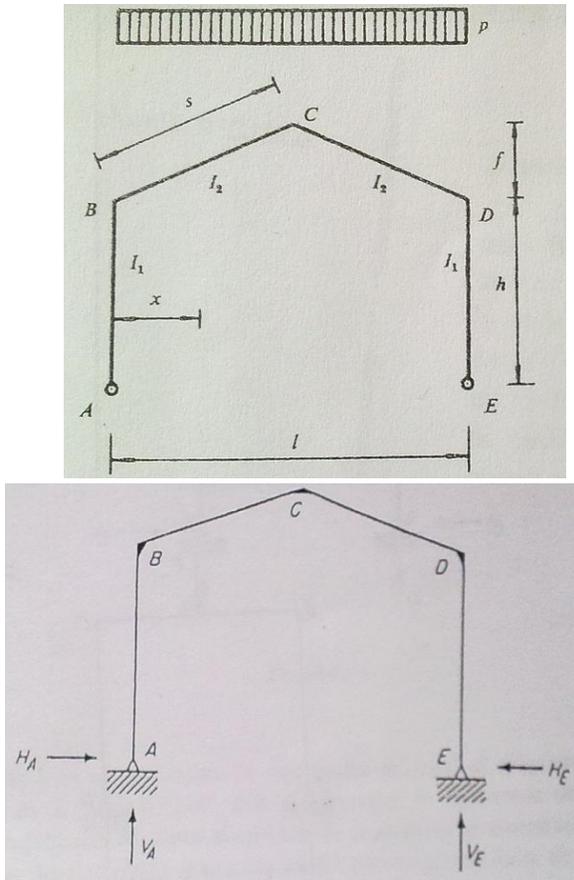


Figura 2.17. Marcos Rígidos: Fuente [13]

Con las ecuaciones presentadas a continuación se hará la estimación de los valores de las reacciones H y de la misma manera se obtendrá mediante los cálculos de la estática los momentos aproximados en varios puntos del marco rígido

$$k = \frac{I_2 h}{I_1 m}$$

$$Q = \frac{f}{h}$$

$$N = 4(Q^2 + 3Q + k + 3)$$

$$H_A = H_E = \frac{wl^2}{8hN} (5Q + 8)$$

### 2.6.1. Cálculo de un marco rígido de la vivienda

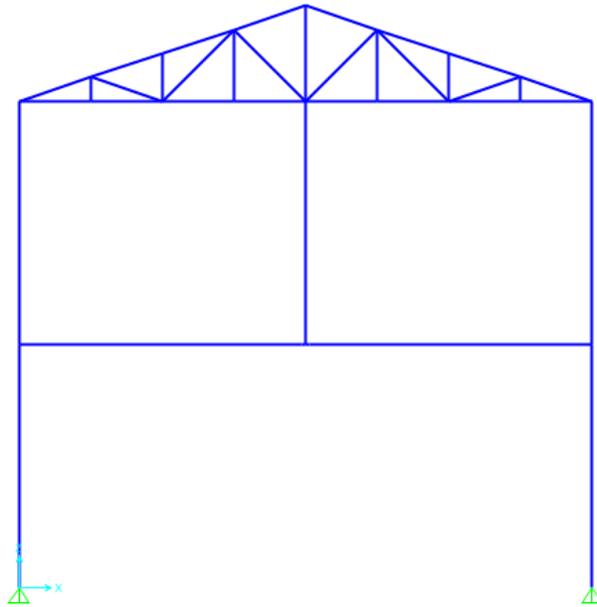


Figura 2.18. Marco Rígido

Para el cálculo de un marco rígido de la vivienda vamos omitir los miembros internos como son las vigas del entrepiso y el montante central además todos los perfiles de la cabreada que se muestran en la figura, ya que estos van hacer que el cálculo sea más complejo debido a las fuerzas que producen los nodos de los elementos internos, los mismos que calculados manualmente se vuelven muy complicados. La carga que se tomara será únicamente la muerta.

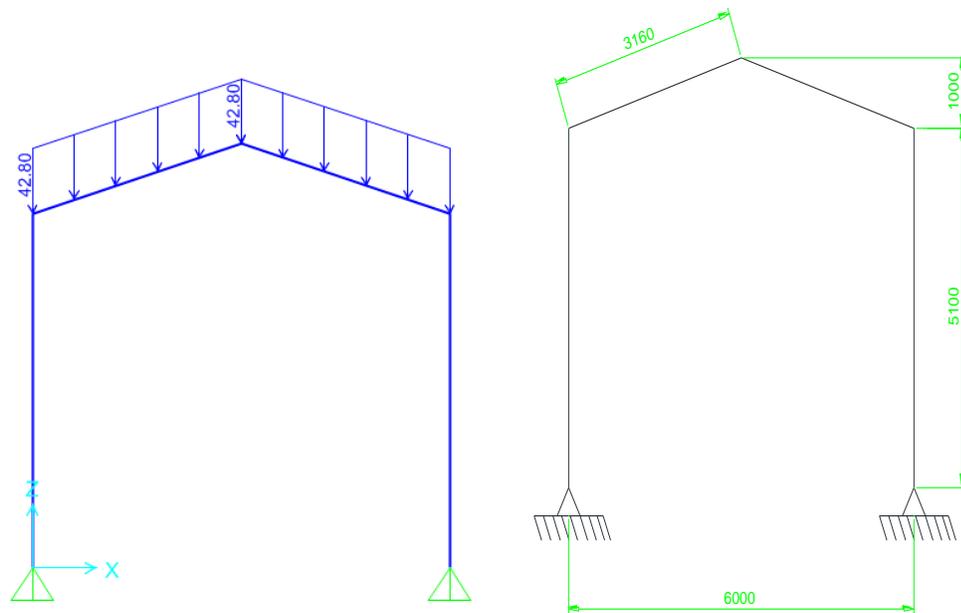


Figura 2.19. Carga Muerta y Dimensiones del Marco Rígido

$$k = \frac{I_2 h}{I_1 m}$$

$$k = \frac{5.1}{3.16} = \mathbf{1.61}$$

$$Q = \frac{f}{h}$$

$$Q = \frac{1}{5.1} = \mathbf{0.196}$$

$$N = 4(Q^2 + 3Q + k + 3)$$

$$N = 4(0.196^2 + 3 * 0.196 + 1.61 + 3)$$

$$N = \mathbf{20.94}$$

$$V_A = V_E = \frac{pl}{2}$$

$$V_A = \frac{42.80 * 6}{2} = \mathbf{128.4 \text{ kg/m}}$$

$$H_A = H_E = \frac{wl^2}{8hN} (5Q + 8)$$

$$H_A = 1.05 \frac{(42.80)(6)^2}{8(5.1)(20.94)} [5(0.196) + 8]$$

$$H_A = 17 \text{ kg/m}$$

El valor de H se incrementa el 5 por ciento de acuerdo con las especificaciones de McCormak

### **Momentos flectores**

$$M_B = M_D = -\frac{pl^2h}{32} \left[ \frac{8h + 5f}{h^2(3 + k) + f(3h + f)} \right]$$

$$M_B = -\frac{42.80 * 6^2 * 5.1}{32} \left[ \frac{8 * 5.1 + 5 * 1}{5.1^2(3 + 1.61) + 1(3 * 5.1 + 1)} \right]$$

$$M_B = -82.57 \text{ Kg} * m$$

$$M_C = \frac{pl^2}{8} + \frac{f + h}{h} M_B$$

$$M_C = \frac{42.80 * 6^2}{8} + \frac{1 + 5.1}{5.1} (-82.57)$$

$$M_C = 93.83 \text{ kg} * m$$

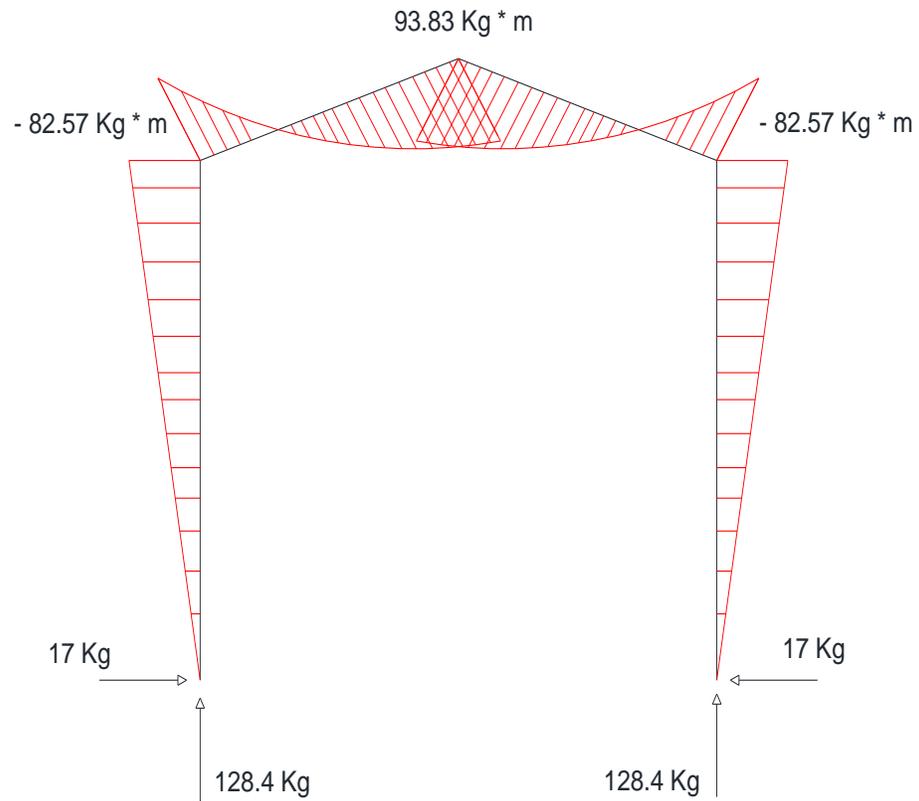


Figura 2.20. Diagrama de Momentos y Reacciones

### Cálculos realizados por el software de diseño y análisis estructural

Nos proporcionó las siguientes reacciones

$$H_A = H_E = 17.03 \text{ Kg}$$

$$V_A = V_E = 135.35 \text{ Kg}$$

Los momentos dieron como resultado

$$M_B = M_D = -86.84 \text{ Kg/m}$$

$$M_c = 99.15 \text{ Kg/m}$$

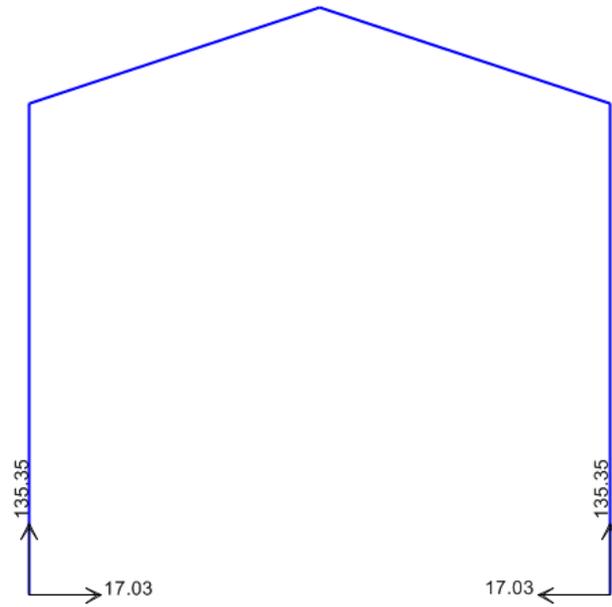


Figura 2.21. Resultados del software, Reacciones

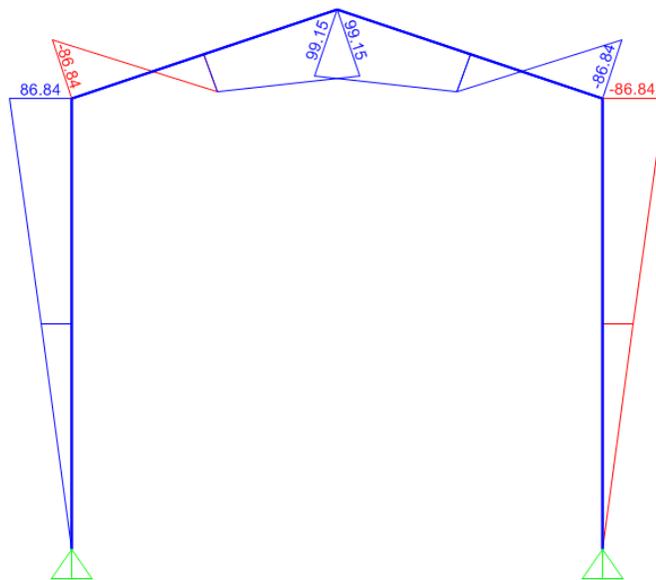


Figura 2.22. Diagrama de Momentos por el software

Los cálculos realizados manualmente y los del software se asemejan mucho en sus valores por lo que de esta manera damos veracidad al análisis estructural de la vivienda

## 2.7. Detalles constructivos.

### 2.7.1. Encuentro Entre Paneles

Existen varias alternativas para realizar el encuentro entre paneles, explicaremos los considerados para nuestro proyecto.

#### 2.7.1.1. Encuentro para esquinas

Para la unión de dos paneles que terminan en una esquina se dispone los perfiles de la siguiente manera.

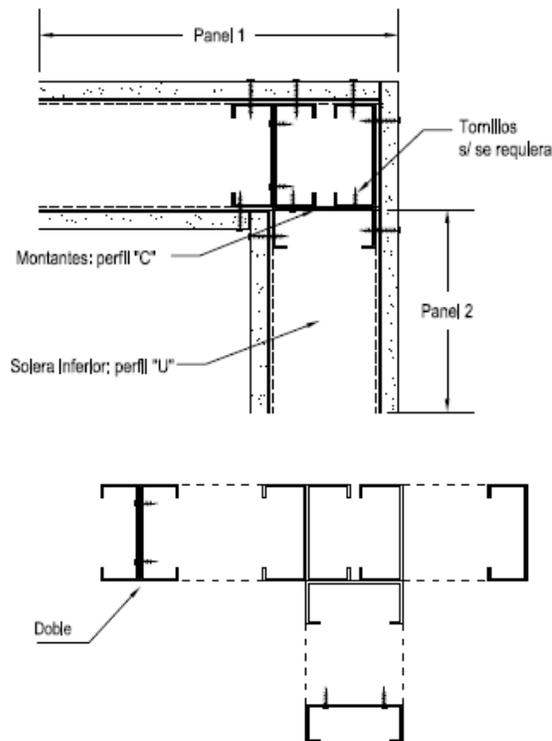


Figura 2.23. Encuentro de Esquinas: Fuente [9]

La disposición de los perfiles le dará una mayor rigidez al armado de los paneles, quedando las placas ubicadas de la siguiente manera.

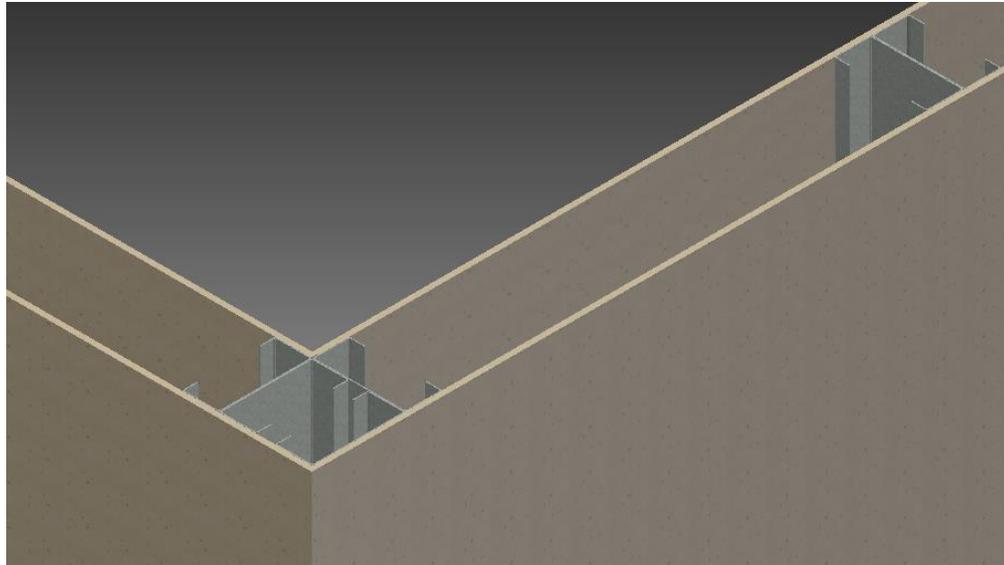


Figura 2.24. Unión de Placas

### 2.7.1.2. Encuentro de Paneles en T

Esta disposición se usa mucho para las paredes interiores de la vivienda y se establece de la siguiente manera.

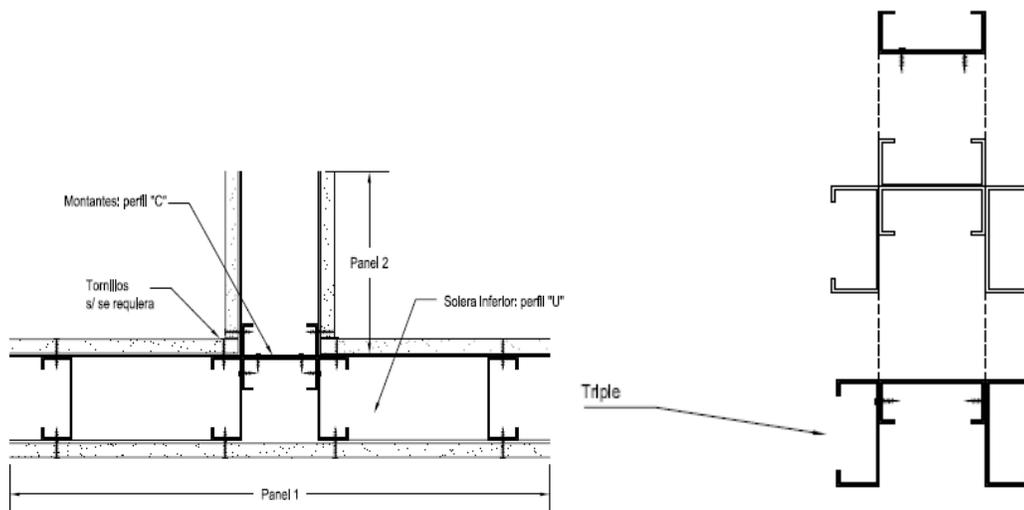


Figura 2.25. Encuentro de paneles en T: Fuente [9]

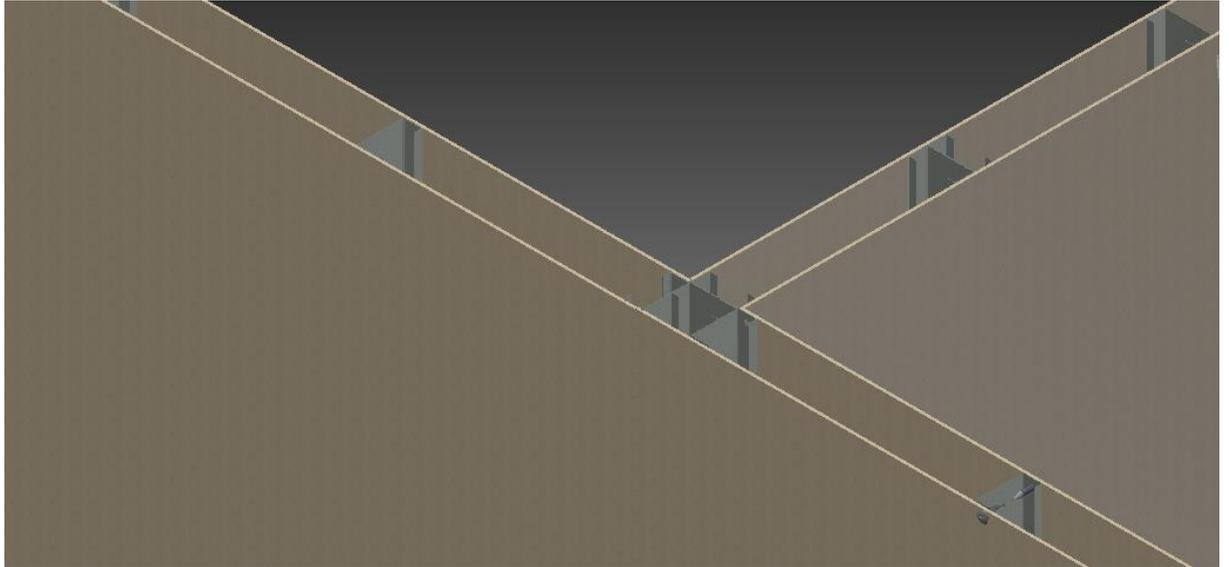


Figura 2.26. Placas sobre paneles en T

### 2.7.1.3. Encuentro de Paneles en Cruz

Se encuentra dada de la siguiente manera:

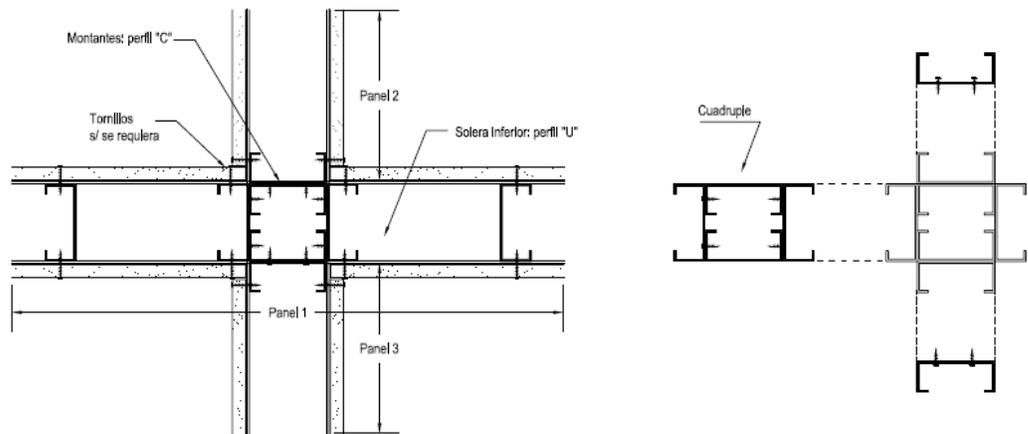


Figura 2.27. Encuentro de paneles en Cruz: Fuente [9]

### 2.7.2. Entrepisos y Vanos en Entrepisos

Los perfiles del entrepiso se encuentran distribuidos en forma horizontal y de igual manera que los paneles, esta disposición mencionada con anterioridad se denomina in line framing o estructura alineada, las vigas de entrepiso deben ser resistentes de acuerdo al cálculo estructural. Las perforaciones sobre estas vigas se deben realizar de acuerdo a lo establecido en la norma, pero si se requiere perforaciones mayores, la misma se debe hacer con un refuerzo sobre la viga para evitar que falle.

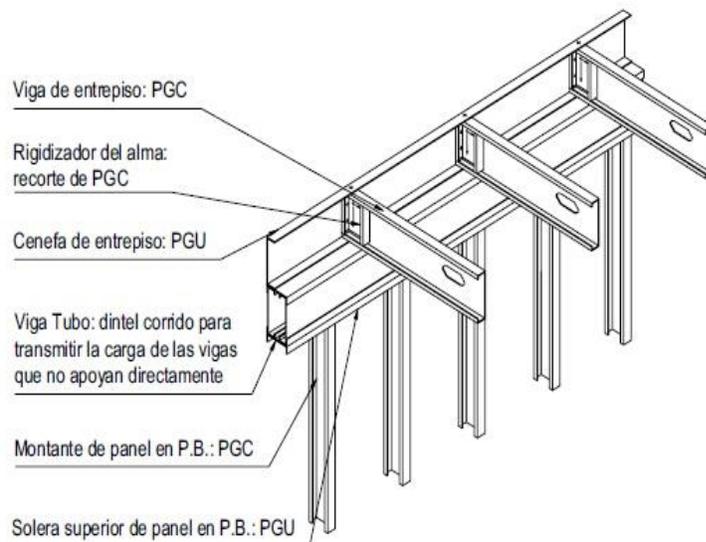


Figura 2.28. Entrepiso: Fuente [2]

Los vanos en el entrepiso se realizan de la siguiente manera como lo explica las figuras 2.23 y 2.24.

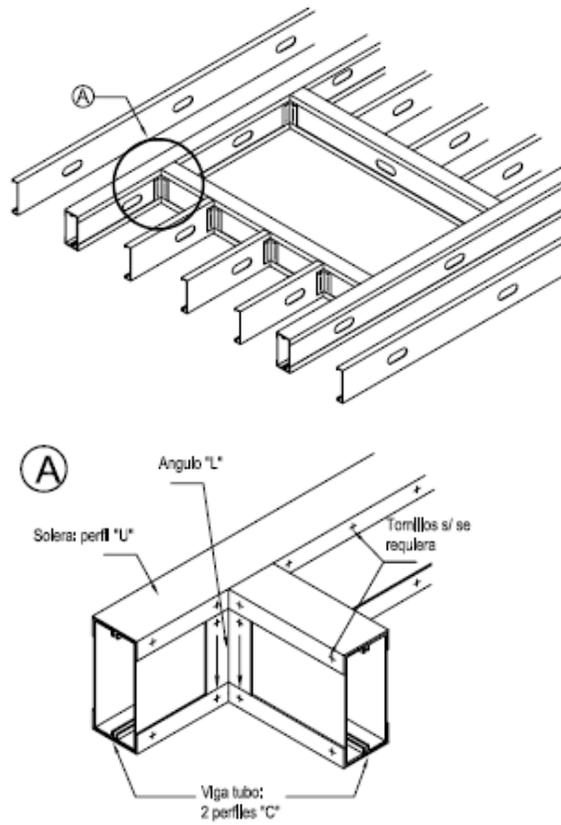


Figura 2.29. Vano en Entrepiso: Fuente [9]

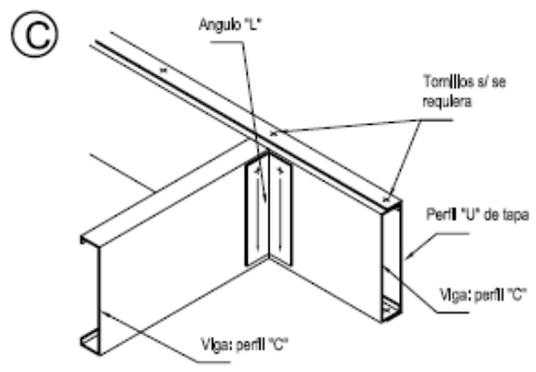
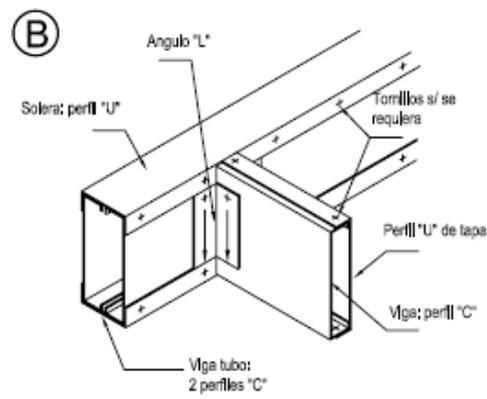
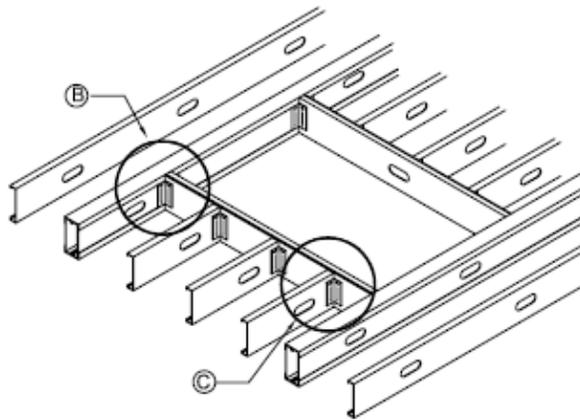


Figura 2.30. Detalle de Vano en Entrepiso: Fuente [9]

### 2.7.3. Armado de la Cabriada

El tipo de cabriada utilizado para nuestro proyecto fue la estándar, el detalle de su ensamblaje se explica en la figura 2.25.

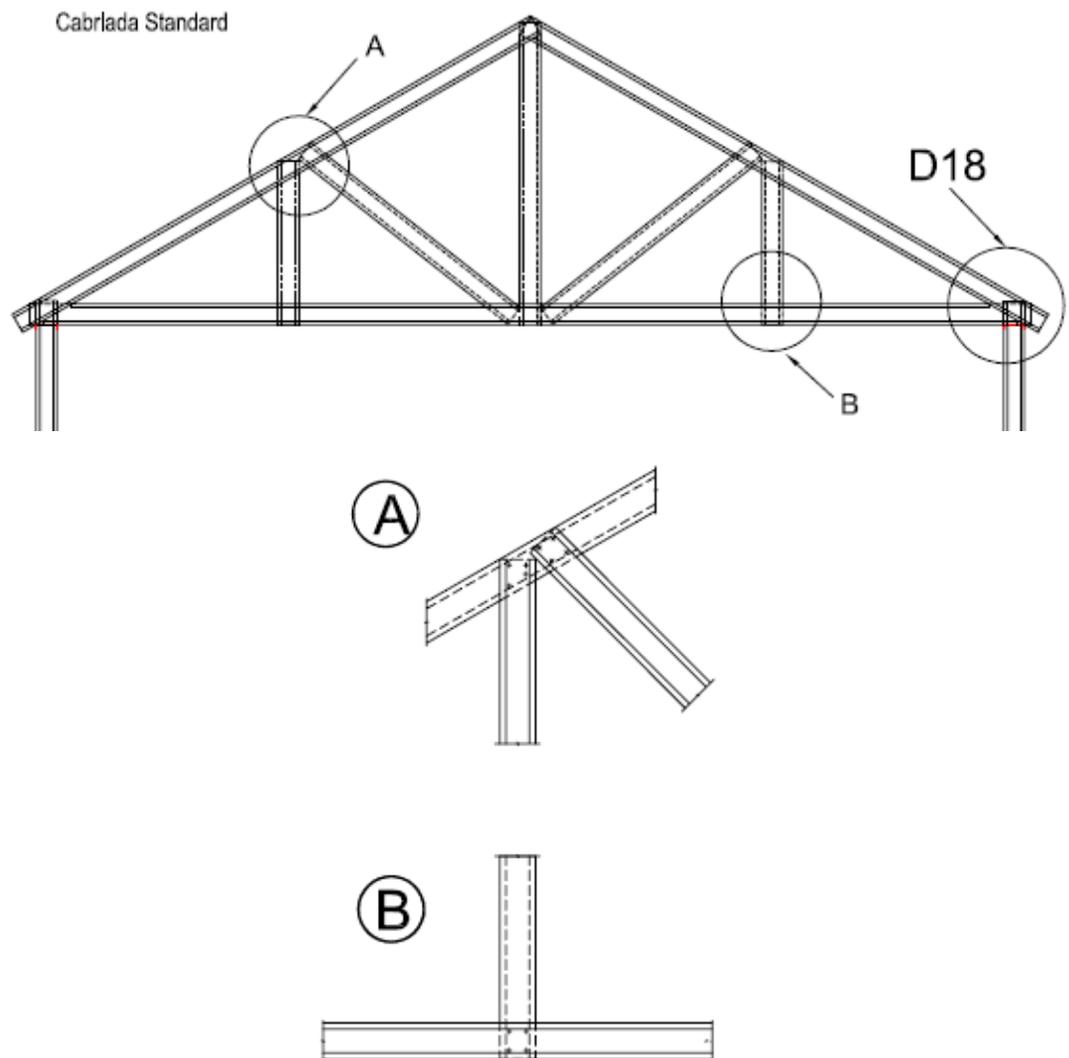


Figura 2.31. Detalle de la Cabreada: Fuente [9]

El detalle de la cabriada sobre el panel portante se visualiza en la figura 2.26.

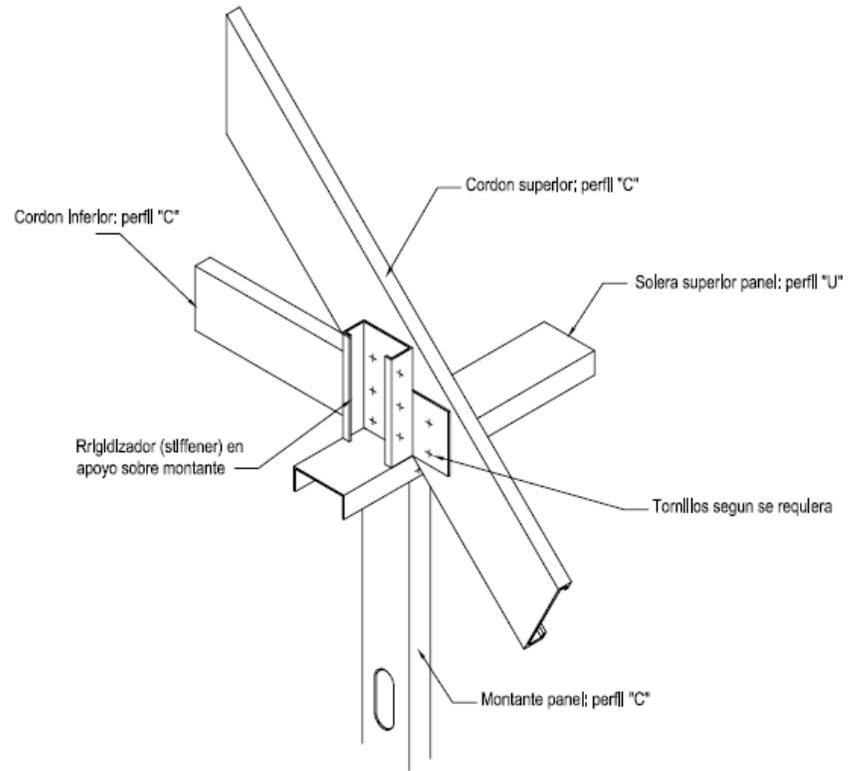


Figura 2.32. Apoyo de la Cabreada sobre el panel portante: Fuente [9]

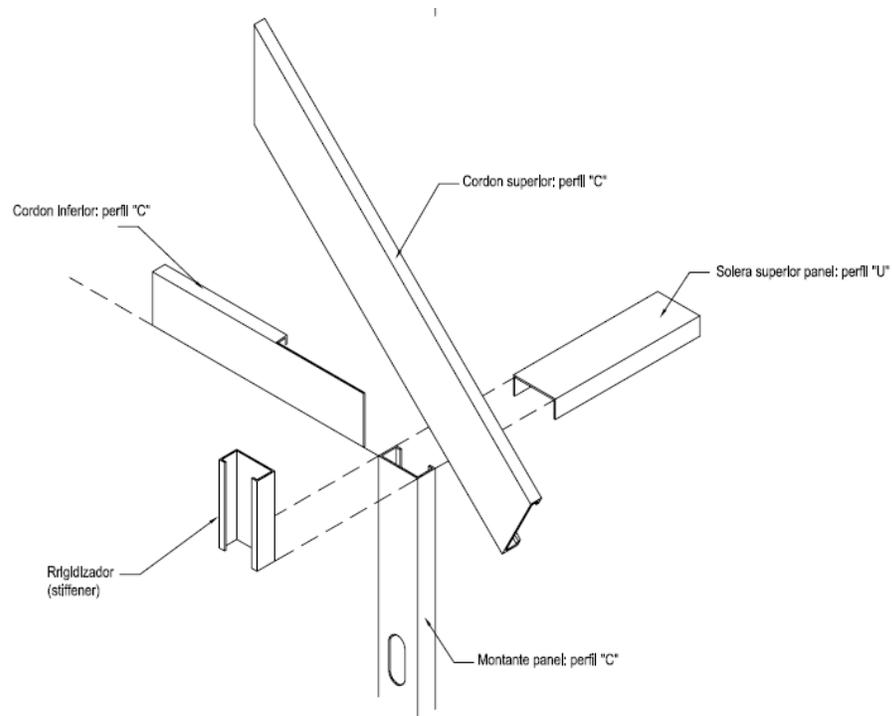


Figura 2.33. Despiece del armado de la Cabreada al apoyo del montante: Fuente [9]

#### 2.7.4. Conexiones

Los tornillos autoperforantes se convierten en las conexiones más utilizadas para el SEL, existe un tipo de tornillo específico para la conexión metal con metal y metal con otros materiales como las placas de revestimiento. Se debe mantener una distancia de  $3d$  (diámetro) entre la conexión de un tornillo y otro.

Los tornillos tienen una serie de tamaños que se clasifican desde el número 6 al 14, siendo los más comunes los que van desde el 6 al 10. Su composición es la siguiente, son de acero al carbono sometidos a tratamiento de cementación y templado, y recubiertos por electrocincado<sup>13</sup> para reducir la corrosión y mantener características similares a la de los perfiles galvanizados. [9]

A continuación se muestra una imagen con los diferentes tipos de tornillos y su mayor aplicación.

<sup>13</sup> Recubrimiento de zinc mediante un proceso electrolítico por el paso de la corriente eléctrica.



Figura 2.34. Tipos de Tornillos: Fuente [9]

Estos tornillos autoperforantes presentan dos tipos de puntas: punta ajuga y punta mecha, siendo esta ultima la más utilizada para la conexión de chapas de acero de un espesor mínimo de 0.84 mm.

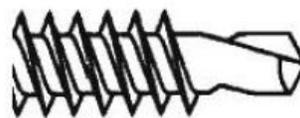


Figura 7.1 - Punta mecha



Figura 7.2 - Punta aguja

Figura 2.35. Tipos de puntas en tornillos: Fuente [9]

En las siguientes tablas se visualiza el diámetro de los tornillos basado en el espesor a conectar y el largo.

Tabla 2.26. Diámetro y Longitud nominal de los tornillos autoperforantes

Guía de diámetro de tornillos basado en el espesor a conectar		
Número	Diámetro nominal (mm)	Espesor total (mm)
Nº 6	3.5	2.8
Nº 7, Nº 8	3.8	3.6
Nº 10	4.8	HASTA 4.4
Nº 12	5.48	5.3
1/4 "	6.35	5.3

Largos usuales de tornillos		
Número	Largo (pulgada)	Materiales que pueden conectar
6,7	3/8"-7/16"	Acero/Acero
6,8,10,12	1/2"	Acero/acero
8,10	5/8"-1"	Acero/acero
10,12,14	3/4"- 11/2"	Acero/acero
6,8	1"	Paneles de 12 o 15mm/acero
8,10,12	1 1/4"	Forros de metal y anclajes de mampostería /acero
6,7	1 1/2"-2"	Planchas de acero múltiples

Fuente [9]

### 2.7.5. Anclajes

Se los puede utilizar con:

- Pernos de Expansión
- Varillas Roscadas
- Clavos de disparo automático

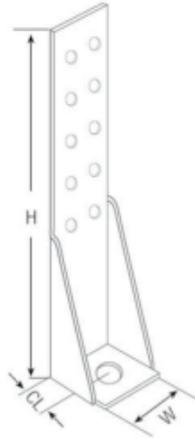


Figura 2.36. Anclaje: Fuente [2]

Cada de uno de estos elementos se encuentran previamente dimensionados, para garantizar el mejor anclaje del perfil con el hormigón.

En la figura 2.28 se observa el anclaje usando una varilla roscada.

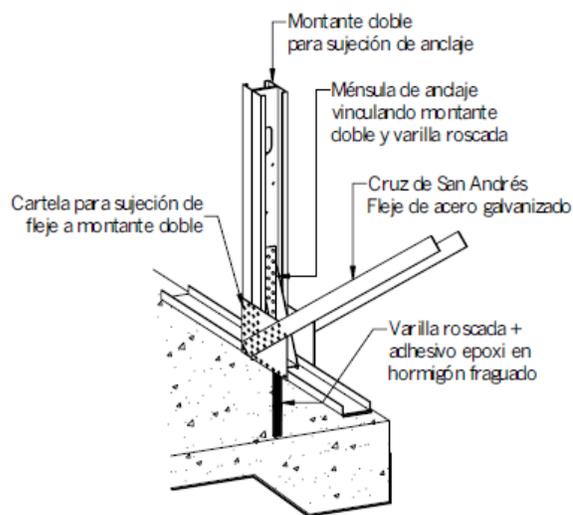


Figura 2.37. Anclaje Instalado: Fuente [2]

## **2.8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES DEL ANÁLISIS TÉCNICO**

El análisis estructural realizado establece que los perfiles livianos utilizados por el SEL son efectivos y garantizan el total cumplimiento de resistencia frente a las cargas soportadas por la vivienda y los requisitos establecidos por la norma AISI S200, de flexión, compresión y pandeo.

La estructura de la vivienda para el análisis en el software, no se puede modelar con las mismas solicitaciones que se presentan en la realidad, debido que el encuentro entre paneles demanda la colocación de varios perfiles en un mismo punto, por lo que hemos tratado de hacer el modelo lo más realista posible, colocando los perfiles necesarios uno al lado de otro lo más cerca posible.

Constructivamente este sistema tiene un menor tiempo de ejecución, ya que por ser un sistema liviano y al no necesitar de soldadura, las conexiones se hacen mediante tornillos autoperforantes lo que agiliza el armado de los peneles y cabreadas de la vivienda.

## **CAPITULO 3**

### **ANÁLISIS ECONÓMICO**

#### **3.1. INTRODUCCIÓN**

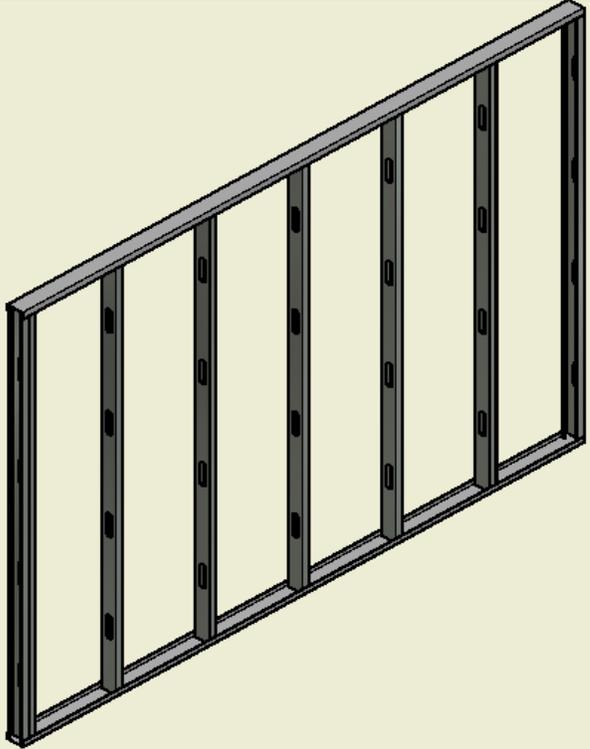
El análisis económico se realizara de la siguiente manera, se utilizara el presupuesto del proyecto vivienda unifamiliar de 100 m<sup>2</sup> de la Cámara de la Construcción de Cuenca, de la cual únicamente tomaremos los costos que son comunes para ambos proyectos. Los demás rubros se los obtendrá realizando un análisis de costos directos en material y manos de obra necesarios para la construcción de la vivienda con el SEL.

#### **3.2. ANALISIS DE COSTOS DIRECTOS**

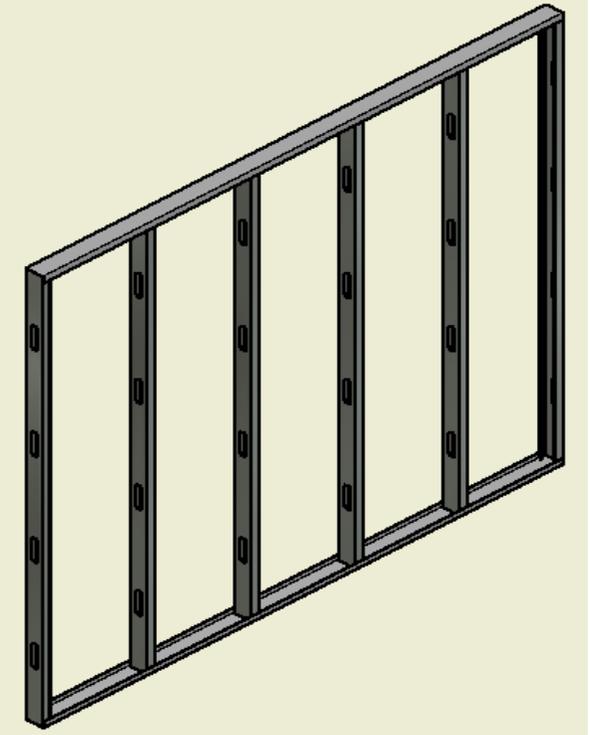
Para el análisis de costos directos se ha considerado los precios que están vigentes en el mercado en lo que ha perfilería y a revestimientos se refiere, esto se lo hizo a través de proformas de algunas distribuidores que posteriormente se mencionaran. Los costos de la mano de obra fueron proporcionados por el departamento de asesoría técnica de la empresa Tugalt, a través del Ing. Patricio Arpi en base a la experiencia de trabajos realizados con este sistema.

### 3.2.1. Cuantificación de perfiles a usar para la vivienda

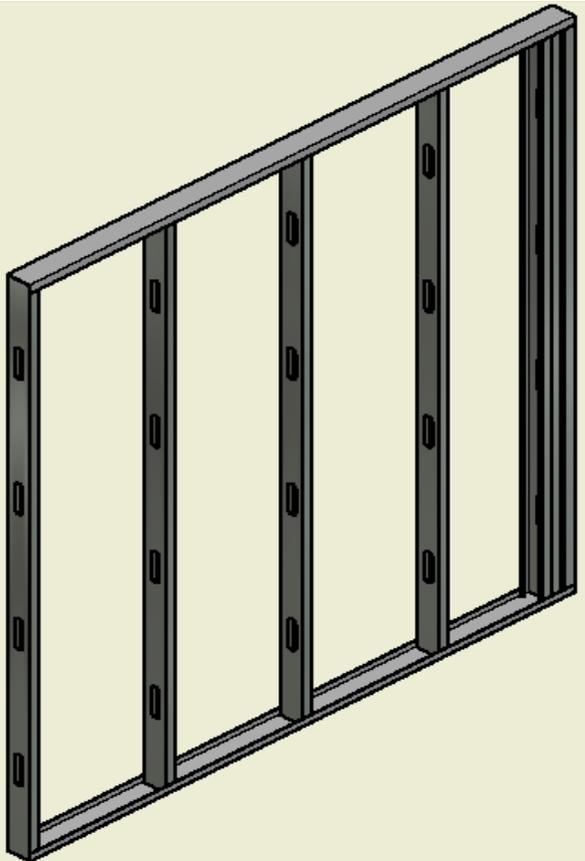
PANEL 1 PLANTA BAJA		
Material	Longitud (m)	Cantidad
PGC 100 x 1.24	3.6	2
PGG 100 X 1.24	2.55	8

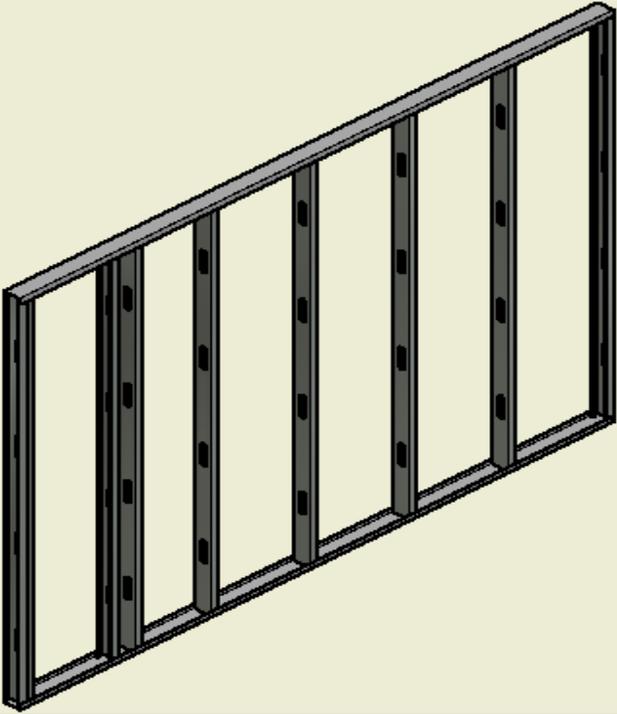
PANEL 2 PLANTA BAJA		
Material	Longitud (m)	Cantidad
PGC 100 x 1.24	3	2
PGG 100 X 1.24	2.55	6



PANEL 3 PLANTA BAJA		
Material	Longitud (m)	Cantidad
PGC 100 x 1.24	2.4	2
PGG 100 X 1.24	2.55	7

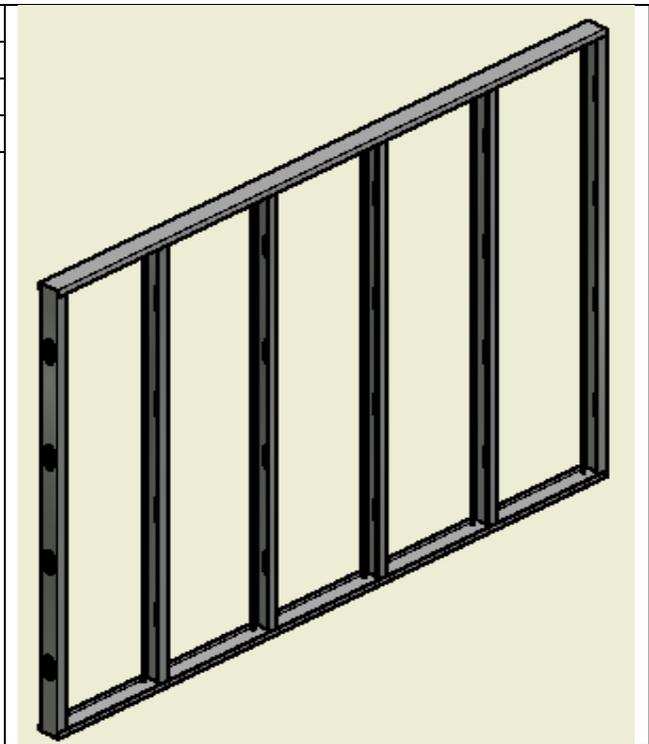


PANEL 4 PLANTA ALTA		
Material	Longitud (m)	Cantidad
PGC 100 x 0.89	3.6	2
PGG 100 X 0.89	2.55	9



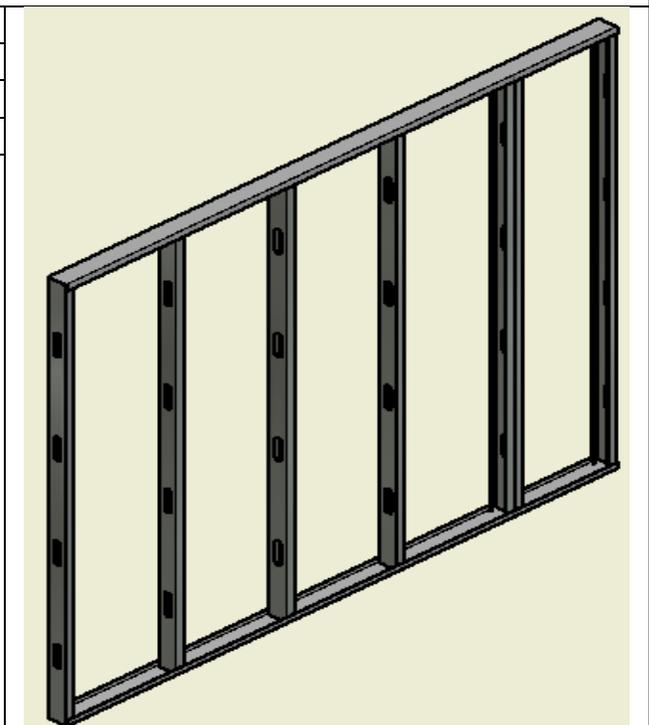
PANEL 5 PLANTA ALTA

Material	Longitud (m)	Cantidad
PGC 100 x 0.89	3	2
PGG 100 X 0.89	2.55	6

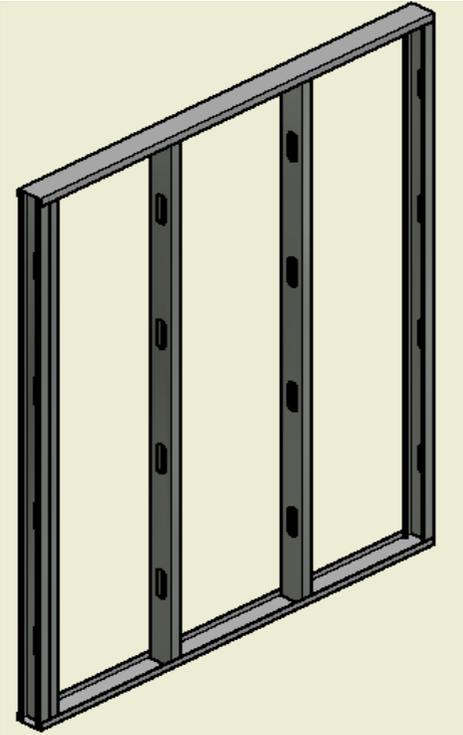


**PANEL 6 PLANTA ALTA**

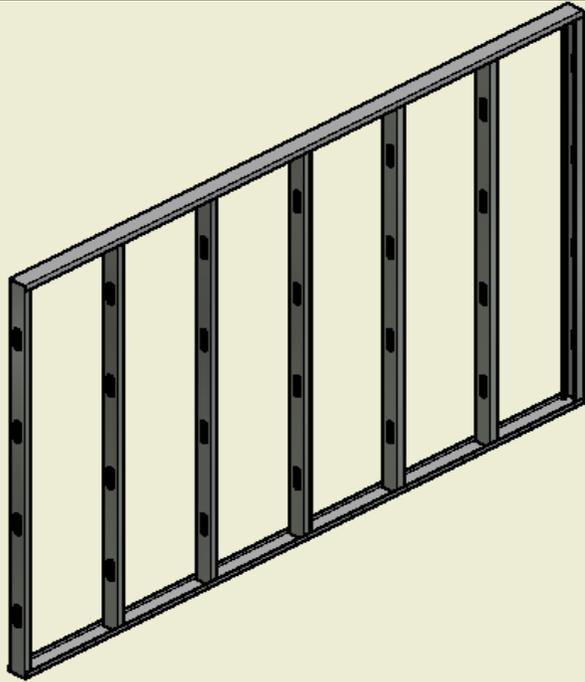
Material	Longitud (m)	Cantidad
PGC 100 x 0.89	3	2
PGG 100 X 0.89	2.55	7



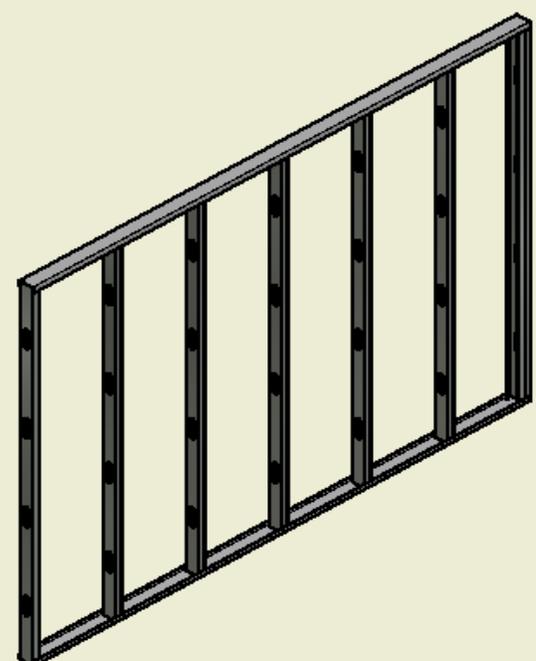
PANEL 7 PLANTA BAJA		
Material	Longitud (m)	Cantidad
PGC 100 x 1.24	1.8	2
PGG 100 X 1.24	2.55	5



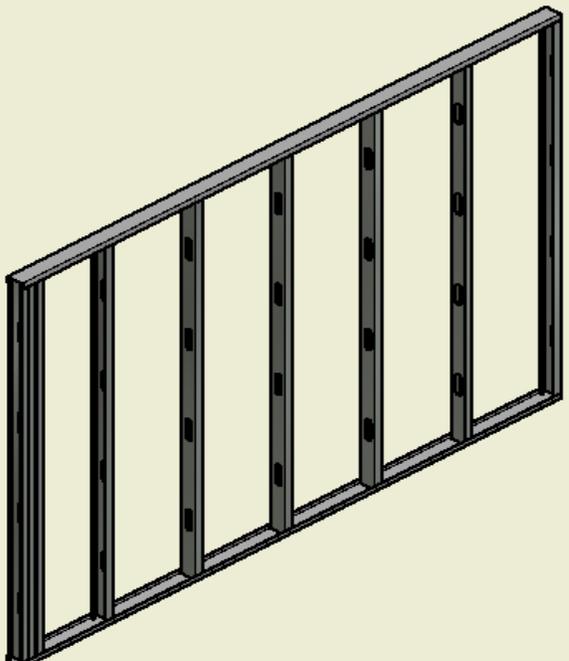
PANEL 8 PLANTA BAJA		
Material	Longitud (m)	Cantidad
PGC 100 x 1.24	3.6	2
PGG 100 X 1.24	2.55	7



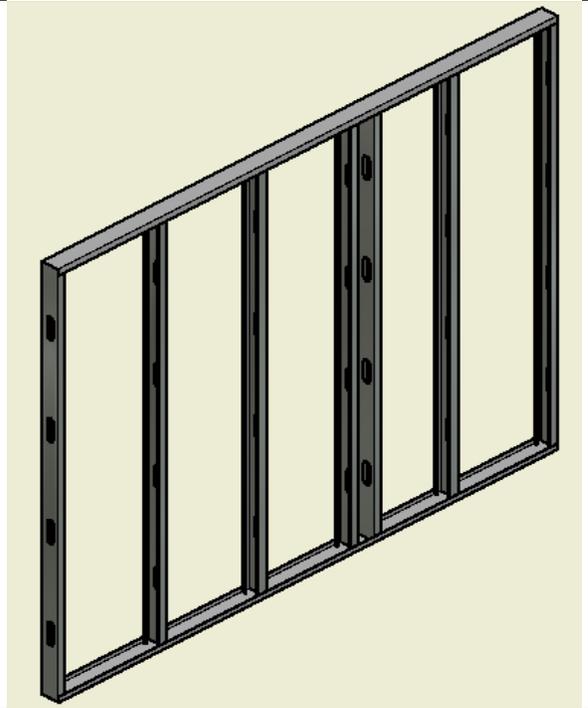
PANEL 9 PLANTA BAJA		
Material	Longitud (m)	Cantidad
PGC 100 x 1.24	3.6	2
PGG 100 X 1.24	2.55	8

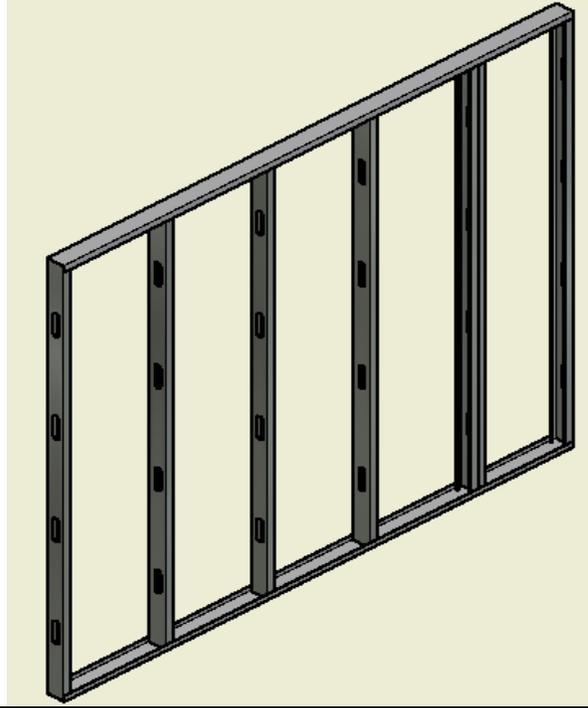
PANEL 10 PLANTA ALTA		
Material	Longitud (m)	Cantidad
PGC 100 x 0.89	3.6	2
PGG 100 X 0.89	2.55	9



PANEL 11 PLANTA ALTA		
Material	Longitud (m)	Cantidad
PGC 100 x 0.89	3	2
PGG 100 X 0.89	2.55	7

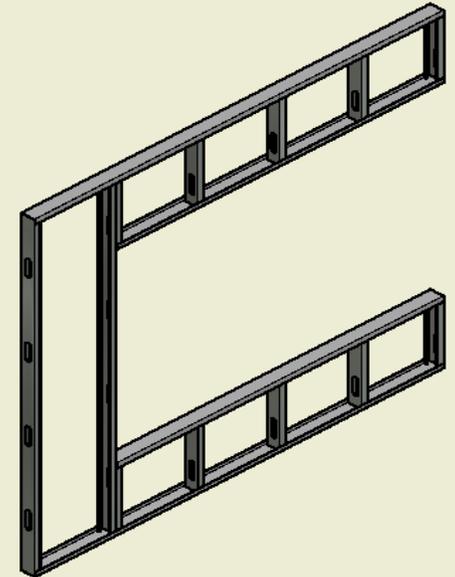


PANEL 12 PLANTA ALTA		
Material	Longitud (m)	Cantidad
PGC 100 x 0.89	3	2
PGG 100 X 0.89	2.55	7

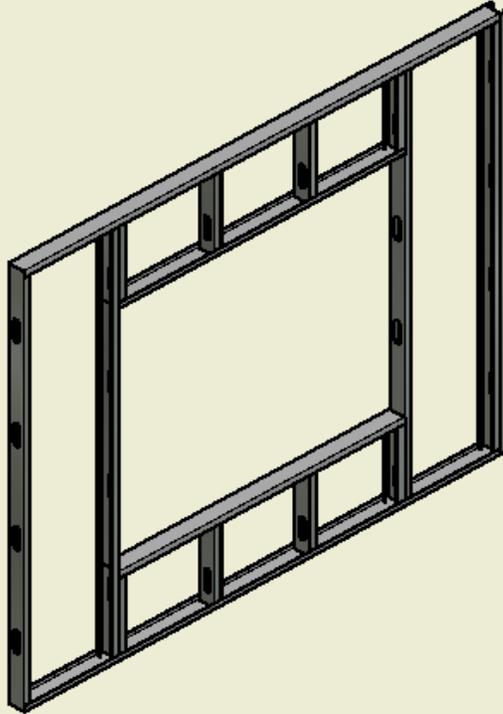


--	--	--

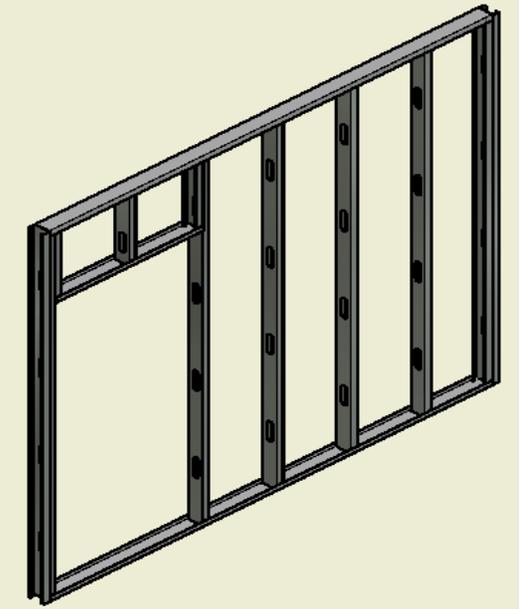
PANEL 13 PLANTA ALTA		
Material	Longitud (m)	Cantidad
PGC 100 x 0.89	3	2
PGC 100 x 0.89	2.4	2
PGG 100 X 0.89	2.55	2
PGG 100 X 0.89	0.51	10



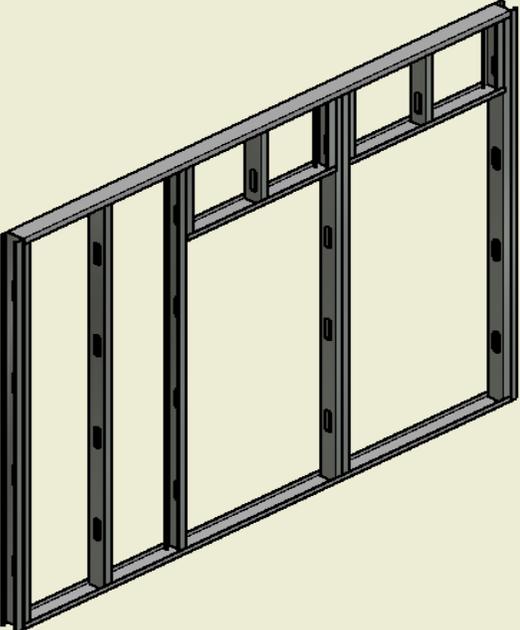
PANEL 14 PLANTA ALTA		
Material	Longitud (m)	Cantidad
PGC 100 x 0.89	3	2
PGC 100 x 0.89	1.8	2
PGG 100 X 0.89	2.55	5
PGG 100 X 0.89	0.51	8



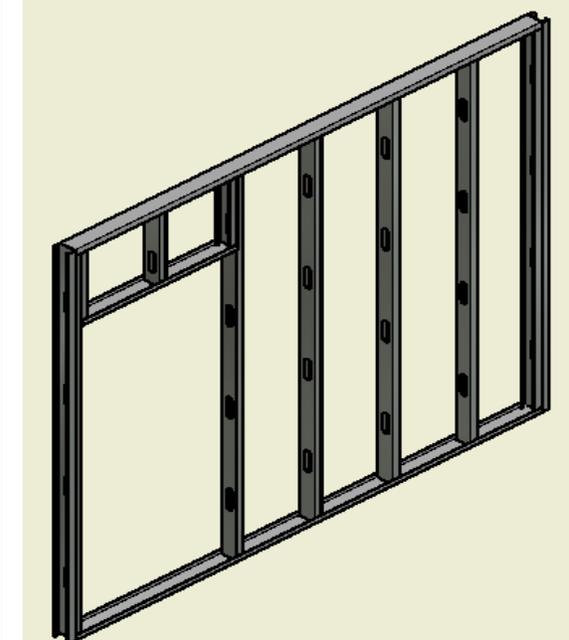
PANEL 15 PLANTA ALTA		
Material	Longitud (m)	Cantidad
PGC 100 x 0.89	3	2
PGC 100 x 0.89	1	1
PGG 100 x 0.89	2.55	8
PGG 100 x 0.89	0.51	3

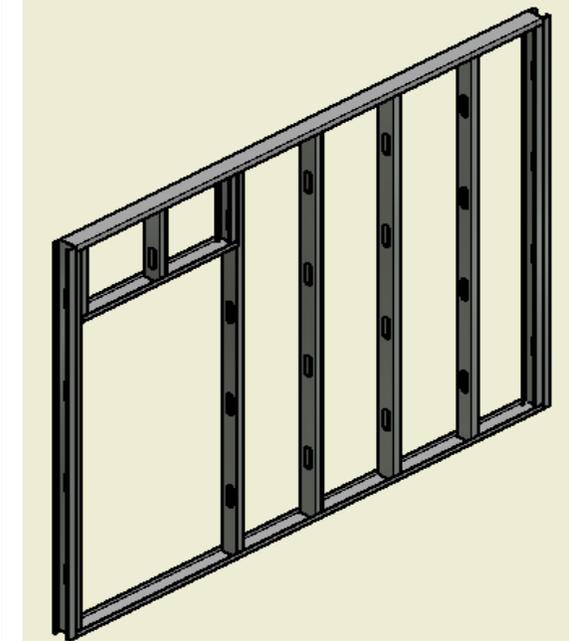
PANEL 16 PLANTA ALTA		
Material	Longitud (m)	Cantidad
PGC 100 x 0.89	3	2
PGC 100 x 0.89	1	2
PGG 100 x 0.89	2.55	8
PGG 100 x 0.89	0.51	6



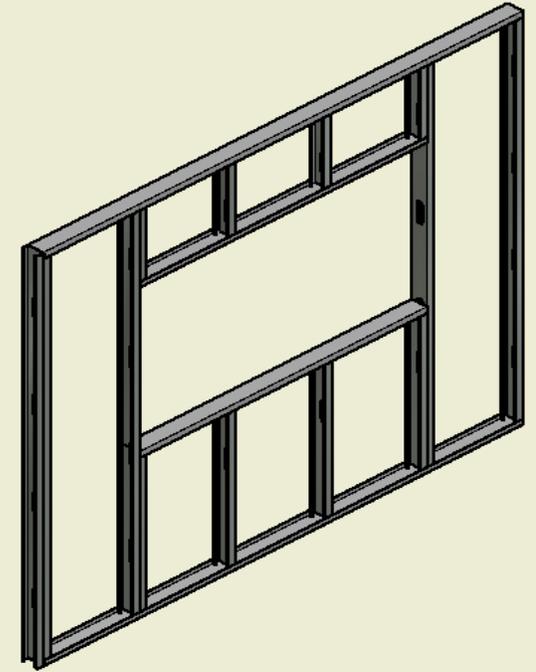
PANEL 17 PLANTA ALTA		
Material	Longitud (m)	Cantidad
PGC 100 x 0.89	3	2
PGC 100 x 0.89	1	1
PGG 100 x 0.89	2.55	8
PGG 100 x 0.89	0.51	3



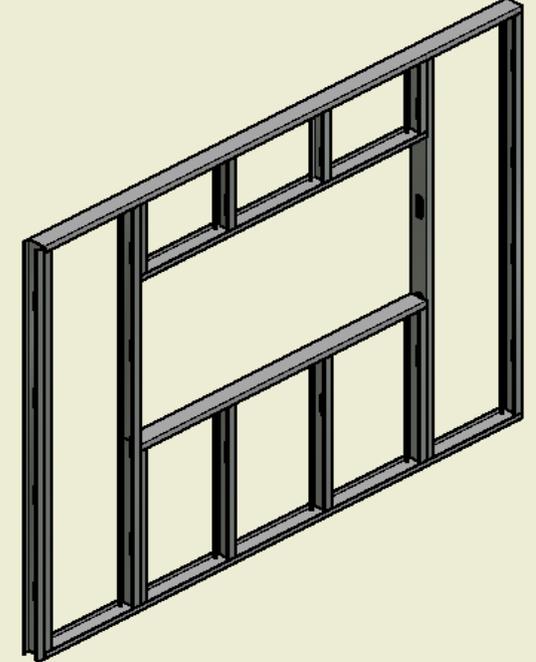
PANEL 18 PLANTA ALTA		
Material	Longitud (m)	Cantidad
PGC 100 x 0.89	3	2
PGC 100 x 0.89	1	1
PGG 100 x 0.89	2.55	8
PGG 100 x 0.89	0.51	3



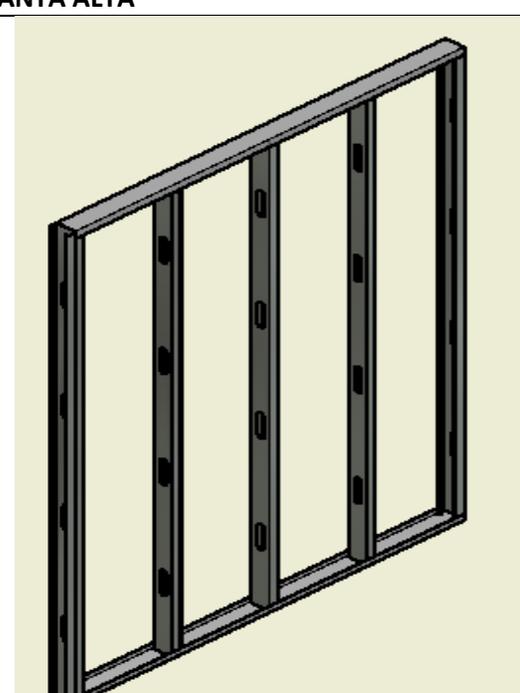
PANEL 19 PLANTA ALTA		
Material	Longitud (m)	Cantidad
PGC 100 x 0.89	3	2
PGC 100 x 0.89	1.8	2
PGG 100 x 0.89	2.55	5
PGG 100 x 0.89	1.02	4
PGG 100 x 0.89	0.51	4



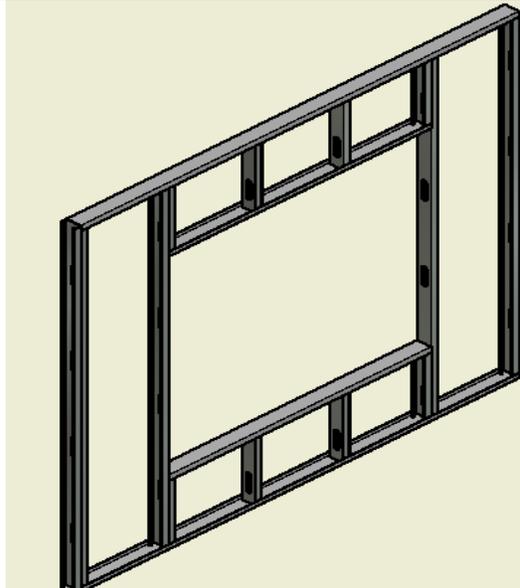
PANEL 20 PLANTA ALTA		
Material	Longitud (m)	Cantidad
PGC 100 x 0.89	3	2
PGC 100 x 0.89	1.8	2
PGG 100 x 0.89	2.55	5
PGG 100 x 0.89	1.02	4
PGG 100 x 0.89	0.51	4



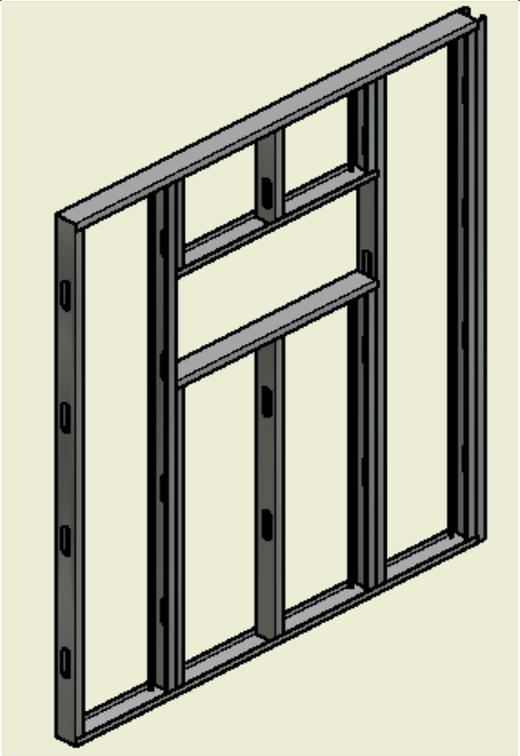
PANEL 21 PLANTA ALTA		
Material	Longitud (m)	Cantidad
PGC 100 x 0.89	2	2
PGG 100 x 0.89	2.55	6



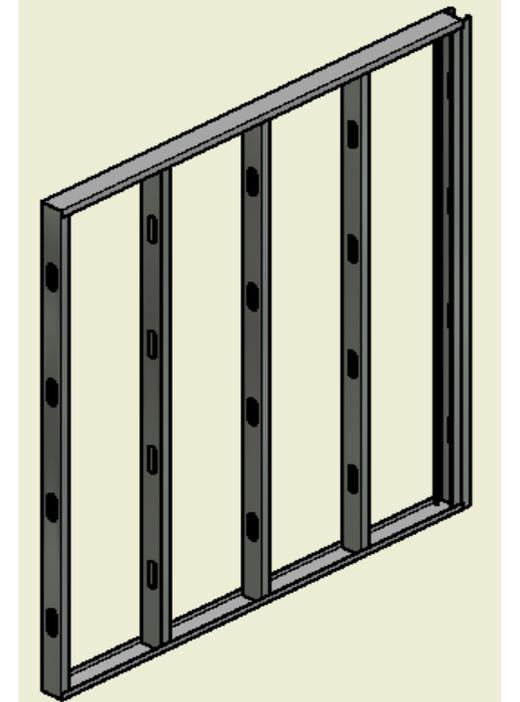
PANEL 22 PLANTA BAJA		
Material	Longitud (m)	Cantidad
PGC 100 x 1.24	3	2
PGC 100 x 1.24	1.8	2
PGG 100 x 1.24	2.55	5
PGG 100 x 1.24	0.51	4



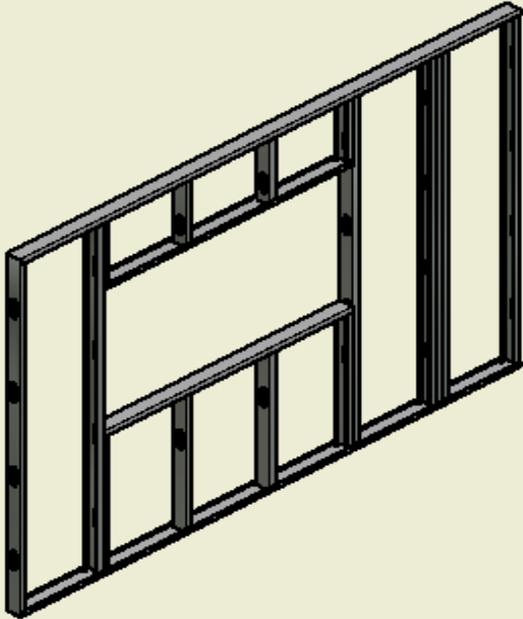
PANEL 23 PLANTA BAJA		
Material	Longitud (m)	Cantidad
PGC 100 x 1.24	2	2
PGC 100 x 1.24	1	2
PGG 100 x 1.24	2.55	5
PGG 100 x 1.24	1.53	3
PGG 100 x 1.24	0.51	3



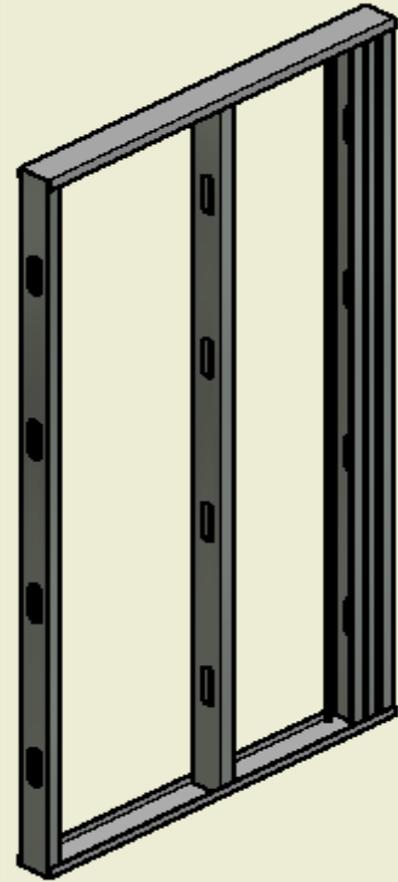
PANEL 24 PLANTA BAJA		
Material	Longitud (m)	Cantidad
PGC 100 x 1.24	2	2
PGG 100 x 1.24	2.55	6

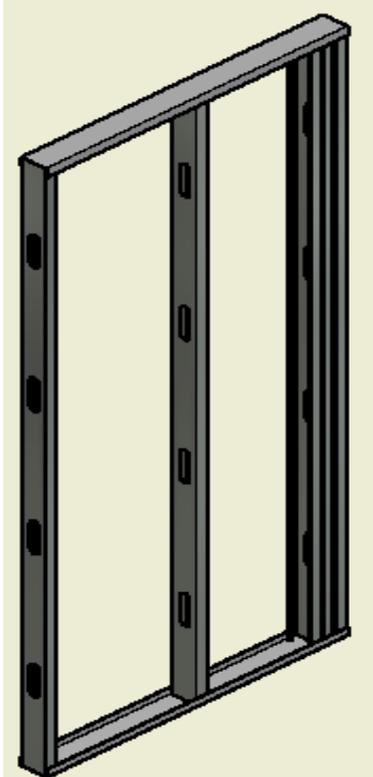
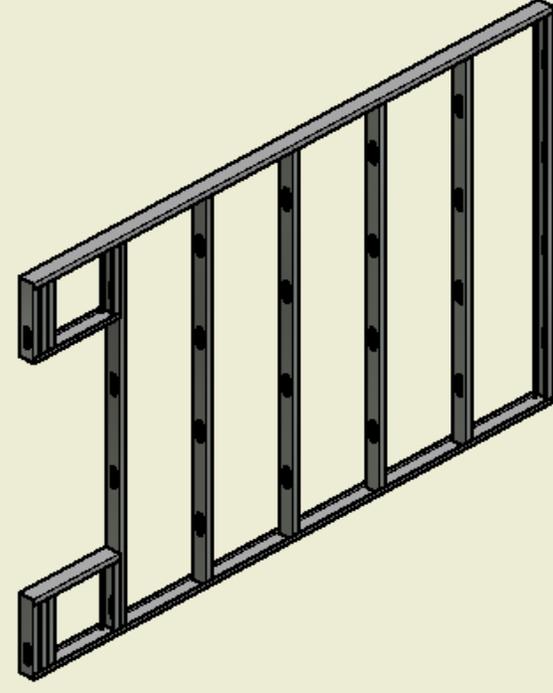


PANEL 25 PLANTA BAJA		
Material	Longitud (m)	Cantidad
PGC 100 x 1.24	3.6	2
PGC 100 x 1.24	1.8	2
PGG 100 x 1.24	2.55	7
PGG 100 x 1.24	1.02	4
PGG 100 x 1.24	0.51	4

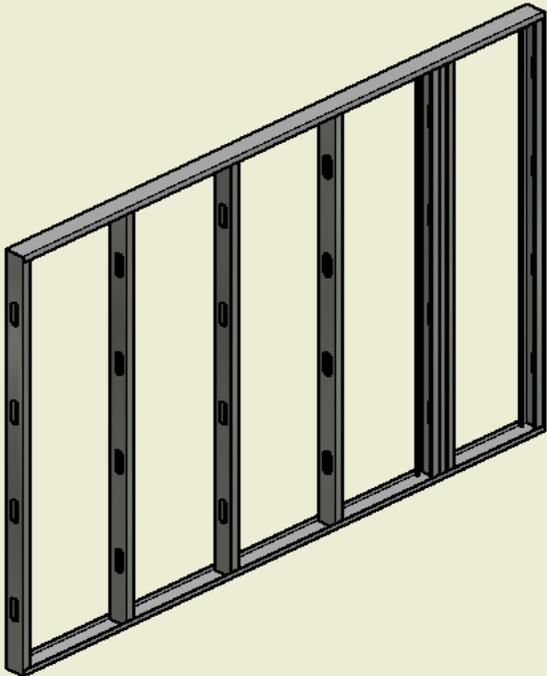


PANEL 26 PLANTA BAJA		
Material	Longitud (m)	Cantidad
PGC 100 x 1.24	1.2	2
PGG 100 x 1.24	2.55	5

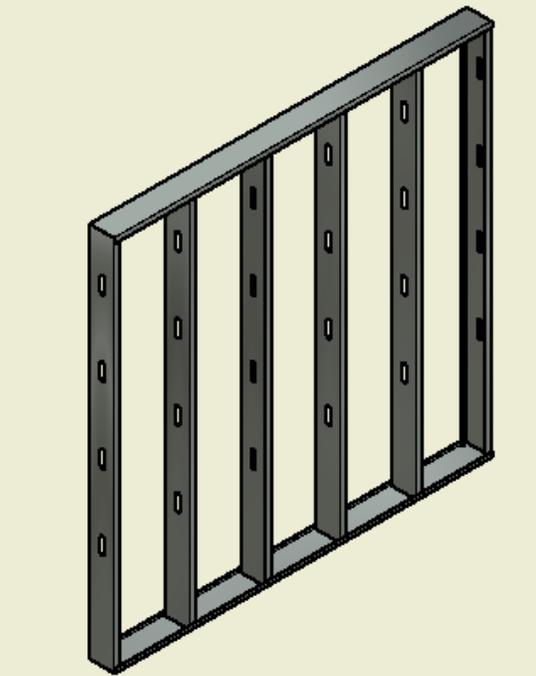


PANEL 27 PLANTA BAJA			
Material	Longitud (m)	Cantidad	
PGC 100 x 1.24	1.2	2	
PGG 100 x 1.24	2.55	5	
PANEL 28 PLANTA ALTA			
Material	Longitud (m)	Cantidad	
PGC 100 x 0.89	3.6	2	
PGC 100 x 0.89	0.6	2	
PGG 100 x 0.89	2.55	6	
PGG 100 x 0.89	0.51	4	

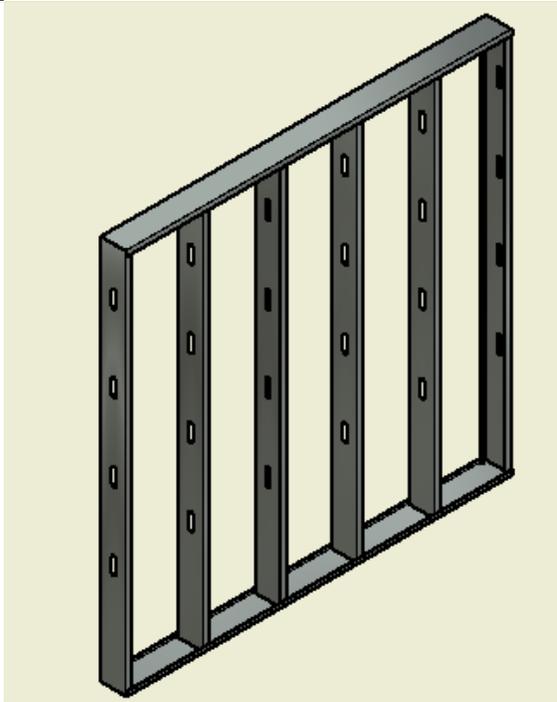
PANEL 29 PLANTA ALTA		
Material	Longitud (m)	Cantidad
PGC 100 x 0.89	3	2
PGG 100 x 0.89	2.55	8



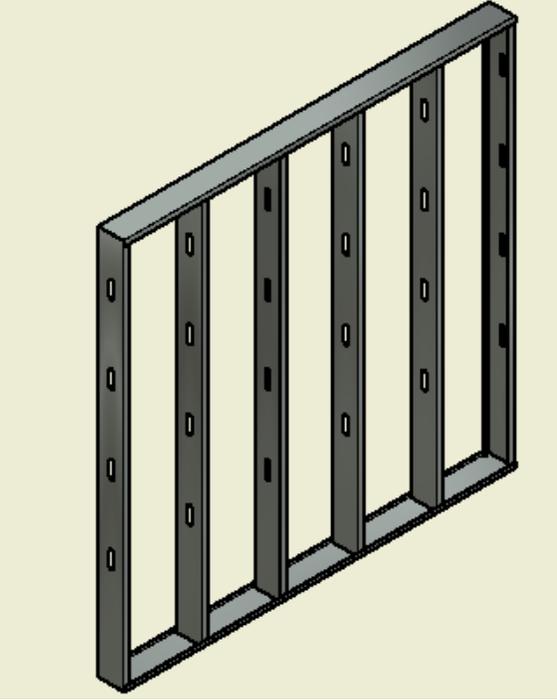
PANEL 30 ENTREPISO		
Material	Longitud (m)	Cantidad
PGC 200 x 1.24	3	2
PGG 200 x 1.24	3	6



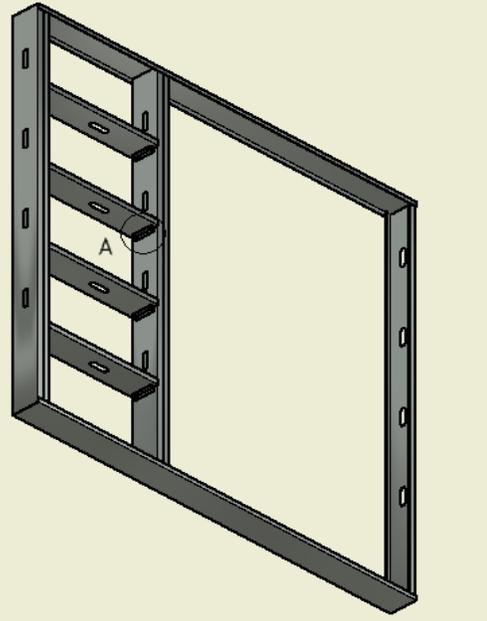
PANEL 31 ENTREPISO		
Material	Longitud (m)	Cantidad
PGC 200 x 1.24	3	2
PGG 200 x 1.24	3	6



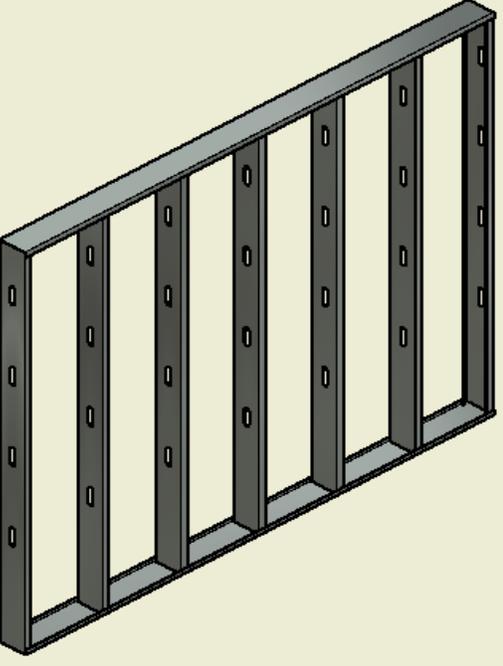
PANEL 32 ENTREPISO		
Material	Longitud (m)	Cantidad
PGC 200 x 1.24	3	2
PGG 200 x 1.24	3	6



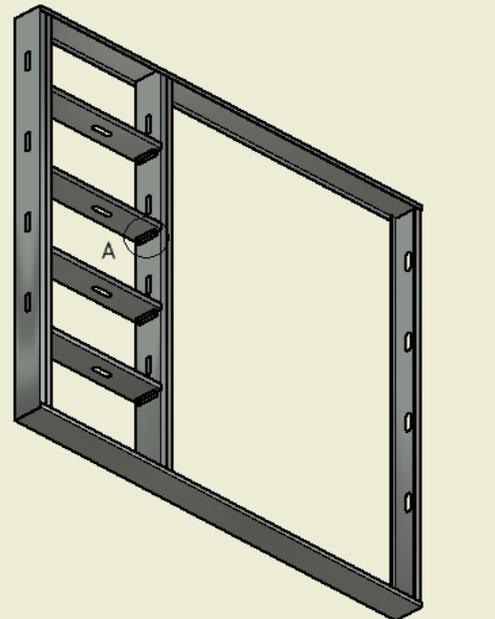
PANEL 33 ENTREPISO		
Material	Longitud (m)	Cantidad
PGC 200 x 1.24	3	2
PGG 200 x 1.24	3	5
PGG 200 x 1.24	0.86	4



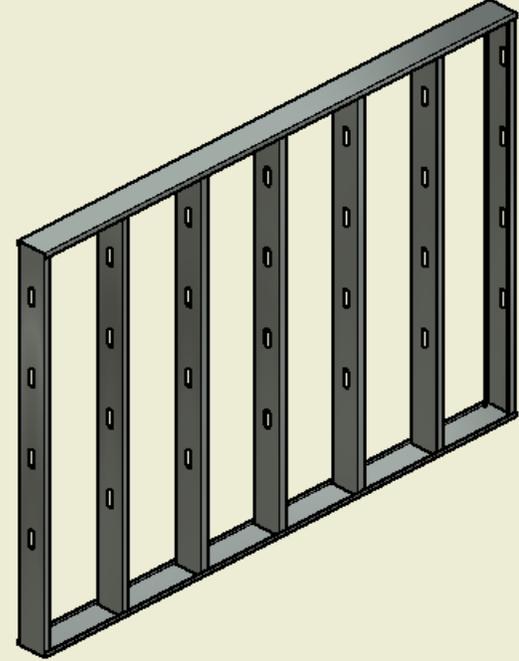
PANEL 34 ENTREPISO		
Material	Longitud (m)	Cantidad
PGC 200 x 1.24	3.6	2
PGG 200 x 1.24	3	7

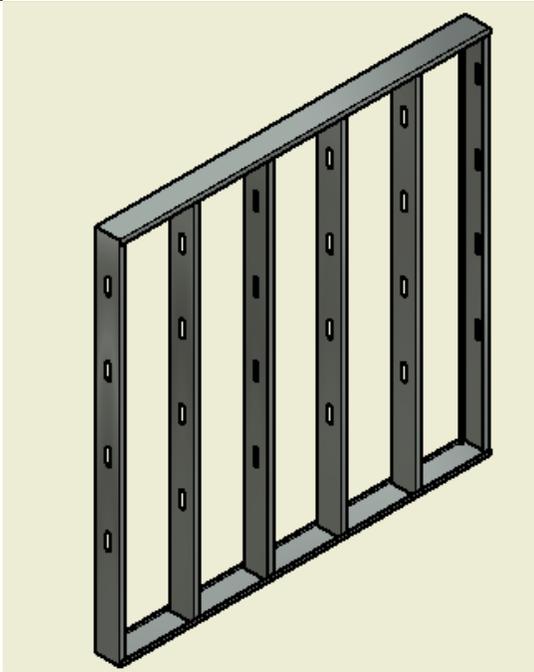
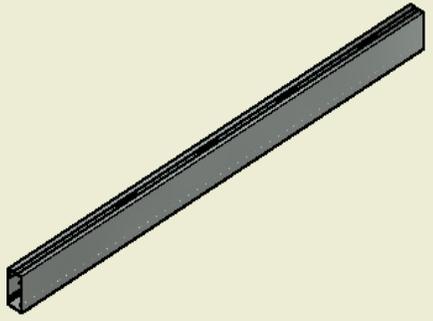



PANEL 35 ENTREPISO		
Material	Longitud (m)	Cantidad
PGC 200 x 1.24	3	2
PGG 200 x 1.24	3	5
PGG 200 x 1.24	0.86	4

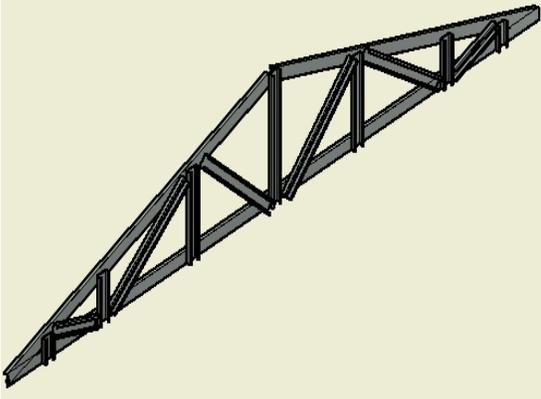


PANEL 34 ENTREPISO		
Material	Longitud (m)	Cantidad
PGC 200 x 1.24	3.6	2
PGG 200 x 1.24	3	7



PANEL 35 ENTREPISO			
Material	Longitud (m)	Cantidad	
PGC 200 x 1.24	3	2	
PGG 200 x 1.24	3	6	
VIGA DE ENTREPISO			
Material	Longitud (m)	Cantidad	
PGC 200 x 1.24	10.2	2	
PGG 100 x 1.24	10.2	2	

CABREADA		
Material	Longitud (m)	Cantidad
PGG 100 x 0.89	3	2
PGG 100 x 0.89	3.16	2
PGG 100 x 0.89	1	1
PGG 100 x 0.89	1.06	4
PGG 100 x 0.89	0.79	2
PGG 100 x 0.89	0.75	2
PGG 100 x 0.89	0.5	2
PGG 100 x 0.89	0.25	2



Con la cantidad de perfiles detallados para cada panel y la cabreada respectivamente, se desarrolla una hoja de cálculo en Excel para estimar la cantidad exacta de perfiles a usar, tomando como consideración un aumento del 2% para cada perfil a excepción de aumento extra del 10% en el perfil PGG 100 x 0.93 para la construcción de las gradas.

En la hoja de Excel se calculara también el peso total de la estructura, distribuida tanto en los paneles, el entrepiso y la cabreada, datos que no servirán para establecer el precio unitario de la construcción de la estructura metálica y desde luego para el presupuesto de la vivienda.

**CABREADA**

Material	Longitud (m)	Cantidad	Total
PGG 100 x 0.89	3	2	96
PGG 100 x 0.89	3.16	2	101.12
PGG 100 x 0.89	1	1	16
PGG 100 x 0.89	1.06	4	67.84
PGG 100 x 0.89	0.79	2	25.28
PGG 100 x 0.89	0.75	2	24
PGG 100 x 0.89	0.5	2	16
PGG 100 x 0.89	0.25	2	8
		<b>Longitud total</b>	<b>354.24</b>

CANTIDAD DE PERFILES A USAR							
Perfil	Longitud(m)	Longitud de Cada Perfil (m)	Cantidad Perfiles	Peso (Kg/m)	Total Kg	\$ Precio (kg)	\$ Total
PGC 100 x 0.89	129.162	3	43	1.22	157.57764	2.02	318.306833
PGC 100 x 1.24	72.624	3	24	1.68	122.00832	2.02	246.456806
PGC 200 x 1.24	72.216	3	24	2.68	193.53888	2.02	390.948538
PGG 100 x 0.89	696.3315	3	255	1.5	1044.49725	2.02	2109.88445
PGG 100 x 1.24	227.8476	3	76	2.05	467.08758	2.02	943.516912
PGG 200 x 1.24	153.8976	3	51	3.13	481.699488	2.02	973.032966
			<b>Total</b>		<b>2466.41</b>		<b>5580.00</b>

	Total Kg
Entrepiso	675.24
Cubierta	531.36
Paneles	1259.81
<b>Total</b>	<b>2466.41</b>

### **3.2.2. Costos de material directo**

Los valores referentes al precio de la perfilería y los revestimientos tanto interiores como exteriores, se consiguieron mediante proformas realizadas en las siguientes distribuidoras de material de la ciudad de Cuenca.

Las distribuidoras Muligypsum, Sicon y Masisa nos proporcionaron los costos de los recubrimientos de las paredes, entepiso y techo. Y la empresa Tugalt nos proporcionó el coste de la perfilería y los anclajes estimados para la construcción de la vivienda.

De las proformas realizadas se eligió los costos más bajos y de igual manera se utilizó una hoja de Excel para conocer el total.

MATERIAL DIRECTO					
				Precios incluyen IVA	
<b>PERFILES LAMINADOS EN FRIO</b>					
Descripción	Cantidad	Precio Unitario	Subtotal	V. Descuento	Neto
CRUCEROPGG 100 x 0.93	115	19.40	2231.00	105.80	2125.20
CRUCERO PGG 100 x 1.28	38	26.46	1005.48	47.88	957.60
CRUCERO PGG 200 x 1.28	26	39.89	1037.14	49.4000	987.74
CAPA PGC 100 x 0.93	22	16.14	355.08	16.9400	338.14
CAPA PGC 100 x 1.28	12	22.07	264.84	12.6000	252.24
CAPA PGC 200 x 1.28	12	35.36	424.32	20.1600	404.16
TORNILLO T1 # 8 X 1/2"	10000	0.02	200	0	200.00
ANCLAJE	20	14.06	281.2	0.67	280.53
TORNILLO AUTOROSCANTE- SIN ARANDELA	1000	0.03	30	0	30.00
				<b>TOTAL</b>	<b>6244.68</b>
<b>Proforma Realizada por Tugalt</b>					
<b>REVESTIMIENTO GYPSUM INTERIOR Y EXTERIOR</b>					
Descripción	Cantidad	Precio Unitario			Neto
PLANCHA GYPSUM 1.22 x 2.44 x 12.7 MM	68	7.38			501.84
PLANCHA DE SUPERBOARD 1.22 x 2.44 x 10 MM	52	22.99			1195.48
PLANCHA DE SUPERBOARD 1.22 x 2.44 x 20 MM	22	46.98			1033.56
TORNILLO SICON 6X1" PTA BROCA PLANCHA	3000	0.0058			17.4
TORNILLO SICON 1/2 " FICROCEMENTO PTA BROCA	3000	0.014			42
OSB 1.22 x 2.44 x 18 MM	22	42			924
OSB 1.22 x 2.44 x 15 MM	22	37			814
				<b>TOTAL</b>	<b>4528.28</b>
				<b>TOTAL DE MATERIALES DIRECTOS</b>	<b>10772.96</b>
<b>Proforma realizada por SICON Y Masisa</b>					

### **3.2.3. Costos de Mano de Obra Directa**

El coste de la mano de obra directa por el armado y montaje de los paneles y colocación de revestimientos fue proporcionado por el departamento de asesoría técnica de la empresa Tugalt a través del Ing. Patricio Arpi.

En base a la experiencia con la que cuenta la empresa, referente a la construcción con el Sistema Estructural Liviano, se nos facilitó datos como la cantidad de personas, herramientas adecuadas para el trabajo, los kg de armado que puede avanzar la obra en un día y el tiempo que duraría la misma.

Cabe indicar que se tomara el valor del 3% de la mano de obra como el costo por la utilización de las herramientas, ya que al ser de fácil adquisición es difícil establecer su valor por la hora de trabajo.

Todos los valores se encuentran especificados y ordenados en la hoja de cálculo, los mismos que servirán para conocer el costo total de la mano de obra así como el precio unitario total del armado y montaje de la estructura de la vivienda.

MANO DE OBRA DIRECTA						
ARMADO DE LOS PANELES SEL						
Descripción	Cantidad	Horas de trabajo/día	Kg/día *	\$/Día *	Días de Trabajo	Salario final
MAESTRO: Encargado del armado de los paneles	1	8	60	24	14	526.17
AYUDANTE: Armado de paneles	1	8	60	22	22	482.32
OFICIAL: Corte de perfiles	1	8	60	18		394.63
					<b>AL MANO DE OBRA ARMADO DE PANELES</b>	<b>1403.11</b>
* Datos proporcionados por la Asesoría Técnica de Tugalt Ing. Patricio Arpi						

### 3.2.4. Análisis de Precios Unitarios

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS				
<b>Descripción</b>	Estructura Metalica de Perfil Lamidado en Frio			
<b>Unidad</b>	kg			
<b>Especificación</b>	Armado y montaje			
<b>MATERIALES</b>				
<b>Descripción</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio</b>	<b>Total</b>
PERFIL LAMINADO EN FRIO	kg	1	2.26	2.26
TORNILLO T1 # 8 X 1/2"	u	1	0.02	0.02
TORNILLO AUTOROSCANTE- SIN ARANDELA	u	1	0.03	0.03
<b>Subtotal</b>				<b>2.31</b>
<b>MANO DE OBRA (MO)</b>				
<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Salario por H</b>	<b>Rendimiento*</b>	<b>Total</b>
<b>MAESTRO:</b> Encargado de el armado de los paneles	1	2.12	0.07	0.15
<b>AYUDANTE:</b> Armado de paneles	1	1.94	0.04	0.09
<b>OFICIAL:</b> Corte de perfiles	1	1.59	0.02	0.03
<b>Subtotal</b>				<b>0.27</b>
<b>HERRAMIENTAS</b>				
<b>Descripción</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad**</b>	<b>Total</b>	
AMOLADORA	%MO	3%MO	0.008	
TRONZADORA	%MO	3%MO	0.008	
ATORNILLADORA	%MO	3%MO	0.008	
<b>Subtotal</b>				<b>0.02</b>
				<b>Costo Directo Total</b>
				<b>2.60</b>
<b>COSTOS INDIRECTOS</b>				
				0%
				0
<b>PRECIO UNITARIO TOTAL</b>				
				<b>2.60</b>
<b>Datos</b>				
* Hace referencia al rendimiento que un trabajador tiene en una hora de trabajo				
Es decir si un trabajador realiza 6.25 Kg en una hora, su rendimiento sera el inverso de este valor, igual a 1/6.25= 0.16				
** Se toma el 3% MO debido ha que es dificil estimar el valor de la hora/máquina ya que son herramientas de facil adquisición				

### **3.2.5. Depreciación de herramientas**

Para establecer el valor debido al deterioro que sufrirán las herramientas durante el trabajo, se tomó como referencia una vida útil de las herramientas igual a un año laboral, que consta de 240 días y 8 horas diarias de trabajo.

DEPRECIACION DE HERRAMIENTAS							
Descripción	Cantidad	Horas de trabajo/día	Días de Trabajo	Vida util de la máquina (días)**	\$ Precio*	\$ Depreciación vida util	Depreciación en 26 días
Amoladora	1	8	26	240	191.73	0.80	20.77
Tronzadora	1	8	26	240	149.11	0.62	16.15
Atornilladora	2	8	26	240	112.69	0.47	12.21
						<b>TOTAL</b>	<b>61.34</b>
*Precios del Mega Hierro							
** Dato proporcionado por el Ing. Patricio Arpi							

### **3.2.6. Gastos directos de Fabricación**

Como Gastos directos de Fabricación se consideró el costo del diseño de la vivienda realizado por un Arquitecto y el costo por el cálculo y diseño estructural realizado por un Ing. Mecánico.

Los precios de estos servicios se establecen por m<sup>2</sup> de construcción, siendo el valor de 6 dólares por m<sup>2</sup>, tanto para el plano arquitectónico como para el estructural, además el costo por la supervisión de la obra por el arquitecto tiene un valor de 25 dólares la hora, se estima que para la construcción de la vivienda con nuestro sistema se tendrá unas dos visitas del arquitecto, estos costos fueron proporcionados por los Arquitectos Sandra Valarezo, Wilfrido Guarnizo y por el Ing. Paul Álvarez.

**GASTOS DIRECTOS DE FABRICACION**

Descripción	Cantidad	\$ Costo por m2 Diseño*	\$Costo por supervisión/H	Construcción en m2	\$ Precio
<b>Arquitecto:</b> Diseño de la vivienda y supervision de la obra	1	6	25	100	650
<b>Ing. Mecanico:</b> Cálculo y Diseño estructural da la vivienda	1	6	0	100	600
			<b>Total</b>	<b>Total</b>	<b>1250</b>
* Datos proporcionados por la Arq. Sandra Valarezo, Arq. Wilfrido Guarnizo y Ing. Paul Álvarez					

### **3.3. PRESUPUESTO DE LA CONSTRUCCIÓN DE LA VIVIENDA UNIFAMILIAR DE 100 m2 CON SEL**

Con el precio unitario total del armado y montaje de la estructura de la vivienda, el costo de los materiales para el revestimiento tanto interior como exterior, la depreciación de las herramientas y los gastos directos de fabricación se establece el valor por m2 que tendrá la construcción de la vivienda y de igual manera su costo total.

Se realizara una comparación con el presupuesto de la Cámara de la Construcción de Cuenca y se realizaran las respectivas conclusiones en fin a nuestro proyecto de Tesis.

PRESUPUESTO DE LA CONTRUCCION DE LA VIVIENDA UNIFAMILIAR DE 100 m2 CON SEL					
PRESUPUESTO				Precios incluyen IVA	
Item	Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario	P.total
<b>1 OBRAS PRELIMINARES 181.63</b>					
1.001	Limpieza de terreno	m2	48.7	1.87	102.00
1.002	Replanteo de Vivienda	m2	48.7	1.46	79.63
<b>2 CIMENTACIÓN 1567.28</b>					
2.001	Excavación a mano en suelo sin clasificar, profundidad entre 0 y 2 m	m3	32.12	8.79	316.21
2.002	Relleno compactado con material de reposición (plancha vibratoria)	m3	9.22	17.65	182.26
2.003	Relleno compactado con material del sitio (plancha vibratoria)	m3	4.61	7.25	37.43
2.004	Cargada de material a mano	m3	41.76	4	187.08
2.005	Desalajo de materia hasta 4 Km	m3	41.76	3.05	142.65
2.006	Hotmigon Simple f"=210kg/cm2 para fundido de zapatas(no incluye encofrado)	m3	2.78	107.78	335.58
2.007	Encofrado recto	m2	7.68	6.43	55.31
2.008	Hierro de refuerzo	kg	155.87	1.78	310.74
<b>3 ENLUCIDOS Y CONTRAPIOS 4796.34</b>					
3.001	Empastado con carbonato sobre enlucido a (2 manos) interior	m2	297.53	3.58	1192.98
3.002	Pintado (dos manos)	m2	359	2.52	1013.24
3.003	Piso de ceramias interiores	m2	11.16	15.31	191.36
3.004	Piso de ceramias exteriores	m2	30.68	13.86	476.25
3.005	Piso de Porcelanato 50 x 50 cm	m2	21.63	20.36	493.23
3.006	Suministro y colocación de ceramica en pared	m2	36.07	14.2	573.66
3.007	Suministro y colocación de piso flotante	m2	44.98	14.47	728.96
3.008	Lavandería (incluye llave de chorro)	u	1	101.91	114.14
3.009	Hormigon Simple f"=180kg/cm2 (mesón de cocina e=6cm)	m2	1.68	6.65	12.51
<b>4 INSTALACIONES HIDROSANITARIAS 2207.32</b>					
4.001	Punto de agua fria (PVC de 1/2")	pto	12	17.38	233.59
4.002	Punto de agua caliente (PVC de 1/2")	pto	7	25.49	199.84
4.003	Punto de desague PVC d = 50mm	pto	5	15.45	86.52
4.004	Punto de desague PVC d = 75mm	pto	5	35.67	199.75
4.005	Punto de desague PVC d = 110mm	pto	3	41.31	138.80
4.006	Suministro e instalación de tubería PVC 110 mm (desague principal)	m	28.5	3.65	116.51
4.007	Ventilación PVC d = 110 mm	m	7	4.55	35.67
4.008	Ventilación PVC d = 50 mm	m	3	2.81	9.44
4.009	Suministro e instalación de trampilla de 4"	u	5	14.31	80.14
4.010	Suministro e instalación de lavamanos con pedestal, color beige para baño	u	2	94.57	211.84
4.011	Suministro e instalación de lavamanos blanco para baño	u	1	69.27	77.58
4.012	Suministro e instalación de inodoro blanco	u	1	84.67	94.83
4.013	Suministro e instalación de inodoro beige	u	2	89.31	200.05
4.014	Accesorios para baño	jgo	3	17.61	59.17
4.015	Grifería para ducha	u	2	106.44	238.43
4.016	Grifería para fregado	u	1	54.3	60.82
4.017	Fregadero de acero inoxidable de un pozo, con escurridera	u	1	63.61	71.24
4.018	Suministro e instalación de caja para medidor de agua	u	1	18.86	21.12
4.019	Suministro e instalación de válvula check d= 1/2"	u	1	8.84	9.90
4.020	Caja de Revisión 50 x 50 x 50 cm (interior)	u	1	55.43	62.08
<b>5 INSTALACIONES ELECTRICAS 1310.66</b>					
5.001	Pollitubo en entrepiso, d = 3/4"	m	40	0.47	21.06
5.002	Suministro en instalación de tomacorriente doble	pto	15	19.42	326.26
5.003	Suministro e instalación de interruptor doble y focos	pto	15	41.94	704.59
5.004	Suministro e instalación de conmutador	pto	1	39.8	44.58
5.005	Suministro e instalación de caja para medidor de luz	u	1	49.93	55.92
5.006	Suministro e instalación de timbre	pto	1	39.9	44.69
5.007	Punto de teléfono	pto	2	12.69	28.43
5.008	Suministro de instalación de Centro de distribución (4 salidas)	u	1	76.02	85.14
<b>6 CARPINTERIA DE MADERA 4104.72</b>					
6.001	Puerta de Madera interior 0.90 con cerradura	u	4	137.13	614.34
6.002	Puerta de Madera interior 0.70 con cerradura	u	3	131.13	400.60
6.003	Puerta de Madera con cerradura (Puerta Principal)	u	1	210.24	235.47
6.004	Suministro y colocación de rastreras	m	71.22	4.08	325.45
6.005	Muebles de cocina inferiores acabados en duraplac	m	2.8	135.78	425.81
6.006	Muebles de cocina superiores acabados en duraplac	m	2.8	135.78	425.81
6.007	Closet para dormitorios acabado tipo duraplac	m	6.2	235.78	1637.26
<b>7 CUBIERTA 3524.43</b>					
7.001	Cubierta de fibrocemento 2 caídas	m2	73.21	9.79	802.73
7.002	Pintura para techo	m2	73.21	2.75	225.49
7.003	Teja sobre cubierta de fibrocemento	m2	73.21	16.01	1312.74
7.004	Cumbrero de teja	m	6.45	6.29	45.44
7.005	Suministro e instalación de canales de zinc (trapecio)	m	8.45	7.75	73.35
7.006	Bajantes de zinc	m	23.35	9.49	248.18
7.007	Enlucido de alero (suministro de malla)	m2	5.6	18.35	115.09
7.008	Suministro y colocación de cielo raso	m2	82.62	7.58	701.41
<b>8 ALUMINIO Y VIDRIO 1552.51</b>					
8.001	Ventanas de aluminio corrediza sin protección con vidrio claro de 4mm	m2	12.57	66.97	942.83
8.002	Pasamanos de hierro h=0.92m, tubos de 1 1/2" y 1" x 1"	m	2.9	35.38	114.91
8.003	Puerta corrediza aluminio natural vidrio claro de 6 mm	m2	6.3	70.12	494.77
<b>9 INSTALACIONES DE GAS 118.38</b>					
9.001	Suministro y colocación de tubería de gas 3/8" de cobre	m	14	7.55	118.38
<b>10 CERRAMIENTO 1165.51</b>					
10.001	Mampostería de ladrillo (e=10cm)	m2	32.89	8.89	327.48
10.002	Enlucido (Mortero cemento - arena 1:3)	m2	34.54	5.94	229.79
10.003	Pintado (dos manos)	m2	34.54	2.52	97.49
10.004	Hormigon Simple f"=210kg/cm2 columnas de hormigon de 20 x 20 cm (con encofrado)	m3	0.18	231.02	46.57
10.005	Hierro de refuerzo	kg	19.42	1.78	38.72
10.006	Cimiento de piedra mortero	m3	5.58	68.08	425.47
<b>11 ESTRUCTURA METALICA DE LA VIVIENDA 6695.80</b>					
11.001	Perfil laminado en frio para cubierta Perfil PGG 100 x 0.93	kg	531.36	2.60	1381.95
11.002	Perfil laminado en frio para entrepiso PGG 200 x 1.28 y PGC 200 x 1.28	kg	675.24	2.60	1756.15
11.003	Perfil laminado en frio para paneles PGG 100 x 0.93, PGC 100 x 0.93 y PGG 100 x 1.28, PGC 100 x 1.28	kg	1259.81	2.60	3276.50
11.004	Anclajes	u	20	14.06	281.20
<b>12 REVESTIMIENTOS PARA LA VIVIENDA 4459.28</b>					
12.001	Plancha gypsum 1.22 x 2.44 x 12.7 mm para paredes interiores	u	68	7.38	501.84
12.002	Plancha de superboard 1.22 x 2.44 x 10 mm para paredes exteriores	u	52	22.99	1195.48
12.003	Plancha de superboard 1.22 x 2.44 x 20 mm para entrepiso	u	22	46.98	1033.56
12.004	Tornillo sicon 6x1" pta broca plancha para gypsum	u	3000	0.0058	17.40
12.005	Tornillo sicon 1/2" firocemento pta broca para fibrocemento	u	3000	0.014	42.00
12.006	OsB 1.22 x 2.44 x 18 mm para entrepiso	u	22	40	880.00
12.007	OsB 1.22 x 2.44 x 15 mm para la cubierta	u	22	35	770.00
12.008	Cinta para juntas en paredes de yeso 91.5 m x 48mm	u	2	9.5	19.00
<b>13 DEPRECIACIÓN DE HERRAMIENTAS 61.34</b>					
13.001	Herramientas manuales*				61.34
<b>14 OBRAS FINALES 262.90</b>					
14.001	Limpieza final de la obra	m2	112.85	2.08	262.90
<b>TOTAL</b>					<b>32008.12</b>
				Costo x m2	320.08
				Costo Incluido los GDF	33208.12
<b>Los datos del ítem 1 al 10 y el 14 son datos proporcionados por la Cámara de la Construcción de Cuenca del proyecto de vivienda unifamiliar de 100 m2 por el Ing. Carlos Julio Cordero</b>					
Nota	El cálculo del precio de construcción por m2, se ha tomado en consideración sólo el costo directo y no se incluye el costo del terreno ni las obras de urbanización				

\* Amoladora, tronadora y atornilladora

### **3.4. PRESUPUESTO DE LA CONSTRUCCIÓN DE LA VIVIENDA UNIFAMILIAR DE 100 m<sup>2</sup> POR LA CÁMARA DE LA CONSTRUCCIÓN DE CUENCA**

El presupuesto de este proyecto fue facilitado por el Ing. Carlos Julio Cordero, director del Departamento Técnico de la Cámara de la Construcción de Cuenca.

3.4. PRESUPUESTO VIVIENDA UNIFAMILIAR 100 m2						
CAMARA DE LA CONSTRUCCIÓN DE CUENCA						
Fecha	30/01/2013	PRESUPUESTO		Precios no incluyen IVA		
Item	Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario	P. total	
<b>1 OBRAS PRELIMINARES</b>						
1.001	Limpieza de terreno	m2	48.7	1.87	91.07	
1.002	Replanteo de Vivienda	m2	48.7	1.46	71.10	
<b>2 CIMENTACIÓN</b>						
2.001	Excavación a mano en suelo sin clasificar, profundidad entre 0y 2 m	m3	32.12	8.79	282.33	
2.002	Relleno compactado con material de reposición (plancha vibratoria)	m3	9.22	17.65	162.73	
2.003	Relleno compactado con material del sitio (plancha vibratoria)	m3	4.61	7.25	33.42	
2.004	Cargada de material a mano	m3	41.76	4	167.04	
2.005	Desalojo de materia hasta 4 Km	m3	41.76	3.05	127.37	
2.006	Hotmigon Simple f°c=210 kg/cm2 para fundido de zapatas(no incluye encofrado)	m3	2.78	107.78	299.63	
2.007	Encofrado recto	m2	7.68	6.43	49.38	
2.008	Hierro de refuerzo	kg	155.87	1.78	277.45	
<b>3 ESTRUCTURAS DE HORMIGON ARAMDO</b>						
3.001	Hormigón simple f°c=210kg/cm2 para cadenas (incluye encofrado)	m3	1.64	191.37	313.85	
3.002	Hormigón simple f°c=210kg/cm2 columnas de hormigón de 20 x 20 cm (incluye encofrado)	m3	2.5	231.02	577.55	
3.003	Hormigón simple f°c=210kg/cm2 para cadenas (no incluye encofrado)	m3	3.84	131.46	504.81	
3.004	Losa de Hormigón f°c=210kg/cm2 (aliviada unidireccional con bloque)	m2	64.88	24.89	1614.86	
3.005	Suministro y colocación de malla electrosoldada (15 x 15cm d=5.5mm) para losa	m2	62.76	3.89	244.14	
3.006	Encofrado de losa para hormigón armado	m2	62.32	8.53	531.59	
3.007	Encofrado recto	m2	26.07	6.43	167.63	
3.008	Hormigón Simple f°c=180kg/cm2 (mesón de cocina e=6cm)	m2	1.68	6.65	11.17	
3.009	Hormigón simple f°c=210kg/cm2 para fundido de escaleras (no incluye encofrado)	m3	1.17	133.19	155.83	
3.010	Hierro de refuerzo	kg	1351	1.78	2404.78	
<b>4 MAMPOSTERIA, ENLUCIDOS Y CONTRAPISOS</b>						
4.0014	Replanteo de piedra de 15 cm (emporado con grava)	m2	71.29	5.99	427.03	
4.002	colocacion de malla tipo R84	m2	69.03	2.3	158.77	
4.003	Losa de Hormigón f°c=180kg/cm2 (e=7cm)	m2	71.29	7.83	558.20	
4.004	Alisado de Piso	m2	95.54	2.86	273.24	
4.005	Mamposteria de ladrillo (e=10cm)	m2	147.09	8.89	1307.63	
4.006	Mamposteria de ladrillo (e=8cm)	m2	56.41	9.55	538.72	
4.007	Mmposteria de bloque de 10x20x40 cm	m2	7.64	11.05	84.42	
4.008	Recubrimiento de piedra vista	m2	12.27	32.4	397.55	
4.009	Lagrimeros con ladrillo de obra, enlucido y pintado ancho = 30cm	m2	1.95	7.29	14.22	
4.010	Enlucido (Mortero cemento - arena 1-3)	m2	359	5.94	2132.46	
4.011	Enlucido de filos (Mortero cemento - arena 1-3)	m	47.9	1.69	80.95	
4.012	Empastado con carbonato sobre enlucido a (2 manos) interior	m2	297.53	3.58	1065.16	
4.013	Pintado (dos manos)	m2	359	2.52	904.68	
4.014	Piso de ceramicas interiores	m2	11.16	15.31	170.86	
4.015	Piso de ceramicas exteriores	m2	30.68	13.86	425.22	
4.016	Piso de Porcelanato 50 x 50 cm	m2	21.63	20.36	440.39	
4.017	Suministro y colocación de ceramica en pared	m2	36.07	14.2	512.19	
4.018	Suministro y colocación de piso flotante	m2	44.98	14.47	650.86	
4.019	Lavandería (incluye llave de chorro)	u	1	101.91	101.91	
<b>5 INSTALACIONES HIDROSANITARIAS</b>						
5.001	Punto de agua fria (PVC de 1/2")	pto	12	17.38	208.56	
5.002	Punto de agua caliente (PVC de 1/2")	pto	7	25.49	178.43	
5.003	Punto de desagüe PVC d = 50mm	pto	5	15.45	77.25	
5.004	Punto de desagüe PVC d = 75mm	pto	5	35.67	178.35	
5.005	Punto de desagüe PVC d = 110mm	pto	3	41.31	123.93	
5.006	Suministro e instalación de tubería PVC 110 mm (desagüe principal)	m	28.5	3.65	104.03	
5.007	Ventilación PVC d= 110 mm	m	7	4.55	31.85	
5.008	Ventilación PVC d= 50 mm	m	3	2.81	8.43	
5.009	Suministro e instalación de trampilla de 4"	u	5	14.31	71.55	
5.010	Suministro e instalación de lavamanos con pedestal, color beige para baño	u	2	94.57	189.14	
5.011	Suministro e instalación de lavamanos blanco para baño	u	1	69.27	69.27	
5.012	Suministro e instalación de inodoro blanco	u	1	84.67	84.67	
5.013	Suministro e instalación de inodoro beige	u	2	89.31	178.62	
5.014	Accesorios para baño	lgo	3	17.61	52.83	
5.015	Grifería para ducha	u	2	106.44	212.88	
5.016	Grifería para fregado	u	1	54.3	54.30	
5.017	Fregadero de acero inoxidable de un pozo, con escurridera	u	1	63.61	63.61	
5.018	Suministro e instalación de caja para medidor de agua	u	1	18.86	18.86	
5.019	Suministro e instalación de válvula check d= 1/2"	u	1	8.84	8.84	
5.020	Caja de Revisión 50 x 50 x 50 cm (interior)	u	1	55.43	55.43	
<b>6 INSTALACIONES ELECTRICAS</b>						
6.001	Politubo en entrepiso, d = 3/4"	m	40	0.47	18.80	
6.002	Suministro en instalación de tomacorriente doble	pto	15	19.42	291.30	
6.003	Suministro e instalación de interruptor doble y focos	pto	15	41.94	629.10	
6.004	Suministro e instalación de conmutador	pto	1	39.8	39.80	
6.005	Suministro e instalación de caja para medidor de luz	u	1	49.93	49.93	
6.006	Suministro e instalación de timbre	pto	1	39.9	39.90	
6.007	Punto de teléfono	pto	2	12.69	25.38	
6.008	Suministro de instalación de Centro de distribución (4 salidas)	u	1	76.02	76.02	
<b>7 CARPINTERIA DE MADERA</b>						
7.001	Puerta de Madera interior 0.90 con cerradura	u	4	137.13	548.52	
7.002	Puerta de Madera interior 0.70 con cerradura	u	3	131.13	393.39	
7.003	Puerta de Madera con cerradura (Puerta Principal)	u	1	210.24	210.24	
7.004	Suministro y colocación de rastreras	m	71.22	4.08	290.58	
7.005	Muebles de cocina inferiores acabados en duraplac	m	2.8	135.78	380.18	
7.006	Muebles de cocina superiores acabados en duraplac	m	2.8	135.78	380.18	
7.007	Closet para dormitorios acabo tipo duraplac	m	6.2	235.78	1461.84	
<b>8 CUBIERTA</b>						
8.001	Estructura metalica perfil laminado	kg	537.23	2.4	1289.35	
8.002	Cubierta de fibrocemento 2 caidas	m2	73.21	9.79	716.73	
8.003	Pintura para techo	m2	73.21	2.75	201.33	
8.004	Teja sobre cubierta de fibrocemento	m2	73.21	16.01	1172.09	
8.005	Cumbrero de teja	m	6.45	6.29	40.57	
8.006	Suministro e instalación de canales de zinc (trapezio)	m	8.45	7.75	65.49	
8.007	Bajantes de zinc	m	23.35	9.49	221.59	
8.008	Enlucido de alero (suministro de malla)	m2	5.6	18.35	102.76	
8.009	Suministro y colocación de cielo raso	m2	82.66	7.58	626.56	
8.010	Enlucido (Mortero cemento - arena 1-3) tumbado exterior	m2	18.72	6.36	119.06	
8.011	Viga de madera tratada, laca 3 manos	m	7.7	20.29	156.23	
<b>9 ALUMINIO Y VIDRIO</b>						
9.001	Ventanas de aluminio corredera sin protección con vidrio claro de 4mm	m2	12.57	66.97	841.81	
9.002	Pasamanos de hierro h=0.92m, tubos de 1 1/2" y 1" x 1"	m	2.9	35.38	102.60	
9.003	Puerta corredera aluminio natural vidrio claro de 6 mm	m2	6.3	70.12	441.76	
<b>10 INSTALACIONES DE GAS</b>						
10.001	Suministro y colocación de tubería de gas 3/8" de cobre	m	14	7.55	105.70	
<b>11 CERRAMIENTO</b>						
11.001	Mamposteria de ladrillo (e=10cm)	m2	32.89	8.89	292.39	
11.002	Enlucido (Mortero cemento - arena 1-3)	m2	34.54	5.94	205.17	
11.003	Pintado (dos manos)	m2	34.54	2.52	87.04	
11.004	Hormigón Simple f°c=210kg/cm2 columnas de hormigón de 20 x 20 cm (con encofrado)	m3	0.18	231.02	41.58	
11.005	Hierro de refuerzo	kg	19.42	1.78	34.57	
11.006	Cimiento de piedra mortero	m3	5.58	68.08	379.89	
<b>12 OBRAS FINALES</b>						
12.001	Limpieza final de la obra	m2	112.85	2.08	234.73	
<b>TOTAL</b>					<b>32617.18</b>	
				Valor con IVA	36531.24	
				Costo m2	365.31	
Nota El cálculo del precio de construcción por m2, se ha tomado en consideración sólo el costo directo y no se incluye el costo del terreno ni las obras de urbanización						

### **3.5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES DEL ANÁLISIS ECONÓMICO**

Se consideró el análisis de precios unitarios como la mejor alternativa para realizar el presupuesto de la vivienda, ya que nos permite detallar de mejor manera los costos y factores que intervienen en todo el proceso constructivo.

La construcción de la vivienda utilizando el SEL, produjo un ahorro del 13% del costo total aproximadamente de la construcción con el sistema convencional, en lo que se refiere únicamente a los costos directos, ya que no se está tomando en cuenta los gastos directos de fabricación antes ya mencionados ni las obras de urbanización ni el precio del terreno. Razón por la cual este sistema constructivo es más económico que el convencional.

El ahorro producido por la implementación de este nuevo sistema constructivo, puede resultar mayor, tomando como consideración otros factores en la construcción, que en forma directa afectan al precio, uno de ellos el menor tiempo en la ejecución de la obra, por ejemplo una familia que pague de arriendo 250 dólares al mes y que decidiese invertir en la construcción de una vivienda propia, con el sistema convencional, el tiempo en la ejecución de la obra estaría aproximadamente entre los 6 meses, dependiendo de la mano de obra aplicada. Por otro lado si la vivienda se la realizaría con el SEL, el tiempo de ejecución de la obra sería de 1 mes aproximadamente, con esta acotación la familia ahorraría 5 meses de arriendo, lo que aumentaría el porcentaje de ahorro en la construcción.

## **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES GENERALES**

Finalmente luego de haber realizado el estudio de Mercado, Técnico y Económico, podemos asegurar que el uso del SEL como una nueva alternativa en la construcción, es totalmente factible para el mercado de vivienda en nuestro país. No es nuevo que la construcción con acero ha aumentado de manera notoria y así lo aseguran los últimos censos realizados, por lo tanto creemos que cada día ira en aumento el uso de nuevos sistemas constructivos diferentes que reemplacen en gran parte al sistema convencional.

Como lo demuestran el análisis de las encuestas realizadas para el estudio de mercado, actualmente un gran número de la población usa el acero para construir sus viviendas, además las características elegidas por los constructores sobre una nueva alternativa como sistema constructivo, hacen que el SEL afiance el futuro mercado de la construcción.

El Sistema Estructural Liviano (SEL), se convierte en una de las mejores alternativas para la construcción de viviendas, debido a las grandes ventajas que se han mencionado, como el ahorro económico, el menor tiempo de construcción y una de las más importantes es el aspecto ecológico, ya que al ser un sistema en seco, reduce totalmente la contaminación hacia el medio ambiente.

Podemos citar también que al igual que el sistema convencional, el SEL ofrece las totales garantías técnicas, como quedó demostrado en el capítulo 2, y por ende se basa en un debido diseño estructural con el cumplimiento de la norma específica para este material.

Las simulaciones realizadas con el software de diseño y análisis estructural, se modelaron de manera que se asemeje lo más posible a la realidad, esto porque las conexiones de este sistema necesitan que se combinen de dos a tres perfiles en solo punto o nodo, a diferencia del acero laminado en caliente en el cual las conexiones se hace por soldadura.

En el espectro de colores proporcionado por el software, luego de haber mandado a correr el análisis estructural, algunos perfiles se encuentran en color rojo, mencionando que este color indica que el perfil fallara, ciertamente esto no es así, ya que los perfiles de color rojo cumplen a cabalidad las condiciones de resistencia, flexión, torsión y pandeo establecidas en la norma AISI S200. Hemos analizado las posibles causas por lo que sucede este problema y entre ellas citamos las siguientes, el no poder establecer condiciones reales de los apoyos entre los perfiles entre una planta y la otra, y otra característica importante, que en los casos en los que se encuentra un solo perfil como columna, en realidad van dos o más debido al encuentro entre paneles y al armado de los mismos. Por lo que la simulación mejora al aumentar el espesor a dichos perfiles que se encuentran sobre esforzados o de color rojo.

Quedó demostrado en el análisis económico que a más de las ventajas técnicas el SEL tiene un menor costo por metro cuadrado de construcción que el sistema convencional, el cual es un indicador muy importante para el demandante, que a más de obtener un sistema garantizado constructivamente obtendrá un ahorro económico.

De igual manera el ahorro principal se encuentra en el costo de la mano de obra debido a su rapidez constructiva, ya que los materiales como los perfiles y

revestimientos usados por el SEL al igual que el ladrillo, cemento y hierro utilizados en el sistema convencional tienen un costo similar.

Durante la investigación realizada para nuestro proyecto de Tesis, se constató el crecimiento del Sistema Estructural Liviano en algunos países vecinos como Argentina, Brasil y Chile, lo cual genera una motivación para los profesionales de la construcción a formar parte de un proceso de desarrollo para nuestro país, siendo los partícipes del cambio y generando mayores oportunidades de vivienda para la población más necesitada de este servicio.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Sarmanho Arlene, Moraes Renata, Steel Framing Arquitectura, Ilafa. IBS/CBCA, 2006 / Santiago de Chile ILAFA 2007.
- [2] Estructuras de Acero Liviano, Tugalt, Ecuador 2007-2008.
- [3] Baca Urbina Gabriel, Evaluación de Proyectos, 5ta Ed. Mc. Graw Hill. 2010
- [4] INFORMACIÓN sobre steel framing [en línea] < [http://es.wikipedia.org/wiki/Steel\\_Framing](http://es.wikipedia.org/wiki/Steel_Framing) > [consulta: 20 mayo 2012]
- [5] Resultados del Censo de población y vivienda del 2010 [en línea] < [http://www.inec.gob.ec/cpv/index.php?option=com\\_wrapper&view=wrapper&Itemid=49&lang=es](http://www.inec.gob.ec/cpv/index.php?option=com_wrapper&view=wrapper&Itemid=49&lang=es) > [consulta: 26 julio 2012]
- [6] Resultados del Censo de población y vivienda del 2001 [en línea] < <http://www.ecuadorencifras.com/cifras-inec/vivienda.html#> > [consulta: 26 julio 2012]
- [7] Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-11. Cargas y Materiales, Capitulo 1. Ecuador 2011 [en línea] < <https://dl.dropbox.com/u/57867286/NEC%20Capitulos/NEC2011-CAP.1-CARGAS%20Y%20MATERIALES-021412.pdf> > [consulta: 10 octubre 2012]
- [8] Reglamento Nacional de Construcción RCN-07. Tablas de Cargas muertas mínimas, Nicaragua 2007.
- [9] Instituto Latinoamericano del Fierro y del Acero. Steel Framing Arquitectura, Rio de Janeiro 2006.
- [10] Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-11. Vidrio, Capitulo 8. Ecuador 2011 [En línea] < <http://dl.dropbox.com/u/57867286/NEC%20Capitulos/NEC2011-CAP.8-VIDRIO-021412.pdf> > [consulta: 10 octubre 2012]
- [11] Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-11. Peligro sísmico y Requisitos de Diseño, Capitulo 2. Ecuador 2011 [En línea] < <http://dl.dropbox.com/u/57867286/NEC%20Capitulos/%28NEC2011-CAP.2-PELIGRO%20SISMICO%20Y%20REQUISITOS%20DE%20DISE%C3%91O%20SISMO%20RESISTENTE-021412%29.pdf> > [consulta: 10 octubre 2012]

[12] Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2 526:2010. Perfiles Especiales Abiertos, Livianos, Pre galvanizados y Conformados en Frio para uso en estructuras portantes. Ecuador 2010. [En línea] < <https://law.resource.org/pub/ec/ibr/ec.nte.2526.2010.pdf> > [consulta: 6 noviembre 2012]

[13] McCORMAC, Jack. Diseño de Estructuras Metálicas: método LRFD, 2da Ed. Alfaomega, México, 2002.

[14] Método Lineal para el cálculo de propiedades geométricas, [En línea] < <http://tesis.uson.mx/digital/tesis/docs/9954/Capitulo3.pdf> > [consulta: 23 noviembre 2012]

[15] AMERICAN IRON AND STEEL INSTITUTE, Especificación para el diseño de miembros estructurales de acero conformado en frío, AISI S200-07 Canadá 2007.

## CONSULTAS

- Ing. Patricio Arpi, Departamento de asesoría técnica de la empresa Tugalt, Cuenca.
- Ing. Carlos Julio Cordero, Director del Departamento Técnico de la Cámara de la Construcción de Cuenca.
- Eco. Fernando Vivar, docente de la Universidad Politécnica Salesiana sede Cuenca.

# **ANEXOS**

## ANEXO A

### A1. Vivienda unifamiliar 100 m<sup>2</sup> Cámara de la Construcción de Cuenca.



## A2. Presupuesto Vivienda unifamiliar 100 m2 Cámara de la Construcción de Cuenca.



CAMARA DE LA  
CONSTRUCCION  
DE CUENCA

CAMARA DE LA CONSTRUCCION DE CUENCA

VIVIENDA TIPO UNIFAMILIAR 100 m2

Oferente: REFERENCIAL

Ubicación: Sector urbano

Fecha: 30/01/2013

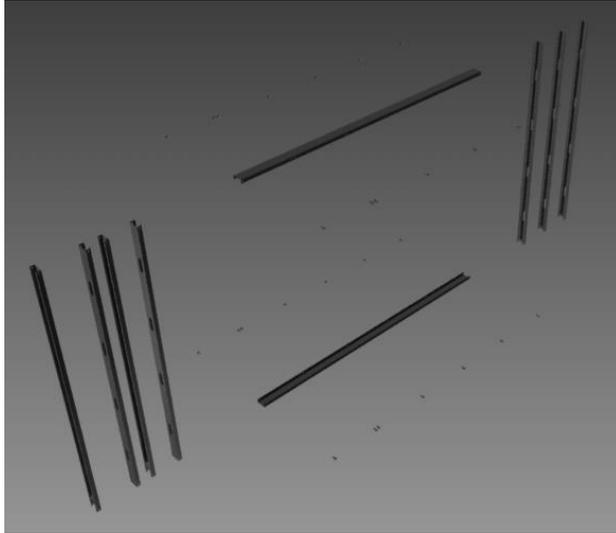
PRESUPUESTO						
Item	Codigo	Descripción	Unidad	Cantidad	P.Unitario	P.Total
<b>01</b>		<b>OBRAS PRELIMINARES</b>				<b>162.17</b>
1.001	503086	Limpieza de terreno	m2	48.70	1.87	91.07
1.002	503001	Replanteo de vivienda	m2	48.70	1.46	71.10
<b>2</b>		<b>CIMENTACION</b>				<b>1,399.35</b>
2.001	503002	Excavación a mano en suelo sin clasificar, profundidad entre 0 y 2 m	m3	32.12	8.79	282.33
2.002	503007	Relleno compactado con material de reposición (plancha vibratoria)	m3	9.22	17.65	162.73
2.003	503085	Relleno compactado con material de sitio (plancha vibratoria)	m3	4.61	7.25	33.42
2.004	503009	Cargada de material a mano	m3	41.76	4.00	167.04
2.005	503008	Desalojo de material hasta 4 km	m3	41.76	3.05	127.37
2.006	503005	Hormigón simple f'c=210 kg/cm2 para fundido de zapatas (no incluye encofrado)	m3	2.78	107.78	299.63
2.007	503031	Encofrado recto	m2	7.68	6.43	49.38
2.008	503006	Hierro de refuerzo	kg	155.87	1.78	277.45
<b>3</b>		<b>ESTRUCTURAS DE HORMIGON ARMADO</b>				<b>6,526.21</b>
3.001	503004	Hormigón simple f'c=210 kg/cm2 para cadenas (incluye encofrado)	m3	1.64	191.37	313.85
3.002	503011	Hormigón simple f'c=210 kg/cm2 columnas de hormigón de 20 x 20 cm (incluye encofrado)	m3	2.50	231.02	577.55
3.003	503076	Hormigón simple f'c=210 kg/cm2 en vigas (no incluye encofrado)	m3	3.84	131.46	504.81
3.004	503029	Losa de hormigón f'c=210 kg/cm2 (aliviada unidireccional, con bloque)	m2	64.88	24.89	1,614.86
3.005	503030	Suministro y colocación de malla electrosoldada (15 x 15 cm, d=5.5mm) para losa	m2	62.76	3.89	244.14
3.006	503027	Encofrado de losa para hormigón armado	m2	62.32	8.53	531.59
3.007	503031	Encofrado recto	m2	26.07	6.43	167.63
3.008	503073	Hormigón simple f'c=180 kg/cm2 (mesón de cocina e=8cm)	m2	1.68	6.65	11.17
3.009	503077	Hormigón simple f'c=210 kg/cm2 para fundido de escaleras (no incluye Encofrado)	m3	1.17	133.19	155.83
3.01	503006	Hierro de refuerzo	kg	1,351.00	1.78	2,404.78
<b>4</b>		<b>MAMPOSTERIA, ENLUCIDOS Y CONTRAPISOS</b>				<b>10,244.46</b>
4.001	503016	Replanteo de piedra de 15 cm (emporado con grava)	m2	71.29	5.99	427.03
4.002	503017	Colocación de malla tipo R 84	m2	69.03	2.30	158.77
4.003	503019	Losa de hormigón simple (e = 7 cm, f'c = 180 kg/cm2)	m2	71.29	7.83	558.20
4.004	503087	Alisado de piso	m2	95.54	2.86	273.24
4.005	503010	Mampostería de ladrillo (e=10cm)	m2	147.09	8.89	1,307.63
4.006	503026	Mampostería de ladrillo (e=8 cm)	m2	56.41	9.55	538.72
4.007	503090	Mampostería de bloque de 10 x 20 x 40 cm.	m2	7.64	11.05	84.42
4.008	503074	Recubrimiento de piedra vista	m2	12.27	32.40	397.55
4.009	503037	Lagrimero con ladrillo de obra, enlucido y pintado ancho = 30 cm	m	1.95	7.29	14.22
4.01	503014	Enlucido (mortero cemento - arena 1-3)	m2	359.00	5.94	2,132.46
4.011	503107	Enlucido de filos (mortero cemento - arena 1-3)	m	47.90	1.69	80.95
4.012	503012	Empastado con carbonato sobre enlucido (2 manos) interior	m2	297.53	3.58	1,065.16
4.013	503015	Pintado (dos manos)	m2	359.00	2.52	904.68
4.014	503020	Piso de cerámica interiores	m2	11.16	15.31	170.86
4.015	503023	Piso de cerámica exteriores	m2	30.68	13.86	425.22
4.016	503025	Piso de porcelanato 50 x 50 cm	m2	21.63	20.36	440.39
4.017	503022	Suministro y colocación de cerámica en pared	m2	36.07	14.20	512.19
4.018	503024	Suministro y colocación de piso flotante	m2	44.98	14.47	650.86
4.019	503091	Lavandería (incluye llave de chorro)	u	1.00	101.91	101.91
<b>5</b>		<b>INSTALACIONES HIDROSANITARIAS</b>				<b>1,970.83</b>
5.001	503039	Punto de agua fría (PVC de 1/2")	pto	12.00	17.38	208.56
5.002	503042	Punto de agua caliente (PVC de 1/2")	pto	7.00	25.49	178.43
5.003	503043	Punto de desagüe PVC d = 50 mm	pto	5.00	15.45	77.25
5.004	503095	Punto de desagüe PVC d = 75 mm	pto	5.00	35.67	178.35
5.005	503084	Punto de desagüe PVC d = 110 mm	pto	3.00	41.31	123.93
5.006	503044	Suministro e instalación de tubería PVC 110 mm (desagüe principal)	m	28.50	3.65	104.03
5.007	503045	Ventilación PVC d=110 mm	m	7.00	4.55	31.85
5.008	503046	Ventilación PVC d=50 mm	m	3.00	2.81	8.43
5.009	503083	Suministro e instalación de trampilla de 4"	u	5.00	14.31	71.55

5.01	503067	Suministro e instalación de lavamanos con pedestal, color beige para baño	u	2.00	94.57	189.14
5.011	503054	Suministro e instalación de lavamanos blanco para baño	u	1.00	69.27	69.27
5.012	503048	Suministro e instalación de inodoro blanco	u	1.00	84.67	84.67
5.013	503049	Suministro e instalación de inodoro beige	u	2.00	89.31	178.62
5.014	503092	Accesorios para baño	jgo	3.00	17.61	52.83
5.015	503051	Grifería para ducha (incluye ducha teléfono)	u	2.00	106.44	212.88
5.016	503052	Grifería para fregadero	u	1.00	54.30	54.30
5.017	503053	Fregadero de acero inoxidable de un pozo, con escurridera	u	1.00	63.61	63.61
5.018	503058	Suministro e instalación de caja para medidor de agua	u	1.00	18.86	18.86
5.019	503099	Suministro e instalación de válvula check d=1/2"	u	1.00	8.84	8.84
5.02	503047	Caja de revisión 50 x 50 x 50 cm (interior)	u	1.00	55.43	55.43
6		<b>INSTALACIONES ELECTRICAS</b>				<b>1,170.23</b>
6.001	503100	Politubo en losa, d=3/4"	m	40.00	0.47	18.80
6.002	503055	Suministro e instalación de tomacorriente doble	pto	15.00	19.42	291.30
6.003	503056	Suministro e instalación de interruptor doble y focos	pto	15.00	41.94	629.10
6.004	503057	Suministro e instalación de conmutador	pto	1.00	39.80	39.80
6.005	503059	Suministro e instalación de caja para medidor de luz	u	1.00	49.93	49.93
6.006	503088	Suministro e instalación de timbre	pto	1.00	39.90	39.90
6.007	503094	Punto de teléfono	pto	2.00	12.69	25.38
6.008	503093	Suministro e instalación de Centro de Distribución (4 salidas)	u	1.00	76.02	76.02
7		<b>CARPINTERIA DE MADERA</b>				<b>3,664.93</b>
7.001	503060	Puerta de madera interior 0.90 con cerradura	u	4.00	137.13	548.52
7.002	503108	Puerta de madera interior 0.70 con cerradura	u	3.00	131.13	393.39
7.003	503061	Puerta de madera con cerradura (puerta principal)	u	1.00	210.24	210.24
7.004	503078	Suministro y colocación de rastreras	m	71.22	4.08	290.58
7.005	503079	Muebles de cocina inferiores acabados en duraplac	m	2.80	135.78	380.18
7.006	503081	Muebles de cocina superiores acabados en duraplac	m	2.80	135.78	380.18
7.007	503082	Closet para dormitorios acabados tipo duraplac	m	6.20	235.78	1,461.84
8		<b>CUBIERTA</b>				<b>4,711.76</b>
8.001	503032	Estructura metálica perfil laminado	kg	537.23	2.40	1,289.35
8.002	503033	Cubierta de fibrocemento 2 caídas	m2	73.21	9.79	716.73
8.003	503089	Pintura para techo	m2	73.21	2.75	201.33
8.004	503034	Teja sobre cubierta de fibrocemento	m2	73.21	16.01	1,172.09
8.005	503038	Cumbrero de teja	m	6.45	6.29	40.57
8.006	503065	Suministro e instalación de canales de zinc (trapezoid)	m	8.45	7.75	65.49
8.007	503064	Bajantes de zinc	m	23.35	9.49	221.59
8.008	503071	Enlucido de alero (suministro de malla)	m2	5.60	18.35	102.76
8.009	503068	Suministro y colocación de cielo raso	m2	82.66	7.58	626.56
8.01	503102	Enlucido (mortero cemento - arena 1-3) tumbado exterior	m2	18.72	6.36	119.06
8.011	503103	Viga de madera tratada, laca 3 manos	m	7.70	20.29	156.23
9		<b>ALUMINIO Y VIDRIO</b>				<b>1,386.17</b>
9.001	503063	Ventanas de aluminio corrediza sin protección con vidrio claro de 4 mm	m2	12.57	66.97	841.81
9.002	503072	Pasamanos de hierro h=0.92 m, tubos 1 1/2" y 1" x 1"	m	2.90	35.38	102.60
9.003	503104	Puerta corrediza aluminio natural Vidrio claro 6 mm	m2	6.30	70.12	441.76
10		<b>INSTALACIONES DE GAS</b>				<b>105.70</b>
10.001	503101	Suministro y colocación tubería 3/8" cobre	m	14.00	7.55	105.70
11		<b>CERRAMIENTO</b>				<b>1,040.64</b>
11.001	503010	Mampostería de ladrillo (e=10cm)	m2	32.89	8.89	292.39
11.002	503014	Enlucido (mortero cemento - arena 1-3)	m2	34.54	5.94	205.17
11.003	503015	Pintado (dos manos)	m2	34.54	2.52	87.04
11.004	503011	Hormigón simple f'c=210 kg/cm2 columnas de hormigón de 20 x 20 cm (incluye end	m3	0.18	231.02	41.58
11.005	503006	Hierro de refuerzo	kg	19.42	1.78	34.57
11.006	503106	Cimiento de piedra mortero 140 kg/cm2	m3	5.58	68.08	379.89
12		<b>OBRAS FINALES</b>				<b>234.73</b>
12.001	503096	Limpieza final de la obra	m2	112.85	2.08	234.73
		<b>SUBTOTAL</b>				<b>32,617.18</b>
		<b>IVA</b>			0%	<b>0.00</b>
		<b>TOTAL</b>				<b>32,617.18</b>

Son: treinta y dos mil seiscientos diecisiete con 18/100 dólares

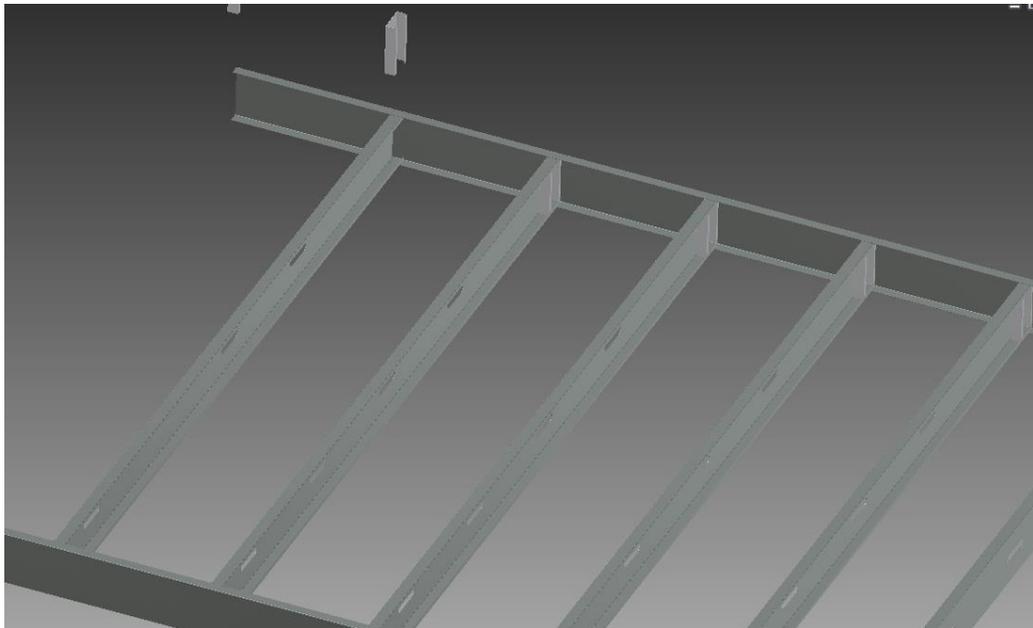
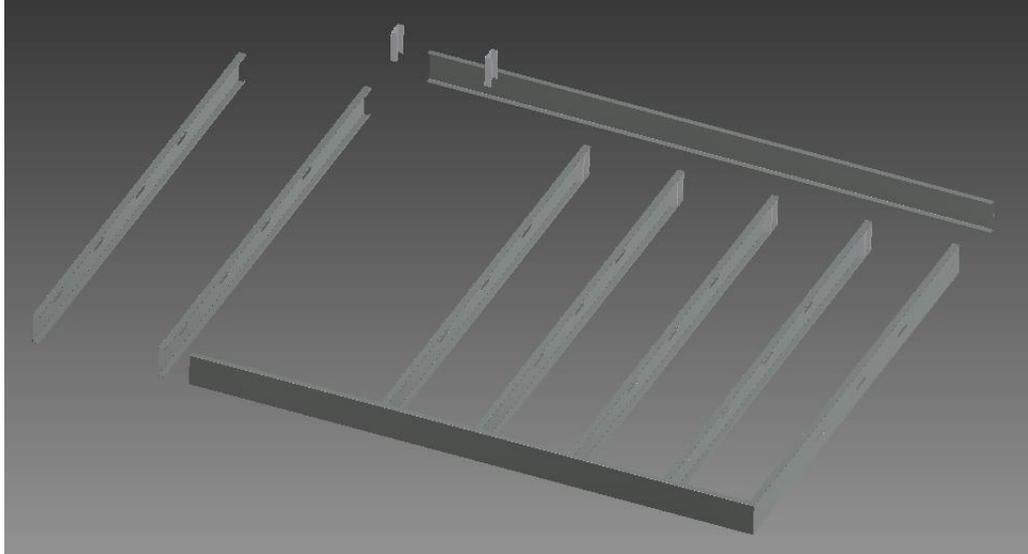
## ANEXO B

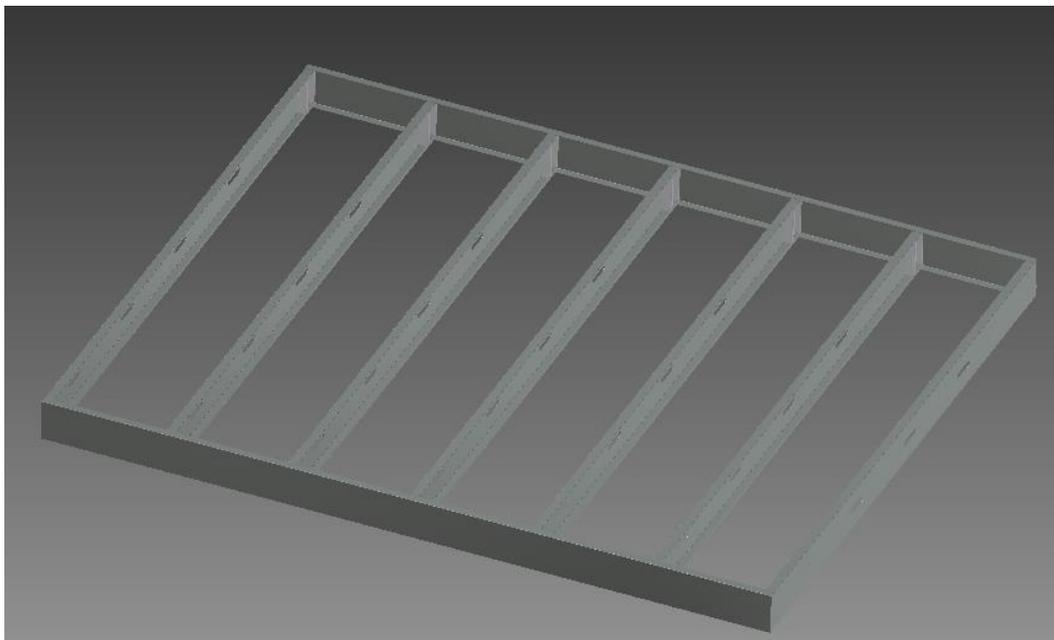
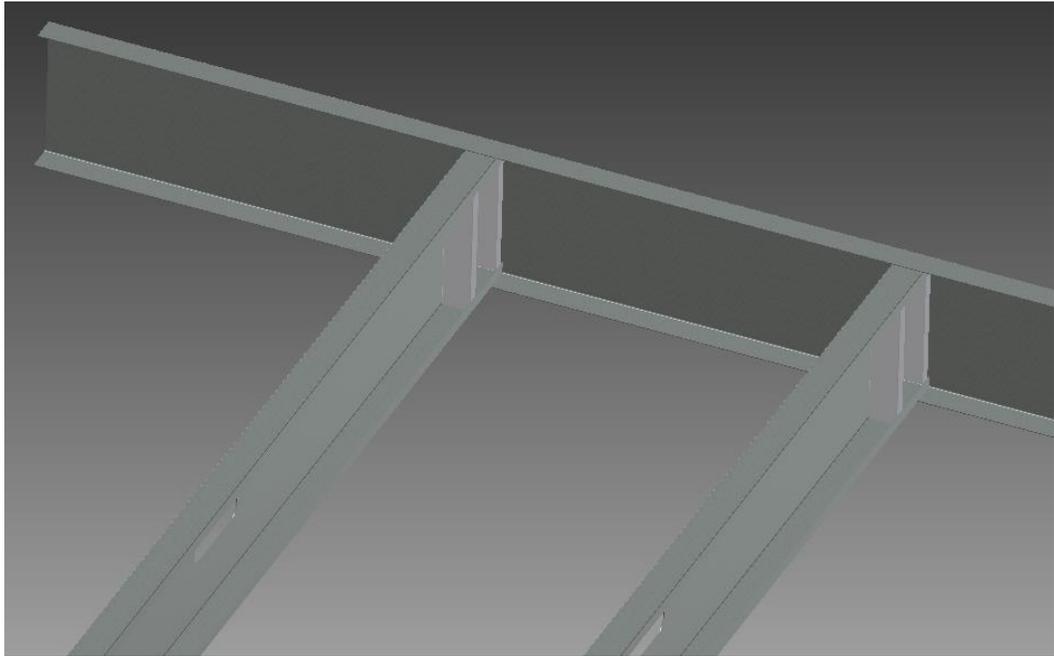
### B1. Armado de un panel Planta Alta



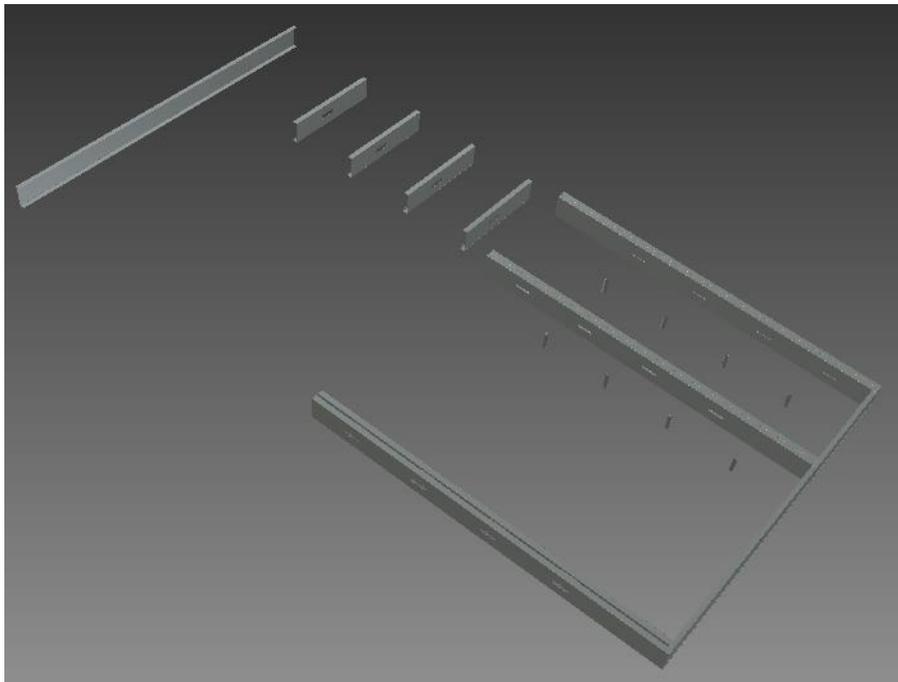
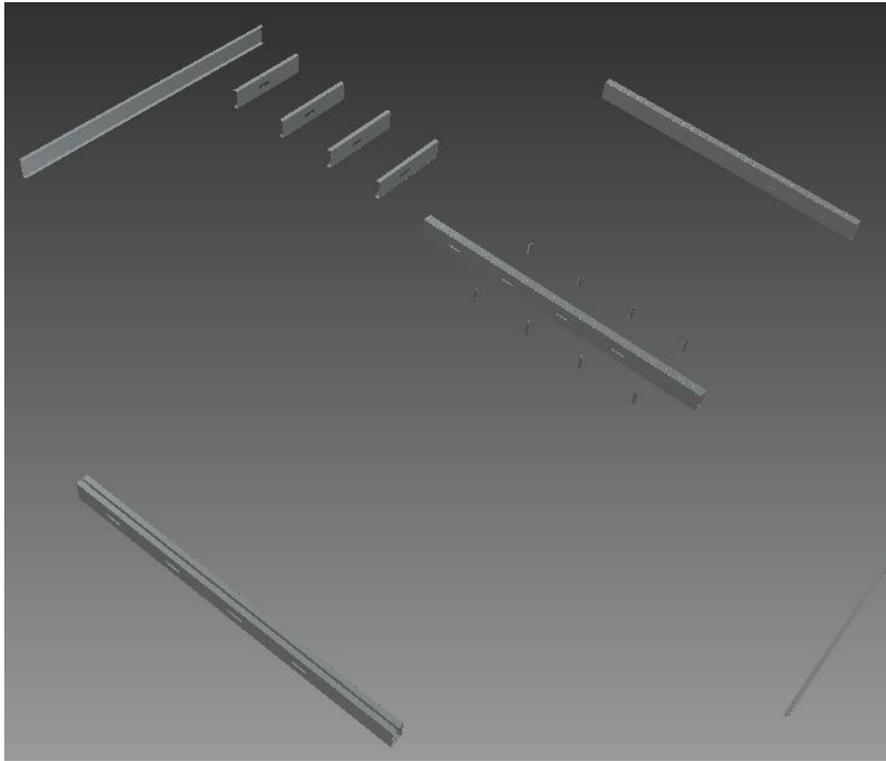


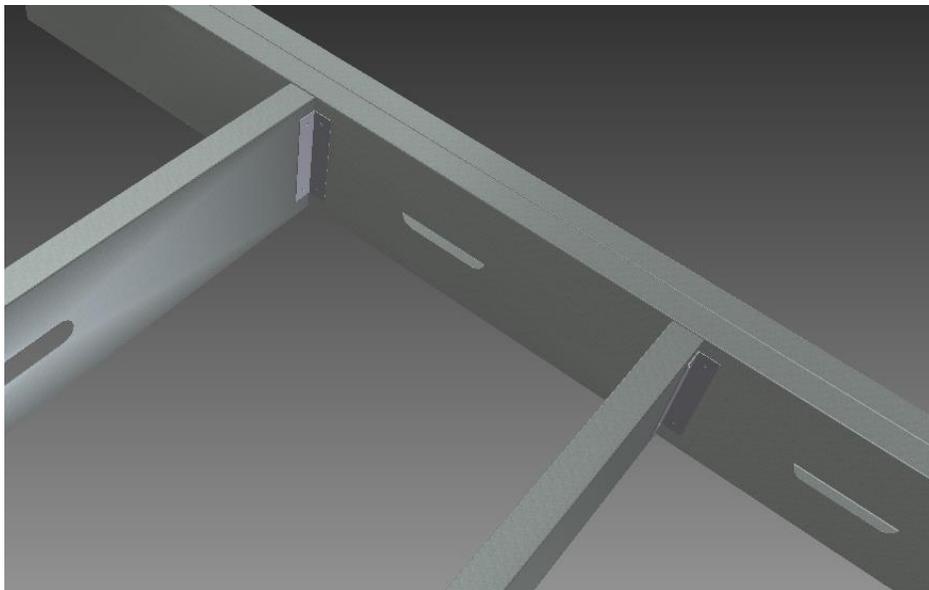
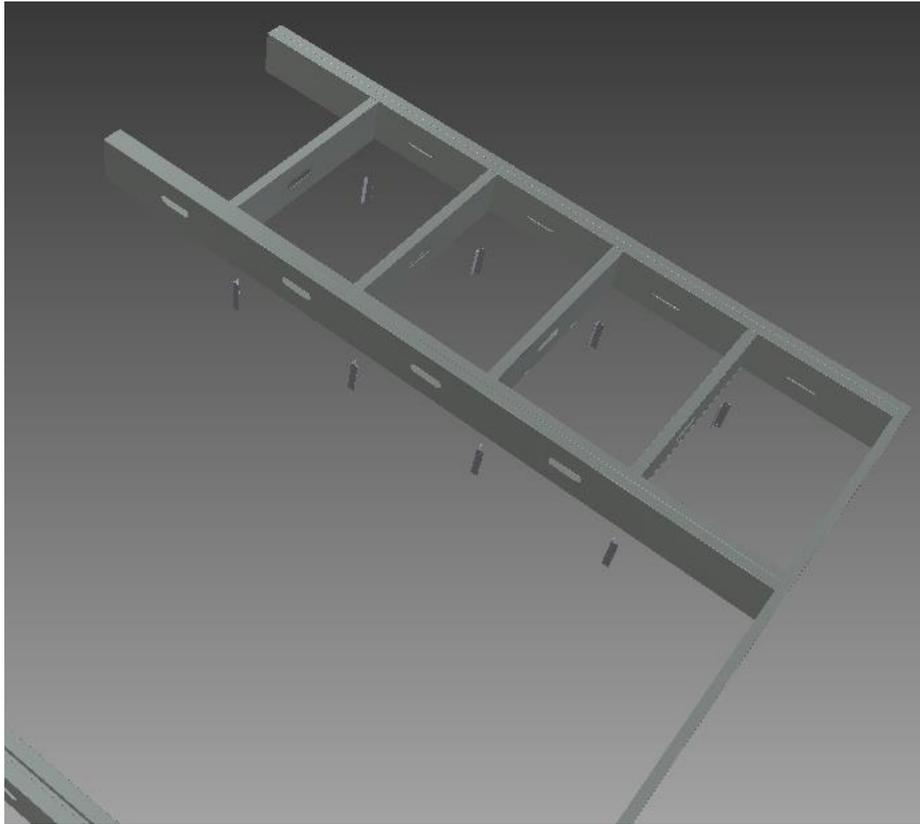
## B2. Armado de un Panel entrepiso

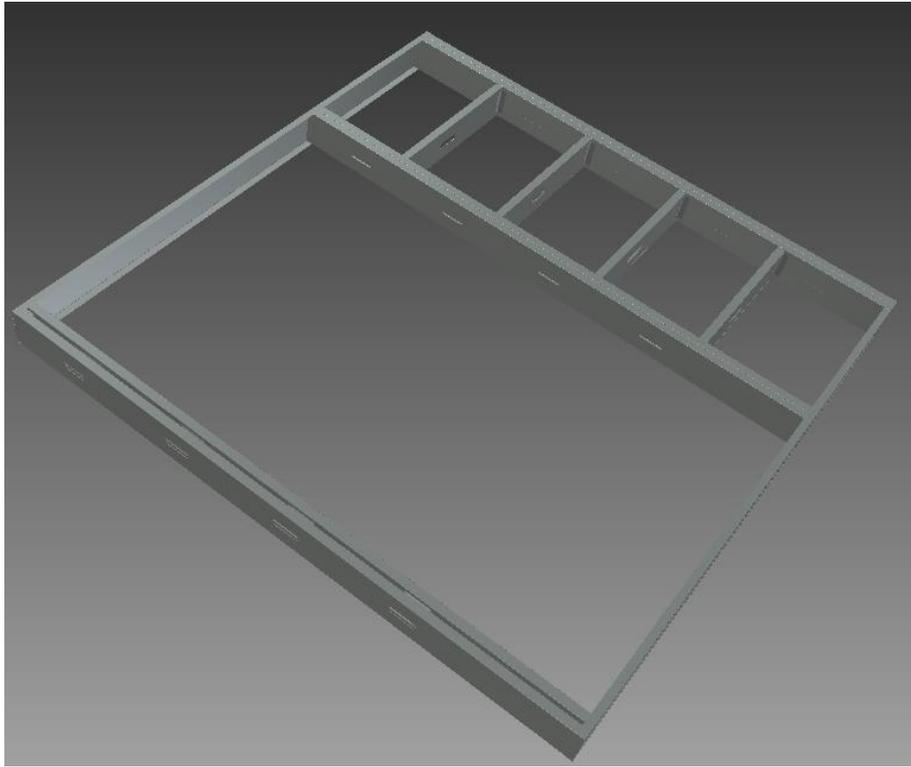




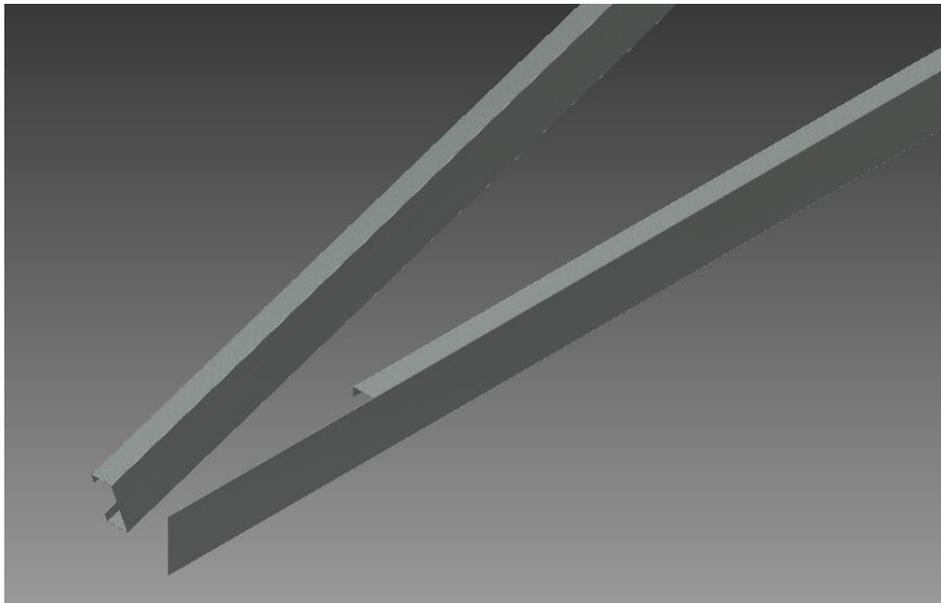
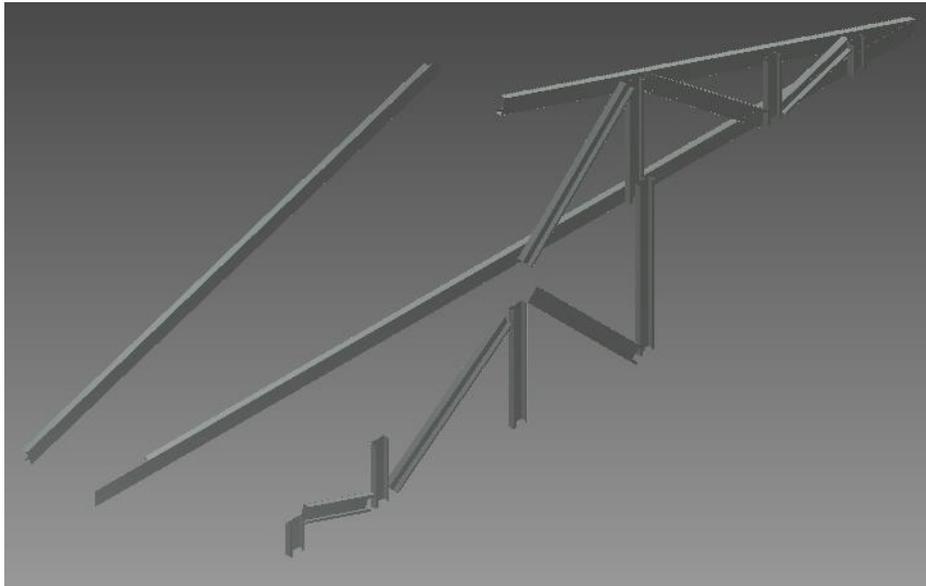
### B3. Armado de un vano en Entrepiso

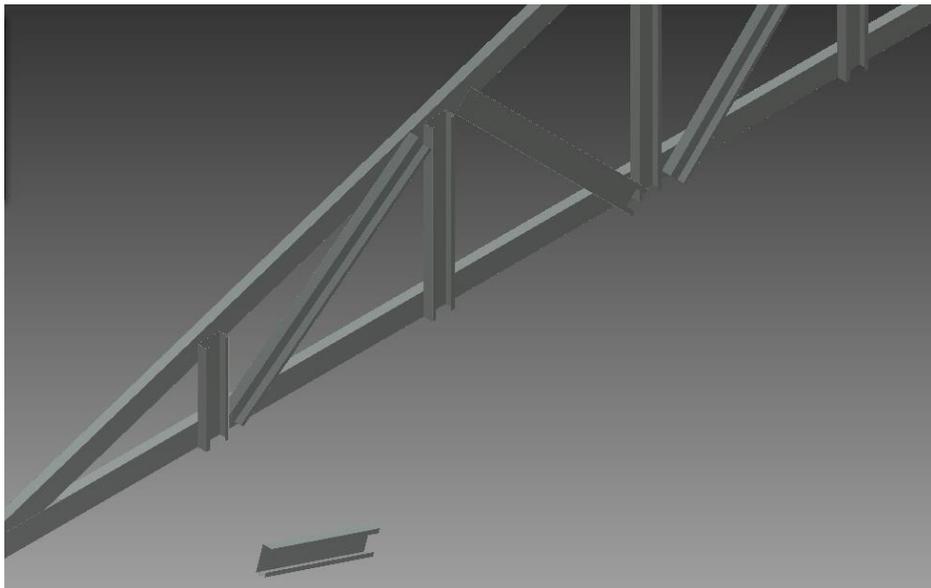
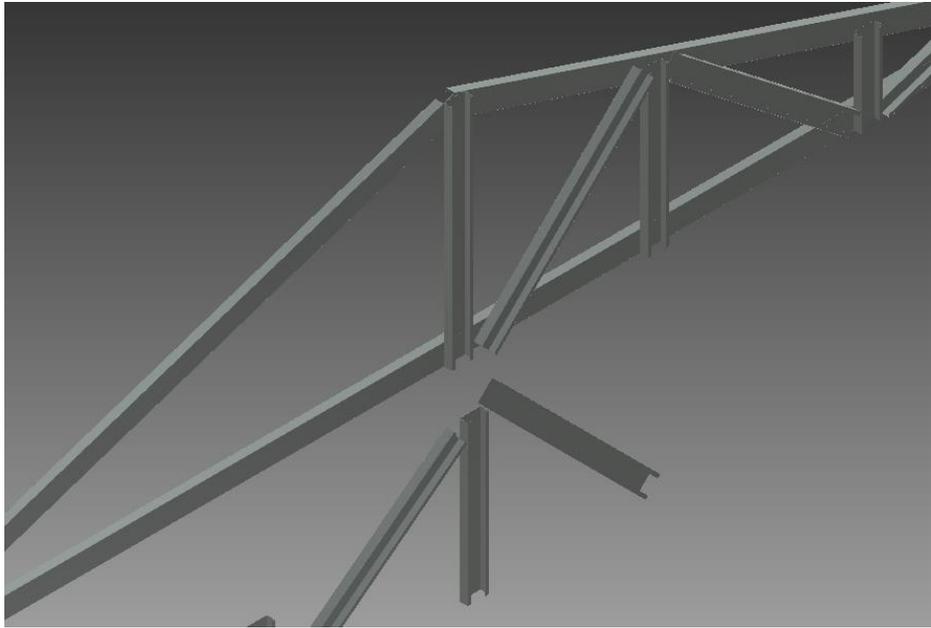


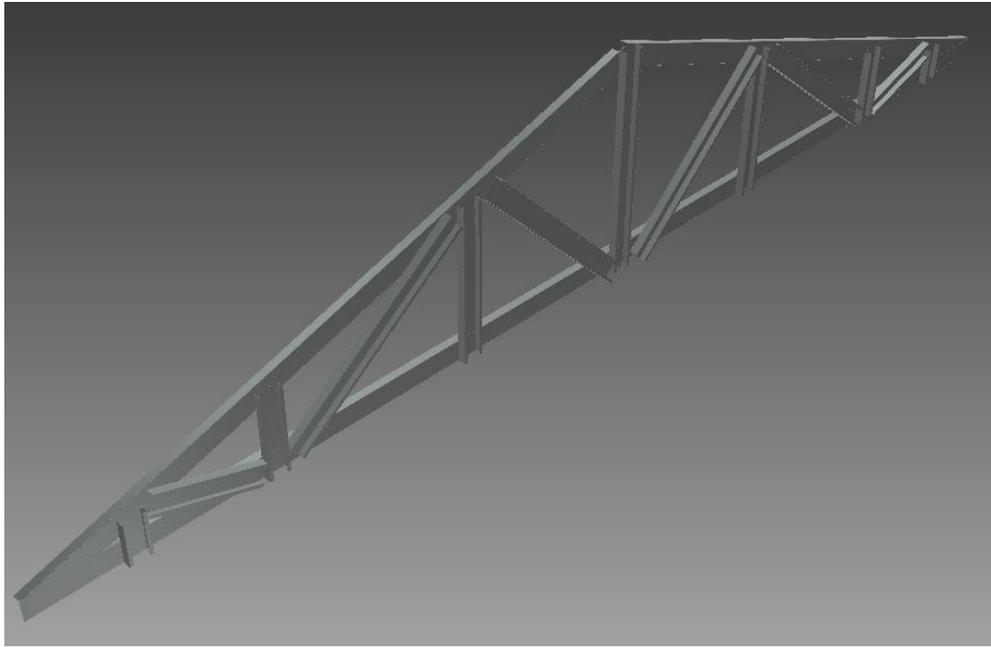




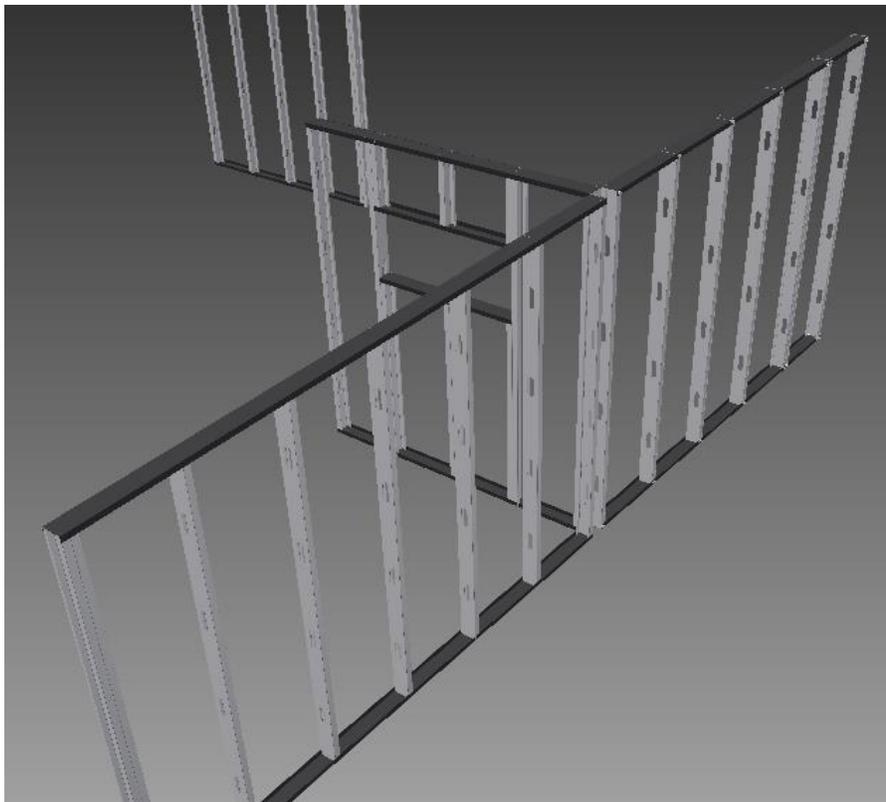
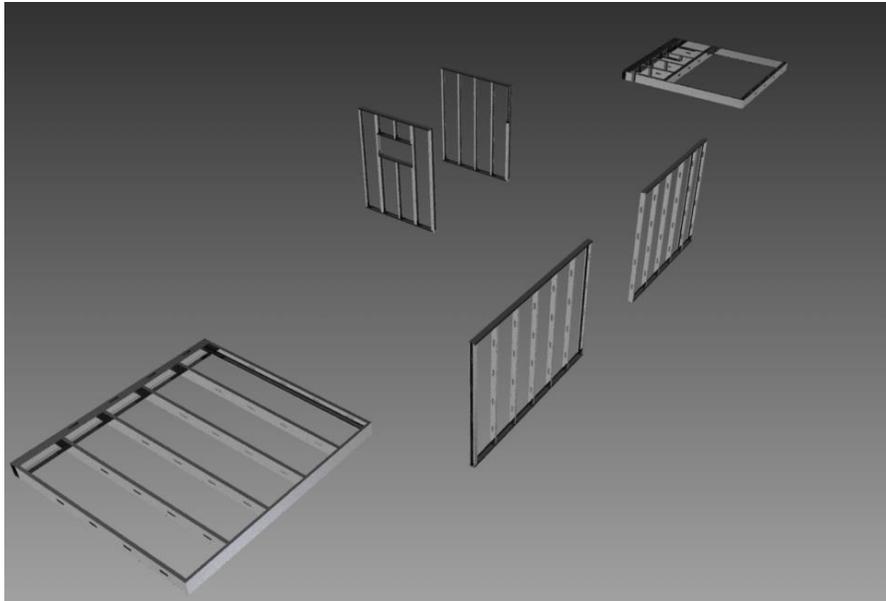
#### B4. Armado de la estructura del techo (Cabreada)

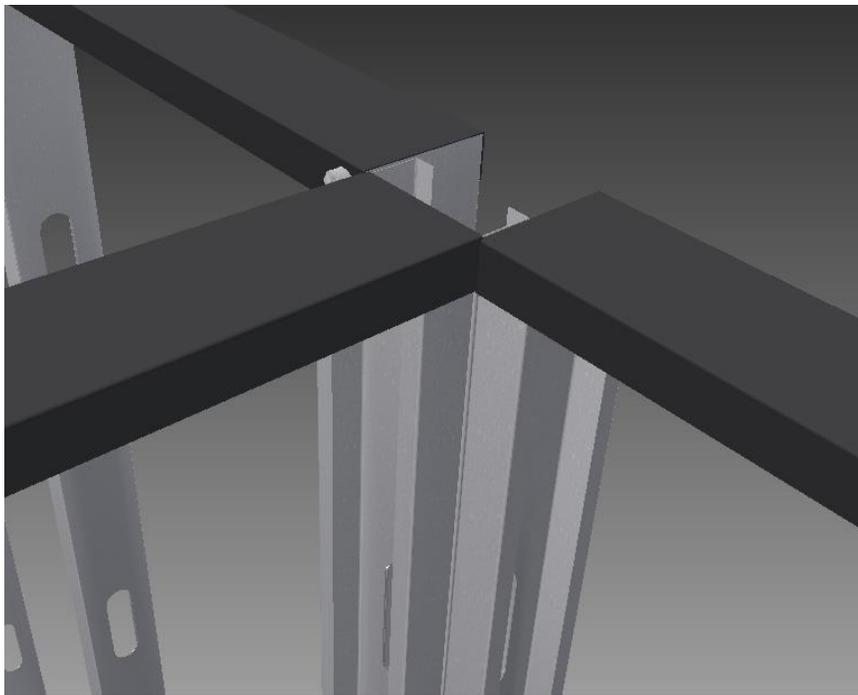
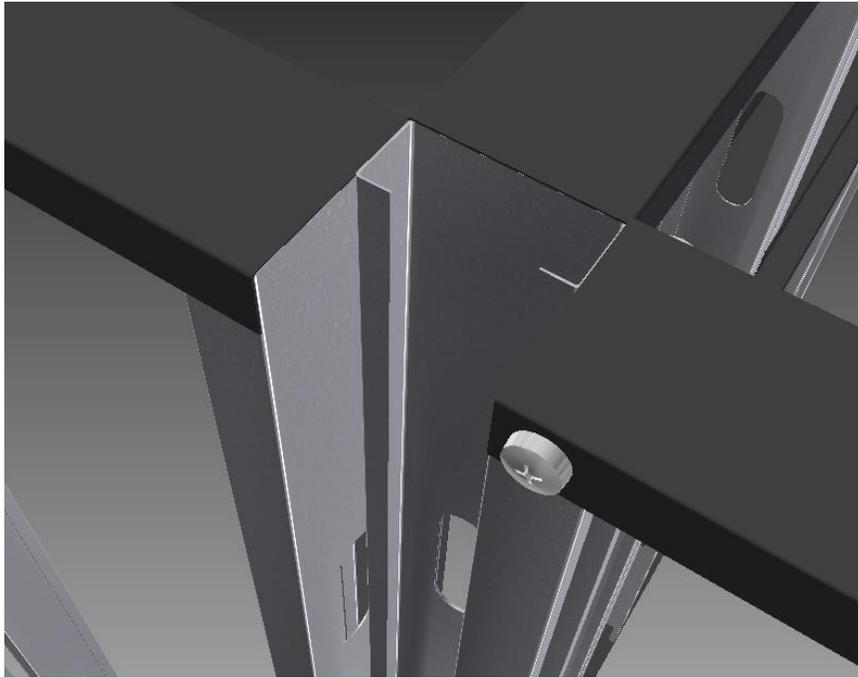


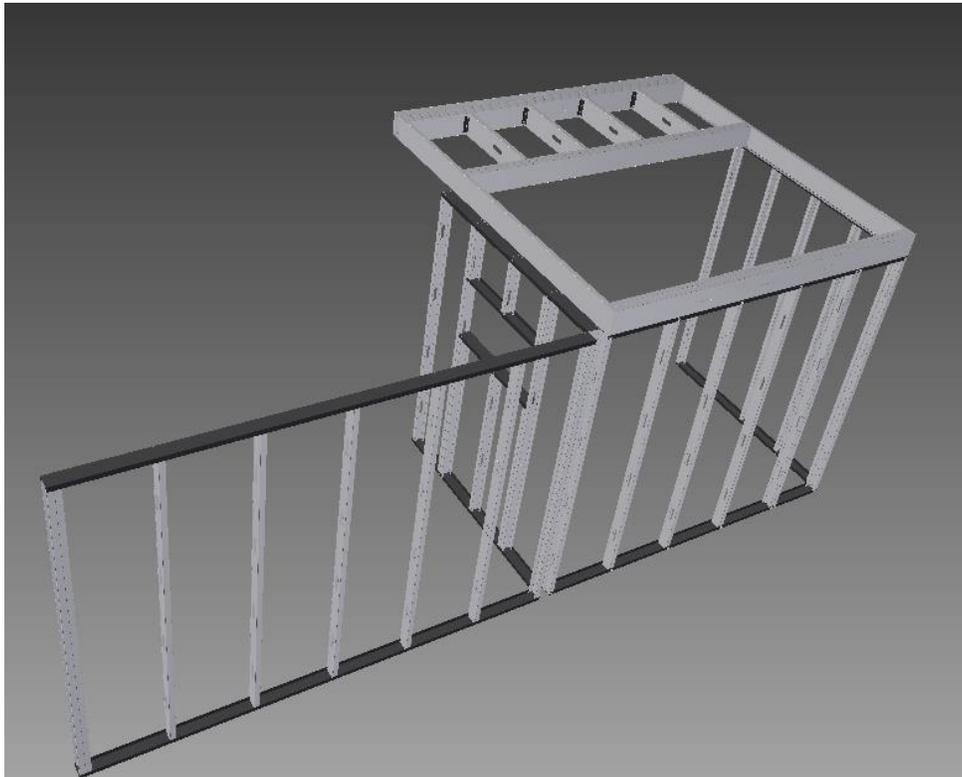
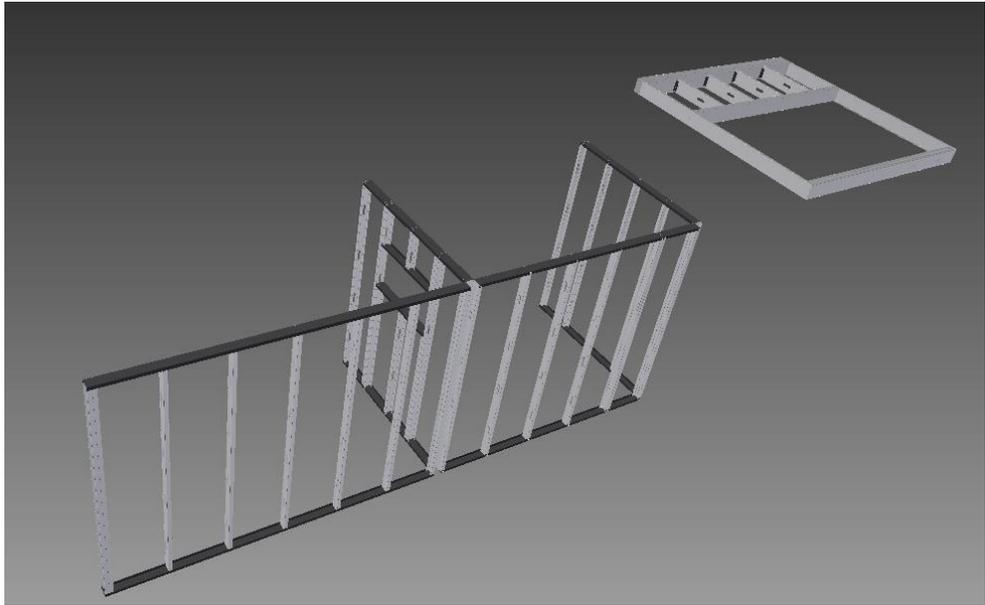


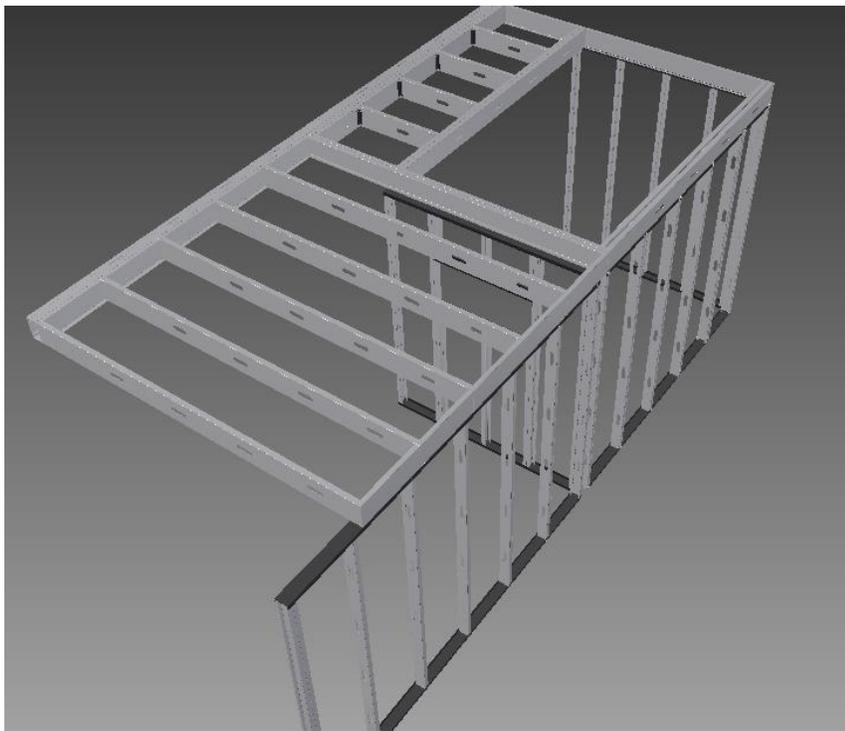
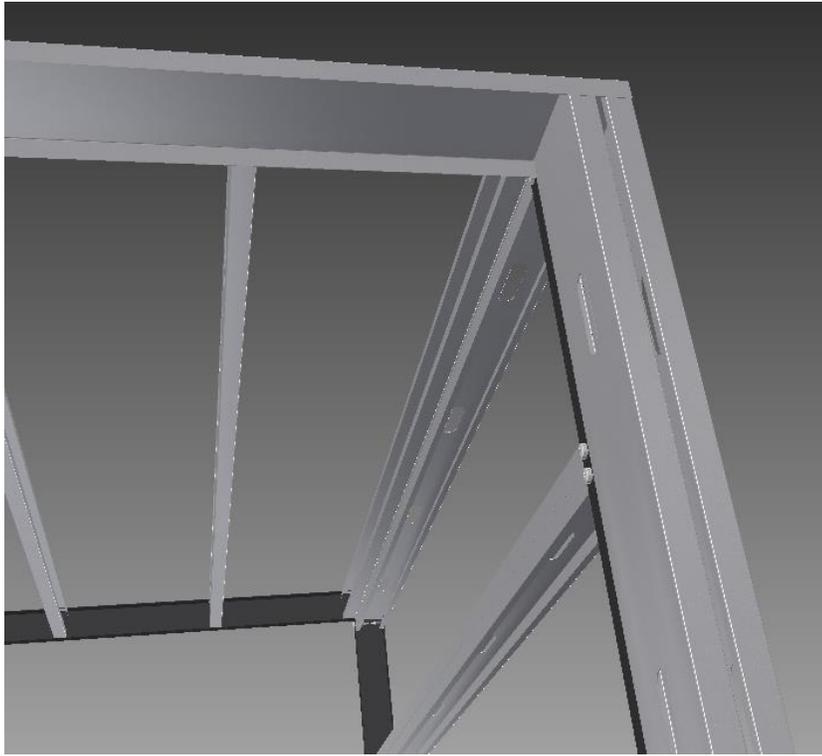


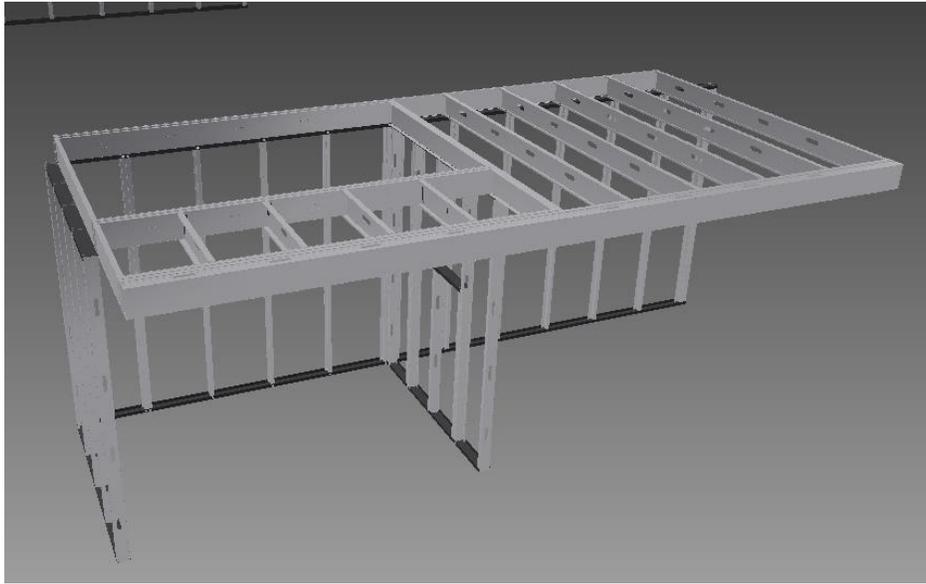
## B5. Armado de Montantes











## ANEXO C

### C1. Proforma de materiales para recubrimiento interior, exterior por MultiGypsu

 <b>MULTI GYPSUM</b> IDEAS PARA CONSTRUIR		ALVARRACIN CONTRERAS SARA RUC:01012270725001	
		58	
CLIENTE:	SR. GUSTAVO ROMERO	FECHA:	07/01/13
RUC:		TELEFONO:	2829405
DIRECCION:	AV. DEL CHOFER 1.59 Y CALLE DEL MOLONI		
CODIGO	DESCRIPCION DEL PRODUCTO	CANTIDAD	P. UNITARIO
			SUBTOTAL
	PLANCHA PANEL REY	68	7.86
	TORNILLO 6X1 PARA PLANCHA	2,500.00	0.007
	TORNILLO GALVANIZADO PTA. FINA	900.00	0.089
			0.00
	PLANCHA PANEL REY	22	7.86
	PERFIL PRIMARIO	15	1.78
	PERFIL SECUNDARIO	30	1.79
	PERFIL ANGULO	22	0.70
	TORNILLO 6X1 PARA PLANCHA	1,200.00	0.007
	TORNILLO GALVANIZADO PTA. FINA	1,000.00	0.089
	CLAVO HILTIN	500.00	0.005
			1,000.700
NOTA:	LOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA		

  
 Hurtado de Mendoza y Yahuarcocha • (07) 280 - 4446  
 084626150 / 095735832  
 info@multigypsum.com.ec

## C2. Proforma de materiales para recubrimiento interior, exterior por Sicon.

### SISTEMAS CONSTRULIVIANOS CIA LTDA

RUC: 1791802284001

DIRECCION:

TELEFONO:

FECHA: 07/01/2013

PROFORMA NO.

0000028998

FORMA DE PAGO: EF

CLIENTE: GUSTAVO ROMERO

DIR / TEL:

VALIDEZ:

SISTEMAS CONSTRULIVIANOS CIA LTDA

CANTIDAD	COD	DETALLE	OTROS.	PRECIO	TOTAL	
68	10025	PLANCHA GYPSUMBOARD REGULAR 4'X8' X1/2"	0.00	7.3800	501.84	
38	10145	PLANCHA SUPERBOARD 1.22X2.44X10MM	0.00	22.9900	873.62	
22	10149	PLANCHA SUPERBOARD 1.22X2.44X20MM	0.00	46.9800	1,033.56	
100	10062	TORNILLO SICON 6X1" PTA BROCA PLANCHA (UNIDAD)	0.00	0.0058	0.58	
100	10326	TORNILLO SICON 8X1 1/2" FIBROCMTO PTA BROCA (UNIDAD)	0.00	0.0140	1.40	
SICON se reserva el derecho de cambiar sus precios					<b>SUBTOTAL</b>	2,411.00
FIRMA DEL					<b>FLETE</b>	0.00
VENDEDOR					<b>IVA</b>	289.32
					<b>TOTAL</b>	2,700.32

### C3. Proforma de Perfiles laminados en frío por Tugalt.

**TUBERIA GALVANIZADA ECUATORIAN**  
**R.U.C 0190004643001**

Contribuyente Especial Resolución Nro. 3257 del 26/07/1996  
 Matriz: Panamericana Norte Km 4 1/2 s/  
 Teléfono: PBX 593 - 07286225 FAX 593 - 07280072  
 5 2

CUENCA - ECUADOR  
 graiman@graiman

**LOCAL** TUGALT TOTORACOCOA  
**DIRECCION** Hurtado de Mendoza s/n Y Paseo de los Cañaris  
**TELEFONO** 07-2868483

<b>CLIENTE</b>	ROMERO ACARO GUSTAVO HERMAN	<b>CODIGO</b>	328853	<b>FECHA DE EMISION</b>	08/01/2013
<b>CI o RUC</b>	1104592603	<b>VENDEDOR</b>	QUINDE ORTEGA ANDREA PAULINA		
<b>DIRECCION</b>	AV DEL CHOFER Y CALLE DEL MOLINO	<b>COTIZACIÓN</b>	13000010		
<b>TELEFONO</b>	DOM 072 829405	<b>OBSERVACION</b>			

CODIGO	DESCRIPCION	CANTIDAD	U.M	PRECIO UNIT.	SUBTOTAL	V. DESCUENTO	NETO
4G80930201GUE	CRUCERO G-093 MM 100X40X17	115.00	UN	19.40	2,231.00	105.80	2,125.20
4G81280199GUE	CRUCERO G-128 MM 100X40X17	38.00	UN	26.46	1,005.48	47.88	957.60
4G81280300GUE	CRUCERO G-128 MM 200X44X17	26.00	UN	39.89	1,037.14	49.40	987.74
4C80930167GUE	CAPA C-093 MM 100X35	22.00	UN	16.14	355.08	16.94	338.14
4C81280166GUE	CAPA C-128 MM 100X35	12.00	UN	22.07	264.84	12.60	252.24
4C81280266GUE	CAPA C-128 MM 200X35	12.00	UN	35.36	424.32	20.16	404.16
TORNILLOT1	TORNILLO T1 # 8x1/2-	1000.00	UN	.02	20.00	.00	20.00
HTT14	ANCLAJE-T-01	1.00	UN	14.06	14.06	.67	13.39
TORNILLO34	TORNILLO AUTOROSCANTE-SIN ARANDELA	1000.00	UN	.03	30.00	.00	30.00

<b>SON:</b> CINCO MIL SETECIENTOS CUARENTA Y TRES CON 89/100*****	<b>SUBTOTAL</b>	5,381.92
*****	<b>DESCUENTO</b>	253.45
NO VALIDA COMO FACTURA SOLO PARA PROFORMA LOS PRECIOS ESTAN SUJETOS A CAMBIOS SIN PREVIO AVISO CANCELACION CON CHEQUE A NOMBRE DE TUBERIA GALVANIZADA ECUATORIA S.A	<b>NETO</b>	5,128.47
	<b>IVA 12%</b>	615.42
	<b>TOTAL</b>	5,743.89

\_\_\_\_\_  
 CLIENTE

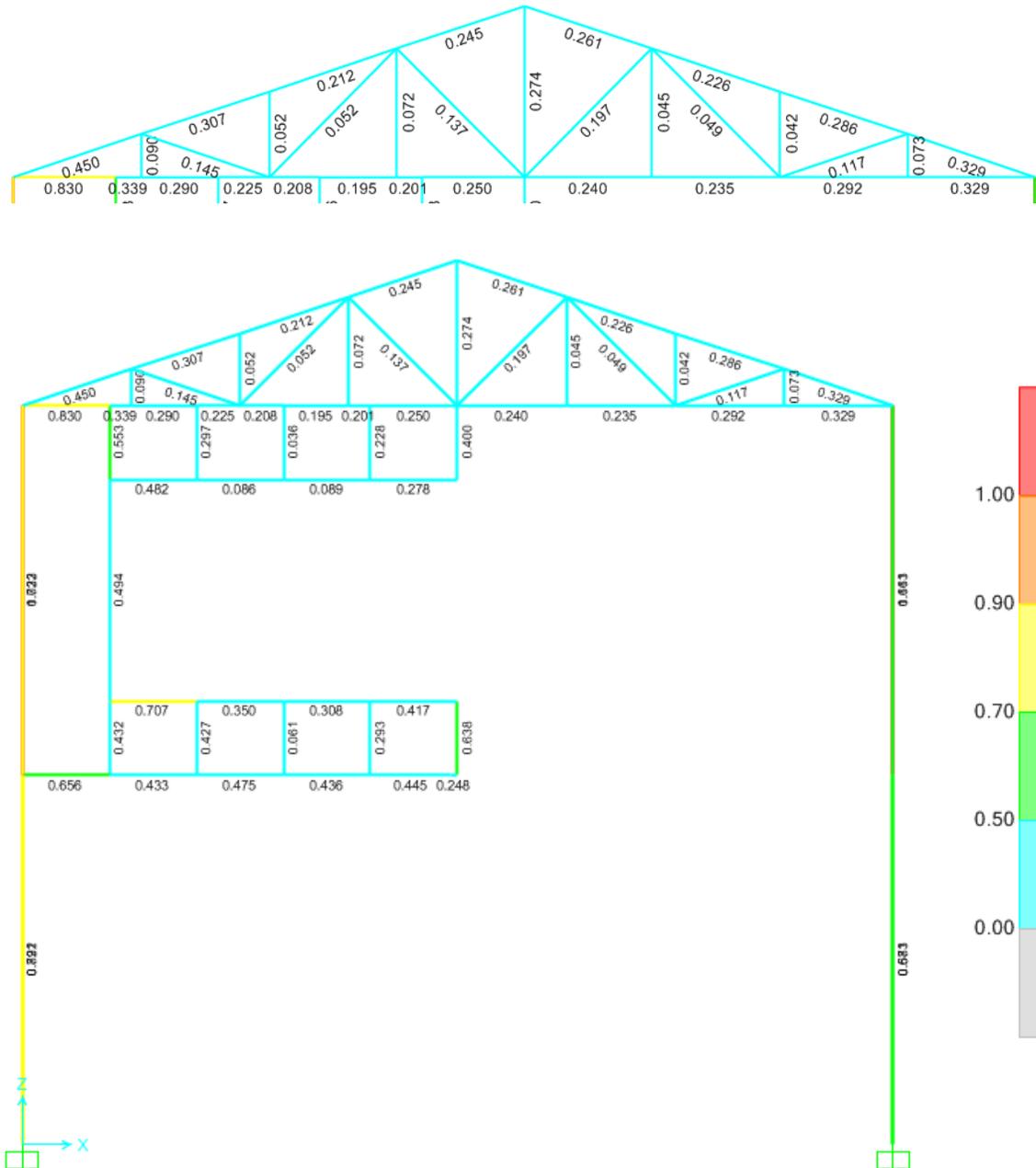
\_\_\_\_\_  
 REALIZADO POR  
 CAJA/ PART

\_\_\_\_\_  
 APROBADO

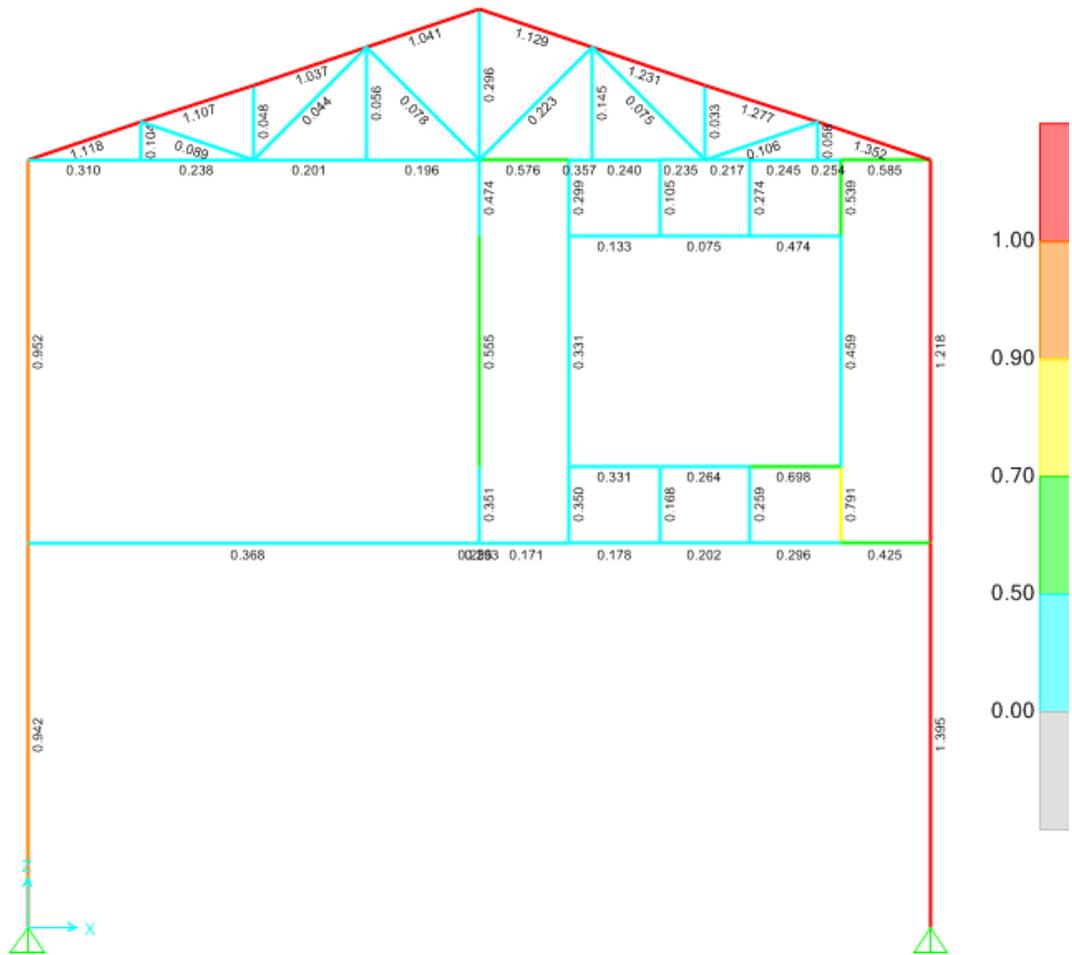
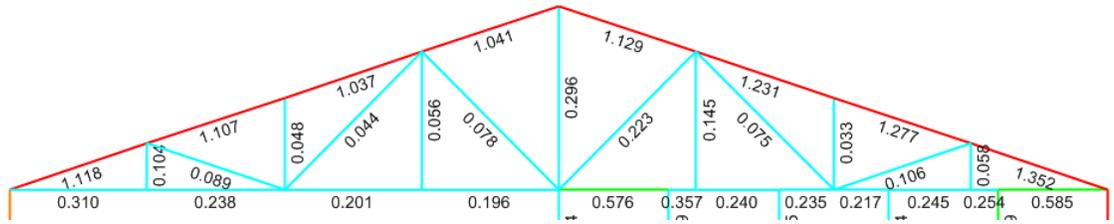
# ANEXO D

## D1. Resultados por el Software

### Pórtico 1

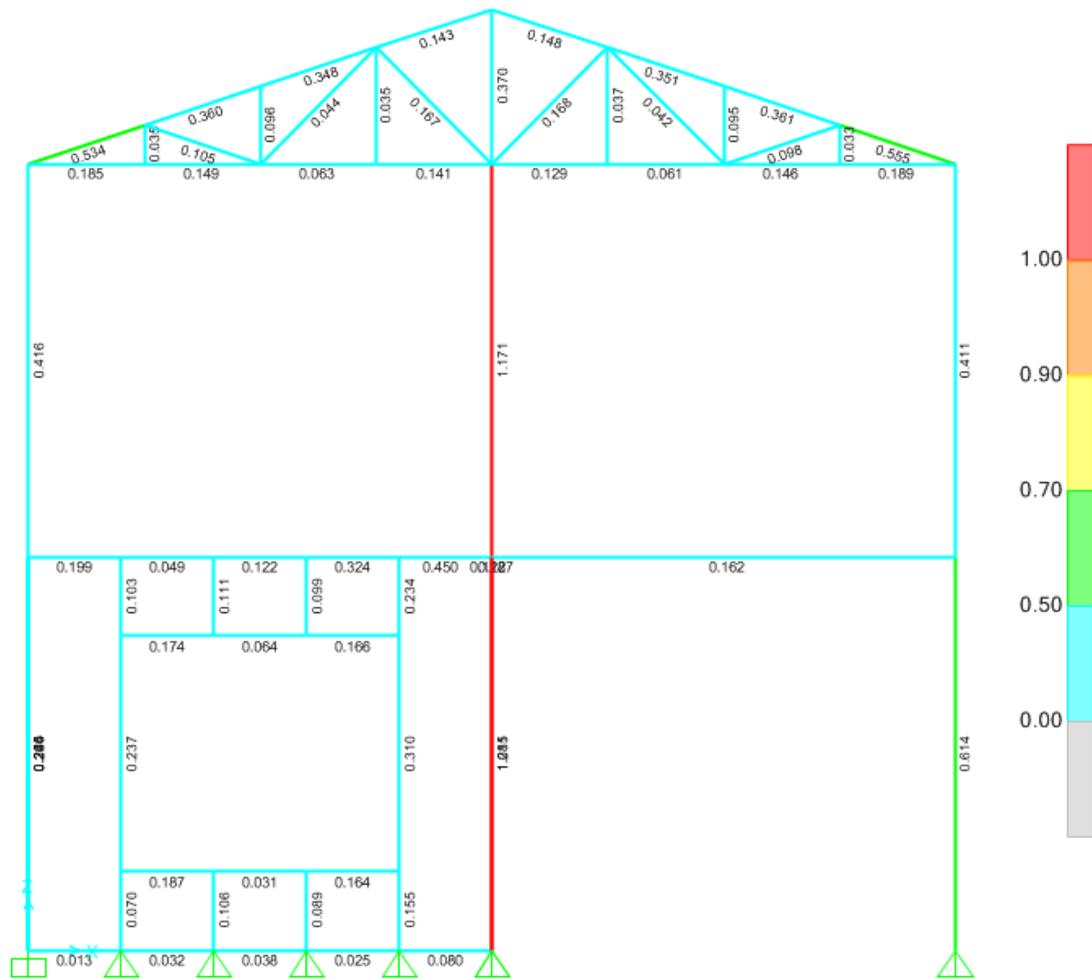
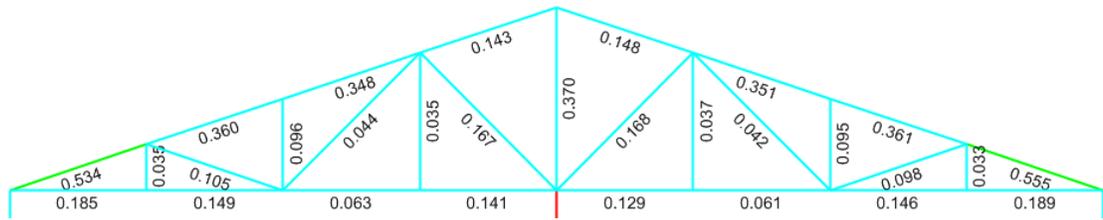


## Pórtico 2

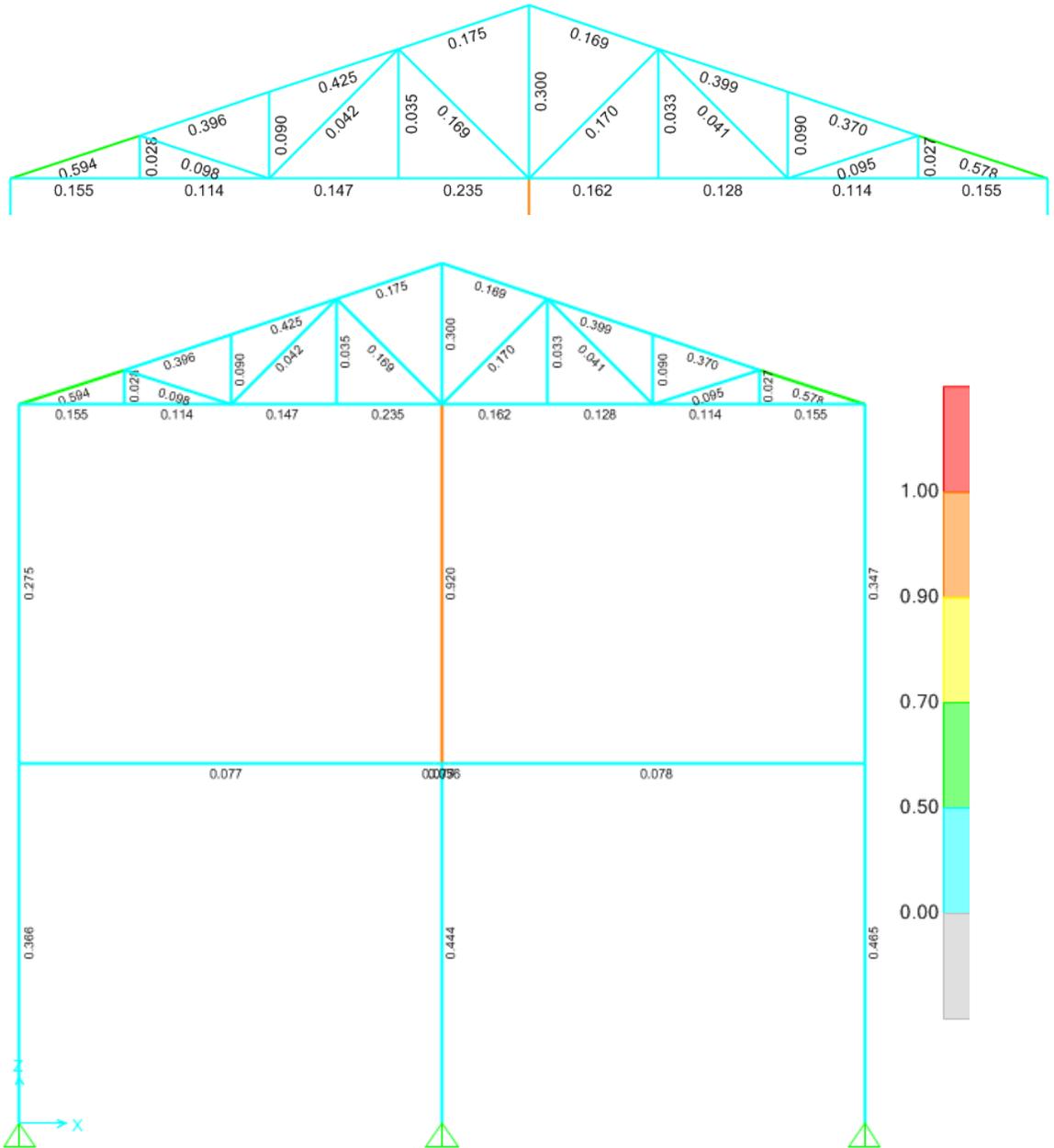




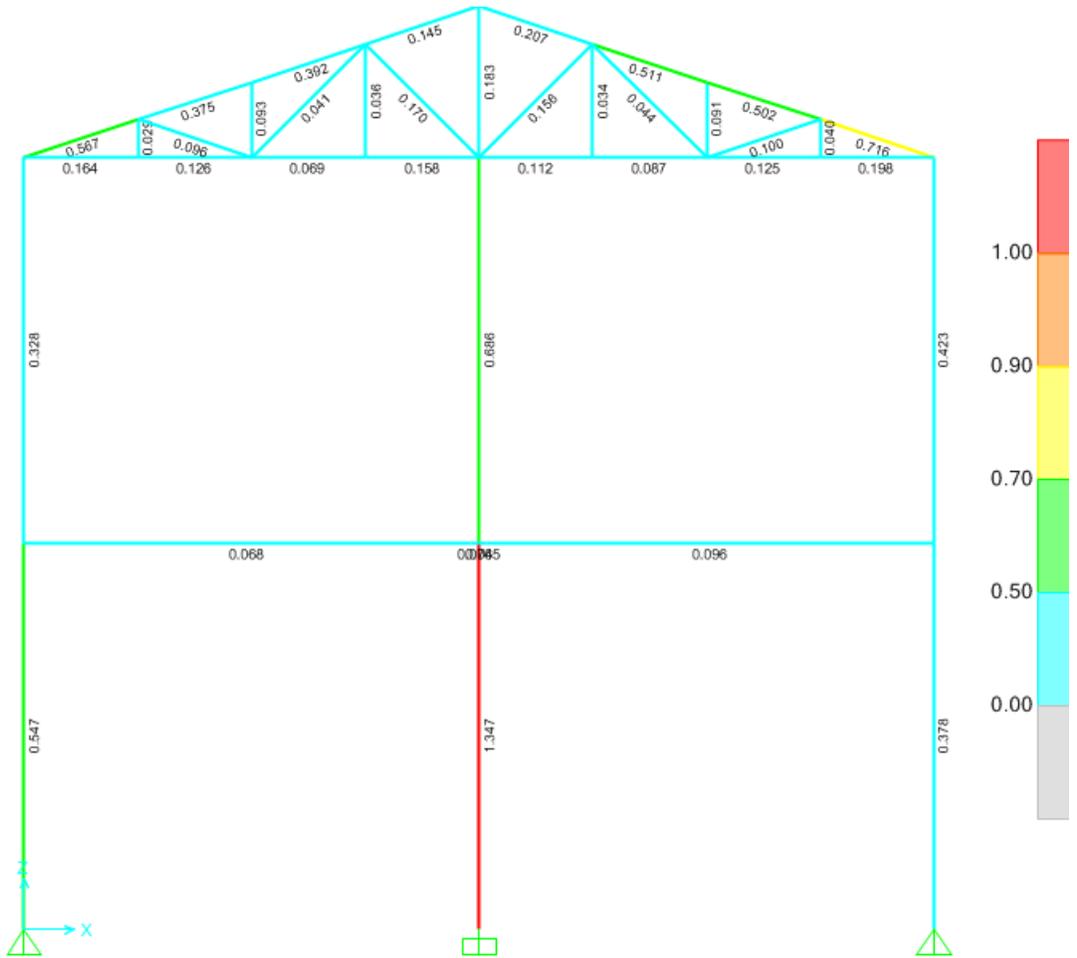
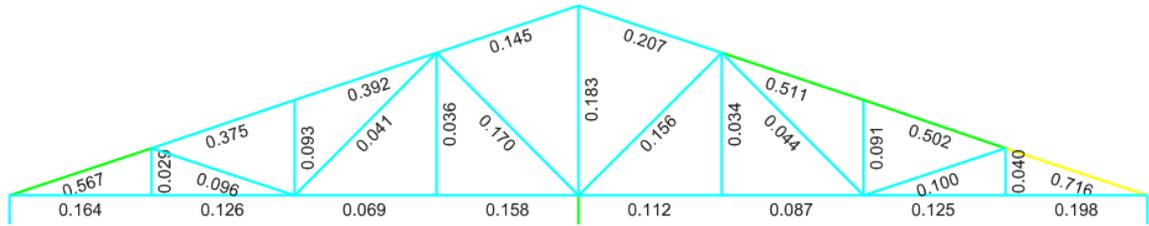
# Pórtico 4



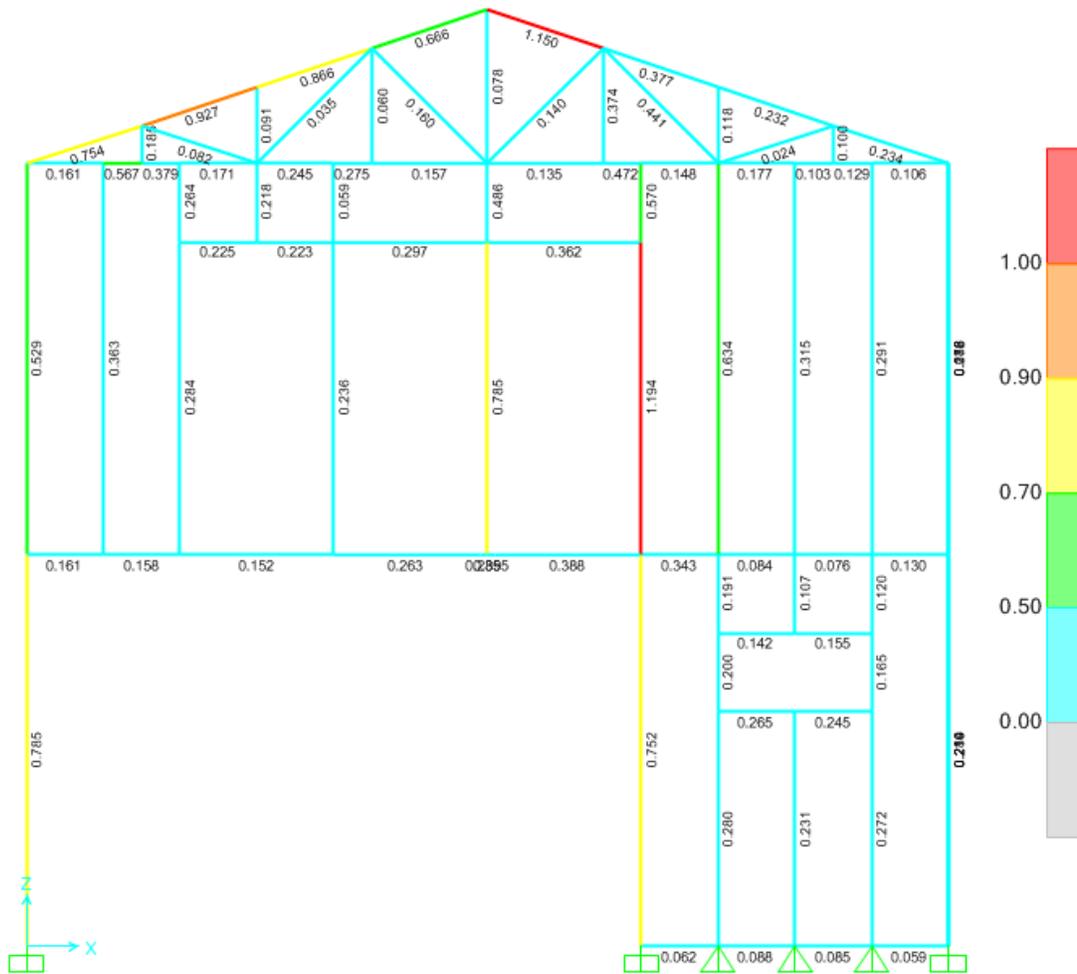
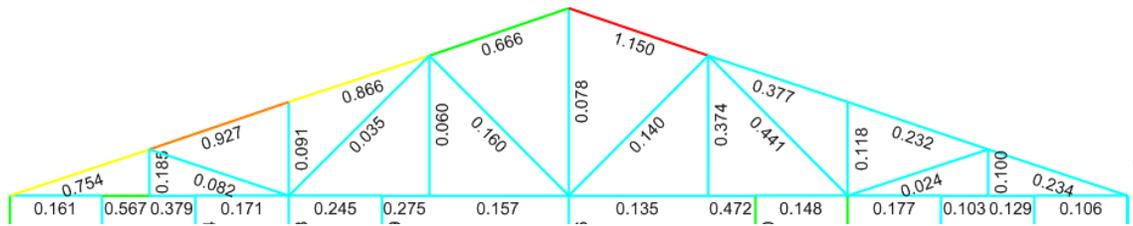
# Pórtico 5



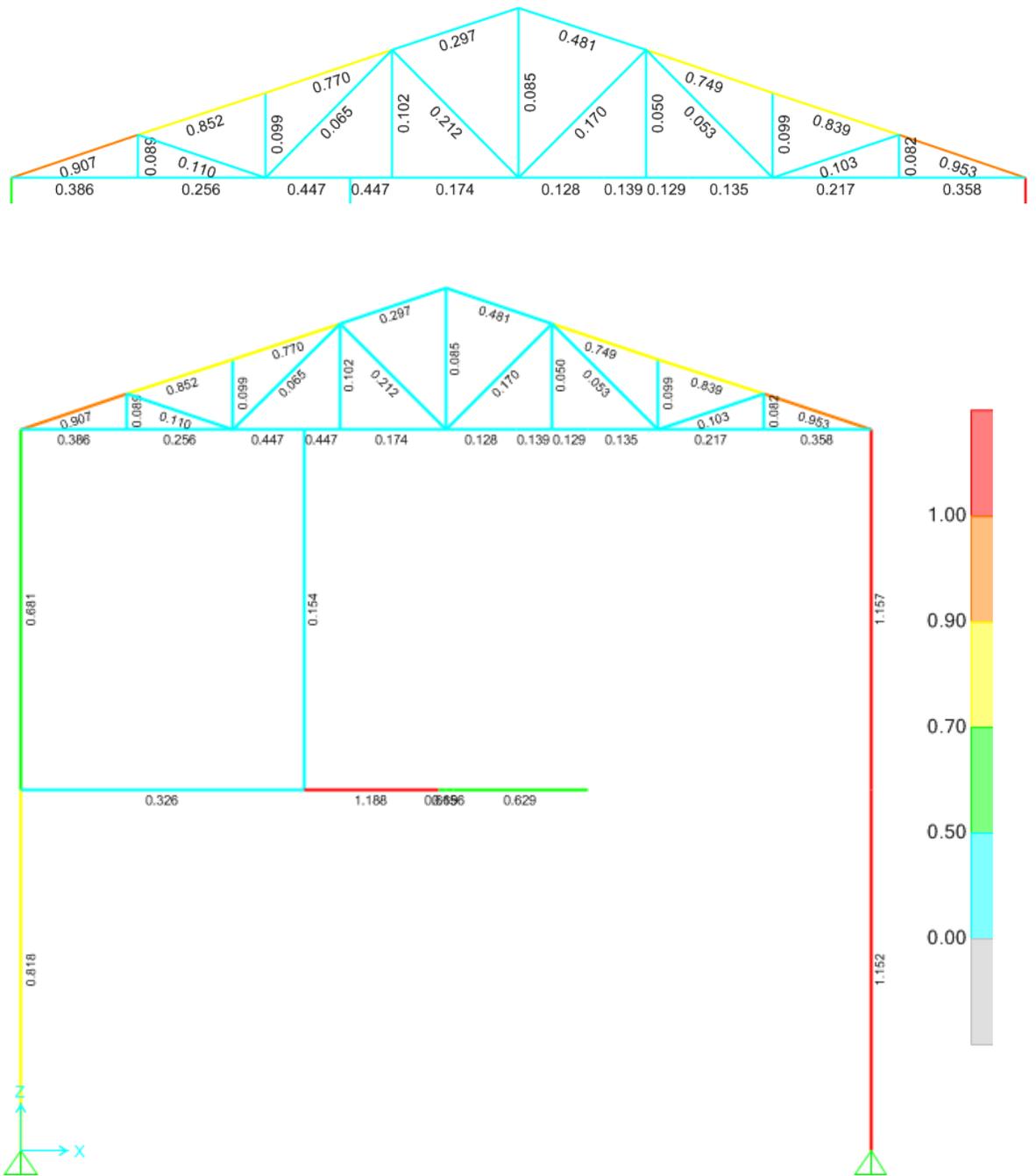
# Pórtico 6



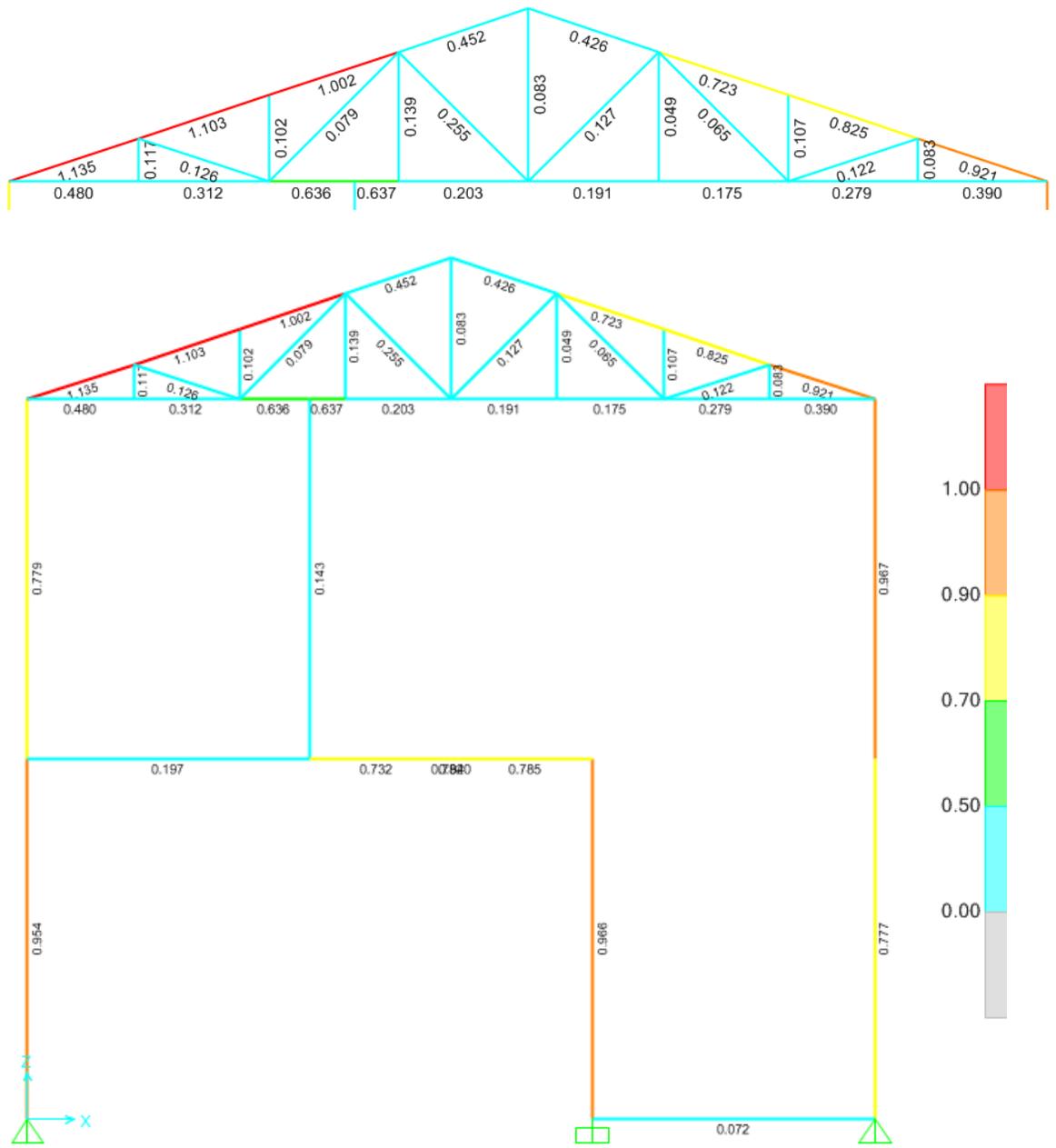
# Pórtico 7



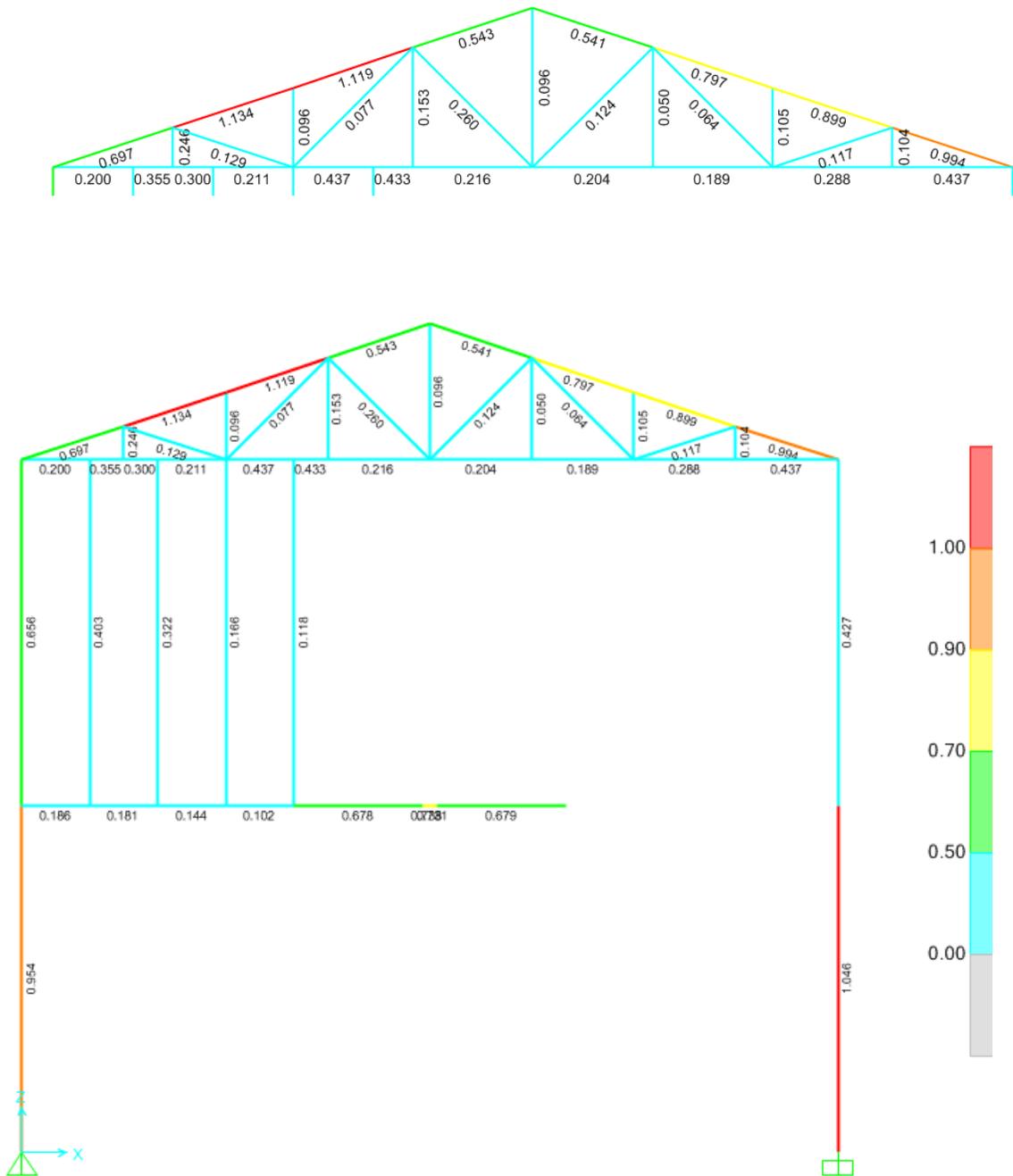
# Pórtico 8



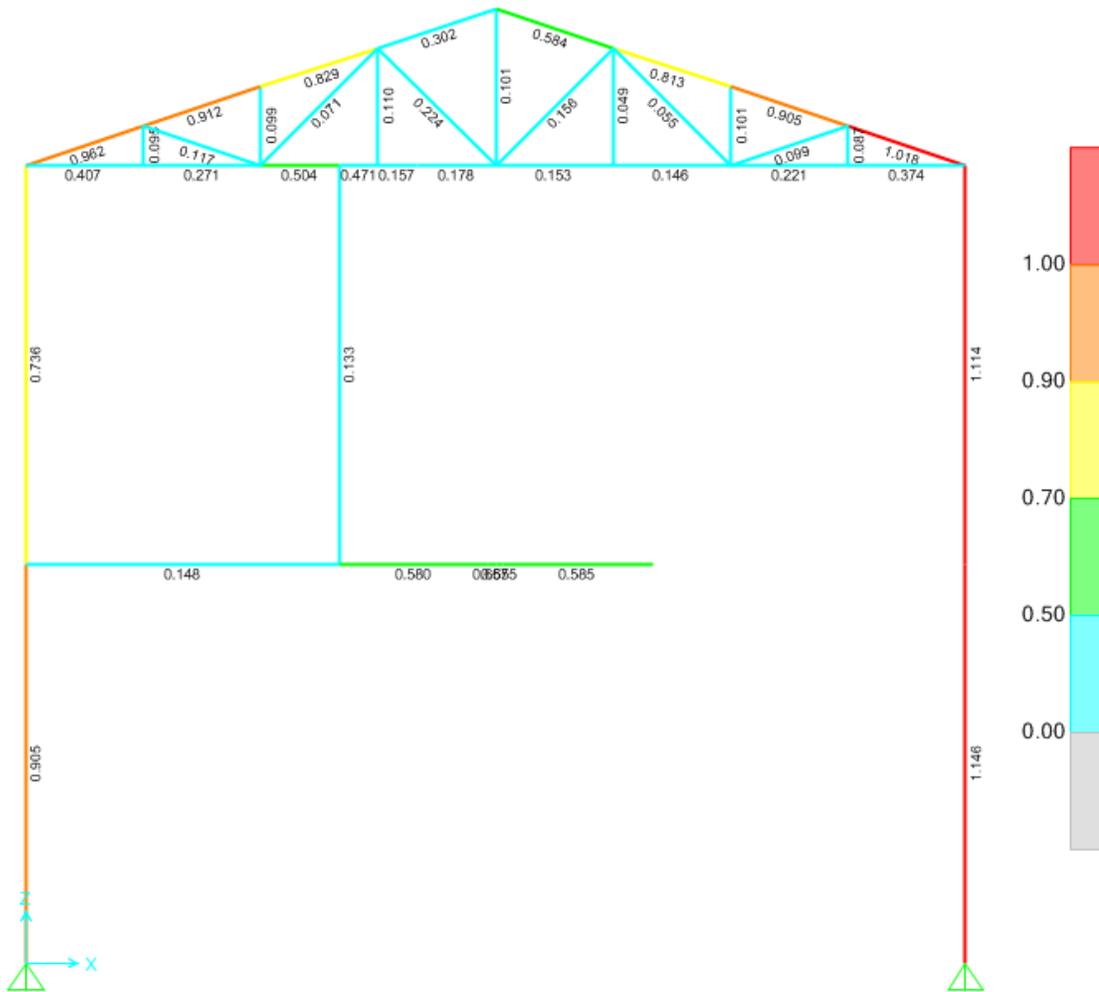
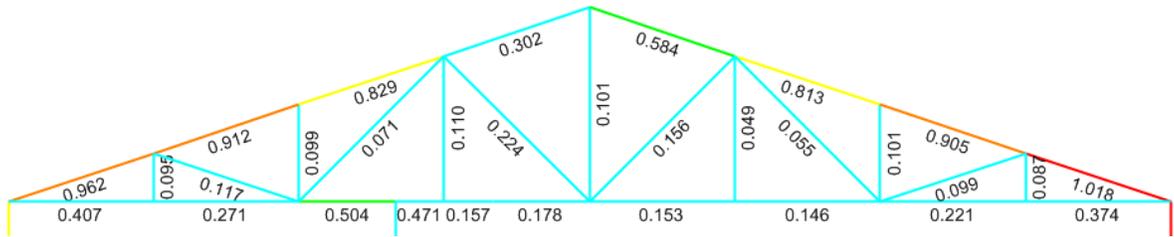
# Pórtico 9



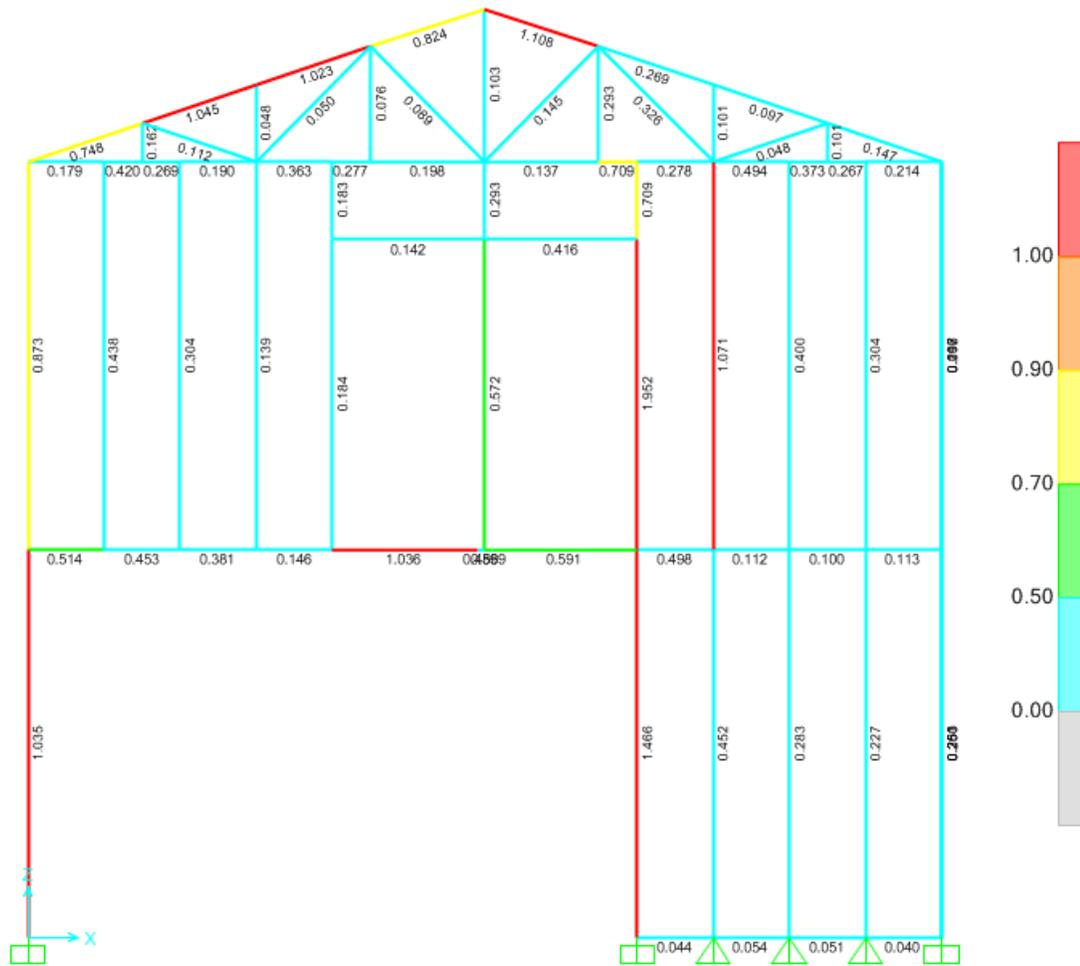
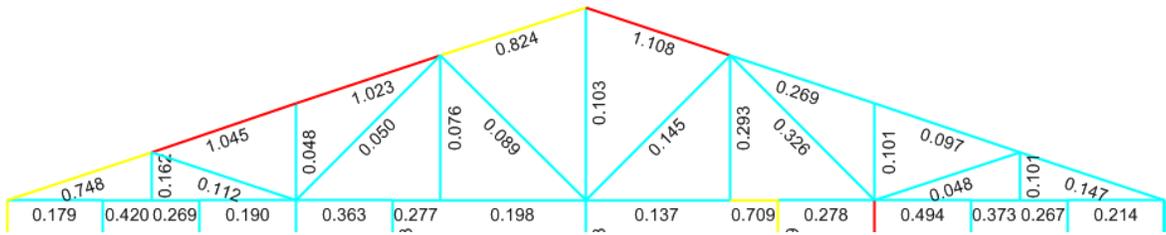
# Pórtico 10



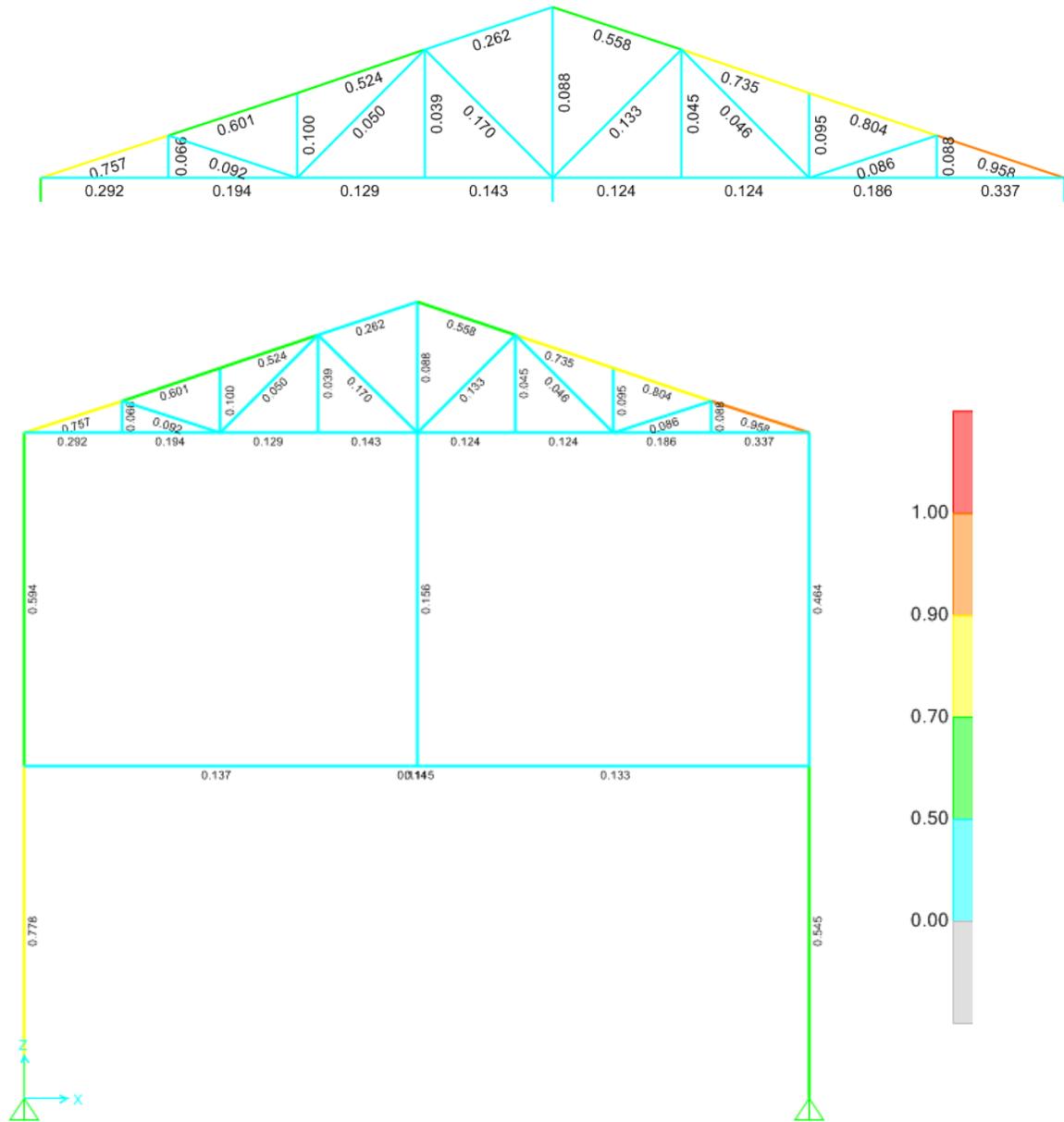
# Pórtico 11



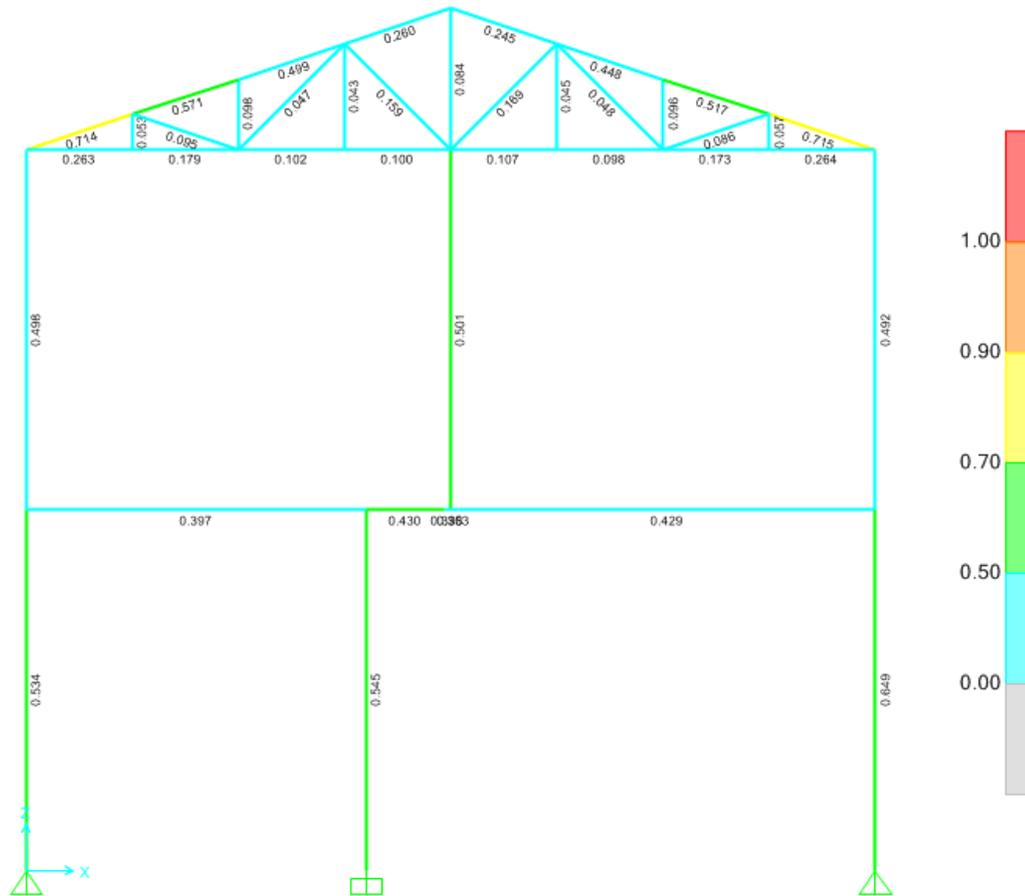
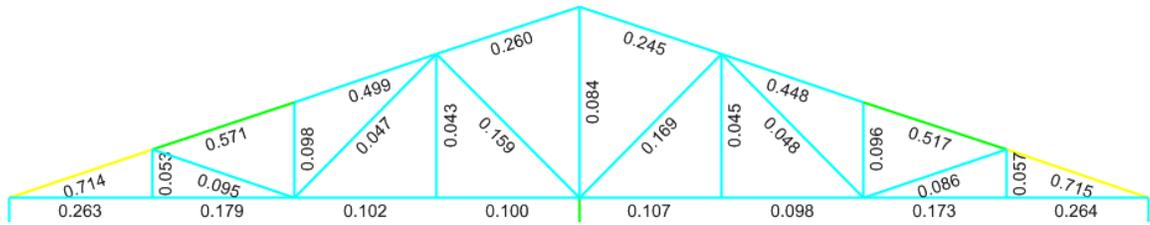
# Pórtico 12



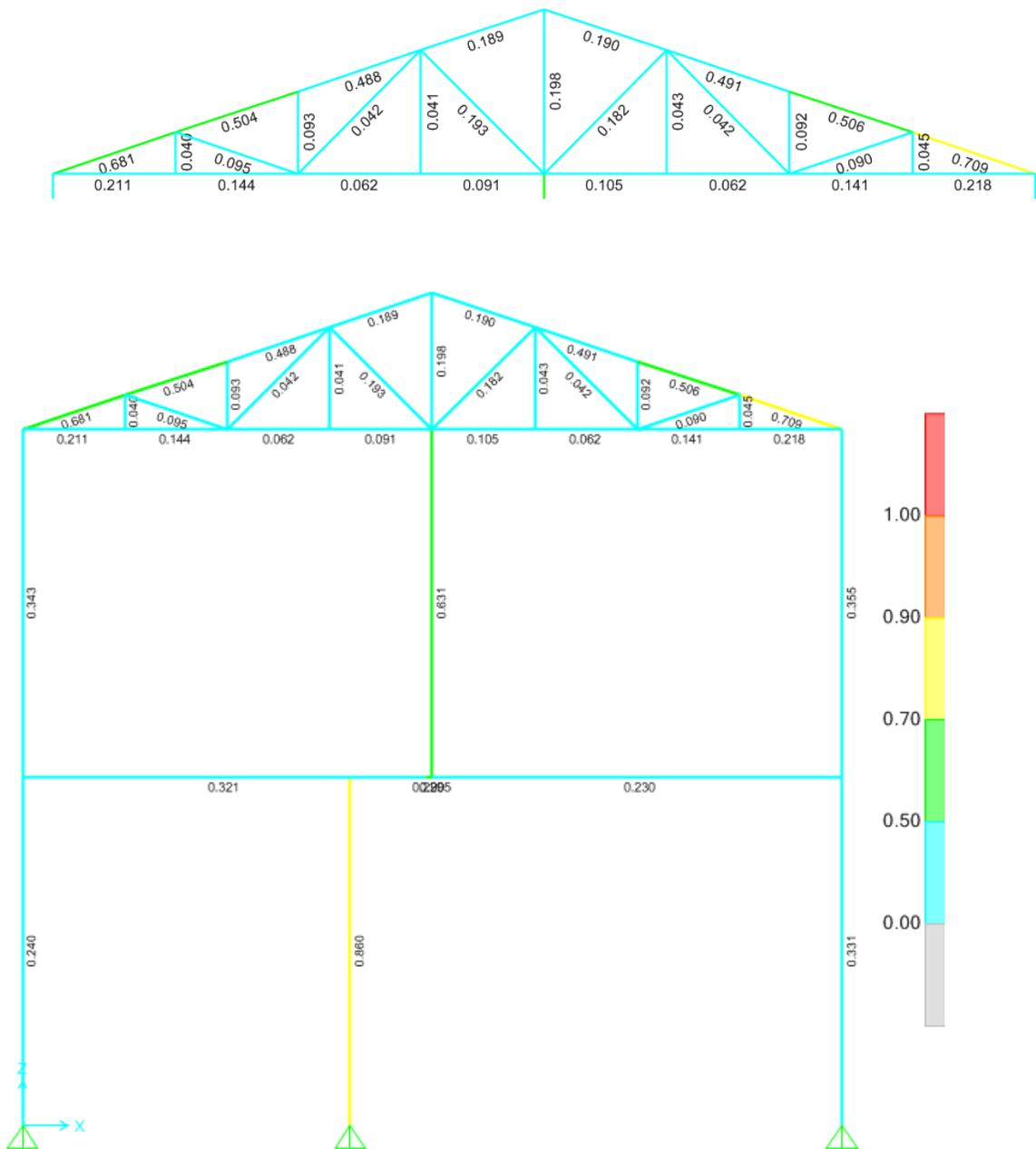
# Pórtico 13



# Pórtico 14



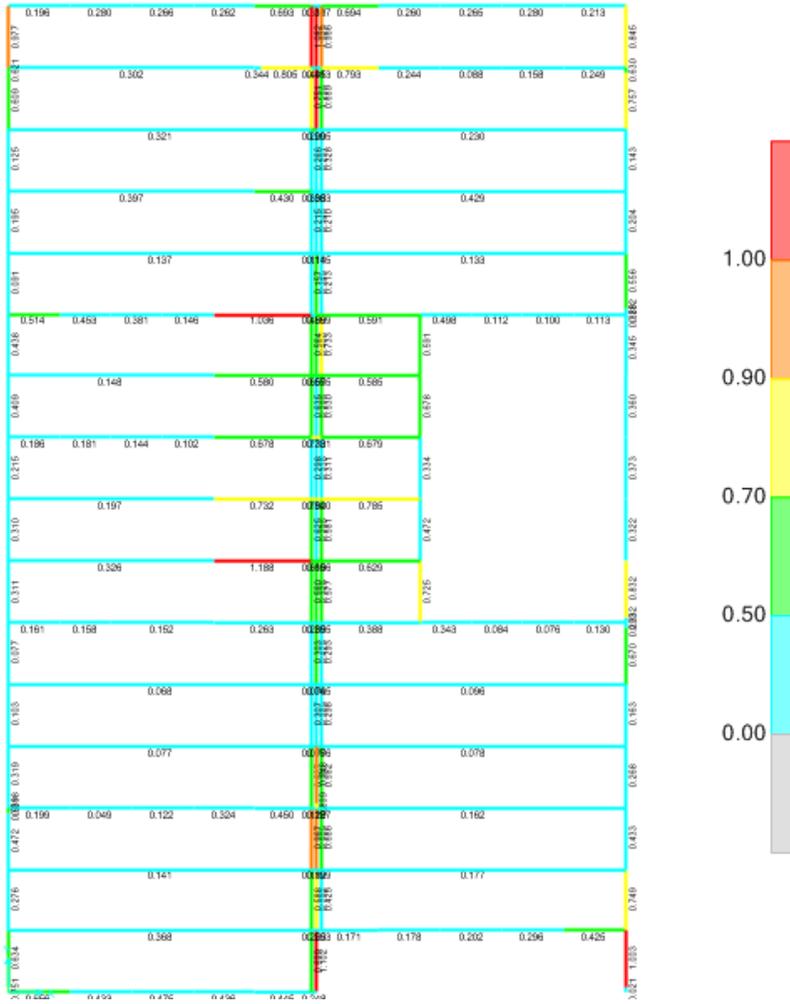
# Pórtico 15



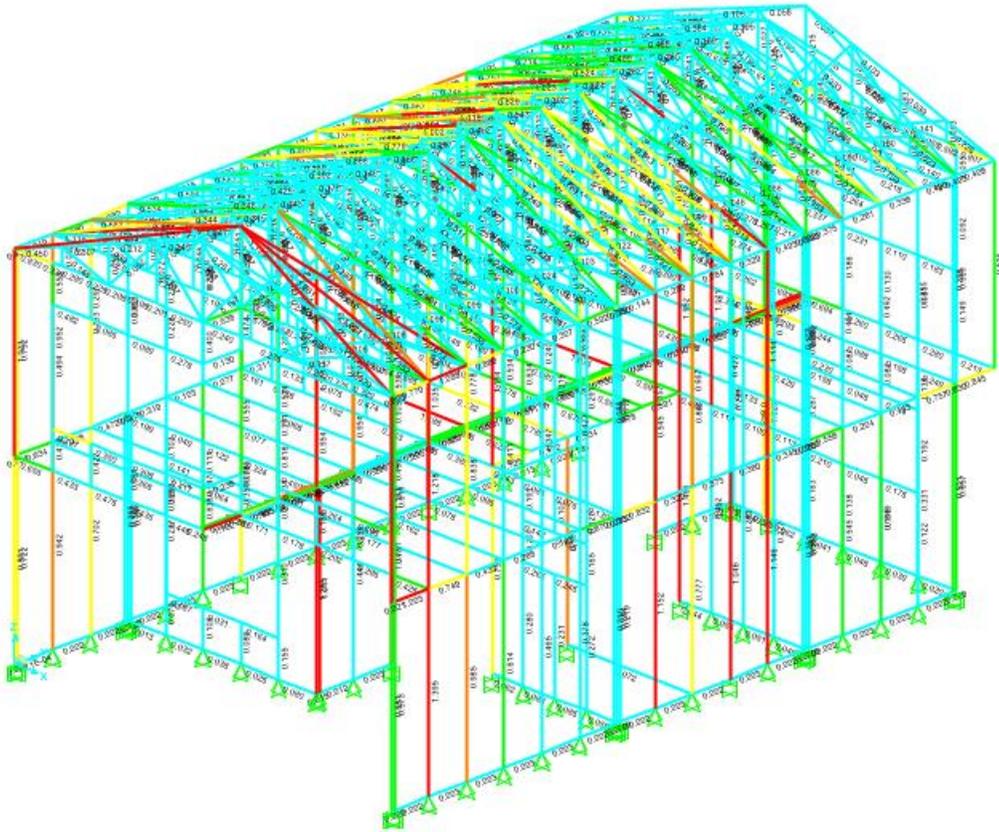




# Entrepiso



## D2. Vista Tridimensional



## **ANEXO E**

### **E1. Planos de la vivienda**