MANUAL DE PROCEDIMIENTO

CONSTRUCCIÓN CON STEEL FRAMING

ConsulSteel

W W W . C O N S U L S T E E L . C O M

ÍNDICE

Prefacio 1
Agradecimiento 2

CAPÍTULO 1: Introduction al Streel Framing

1.1 Antecedentes del acero 3
1.2 Proceso de la fabricación del acero 7
1.2.1 Acero Galvanizado para el uso en el steel framing 9
1.2.2 Gráfico del proceso de fabricación del acero 10
1.3 Perfiles norma IRAM-IAS U 500 205: 12
1.3.1 Definiciones 12
1.3.2 Perfiles norma IRAM-IAS U 500 205: Requisitos 13
1.3.3 Perfil U. Medidas y características geométricas 15
1.3.4 Perfil C. Medidas y características geométricas 16
1.4 Antecedentes del framing 17
1.5 Conceptos generales sobre Cargas 19
1.5.1 Solicitaciones Estructurales 20
1.5.2 Elementos Estructurales 21
1.5.3 Estabilidad Lateral 22

CAPÍTULO 2: Características del Steel Framing

2.1 Conceptos generales 23
2.1.1 Conceptos que definen el Steel Framing 24
2.1.2 Conceptos que definen el Acero Galvanizado para el Steel Framing 25
2.2 Corrosión 26
2.2.1 Que es la corrosión? 27
2.2.2 El Galvanizado en contacto con otros Materiales de Construcción 29
2.2.3 Durabilidad de una vivienda con Steel Framing 31
2.2.4 Corrosión en los Tornillos 32
2.3 Puentes Térmicos 33
2.3.1 Tipologías evaluadas 34
2.3.2 Solución de Puentes Térmicos 37
2.4 Fuego 38
2.5 Otras Consideraciones: 43
2.5.1 Preguntas habituales 43

CAPÍTULO 3: Fundaciones

3.1 Conceptos Generales 44
3.1.1 Tipos de Fundaciones 45
3.1.2 Pautas Generales para el Diseño de las Fundaciones 46
3.1.3 Elección del Tipo de Fundación 47
3.2 Platea de Hormigón Armado sobre Terreno 48
3.2.1 Pautas Generales para el Diseño 48
3.2.2 Aislación Térmica 51
3.2.3 Anclajes 52
3.3 Zapata Corrida 53
3.3.1 Pautas Generales para el Diseño 53
3.3.2 Aislación Térmica 55
3.3.3 Anclajes 56
3.4 Otras Consideraciones: 57
3.4.1 Sótanos 57
3.4.2 Gas Radón 58

CAPÍTULO 4: Paneles

4.1 Conceptos Generales 59
4.2 Elementos de un Panel 60
4.2.1 Elementos básicos 61
4.2.2 Piezas para Encuentros 62
4.2.3 Piezas para Vanos 64
4.2.4 Fijaciones 65
4.3 Vanos 66
4.3.1 Paneles Portantes 67
4.3.2 Paneles no portantes 72
4.4 Rigidización 74
4.4.1 Cruz de San Andrés 75
4.4.2 Diafragma de Rigidización 77
4.4.3 Strapping y Blocking 80

CAPÍTULO 5: ENTREPISOS

5.1 Conceptos Generales 81
5.2 Elementos de un Entrepiso 83
5.2.1 Elementos Básicos 84
5.2.2 Vigas Compuestas 85
5.2.3 Encuentros y Apoyos para Vigas 86
5.2.4 Fijaciones 88
5.3 Vanos 89
5.3.1 Escalera 91
5.4 Rigidización 93
5.4.1 Entrepiso Húmedo o “Contrapiso Flotante” 94
5.4.2 Entrepiso Seco 96
5.4.3 Blocking y Strapping 98
5.5 Otras Consideraciones 99
5.5.1 Entrepiso sobre muro tradicional existente 99
5.5.2 Balcón 101
5.5.3 Steel Deck sobre fundación 104
5.5.4 Fijacion superior de Panel no Portante paralelo a las Vigas ... 105

CAPÍTULO 6: TECHOS

6.1 Conceptos Generales 106
6.2 Elementos de la estructura deTechos 110
6.2.1 Elementos Básicos de la Cabriada 111
6.2.2 Encuentros y Apoyos para Cabriadas 112
6.2.3 Fijaciones 113
6.3 Tímpanos y Aleros 114
6.3.1 Tímpanos 114
6.3.2 Aleros 115
6.4 Rigidización 119
6.4.1 Diafragma de Rigidización 121
6.4.2 Cruces de San Andrés y Riostras Longitudinales 122
6.5 Otras Consideraciones 123
6.5.1 Cabriada Baulera 123
6.5.2 Cabriada Tijera 124
6.5.3 Cubierta con “Cola de Pato” 125
6.5.4 Cabriadas sobre muro tradicional existente 127

CAPÍTULO 7: FIJACIONES, ANCLAJES Y HERRAMIENTAS

7.1 Conceptos Generales 128
7.2 Soldadura 129
7.3 Clinching 130
7.3.1 Tipos de Clinching 132
7.4 Tornillos 133
7.4.1 Tipos de Tornillos 134
7.5 Anclajes 135
7.5.1 Temporarios 136
7.5.2 Permanentes 137
7.6 Herramientas 140
7.6.1 Atornilladora 140
7.6.2 Herramientas para Corte 143
7.6.3 Otras Herramientas 144
7.7 Otras Consideraciones 145
7.7.1 Seguridad 145

CAPÍTULO 8: MONTAJE

8.1 Conceptos Generales 146
8.1.1 Métodos para el armado de una Estructura 146
8.2 Tareas Previas al Montaje 147
8.2.1 Preparación del Terreno 147
8.2.2 Fundación 148
8.2.3 Cortes y Mesas de Panelizado 149
8.3 Montaje de Paneles en Planta Baja 151
8.3.1 Emplacado Exterior de Paneles en P.B. 154
8.4 Montaje del Entrepiso 155
8.4.1 Emplacado sobre Vigas de E.P. 156
8.5 Montaje de Paneles en Planta Alta 157
8.5.1 Emplacado Exterior de Paneles en P.A. 158
8.6 Montaje de la Estructura de Techos 159
8.6.1 Emplacado Exterior de Techos 161

CAPÍTULO 9: AISLACIONES

9.1 Conceptos Generales 162
9.2 Barrera de Agua y Viento 163
9.2.1 Conceptos Básicos 163
9.2.2 Materiales y Características 165
9.2.3 Ubicación habitual 166
9.3 Aislación Térmica 168
9.3.1 Conceptos Básicos 168
9.3.2 Materiales y Características 170
9.3.3 Ubicación habitual 173
9.4 Barrera de Vapor 177
9.4.1 Conceptos Básicos 177
9.4.2 Materiales y Características 179
9.4.3 Ubicación habitual 180
9.5 Acondicionamiento Acústico 181
9.5.1 Conceptos Básicos 181
9.5.2 Materiales y Características 184
9.5.3 Ubicación habitual 185
9.6 Áticos Ventilados 188
9.6.1 Conceptos Básicos 188
9.6.2 Ubicación habitual 192
9.7 Selladores 194
9.7.1 Conceptos Básicos 194
9.7.2 Materiales y Características 195
9.7.3 Ubicación habitual 197

CAPITULO 10: Terminaciones interior

10.1 Conceptos Generales 200
10.1.1 Características de las Placas 201
10.2 Tipos de Placas 202
10.3 Pautas básicas para la Instalación 204
10.3.1 Emplacado 204
10.3.2 Tomado de junta y masillado 207
10.3.3 Acabados Superficiales 208
10.4 Otras Consideraciones 209
10.4.1 Manipulación y Acopio de las placas 209
10.4.2 Instalaciones 210
10.4.3 Carpinterías 211
10.4.4 Soporte de cargas 212
10.4.5 Colocación de Artefactos 213
10.4.6 Reparación de Placas 214

CAPÍTULO 11: Terminaciones exterior

11.1 Conceptos Generales 215
11.2 Placas Exteriores 217
11.2.1 Placas Estructurales 218
11.2.2 Placas no Estructurales 220
11.3 EIFS 221
11.3.1 Conceptos Básicos 221
11.3.2 Características del Sistema 223
11.3.3 Reglas básicas para la Aplicación 226
11.3.4 Detalles de Encuentros habituales 228
11.4 Siding Vinílico 231
11.4.1 Conceptos Básicos 231
11.4.2 Características del Sistema 232
11.4.3 Reglas Básicas para la Instalación 234
11.4.4 Detalles de Encuentros habituales 236
11.5 Mampostería 238
11.5.1 Conceptos Básicos 238
11.5.2 Características del Sistema 239
11.5.3 Reglas Básicas para la Instalación 240
11.5.4 Detalles de Encuentros habituales 241
11.6 Tejas Asfálticas 243
11.6.1 Conceptos Básicos 243
11.6.2 Componentes y Características del sistema 244
11.6.3 Reglas Básicas para la Instalación 245

CAPÍTULO 12: Predimensionado

12.1 Conceptos Generales 247
12.2 Verificación de Perfiles 248
12.2.1 Ejemplo a desarrollar 249
12.3 Selección de perfiles 253
12.3.1 Tablas de Predimensionado 253
12.3.2 Ejemplo a desarrollar 254
12.4 Estimación de Cargas 256
12.4.1 Ejemplo a desarrollar 258

CAPÍTULO 13: Anexo: Cómputo Métrico

13.1 Conceptos Generales
13.2 Método Aproximativo al Cómputo Exacto de la Estructura
13.3 Cómputo Exacto de la Estructura
13.4 Tabla de Comparación
13.5 Cómputo de los Materiales de Terminación y Aislación

Agradecimientos

A todos los operarios que desde tanto tiempo nos acompañaron en este nuevo desafío y creyeron en nosotros, a las empresas que se comprometieron y apostaron al sistema con una actitud de crecimiento y desarrollo, a los profesionales que tuvieron la apertura intelectual de admitir nuevas tecnologías y se permitieron evaluarlo y en muchos casos comprometerse con el sistema.

Nuestra enorme gratitud para los Sponsors de Consul Steel.

Un agradecimiento especial a los integrantes de Consul Steel que hicieron posible poner de manera entendible y ordenada las experiencias que les transmitimos. Por ello nuestro reconocimiento a Hernán Bauret, a la Ing. Sonia Ganem y a la srta. Marina Masciottra y entre ellos en especial a Marina que tuvo la asignación principal de esta enorme tarea.

A todos los que de una manera u otra se involucraron con esto y un reconocimiento muy especial para el Arq. Máximo Benites, para el Ing. Francisco Pedrazzi., y la Ing. Liliana Girardi

1 INTRODUCCION AL STEEL FRAMING

1.1 Antecedentes del Acero

La historia de la tecnología comienza con el uso de las primeras herramientas de piedra en el desarrollo y evolución del hombre.

El siguiente gran paso en la evolución del hombre fue el uso y control del fuego, que se utilizó no solo para iluminar y generar calor sino que también sirvió para obtener utensilios de cerámica cocida de diversos usos. Uno de estos usos fue el desarrollo del moldeo de los primeros metales, inicialmente usado para la ornamentación.

Posteriormente, con el descubrimiento de la rueda y con el desarrollo de las técnicas de templado de los metales y sus combinaciones (aleaciones), los hombres fueron capaces de producir bronce por lo que a partir del año 3000 a.C. el humanismo ingresa en lo que denominamos Era de Bronce, con progresos en la agricultura, herramientas y los primeros pasos en la metalurgia.

Hacia el año 1200 a.C. , y hasta el 600 a.C. aproximadamente, los Asirios con sus conocimientos de las armas y los metales (hierro) dominaron gran parte del mundo civilizado.

Durante la Edad Media, la utilización de los metales en los arados hizo posible acrecentar de manera sustancial gran cantidad de tierra cultivable. Este punto y el desarrollo de los medios de transporte generaron una gran transformación en el comercio y por consecuencia en las costumbres y hábitos de la civilización Europea. Un evento notable de la época fue la invención de la imprenta con moldes tipográficos metálicos.

- **La Civilización Industrial. Año 1760**

El término “Revolución Industrial” describe la histórica transformación de las costumbres tradicionales, por las de la sociedad moderna, debido a la industrialización de la economía. El hecho más relevante de este período es el inmenso crecimiento de la producción per capita, posibilitado por el proceso de mecanización de las fabricas.

Con la Revolución Industrial (1760), los cambios tecnológicos se hicieron más veloces, llevando a pensadores, filósofos, artistas, diseñadores y científicos a generar cambios profundos en los aspectos culturales e intelectuales que complementaran esta evolución.

Inglaterra, que era rica en carbón y hierro, contaba con vías navegables, costas con puertos para el comercio, y por sobre todo, tenía condiciones sociales, religiosas y políticas abiertas a la evolución. Estas ventajas naturales explican por qué este proceso comenzó allí.

A mediados del siglo XIX se inicia lo que hoy llamamos “Arquitectura Moderna”, como una consecuencia mas de esta evolución.

Uno de los primeros edificios realizado en hierro y vidrio, fue el "Palacio de Cristal" (1850), erigido por el Arquitecto J. Paxton para una Exposición Internacional en Londres. Además de sus valores estéticos, la mayor virtud de este edificio radica en la clara expresión de sus características estructurales, basada en la utilización de dichos materiales.

A partir de la disponibilidad de materiales como el hierro, el vidrio y el acero, la construcción dejó de estar limitada a la mampostería de piedra y de ladrillos, y a la madera.

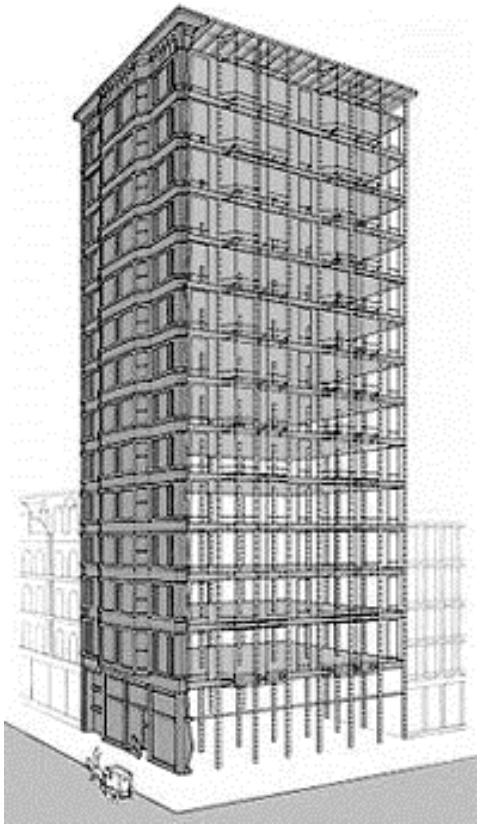
Dos edificios ejecutados en 1889, para la Feria Internacional de París, manifestaron este cambio de manera contundente. Estos fueron: "El Hall de la Maquinaria", obra del Arquitecto Dutert, con luces libres entre apoyos de 117 mts., y la "Torre Eiffel", obra del Arquitecto Eiffel, de 300 mts. de altura.

Palacio de Cristal, Londres 1851

Torre Eiffel en Paris, Francia

Del otro lado del Océano Atlántico, E.E.U.U. colonizado por Británicos en su mayoría, tenía también características adecuadas para el desarrollo de la Industrialización. Posteriormente dichas características convertirían a E.E.U.U en el líder de los cambios tecnológicos en la construcción.

Hacia el año 1871, la ciudad de Chicago contaba con una población de 300.000 habitantes, y era el centro de comercio más importante de los E.E.U.U. En Octubre de ese año un incendio destruyó la ciudad. Para la reconstrucción de la ciudad, los diseñadores libres de las restricciones de altura antes vigentes y contando con nuevas tecnologías (ascensor, acero, etc.), construyeron los primeros rascacielos. Así nació lo que actualmente se conoce como la "Escuela de Chicago".



La construcción del primer rascacielos ejecutado con Metal Frame fue el de la "Home Insurance Company" de Chicago (1885), de 10 pisos de altura, debido al Arquitecto e Ingeniero William Le Barón Jenney, formado profesionalmente en Massachusetts (E.E.U.U.) y en París (Francia).

El Arquitecto W. Jenney, además de diseñar edificios comerciales y de oficinas, tuvo otro rol muy importante que fue la formación de los arquitectos que trabajaron con él y que luego integraron la famosa "Escuela de Chicago". Entre ellos se destacaron Burnham, Holabird, Root, Roche, y Louis Sullivan. Este último, un gran Arquitecto, fue además, el maestro del Arquitecto Frank Lloyd Wright, quien fuera el más célebre profesional de su época en E.E.U.U.

Con relación al uso del acero en obras de infraestructura, podemos decir que el "Puente de Brooklyn" (1869), diseñado por John Roebling, fue el primer puente colgante de los E.E.U.U. En él se utilizaron tensores formados por cables de acero paralelos, metodología que aún se sigue utilizando frecuentemente en la actualidad. Este puente une los barrios de Brooklyn y Manhattan por sobre el East River, y consta de seis carriles para la circulación de vehículos sobre una luz de 486 mts.

A comienzos del siglo XX, continuando con la evolución tecnológica, cultural y artística, surgen en Europa distintas tendencias como el Art Nouveau, La Bauhaus (1920) y el Art Deco (1930).

Este último movimiento, tiene como exponentes en los E.E.U.U. a dos edificios notables construídos con Acero: el "Empire State Building" (1931) y el "Chrysler Building" (1930), construidos ambos en la ciudad de Nueva York.

En la Argentina, los edificios construidos sobre la Avenida de Mayo a principios de siglo, y las terminales del Ferrocarril de Retiro y Constitución, son claras evidencias de la presencia del *Acero en la construcción* de nuestro país.

El Hormigón Armado, concebido en 1880 por los ingenieros Monier y Coignet, fue otro de los cambios tecnológicos relevantes la evolución tecnológica de la construcción. Fue utilizado por primera vez en 1902 para la construcción de un edificio de Departamentos de renta en París, Francia. El Ingeniero Garnier y el Arquitecto Perret, autores de dicho edificio, fueron quienes comenzaron a utilizar el Hº Aº.

Si bien es cierto que la utilización de materiales ligantes como el cemento data de la época de los Egipcios y los Romanos, la invención del Cemento Portland, tal como lo conocemos en nuestros tiempos, se le atribuye a Joseph Aspdin en 1824.

La historia y la evolución tecnológica de la construcción están afectadas por varios aspectos:

- Durabilidad de los materiales: adobe, piedra y madera fueron los precursores, evolucionando en ladrillo, hormigón armado, metales y plásticos.

- Ductilidad de los materiales: el constante desarrollo de métodos constructivos y nuevas tecnologías, permite un mayor rendimiento de los materiales para la construcción de edificios más complejos (luces libres entre apoyos, alturas, etc.).

- Confort y Ahorro de Energía: las nuevas técnicas y materiales permiten ejercer el control de la temperatura, la acústica y el funcionamiento general de los edificios modernos.

- Ecología y Medio Ambiente: aunque reciente, es un aspecto muy importante en la evolución tecnológica y el desarrollo de los materiales.

El aumento del consumo de Acero a lo largo del siglo XX es un fiel reflejo de la evolución en la utilización de nuevas tecnologías y materiales. Desde 1900 a 1999 el consumo aumentó de 28 millones de toneladas anuales a 780 millones de toneladas anuales. Esto determina un crecimiento promedio de 3,4 % anual a lo largo de 100 años. Así como decimos que este fue el siglo del Acero, si tomamos en cuenta la evolución del Acero hacia el Acero Liviano Galvanizado y otras aleaciones, bien podríamos decir que el siglo XXI será el siglo del "Acero Inteligente".

1.2 Proceso de Fabricación de el Acero

El **acero galvanizado** es un material compuesto por una chapa de acero laminada en frío o caliente, que recibe en ambas caras una capa de cinc fundido prácticamente puro, que al solidificar se une al acero base formando un material altamente resistente a la corrosión y fácilmente transformable. Para comprender con mayor profundidad las propiedades del acero galvanizado, nos referiremos a continuación al proceso de fabricación del acero en general y luego al proceso de galvanizado en sí.

La fabricación del acero mediante proceso siderúrgico integrado parte del **mineral de hierro**, el **carbón de coque** y el **sinter** que conforman la carga del **Alto Horno**. En él se lleva a cabo el proceso de reducción de los óxidos naturales del hierro, transformándose los minerales en **arrabio**, que se utiliza en estado líquido para la producción de **Acero**. La producción actual del Acero en la Argentina es de 2.000.000 tn/año, estando este proceso certificado bajo la norma ISO 9002.

El **Arrabio líquido** así obtenido es colado en el **convertidor LD** y los **hornos cuchara**, para luego ser transportado a la estación de ajuste químico y de temperatura. El **Acero líquido** se vierte en la máquina de **colada continua** que cuenta con un sistema de molde de ancho variable, permitiendo la transformación en **desbastes**.

Los **desbastes** son cargados en los **hornos de recalentamiento** continuo del **Laminador en Caliente**, donde se elevará su temperatura hasta la requerida para el proceso de laminación. Cuando salen de los hornos, los desbastes pasan por el desescamador, los desbastadores y las series de cajas terminadoras que reducen su espesor hasta las dimensiones requeridas para la siguiente etapa del proceso, o las que sean solicitadas por el cliente. A la salida del Laminador en Caliente, aparece el primer producto comercializable: la **Chapa Laminada en Caliente**.

Las dimensiones de la **Chapa Laminada en Caliente** se encuentran en el rango de **espesor 1.60-12.70 mm**, y un ancho de 760 y 1500 mm., estando disponible en una amplia variedad de calidades de acuerdo a normas nacionales e internacionales.

Las calidades estándares están clasificadas de acuerdo a su uso final de la siguiente manera:

- Usos generales (calidad comercial)
- Calidad para uso embutido
- Calidad para usos en la industria automotriz
- Calidad para envases de gas licuado
- Calidad para usos estructurales generales
- Calidad para recipientes de presión
- Calidad para caños API

Este material es bobinado y enfriado para finalmente pasar por la **Línea de Decapado**. El proceso consiste en un baño de ácido clorhídrico a una temperatura que produce la eliminación de las impurezas de óxido. La **Chapa Laminada en Caliente** pasa luego por en el **Laminador en Frío**, que mediante deformación plástica reduce el espesor de la chapa hasta en un 90%. El material así obtenido se vende como **Chapa Laminada en Frío Cruda,** o sigue un proceso de recocido y templado para ir al mercado como **Chapa Laminada en**

Frío Recocida. El proceso de recocido sirve para eliminar las tensiones producidas en el proceso de laminación en frío.

Las dimensiones de la **Chapa Laminada en Frío** se encuentran en el rango de **espesor 0.30 - 3.00 mm** y un ancho de 600 - 1500 mm., estando disponible en una amplia variedad de calidades de acuerdo a normas nacionales e internacionales. Las calidades estándar están clasificadas de acuerdo a su uso final de la siguiente manera:

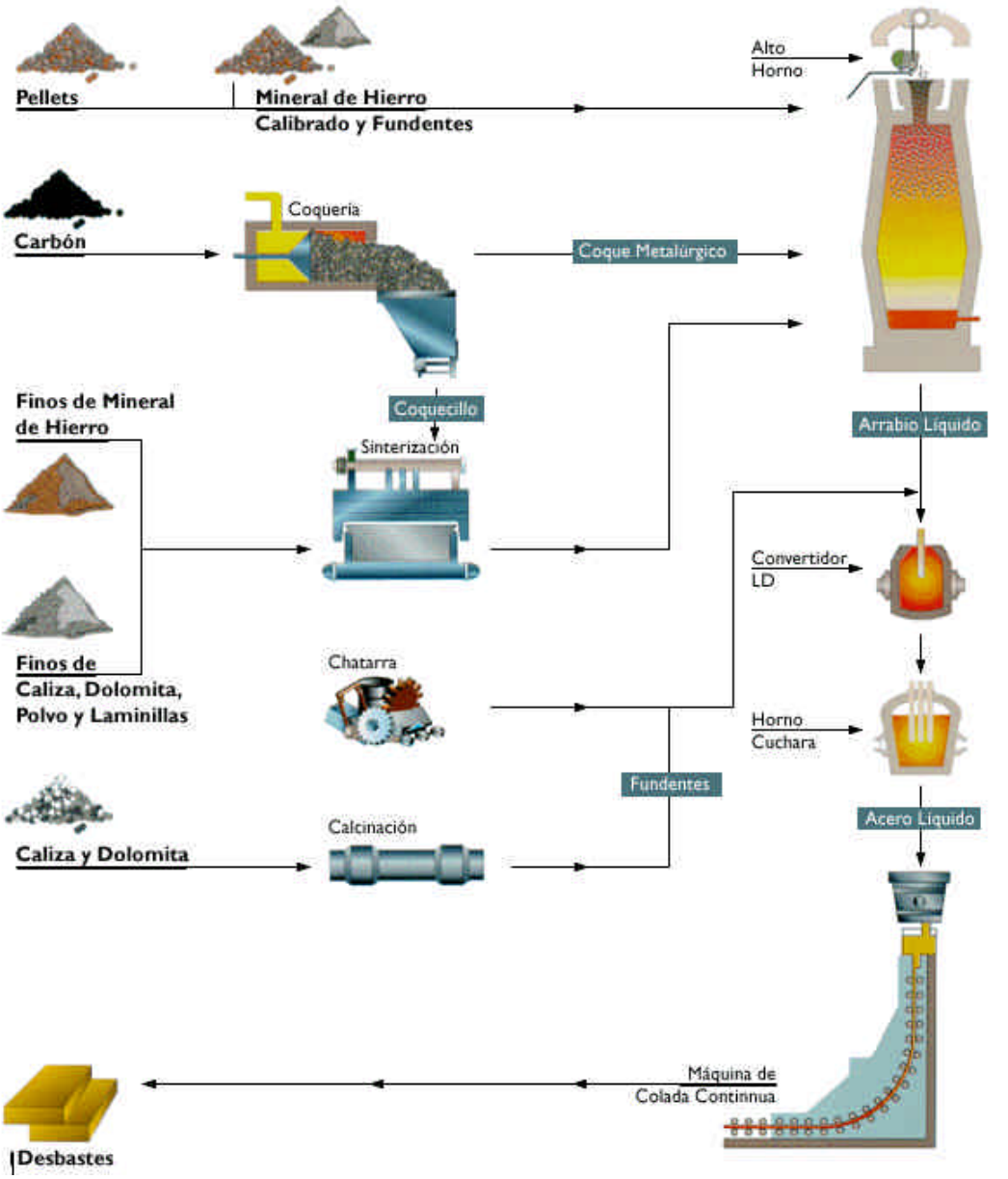
- Calidad para usos generales (calidad comercial)
- Calidad para embutido moderado, profundo y extra profundo
- Calidad apta para esmaltado
- Calidades de alta resistencia con características especiales de conformabilidad
- Calidad para usos eléctricos
- Calidad con alta exigencia de planitud
- Calidad con buena condición de soldabilidad y expandido
- Calidad de alta dureza

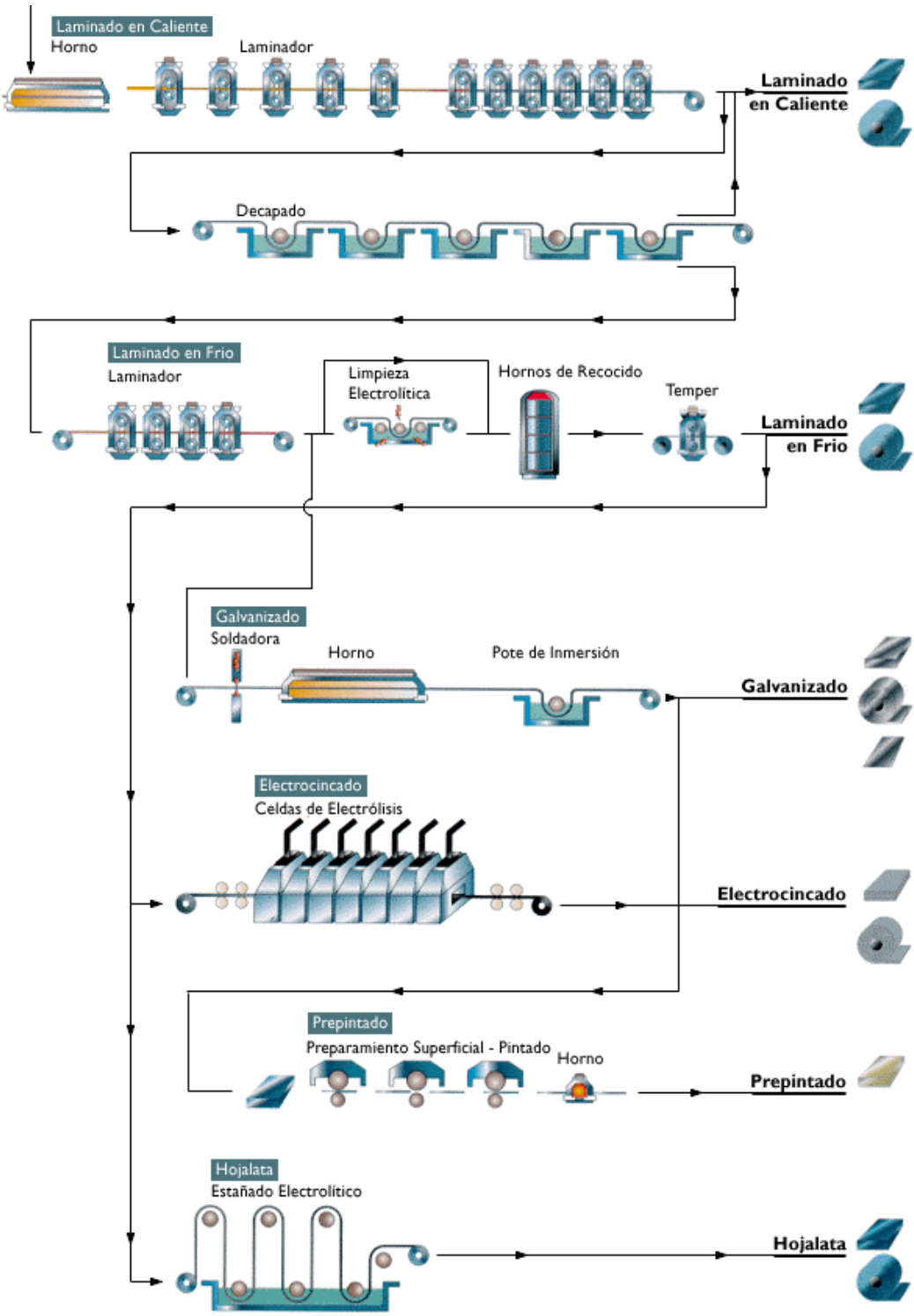
Tanto la chapa **laminada en frío** como la **laminada en caliente decapada**, pueden ser galvanizadas en Planta. En la **línea continua de galvanizado** por inmersión la chapa es recubierta por una delgada capa de cinc que le otorga una gran resistencia a la corrosión. El material galvanizado es entregado en bobinas, hojas lisas y conformadas acanaladas, trapezoidales, bandejas y tejado metálico. También en la línea continua por inmersión en caliente se produce chapa “Cincalum”, recubierta por una aleación compuesta de un 55% de Aluminio, 1.6% de Silicio y el restante de Cinc.

1.2.1 Acero Galvanizado para el uso en el Steel Framing

El tipo de acero galvnizado para Steel Framing se encuentra especificado en la Norma IRAM-IAS U 500-205, en la cual se establece que el mismo deberá cumplir con los requisitos de la Norma IRAM-IAS U 500-214 (Norma de acero galvanizado de tipo estructural), posibilitando el uso de cualquiera de sus grados.

1.2.2 Gráfico del Proceso de Fabricación del Acero

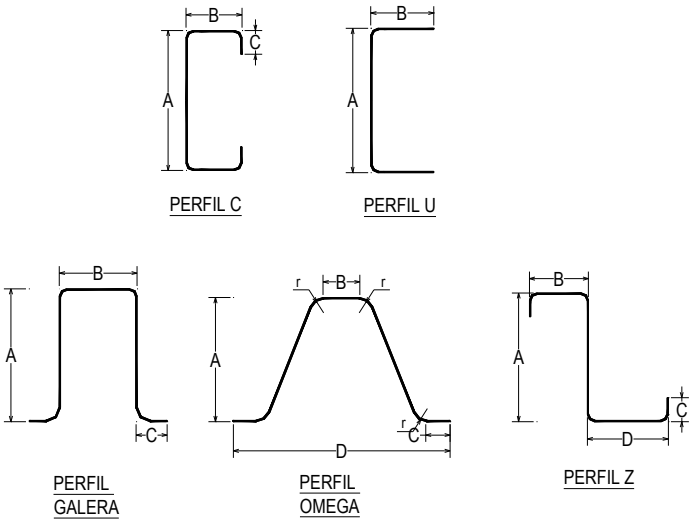



Laminado en Caliente
Horno
Laminador
Laminado en Caliente
Decapado
Laminado en Frio
Laminador
Limpieza Electrolítica
Hornos de Recocido
Temper
Laminado en Frio
Galvanizado
Soldadora
Horno
Pote de Inmersión
Galvanizado
Electrocincado
Celdas de Electrólisis
Electrocincado
Prepintado
Preparamiento Superficial - Pintado
Horno
Prepintado
Hojalata
Estañado Electrolítico
Hojalata

1.3 Perfiles - Norma IRAM-IAS U 500-205

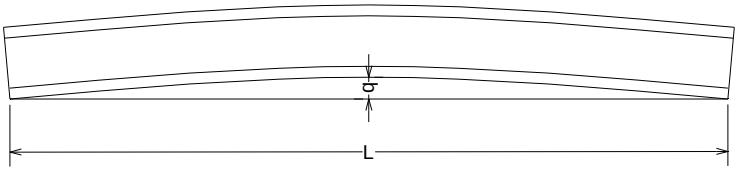
1.3.1 Definiciones

- **Perfil Abierto de Chapa de Acero Galvanizada Conformado en Frío para Uso en Estructura Portante de Edificios:** Perfil obtenido por el conformado progresivo en frío de un fleje, cortado de una bobina de chapa de acero galvanizada por inmersión en caliente, que pasa entre una serie de rodillos de formas adecuadas, pudiendo ser en general de formas variadas y complejas. Estos perfiles tienen sus caras planas y zonas dobladas a diferentes ángulos, formando una sección transversal constituida por una composición de figuras geométricas simples que se mantiene en toda su longitud.



- **Rama:** Zona del perfil comprendida entre dos pliegues o entre un pliegue y el borde del perfil.

- **Rectitud (q):** Distancia máxima (flecha) entre un punto del perfil y la línea recta que une los extremos del tramo considerado, medida en cualquier plano paralelo a las ramas del perfil



- **Revirado:** Rotación de las sucesivas secciones transversales a lo largo del eje del perfil.

1.3.2 Requisitos

- Propiedades Mecánicas: Los perfiles deben ser fabricados con chapa de acero galvanizado, con cualquiera de los grados estructurales, que tienen fluencias de 230, 250, 280 y 340 Mpa., y cuyas propiedades están establecidas por la Norma IRAM-IAS U 500-214. Si bien los perfiles pueden fabricarse con cualquiera de los aceros anteriores, el tipo de acero más usual en el mercado argentino, y con el que se han calculado las Tablas de Carga editadas por el Instituto Argentino de Siderurgia es el ZAR280 de la norma antes mencionada, cuya tabla se reproduce a continuación:

Grado del material del perfil	Resistencia a la tracción, min. (Mpa)	Limite de fluencia, min. (N/mm2)	Alargamiento porcentual de rotura, min. Lo=5Omm(%)
ZAR 280	360	280	16

- Recubrimientos de Cinc: La masa mínima del recubrimiento de cinc de los perfiles debe ser la de designación Z 275 de la norma IRAM-IAS U 500-214 y debe cumplir con los valores del ensayo triple e individual indicado en dicha norma.

- Espesor: Las tolerancias en el espesor de los perfiles debe cumplir con los valores indicados en la siguiente tabla:

Espesor nominal e (mm)	Tolerancias en el espesor (mm)
e < 1,0O	±0,12
1,OO < e < 1,30	±0,15
1,30 < e < 1,80	±0,17
1,80 < e < 2,50	±0,22

- Sección transversal: Las medidas de la sección transversal de los perfiles deben cumplir con los valores indicados en las normas IRAM-IAS U 500-205, partes 2, 3, 4, 5 y 6. Las discrepancias en las medidas de las ramas del perfil, medidas a partir de 250 mm de los extremos del perfil, deben cumplir con los valores indicados en la siguiente tabla.

Designación del perfil	Tolerancias en las medidas de las ramas del perfil (mm)			
	A	B	C	D
PGC	0 -2	±1	±3	-
PGU	+2 0	±2	-	-
PGG	±1	+2 0	±3	-
PGO	±2	±2	±2	±2
PGZ	0 -2	±1	±3	±1

- Radios de acuerdo: Los radios de acuerdo interiores entre caras planas del perfil, deben estar comprendidos entre: $1\ e \leq r \leq 2e$.

- Largos: Los perfiles se suministran en largos estándar de fabricación. El largo normal de fabricación de los perfiles utilizados como parante de paneles es de 2700 mm. A pedido del usuario se podrán suministrar otros largos.Largos fijos. Cuando se especifican largos fijos se aplican las tolerancias indicadas en la siguiente tabla.

Largo fijo nominal L (m)	Tolerancia (mm)
$L \leq 6$	±2
$6 < L \leq 10$	±3
$10 < L$	±5

- Perforaciones:

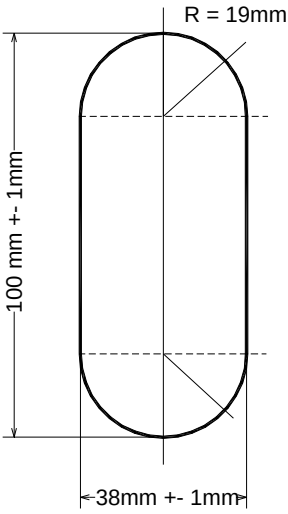
- Cuando los perfiles se solicitan con perforaciones en el alma, éstas deben tener la forma y medidas que se indican en la siguiente figura, con el eje mayor de la perforación coincidente con el eje longitudinal del perfil.

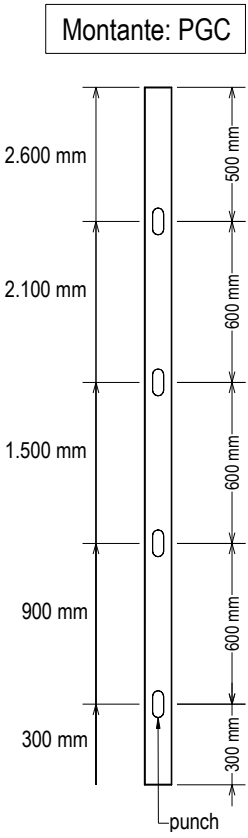
- La distancia entre el extremo inferior del perfil y el centro de la primera perforación debe ser de 300 mm ± 2 mm.

- La distancia entre centros de perforaciones consecutivas debe ser 600 mm ± 2 mm.

- La distancia entre el extremo superior del perfil y el centro de la última perforación no debe ser menor que 300 mm.

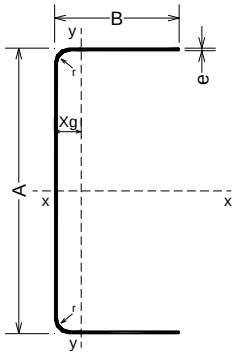
- Los bordes de las perforaciones deben estar libres de rebabas y filos, de modo que no produzcan daños durante el pasaje de los conductos de las instalaciones de agua, gas y electricidad.





1.3.3 Perfil U. Medidas y Características Geométricas

La Norma IRAM-IAS U-500-205 prescribe las medidas, la masa y las características geométricas del perfil U de chapas de acero galvanizada, conformadas en frío para uso en estructuras portantes de edificios.



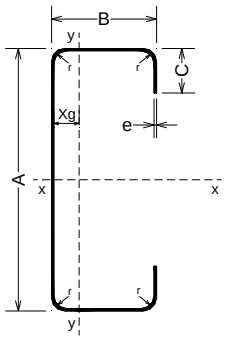
- **Masa:** La masa por unidad de longitud de los perfiles considerados en la norma IRAM-IAS se indica en la tabla 1. La masa está calculada asignando convencionalmente al acero una masa específica de 7,85 kg/dm3. El valor de la masa corresponde al perfil galvanizado con recubrimiento Z275, es decir, 275 gr. de cinc por m2 en ambas caras.

- **Tabla 1 – Medidas, Masa y Características Geométricas del Perfil U**

Desiganción del Perfil	Alturad el alma A	Ancho del ala B	Espesor e		Radio int. de acuerdo	Area de la seccion nominal	Masa por metro nominal	Dist. al ctro. de grave-dad	Momento de Inercia		Modulo resistente		Radios de giro	
			sin recubri miento	Galvani -zado	r	S	G	Xg	Jx	Jy	Wx	Wy	ix	iy
	Mm	mm	mm	mm	mm	cm2	kg/m	cm	cm4	cm4	cm3	cm3	cm	cm
PGU 90 x 0,89	92	35	0,89	0,93	1,4	1,41	1,15	0,8	18,08	1,65	3,93	0,61	3,58	1,08
PGU 90 x 1,24	93	35	1,24	1,28	1,92	1,96	1,58	0,82	25,35	2,27	5,45	0,84	3,59	1,07
PGU 90 x 1,60	94	35	1,6	1,64	2,46	2,53	2,03	0,83	32,9	2,88	7	1,08	3,61	1,07
PGU 100 x 0,89	102	35	0,89	0,93	1,4	1,5	1,22	0,76	23,02	1,7	4,51	0,62	3,92	1,06
PGU 100 x 1,24	103	35	1,24	1,28	1,92	2,09	1,68	0,77	32,25	2,33	6,26	0,85	3,93	1,06
PGU 100 x 1,60	104	35	1,6	1,64	2,46	2,96	2,15	0,79	41,81	2,96	8,04	1,09	3,94	1,05
PGU 140 x 0,89	142	35	0,89	0,93	1,4	1,85	1,51	0,62	50,63	1,84	7,14	0,64	5,22	1
PGU 140 x 1,24	143	35	1,24	1,28	1,92	2,58	2,08	0,64	70,37	2,53	9,87	0,88	5,23	0,99
PGU 140 x 1,60	145	35	1,6	1,64	2,46	3,33	2,67	0,65	91,68	3,22	12,73	1,13	5,25	0,98
PGU 140 x 2,00	146	35	2	2,04	3,06	4,15	3,31	0,67	114,63	3,96	15,81	1,4	5,26	0,98
PGU 150 x 0,89	152	35	0,89	0,93	1,4	1,95	1,59	0,59	59,84	1,87	7,88	0,64	5,55	0,98
PGU 150 x 1,24	153	35	1,24	1,28	1,92	2,71	2,18	0,61	83,64	2,57	10,93	0,89	5,56	0,97
PGU 150 x 1,60	154	35	1,6	1,64	2,46	3,49	2,8	0,63	108,1	3,27	14,04	1,14	5,57	0,97
PGU 150 x 2,00	155	35	2	2,04	3,06	4,35	3,47	0,65	135,13	4,02	17,44	1,41	5,57	0,96
PGU 200 x 1,24	203	35	1,24	1,28	1,92	3,33	2,68	0,51	168,86	2,72	16,64	0,91	7,13	0,9
PGU 200 x 1,60	204	35	1,6	1,64	2,46	4,29	3,44	0,52	218	3,46	21,37	1,16	7,13	0,9
PGU 200 x 2,00	204	35	2	2,04	3,06	5,33	4,25	0,55	268,9	4,25	26,36	1,44	7,1	0,89
PGU 250 x 1,60	254	35	1,6	1,64	2,46	5,09	4,08	0,45	381,5	3,59	30,04	1,18	8,66	0,84
PGU 250 x 2,00	255	35	2	2,04	3,06	6,35	5,07	0,57	476,26	4,41	37,35	1,46	8,66	0,83
PGU 250 x 2,50	256	35	2,5	2,54	3,81	7,91	6,3	0,5	592,82	5,41	46,31	1,8	8,65	0,83
PGU 300 x 0,89	302	35	0,89	0,93	1,4	3,28	2,67	0,37	338,7	2,11	22,43	0,67	10,16	0,8
PGU 300 x 1,60	304	35	1,6	1,64	2,46	5,89	4,72	0,4	608,6	3,68	40,04	1,19	10,17	0,79
PGU 300 x 2,00	305	35	2	2,04	3,06	7,35	5,87	0,42	759,65	4,53	49,81	1,47	10,17	0,79
PGU 300 x 2,50	306	35	2,5	2,54	3,81	9,16	7,29	0,45	945,74	5,56	61,81	1,82	10,16	0,78

1.3.4 Perfil C. Medidas y Características Geométricas

La Norma IRAM-IAS U-500-205 prescribe las medidas, la masa y las características geométricas del perfil C de chapas de acero galvanizado conformadas en frío para uso en estructuras portantes de edificios.



- **Masa:** La masa por unidad de longitud del perfil C considerado en esta norma se indica en la tabla 2. La masa está calculada asignando convencionalmente al acero una masa específica de 7,85kg/dm^3. El valor de la masa corresponde al perfil galvanizado con recubrimiento Z275, es decir, 275 gr. de cinc por m2 en ambas caras.

- **Tabla 2 - Medidas, Masa y Características Geométricas del Perfil C**

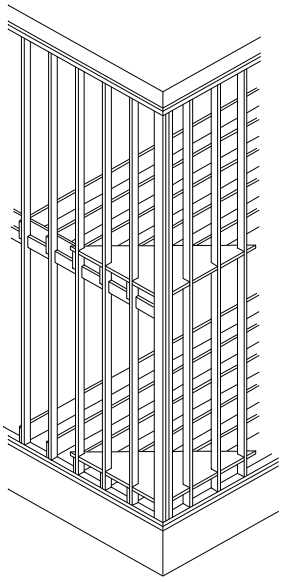
Designacion del Perfil	Altura del alma A	Ancho del ala B	Ancho de la rama C	Espesor e		Radios interiores de acuerdo	Area de la seccion nominal	Masa por metro nominal	Distancia al centro de gravedad	Momento de inercia		Modulo resistente		Radios de giro	
				sin recubrimiento	galvanizado	r	S	G	Xg	Jx	Jy	Wx	Wy	ix	iy
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	cm2	kg/m	cm	cm4	cm4	cm3	cm3	cm	cm
PGC 90 x 0,89	90	40	17	0,89	0,93	1,4	1,75	1,43	1,45	22,45	4,4	4,99	1,72	3,58	1,58
PGC 90 x 1,24	90	40	17	1,24	1,28	1,92	2,41	1,95	1,45	30,48	5,9	6,77	2,32	3,56	1,56
PGC90 x 1,60	90	40	17	1,6	1,64	2,46	3,07	2,46	1,45	38,3	7,33	8,51	2,88	3,53	1,55
PGC 100 x 0,89	100	40	17	0,89	0,93	1,4	1,84	1,5	1,38	28,71	4,56	5,74	1,74	3,95	1,57
PGC 100 x 1,24	100	40	17	1,24	1,28	1,92	2,54	2,05	1,38	39,03	6,13	7,81	2,34	3,92	1,55
PGC 100 x 1,60	100	40	17	1,6	1,64	2,46	3,23	2,59	1,38	49,1	7,61	9,82	2,91	3,9	1,54
PGC 140 x 0,89	140	40	17	0,89	0,93	1,4	2,2	1,79	1,17	63,41	5,09	9,06	1,8	5,37	1,52
PGC 140 x 1,24	140	40	17	1,24	1,28	1,92	3,03	2,45	1,17	86,55	6,84	12,36	2,42	5,34	1,5
PGC 140 x 1,60	140	40	17	1,6	1,64	2,46	3,87	3,1	1,17	109,3	8,5	15,61	3	5,32	1,48
PGC 140 x 2,00	140	40	17	2	2,04	3,06	4,76	3,81	1,17	133,36	10,18	19,05	3,6	5,28	1,46
PGC 150 x 0,89	150	40	17	0,89	0,93	1,4	2,29	1,87	1,12	74,72	5,2	9,96	1,81	5,71	1,51
PGC 150 x 1,24	150	40	17	1,24	1,28	1,92	3,16	2,55	1,12	102,06	6,99	13,61	2,43	5,69	1,49
PGC 150 x 1,60	150	40	17	1,6	1,64	2,46	4,03	3,23	1,13	128,99	8,68	17,2	3,02	5,66	1,47
PGC 150 x 2,00	150	40	17	2	2,04	3,06	4,98	3,97	1,13	157,51	10,4	21	3,62	5,63	1,45
PGC 200 x 1,24	200	44	17	1,24	1,28	1,92	3,87	3,13	1,07	214,36	9,49	21,44	2,85	7,44	1,57
PGC 200 x 1,60	200	44	17	1,6	1,64	2,46	4,96	3,97	1,07	271,87	11,82	27,19	3,55	7,41	1,54
PGC 200 x 2,00	200	44	17	2	2,04	3,06	6,14	4,9	1,08	333,32	14,2	33,33	4,27	7,37	1,52
PGC 250 x 1,60	250	44	17	1,6	1,64	2,46	5,76	4,62	0,93	469,71	12,49	37,58	3,6	9,03	1,47
PGC 250 x 2,00	250	44	17	2	2,04	3,06	7,14	5,7	0,94	577,12	15,01	46,17	4,34	8,99	1,45
PGC 250 x 2,50	250	44	17	2,5	2,54	3,81	8,83	7,03	0,95	705,82	17,82	56,47	5,16	8,94	1,42
PGC 300 x 1,60	300	44	17	1,6	1,64	2,46	5,56	5,26	0,83	739,55	13	49,3	3,64	10,62	1,41
PGC 300 x 2,00	300	44	17	2	2,04	3,06	8,14	6,5	0,84	910,19	15,61	60,68	4,38	10,58	1,39
PGC 300 x 2,50	300	44	17	2,5	2,54	3,81	10,08	8,02	0,84	1115,5	18,54	74,37	5,21	10,52	1,36

1.4 Antecedentes del Framing

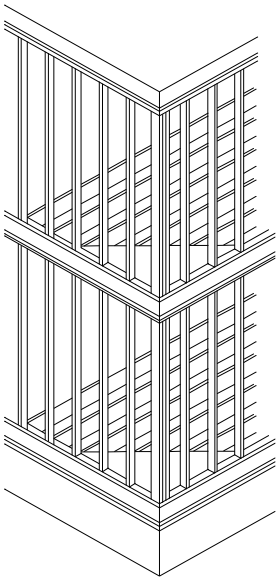
Para entender el concepto de *Steel Framing*, comenzaremos definiendo el término "Framing". *"Frame"* quiere decir conformar un Esqueleto estructural compuesto por elementos livianos diseñados para dar forma y soportar a un edificio. *"Framing"* es el proceso por el cual se unen y vinculan estos elementos.

Para definir los antecedentes históricos del Framing tenemos que remontarnos alrededor del año 1810, cuando en los E.E.U.U. comenzó la conquista del territorio, y hacia 1860, cuando la migración llegó hasta la costa del Océano Pacifico. En aquellos años la población se multiplico por diez, y para solucionar la demanda de viviendas se recurrió a la utilización de los materiales disponibles en el lugar (madera), y a conceptos de practicidad, velocidad y productividad originados en la Revolución Industrial. La combinación de estos conceptos y mateariales gestaron lo que hoy conocemos como Balloon Framing (1830).

El concepto básico del *"Balloon Framing"* es la utilización de Studs (Montantes) que tienen la altura total del edificio (generalmente dos plantas), con las vigas del entrepiso sujetas en forma lateral a los studs, quedando así, contenido dentro del volumen total del edificio. Esta forma constructiva evolucionó hacia lo que hoy se conoce como "Platform Framing", que se basa en el mismo concepto constructivo que el "Balloon Framing", con la diferencia que los studs tienen la altura de cada nivel o piso, y por lo tanto el entrepiso que los divide es pasante entre los montantes.



Balloon Framing



Platform Framing

De esta manera, el entrepiso transmite sus cargas en forma axial, y no en forma excéntrica como en el caso del "Balloon Framing", resultando en studs con secciones menores. La menor altura de los studs del "Platform Framing" es otra ventaja de esta variante, ya que permite implementar el panelizado en un taller fuera de la obra dado que no hay limitaciones al transporte, obteniendo así una mejor calidad de ejecución y un mayor aprovechamiento de los recursos.

Los cambios en el concepto de fabricación, tienen aspectos tecnológicos muy relevantes :

- La optimización de la utilización de la Energía.
- La optimización de la fabricación de acero y su calidad.
- El crecimiento de la Industria de las Maquinarias y Herramientas.
- El concepto de Producción en masa o en gran escala, la llamada línea de montaje o producción. (Henry Ford 1914).

La utilización del Steel Framing en los edificios comerciales es de larga data. En cambio, en el rubro "viviendas" solo después de la segunda Guerra Mundial se comenzaron a ver los primeros ejemplos. Actualmente dentro de la construcción de viviendas el acero se posiciona mejor que su competidor la madera, a raíz de los movimientos ecológicos, las fluctuaciones de su precio, y su calidad, que permite que el acero se consolide en el mercado de viviendas en forma creciente.

La tradición constructiva en la Argentina tiene sus raíces en sus Colonizadores. La inmigración que hubo fue mayormente de origen mediterráneo, donde la piedra, el adobe y la cerámica son los materiales característicos. La tradición constructiva de países como E.E.U.U., Japón, y China, con condiciones climáticas mas severas que las nuestras, siempre fue distinta. En general, ha estado orientada a materiales más livianos como la madera, sin que esto implique menor categoría o calidad de los edificios. Incluso en países con tradición tipo Mediterránea como la nuestra, la evolución de los sistemas y materiales esta dirigiéndose a los sistemas constructivos denominados livianos, ya que son objetivamente mas eficientes. En nuestro país, esta evolución comenzó en la década del 60, con ejemplos dirigidos a un mercado especifico: el de muy bajos recursos. Esto originó que la población en general asociara equivocadamente el término "Prefabricación" o "Industrialización" con este tipo de construcción.

La definición de "Industrialización" o "Prefabricación" dista mucho de lo que la gente en general, tenía como concepto de ellas, pero el tiempo y la realidad han permitido que esto cambie rápidamente. Se está comprendiendo que evolución, prefabricación e industrialización, no son sinónimos de baja calidad, sino de parámetros necesarios de la era en que vivimos, y la construcción no es una excepción.

1.5 Conceptos Generales sobre Cargas

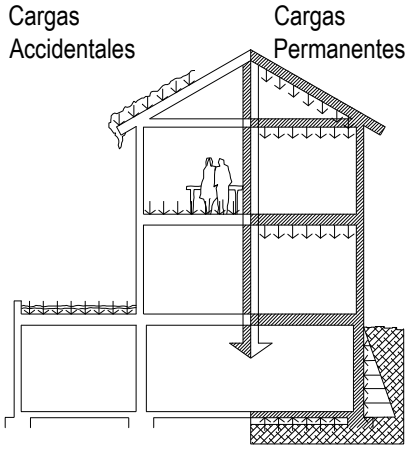
Son todas aquellas fuerzas a las cuales esta sometida la estructura de un edificio. Las estructuras soportan dos tipos de cargas básicamente: *Estáticas* y *Dinámicas*.

- **Cargas Estáticas**

Son todas aquellas cargas que no varían su magnitud durante el transcurso del tiempo, pudiendo clasificarse como:

Cargas Permanentes: son las cargas generadas por el peso propio de la estructura del edificio, más las cargas generadas por el peso propio de los elementos adheridos a la estructura (ej.: muros, techos, etc.).

Cargas Accidentales: son las cargas relacionadas con el destino, el uso y el clima de la región donde se encuentra el edificio (personas y mobiliario, nieve y agua).



- **Ver Reglamentos:**

*CIRSOC 101: "Cargas y Sobrecargas Gravitatorias para el cálculo de las Estructuras de los edificios".
*CIRSOC 104: "Acción de la Nieve y del Hielo sobre las Construcciones".

- **Cargas Dinámicas**

Son aquellas cargas que actúan sobre la estructura en forma repentina, variando su magnitud y ubicación durante el transcurso del tiempo.

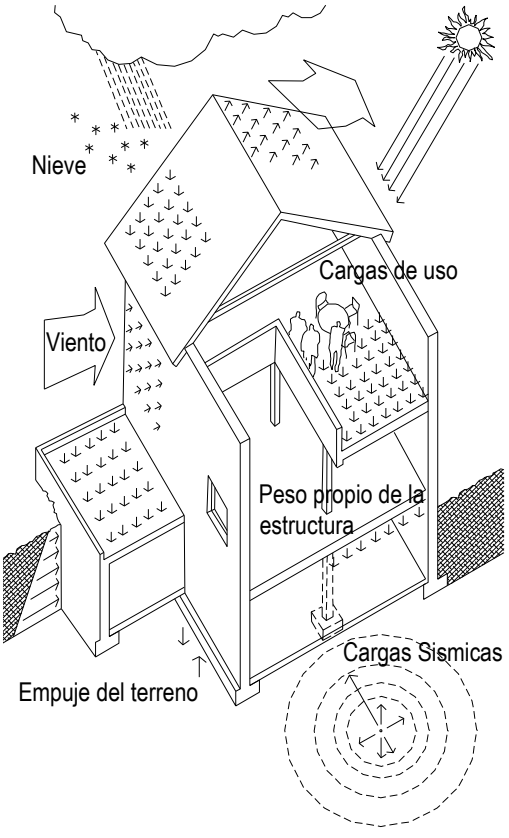
Entre ellas encontramos:

Carga de Viento: producen presión y/o succión sobre paredes y techos, dependiendo de la geometría del edificio.

Carga Sísmica: resultan del repentino movimiento de las capas de la tierra. Su resultante es tridimensional y se propaga en forma de ondas. Este fenómeno provoca que la superficie de la tierra, y cualquier edificio sobre ella, entre en vibración, debido su tendencia a permanecer en reposo.

- **Ver Reglamentos:**

*CIRSOC 102: "Acción del Viento sobre las Construcciones"
*CIRSOC 103: "Normas Argentinas para Construcciones Sismoresistentes"

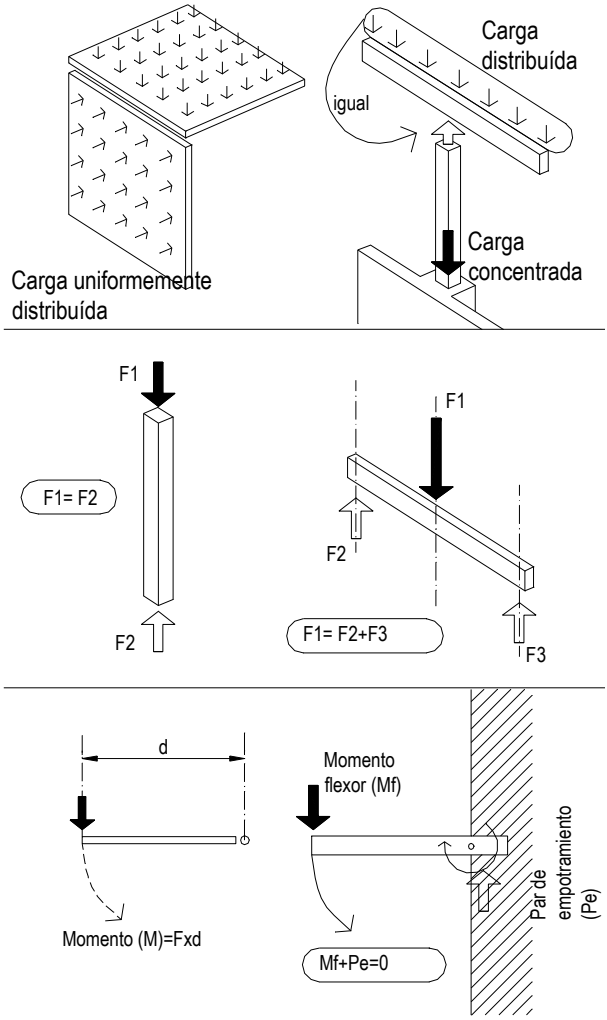


1.5.1 Solicitaciones Estructurales

En el análisis de una estructura se debe considerar la magnitud, la dirección y el punto de aplicación de las fuerzas, resolviéndolas para producir un estado de equilibrio:

- La sumatoria de todas las fuerzas verticales es = 0.
- La sumatoria de todas las fuerzas horizontales es = 0.
- La sumatoria de todos los momentos de las fuerzas respecto de un punto es = 0.

De igual manera, como cada elemento estructural está cargado, su soporte debe reaccionar con una fuerza igual pero de sentido contrario.



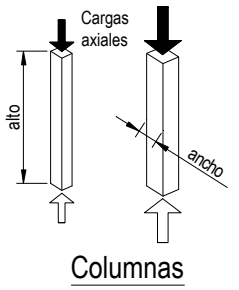
1.5.2 Elementos Estructurales

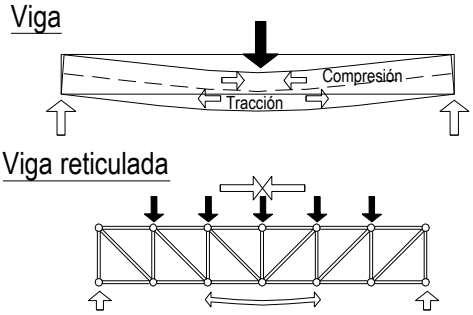
Los elementos que constituyen una estructura resistente pueden ser clasificados de acuerdo a su geometría, rigidez, y respuesta a las fuerzas aplicadas sobre ellos.

Las cargas externas actuantes sobre la estructura generan como reacción a ellas, tensiones internas dentro de los elementos estructurales.

- **Columnas:** transmiten cargas axiales de compresión, centradas o excéntricas,.

- **Vigas:** transfieren la carga lateralmente a lo largo de su longitud, hacia los apoyos. Un caso especial de viga es la viga reticulada, que consiste en un conjunto de elementos rígidos unidos entre sí formando triángulos, siendo éstos los que le otorgan la rigidez.

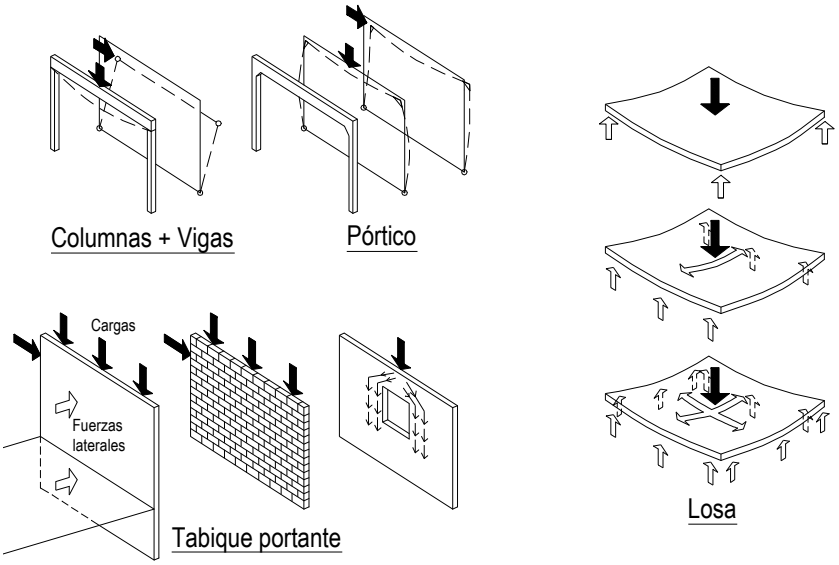




- **Pórtico:** combinación de Columnas y Vigas capaz de tomar cargas horizontales en su plano, siempre y cuando, la unión entre columnas y vigas sea rígida.

- **Tabiques:** si se completa el espacio entre columnas y vigas, tenemos un tabique que es capaz de soportar esfuerzos laterales.

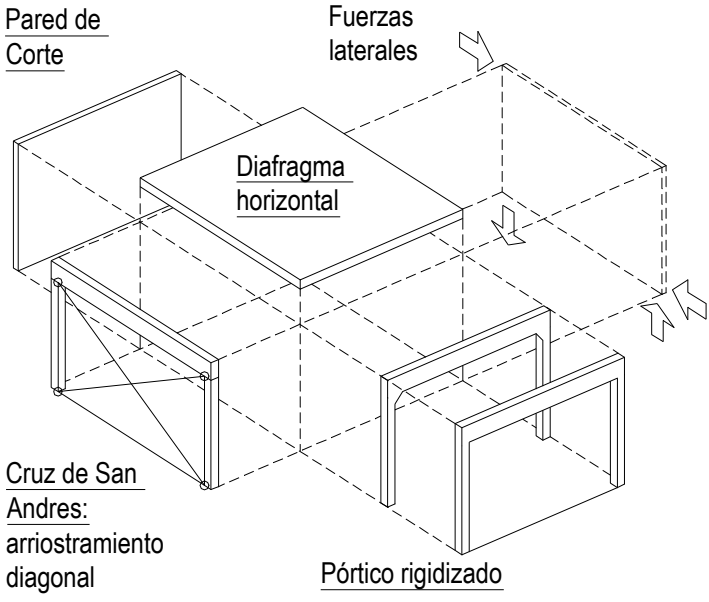
- **Losas:** son elementos estructurales con capacidad de tomar cargas perpendiculares a su plano, teniendo dos dimensiones mucho mayores que la tercera.



1.5.3 Estabilidad Lateral

Los elementos estructurales de un edificio tienen que conformar una estructura resistente para cualquier condición de carga, tanto verticales como horizontales. Existen tres mecanismos básicos para formar planos de rigidización capaces de resistir la acción de las cargas horizontales:

- Cruces de San Andrés: arriostramientos con elementos diagonales.
- Pórtico rígido: ya mencionado.
- Tabique: ya mencionado



2 CARACTERÍSTICAS DEL STEEL FRAMING

2.1 Conceptos Generales

Ver 1.4

Anteriormente, al definirse los conceptos de *"Frame"* y *"Framing"*, se ha hecho referencia a las características principales que describen al Steel Framing como un sistema liviano y, a la vez, muy resistente.

Asimismo, otro aspecto particular del Steel Framing, que lo diferencia de otros sistemas constructivos tradicionales, es que está compuesto por una cantidad de elementos o "sub- sistemas" (estructurales, de aislaciones, de terminaciones exteriores e interiores, de instalaciones, etc.) funcionando en conjunto. Como ejemplo y para una fácil comprensión, podríamos compararlo con el funcionamiento del cuerpo humano, infiriendo las siguientes asociaciones:

- Los perfiles de acero galvanizado que conforman la estructura se corresponden con los huesos del cuerpo humano.
- Las fijaciones y flejes de la estructura del edificio se corresponden con las articulaciones y tendones.
- Los diafragmas de rigidización en el edificio se corresponden con los músculos.
- Las diferentes aislaciones, ventilaciones y terminaciones del edificio se corresponden con la piel y los mecanismos de respiración y transpiración.

Es decir que el conjunto de "sub- sistemas" y el modo en que los mismos están interrelacionados, es lo que hace posible el correcto funcionamiento del edificio en su totalidad como un macro sistema.

Por ello, la elección y selección de materiales idóneos y recursos humanos, influirá en un mayor rendimiento de los mismos y en un correcto funcionamiento del edificio.

Estos conceptos llevan a una optimización de recursos de materiales, mano de obra y tiempos de ejecución y como consecuencia final la optimización de los costos.

2.1.1 Conceptos que definen el Steel Framing

- **Abierto**

  Es abierto porque se puede combinar con otros materiales dentro de una misma estructura, o ser utilizado como único elemento estructural. En edificios en altura se utiliza para las subdivisiones interiores y para la estructura secundaria de revestimiento de fachadas. En edificios entre medianeras logra adaptarse perfectamente a las exigencias y situaciones existentes. En viviendas, y en otros edificios de menor altura, puede ser el único material estructural utilizado, haciendo de base a substratos en cubiertas y fachadas.

- **Flexible**

  El proyectista puede diseñar sin restricciones, planificar etapas de ampliación o crecimiento, debido a que no tiene un modulo fijo sino uno recomendado de 0,40/ 0.60 mts. o menos. Admite cualquier tipo de terminaciones tanto exteriores como interiores.

- **Racionalizado**

  Se lo considera racionalizado por sus características y procesos, ya que establecen la necesidad de pensar y trabajar con 3 decimales, lo cual hace mas precisa la documentación de obra, y del mismo modo, su ejecución. Una de sus cualidades más destacadas, es la precisión propia del material en su conformación, permitiendo un mejor control de calidad. En situaciones de trabajos de gran envergadura, la estandarización se hace notable y contribuye a la disminución y optimización de los recursos.

- **Confort y Ahorro de Energía**

  El sistema permite pensar y ejecutar de una manera mas eficiente las aislaciones, las instalaciones y todos los ítems que redundan en un mayor confort de la construcción. El Steel Framing, es especialmente apto para cualquier tipo de clima y situación geográfica, sobre todo las extremas.

- **Optimización de Recursos**

  Por ser un sistema liviano nos 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 mas sencilla y precisa, pudiendo cumplir las metas fijadas en cuanto a los recursos económicos y de tiempo. Las reparaciones son muy simples y la detección de los problemas de pérdidas en cañerías de agua es inmediata.

- **Durabilidad**

  El Steel Framing utiliza materiales inertes y nobles como el acero galvanizado, lo cual lo convierte objetivamente en extremadamente durable a través del tiempo.

- **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.

2.1.2 Conceptos que definen el Acero Galvanizado para Steel Framing

- El Acero es un material de los llamado “nobles”, tiene una gran estabilidad dimensional.

- El Acero como material fue utilizado en la construcción con anterioridad que el Hormigón Armado, por lo cual es considerado “tradicional”.

- El Acero Galvanizado Liviano es una evolución tecnológica de Acero Laminado y todo indica que en el siglo XXI esta evolución continuará. (por ejemplo, en los autos del 2000 se utiliza el 50% menos de acero que en 1960 y las piezas son un 30% mas livianas pero con mayor resistencia, debido justamente al empleo de acero galvanizado en las carrocerías.)

- El Acero Galvanizado en la Argentina, con recubrimiento estándar Z275, reúne las características aptas para un clima marítimo. Esto implica una mayor “barrera” o “defensa” a la corrosión por algún tipo de infiltración de la humedad.

- El Acero Galvanizado es un material no combustible con una gran resistencia al fuego. Protegido con los elementos inertes correspondientes este valor aumenta a niveles comparables a los de los materiales de los sistemas de construcción tradicional o sistemas húmedos.

- El Acero Galvanizado no es atacado por termitas ni otros animales otorgando, sin embargo, el espacio para albergar la aislación requerida.

- El Acero Galvanizado es 100% reciclable.

En el caso de las Estructuras de Acero Galvanizado hay tres temas fundamentales para tener en cuenta, dado que son la base de la protección de la estructura y del óptimo funcionamiento del Steel Framing como sistema integral. Estos temas son **corrosión**, **fuego** y **puentes térmicos** y los desarrollaremos a continuación.

2.2 Corrosión

Por corrosión se debe entender la degradación o deterioro de las propiedades del material por acción del medio ambiente.

En nuestro caso los materiales son metales, éstos se encuentran en la naturaleza en forma de óxidos o minerales. Esto implica que la condición de equilibrio estable se da cuando el metal se encuentra en estado impuro, pero las excelentes propiedades mecánicas que hacen de este metal un elemento útil, son atributos del metal puro, en consecuencia, si no reciben un tratamiento posterior tienden a volver a su estado natural. Esta tendencia se manifiesta fundamentalmente con la formación de óxidos, dando lugar a los fenómenos de oxidación y corrosión.

Existe una marcada diferencia entre oxidación y corrosión, ambas se producen por una reacción química entre el metal y el oxígeno, la diferencia esta en la película que se forma. Si la película superficial es hermética, continua, impermeable, adherente y auto regenerable, el proceso se denomina oxidación, ya que esta película protege al metal en una posterior reacción química. Si la película no cumple con alguna de estas condiciones, la reacción se denomina corrosión y el metal se degrada continuamente.

Es bien sabido que el acero sin protección se oxida al estar expuesto prácticamente a cualquier medio ambiente. La aplicación de una fina capa de cinc es una efectiva y económica manera de protegerlo de la corrosión. Los recubrimientos de cinc protegen al acero proveyéndole simultáneamente una protección física y catódica contra la corrosión.

La construcción con Perfiles de Acero Liviano galvanizado genera preguntas tales como: ¿Que sucede con los perfiles metálicos de una obra construida en zonas cercanas al mar ?, o ¿ que pasa con los perfiles metálicos durante el tiempo de exposición a la intemperie mientras dura el montaje de la obra ?, o ¿ que pasa con los tornillos que perforan el galvanizado ?, o cual es el efecto en los perfiles con los cortes que se efectúan en obra ?.

Además, el Steel Framing tiene ciertas características particulares propias de un sistema que utiliza una pared “hueca” expuesta al exterior, ya que las distintas barreras de vapor, agua y viento, aislaciones, diafragmas, placas, revestimientos exteriores que la componen, incorrectamente utilizados, pueden llegar a producir condensación de humedad en la cavidad de la misma.

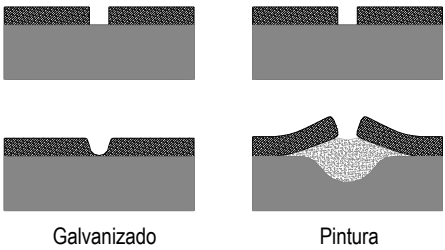
2.2.1 Que es la corrosión ?

Los metales rara vez se encuentran en estado de pureza total. Normalmente están químicamente combinados con uno o mas elementos no metálicos. La corrosión metálica se define generalmente como el deterioro no deseado de un metal o aleación, debido a la interacción entre este y el medio ambiente, que afecta adversamente a las características del metal. La corrosión de los metales es un proceso electroquímico que involucra una reacción química y un pasaje de electrones. La protección a la corrosión de un metal se puede lograr por medio de una barrera física, y/o de una protección catódica.

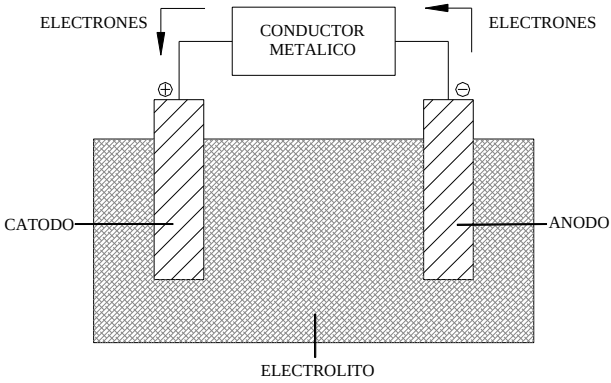
Una protección del tipo Barrera actúa aislando al metal del medio ambiente. Es el caso típico de las pinturas y de algunos recubrimientos metálicos como el aluminizado tipo II (recubrimiento de aluminio prácticamente puro sobre acero). En este tipo de recubrimientos , cualquier fisura o punto sin recubrir que exponga al metal base, generará corrosión en el mismo con la consiguiente aparición de óxido rojo, que irá paulatinamente avanzando desde la imperfección, por debajo del recubrimiento produciendo el desprendimiento del mismo. El recubrimiento de cinc aplicado por inmersión en caliente, normalmente llamado galvanizado, es una protección de tipo catódica que funciona protegiendo al acero base debido a la diferencia de potencial electroquímico entre cinc y hierro: con el transcurso del tiempo y en presencia de un electrolito el cinc se corroerá lentamente protegiendo al acero, inclusive en los bordes donde el mismo se encuentra expuesto. el grado de protección dependerá principalmente de la adhesión de la capa de cinc al acero base y del espesor del recubrimiento.

La pintura es también un ejemplo de una protección del tipo barrera aunque tiene el inconveniente que se degrada a lo largo del tiempo.

El galvanizado en cambio, no se degrada con el paso del tiempo, sino que el cinc por ser un material reactivo, se corroerá lentamente con el transcurso del mismo, por lo que la protección que ofrece al acero esta mayormente relacionada al espesor del recubrimiento.



La Protección Catódica actúa agregando un elemento de “sacrificio” al circuito de la corrosión. En una celda galvánica, internamente se genera una corriente debido a reacciones físicas y químicas.



La celda, al igual que una simple batería, consiste de un ánodo, un cátodo, un electrolito y un paso para la corriente de retorno. El ánodo genera los electrones

(corroe), mientras que el Electrolito recibe electrones. El electrolito es el conductor por medio del cual la corriente es llevada, siendo habitualmente una solución de ácidos, bases y sales. El camino de retorno es una conexión metálica desde el ánodo hacia el cátodo, siendo este generalmente el metal a proteger. Introduciendo un elemento al circuito de la corrosión que sea mas anodico (electronegativo) que el metal base, tal como el cinc lo es respecto del acero, será el cinc el que entregue electrones, y por lo tanto se corroa. De esta forma, el cinc es "sacrificado" mientras que el acero es protegido.

Cualquiera de los metales detallados en la tabla a la derecha se corroerá mientras ofrece protección a cualquier otro que este por debajo de él en la serie galvánica de metales y aleaciones, siempre y cuando estén eléctricamente conectados.

SERIE GALVÁNICA PARA METALES Y ALEACIONES

Ánodo – Extremo corrido
(Electronegativo)
Magnecio
Zinc
Aluminio
Cadmio
Hierro o Acero
Acero Inoxidable
Plomo
Cobre
Oro
Cátodo – Extremo protegido
(Electropositivo)

Esto explica por que los montantes galvanizados cortados en obra o perforados por los tornillos, no tienen corrosión en el acero expuesto, ya que el cinc adyacente (milímetros) continua ofreciendo la protección catódica.

La capacidad de protección del cinc depende del grado de corrosión del mismo, pudiendo ser este : bajo, medio o alto. El grado de corrosión depende fundamentalmente de dos factores : tiempo de exposición a la humedad, y concentración de polución en el aire. La corrosión por contacto con la humedad depende del tipo de humedad que sea.

Por ejemplo, la humedad que se origina luego de una lluvia puede llegar a lavar los productos de la corrosión del cinc, en cambio la humedad por condensación, generalmente se evaporara y dejara estos productos en su lugar. La corrosión ocurre solamente cuando la superficie esta húmeda, por lo tanto, dado que la estructura de acero se encuentra en el interior de una pared que impide la entrada y/o el paso del agua, y/o la formación de humedad en su interior, el grado de corrosión del cinc para este uso es muy bajo.

El pH de la atmósfera, la lluvia, u otros líquidos en contacto con el cinc tienen un efecto significativo sobre el grado de corrosión del cinc. Condiciones moderadamente Acidas o relativamente fuerte Básicas, pueden incrementar el grado de corrosión. La mayoría de las atmósferas industriales contienen sulfuros en forma de dióxido de sulfuro o ácido sulfúrico, los cuales corroen al cinc. Los cloruros en cambio, tienen un efecto mucho menor sobre el grado de corrosión del cinc, siendo este el medio ambiente típico en las zonas marinas.

Las chapas galvanizadas destinadas a la fabricación de perfiles llevan un tratamiento denominado pasivado que consiste en el rociado de un producto pasivante a base de ácido crómico, a fin de formar una película protectora para evitar la formación de óxido de cinc (blanquecino).

Es posible encontrar acero galvanizado con manchas blancas, conocido como óxido de estibado, debido al contenido de humedad ambiente, o de lluvia cuando se acopia a la intemperie y en caso de no tener paso de aire entre perfiles que ventilan.

2.2.2 El Galvanizado en contacto con otros Materiales de Construcción

- *Revoques :* durante el proceso de fraguado puede generarse corrosión en el cinc, pero esta finaliza cuando los materiales secan. El riesgo esta en que estos materiales absorben humedad a lo largo de su vida útil, por lo que se aconseja aislarlos del acero.

- *Madera :*no existe riesgo en unir acero galvanizado con madera seca o moderadamente húmeda, incluso los químicos de la madera tratada no reaccionan con el galvanizado.

- *Concreto :* el concreto fresco puede reaccionar con el cinc debido a la humedad y su pH (de 12 a 13) que tiene en ese momento. Al fraguar, desaparece la humedad y por lo tanto la posible corrosión.

La vivienda familiar es uno de los pocos bienes que el usuario espera que duren toda una vida o aun mas. Por lo tanto es condición "sine qua non" que la estructura metálica dure por lo menos lo mismo que la estructura de techo, el revestimiento exterior, los revestimientos de pisos y paredes, etc. *Para que el* ***acero*** *que constituye la* ***estructura portante*** *de esa vivienda dure por lo menos una vida entera, deberá estar* ***protegido contra la corrosión****.*

El galvanizado es un proceso donde el acero es sumergido en un baño de cinc que se encuentra a 450 ºC de temperatura, formando una película de protección metalurgicamente adherida al mismo. Este mismo proceso de inmersión en caliente (hot dip) se utiliza también para otros recubrimientos de aleaciones de cinc/aluminio. Las bobinas de chapa se desenrollan a la entrada del baño de cinc a una velocidad de 200 metros lineales por minuto, pasan sumergidas por el "pote" de cinc, y a la salida son barridas por "cuchillas" de aire que retiran el material excedente, de manera de obtener, el espesor de cinc deseado. La chapa ya revestida es luego pasivada, aceitada y vuelta a enrollar en forma de bobina. Este proceso continuo de galvanizado se puede aplicar a una cantidad de recubrimientos diferentes que varían en espesor, apariencia, y composición de la aleación.

- Galvanizado: su nombre se refiere al recubrimiento "standard" que consiste de una aleación de cinc con aluminio en una cantidad que va del 0.18 al 0.22% y antimonio en el rango de 0.03 a 0.05%. El aluminio contribuye a lograr un buen espesor de intermetálico y el antimonio a fluidificar el baño y controlar el tamaño de la flor. La chapa galvanizada presenta superficialmente una cristalización bien visible del cinc en forma de estrella, llamado flor. El crecimiento irrestricto de estos cristales durante su solidificación, conduce a que tomen una orientación aleatoria, dando un aspecto uniforme a la totalidad de la superficie de la chapa.

- Cincalum: es una chapa de acero revestida con una aleación de Aluminio - Cinc, la composición química del recubrimiento amalgama en un 55% de aluminio, un 1.6% de silicio y el restante de cinc. Este revestimiento posee una excelente resistencia a la corrosión, a la temperatura y una reflectividad mayor debido al contenido de aluminio. Es más utilizado en cubiertas de techo o cerramientos laterales.

Tipo Revestimiento	Designación	Recubrimiento	
		gr/m2	mm
Cinc	Z100	100	0.01
	Z180	180	0.03
	Z275	275	0.04
Cincalum	AZ120	120	0.03
	AZ150	150	0.04

2.2.3 Durabilidad de una vivienda con Steel Framing

Generalmente, el grado de corrosión del cinc en una vivienda es muy bajo. De acuerdo a un estudio realizado durante mas de 3 años por la British Steel en los Laboratorios Welsh, sobre un universo de mas de 15 viviendas localizadas en distintas zonas de Inglaterra (urbana, rural, marina e industrial), la corrosión del cinc es menor que 0.1 µm para un periodo de 3 años. *Esto indica que en condiciones similares un* ***recubrimiento de 19,4 µm de cinc*** *(G90, que es el que se usa en Argentina) debería durar mas de* ***600 años*** *!!!!!!.*

Otro estudio realizado en Ontario, Canadá en el año 1995 sobre una vivienda construida con Steel Framing 20 años atrás, revelo que no había signos visibles de corrosión del revestimiento de cinc, así como las mediciones que se efectuaron al espesor del recubrimiento resultaron en idénticas medidas que cuando salió de fabrica.

El acero sin recubrir ingresa a la línea de galvanizado en forma de bobina, se lo desenrolla y galvaniza, siendo nuevamente enrollado al finalizar este proceso. Luego de esto, es transportado para ser cortado en flejes (slittering), transportándose una vez mas para el proceso de conformado. En cada uno de estos pasos además del transporte, hubo un proceso de enrollado y desenrollado de la bobina o rollo de acero, pero aun así, el recubrimiento de cinc permanece adherido al acero debido al proceso metalúrgico al que se lo sometió.

2.2.4 Corrosión en los Tornillos

Los tornillos también son afectados por la humedad sufriendo el proceso de corrosión, si estos no se encuentran recubiertos con algún tipo de protección. Este recubrimiento no solo sirve para la protección contra la corrosión, sino que además facilita la formación de la rosca y "lubrica" el desplazamiento del tornillo en la chapa, necesitándose menos torque en la atornilladora para su colocación. Los distintos tipos de protección contra la corrosión utilizados en los tornillos son :

- Fosfatado: este acabado de color negro o gris es utilizado comúnmente para los tornillos de fijación de placa de roca de yeso. El Fosfatado es un recubrimiento poroso, aplicado generalmente en combinación con aceite. Este revestimiento es el de menor costo, ofreciendo mínima protección del tipo Barrera contra la corrosión. Este tipo de tornillo solo debe usarse en el interior de una construcción, donde las probabilidades que este en contacto con la humedad son mínimas.

- Enchapado mecánico de cinc: en este proceso se adhiere cinc en polvo a la superficie del tornillo por medio de bolitas de vidrio que se baten con agua y algún químico catalizador. El espesor del cinc que se puede alcanzar varia desde los 5,08 µm a los 76,2 µm , siendo mas resistente a medida que aumenta el espesor de cinc. El cinc aplicado de esta forma queda relativamente poroso, resultando en un revestimiento con buena protección galvánica, pero con poca protección del tipo Barrera.
  Un sellador de cromato puede ser aplicado por sobre el cinc para aumentar la protección tipo Barrera. Este método de aplicación no puede lograr una capa uniforme en el vástago del tornillo donde se encuentran los hilos de la rosca, por lo que solo protege adecuadamente las partes lisas.

- Electro cincado: es el método mas usual para proteger los tornillos contra la corrosión, obteniéndose un buena protección galvánica y del tipo Barrera. Los tornillos son limpiados primero con ácido para asegurar una adherencia satisfactoria del cinc, y luego son sumergidos en una solución de cinc donde pasa una corriente eléctrica. Los tornillos actúan como cátodo atrayendo cinc de la solución en la que están sumergidos, formándose una capa uniforme en toda la superficie de los mismos. El tiempo que los tornillos están sumergidos en dicha solución determina el espesor del recubrimiento que puede variar de 3µm a 25 µm. El espesor de cinc mas común de uso comercial es de 3.5 µm a 5 µm, aplicándose luego un sellador de cromato transparente o de color amarillo.

- Revestimientos especiales: estos revestimientos son formulas propias de algunos fabricantes, consistiendo en mezclas de fosfato, cinc, cromato y/o aluminio combinados con un material ligante. Este tipo de protección es la mas duradera, y además la mas cara, ya que ofrece una excelente protección del tipo Barrera combinada con la protección catódica que le brinda el cinc presente en la mezcla.

- Ensayo de tornillos: si bien no hay un ensayo que mida la vida útil del tornillo ya instalado, el ensayo de niebla salina da una buena idea de la calidad y performance de un recubrimiento respecto de otros (ASTM B-117).

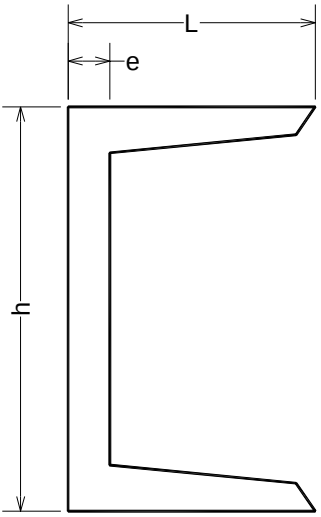
2.3 Puentes Térmicos

En las estructuras de Steel Framing la resolución del *Puente Térmico* es un tema de gran importancia, ya que de ello depende la mayor eficacia en el comportamiento térmico (condensación, punto de rocío, espesor de material aislante) del edificio.

La aislación térmica de una vivienda con estructura de acero está íntimamente relacionada con la resolución de los puentes térmicos constituidos en los perfiles que la conforman.

Primeramente trataremos la determinación de los valores de transmitancia térmica K ($W/m^2°C$) del panel, en correspondencia con los perfiles (puente térmico) y en el espacio entre perfiles, para poder así determinar las temperaturas superficiales interiores y poder evaluar la influencia del perfil metálico en las temperaturas superficiales. Lamentablemente, no existen muchos antecedentes del cálculo de la transmitancia térmica para perfiles de espesor delgado, debido a que toda la bibliografía y normas se refieren a perfiles laminados en caliente, de espesores de alma considerable. Recordemos que en nuestro caso el espesor de la chapa utilizada habitualmente es de 0,89 a 1.24 mm.

Decidimos entonces utilizar la formula de cálculo que brinda la Norma Española NBECT-79, sobre condiciones térmicas de edificios, adoptando la correspondiente a perfiles C laminados en caliente:



Para estos casos, la norma establece para perfiles cuyas alas estén en contacto con el aire interior y exterior:

1/K = (1/hi + 1/he) . 1/(1+e/L) + H/λm . L/e en m2°C/W (1)

siendo:

- K = Transmitancia térmica
- 1/hi y 1/he = resistencias térmicas superficiales, interior y exterior.
- λm = conductividad térmica del acero

En nuestro caso consideramos un perfil C de chapa de acero galvanizado de 1.24 mm de espesor, 100 mm de dimensión del alma (h), 40 mm de dimensión de ala (L) y pestaña de 14 mm.

2.3.1 Tipologías evaluadas

Se consideraron diferentes tipos de paneles formados siempre por una estructura de perfiles C como los descriptos anteriormente, con distintas configuraciones. Las tipologías estudiadas se esquematizan a continuación. (medidas están expresadas en mm.)

- **Tipo A**

A = Muro de ladrillo macizo sin revoques.

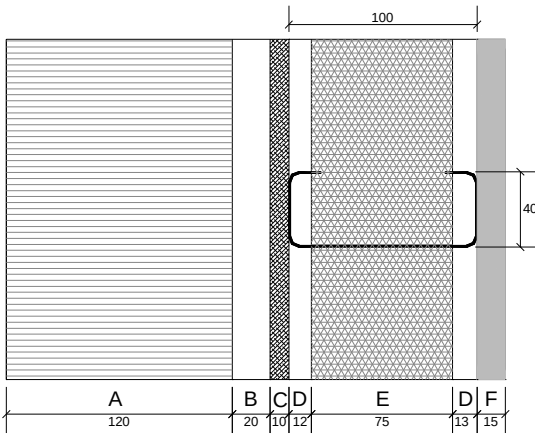
B = Cámara de aire.

C = Multilaminado fenólico + aislación hidrófuga.

D = Cámara de aire.

E = Lana de vidrio de 14 kg/m3 y 75mm. de e.

F = Placa de roca de yeso + barrera de vapor.



- **Tipo B**

A = Revoque proyectado sobre metal desplegado.

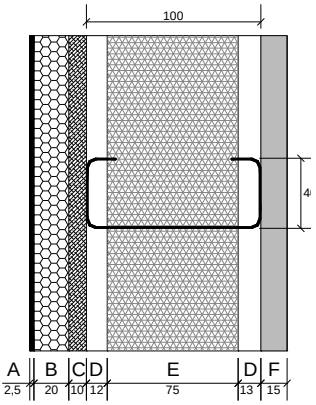
B = Poliestireno expandido de 20 kg/m3.

C = Multilaminado fenólico + aislación hidrófuga.

D = Cámara de aire.

E = Lana de vidrio de 14 kg/m3 y 75 mm. de e.

F = Placa de roca de yeso + barrera de vapor.



- **Tipo C**

A = Revoque proyectado sobre metal desplegado.

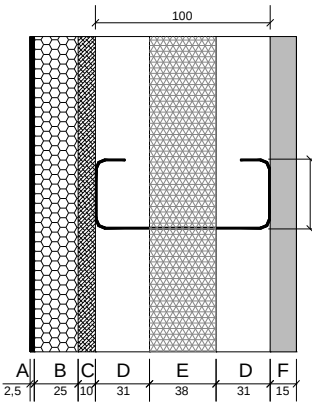
B = Poliestireno expandido de 25 kg/m3.

C = Multilaminado fenólico + aislación hidrófuga.

D = Cámara de aire.

E = Lana de vidrio de 14 kg/m3 y 38 mm. de e.

F = Placa de roca de yeso + barrera de vapor.



- **Tipo D**

A = Muro de ladrillo macizo.

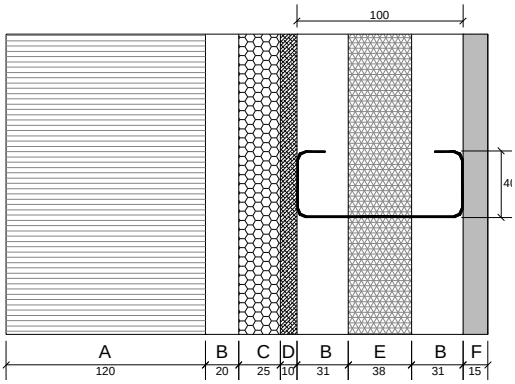
B = Cámara de aire.

C = Poliestireno expandido de 20 kg/m3.

D = Multilaminado fenólico. + aislación hidrófuga.

E = Lana de vidrio de 14 kg/m3.

F = Placa roca de yeso + barrera de vapor.



- **Tipo E**

A = Revoque grueso y fino.

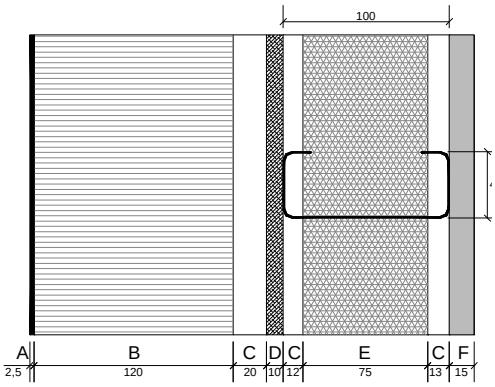
B = Muro de ladrillo hueco.

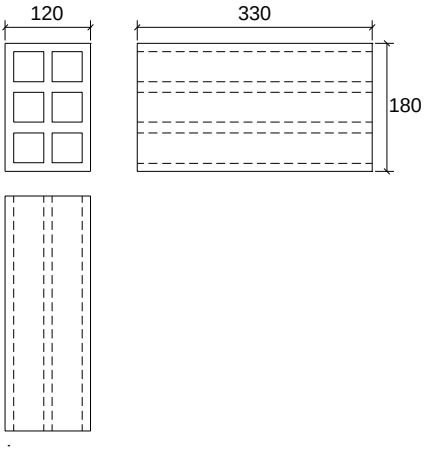
C = Cámara de aire.

D = Multilaminado fenólico + aislación hidrófuga.

E = Lana de vidrio de 14 kg/m3.

F = Placa de roca de yeso + barrera de vapor.





En todos los casos se consideró como temperatura interior 18 °C y temperaturas exteriores de -10, *-5°C,* 0°C y 5 °C

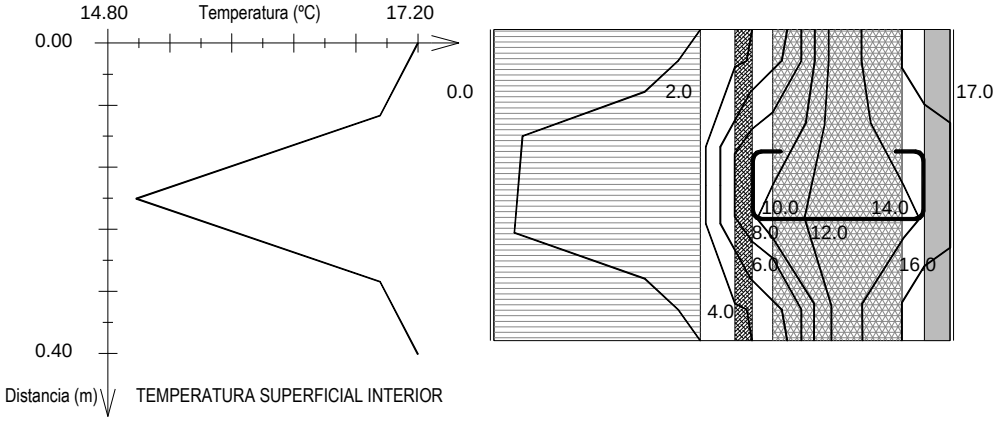
Para cada uno de los casos y temperaturas exteriores se calculó la transmitancia térmica total K de la pared, sumando la transmitancia de cada capa, en dos puntos: en correspondencia con el perfil de acero, teniendo en cuenta la transmitancia dada por la formula (1), y entre perfiles considerando que no existía influencia de los mismos en la transmisión de calor.

Simultáneamente, se encargó al Centro de Investigación y Tecnología Aplicada a la Construcción (CITAC) del INTI una simulación del pasaje de calor por los diferentes tipos de paneles, para iguales condiciones de borde. Para la determinación de distribución de temperaturas y del coeficiente de transmitancia térmica K, se realizo un estudio basado en la resolución de la ecuación de Fourier de transmisión del calor, en geometría bidimensional de múltiples materiales, obtenido mediante cálculo por elementos finitos.

El objetivo era comparar los resultados obtenidos mediante el cálculo convencional, evaluando la transmitancia térmica del perfil mediante la fórmula (1), con los obtenidos mediante la simulación por computadora.

A través de la simulación se obtuvieron las curvas isotermas del panel y se determinó la temperatura superficial interior de la pared en correspondencia con el perfil (Tsip) y la temperatura superficial interior de la pared entre perfiles (Tsie)

A continuación y como ejemplo mostramos las isotermas obtenidas para el Tipo A y temperatura exterior de 0°C.



La utilización de la Norma Española NBE-CT-79, sobre condiciones térmicas de edificios brinda un método de cálculo del puente térmico compuesto por perfiles de chapa de acero livianos, que puede considerarse como aceptable para la mayoría de los casos.

2.3.2 Solución de Puentes Térmicos

Hemos visto anteriormente la forma en que podemos determinar los puentes térmicos en estructuras de acero galvanizado. Trataremos a continuación cómo resultan los valores de puente térmico determinados con respecto a los valores máximos admitidos por las normas.

La Norma IRAM 11605 'Acondicionamiento térmico de edificios. Condiciones de habitabilidad de edificios. Valores máximos de transmitancia térmica." determina los valores de máximos admisibles de transmitancia térmica en los puentes térmicos. Esta norma actualmente (Julio 1996) se encuentra en proceso de revisión, pero en su esquema 2 (que se supone quedará como definitivo) se han introducido variaciones respecto de la versión anterior, eliminando el concepto de transmitancia térmica máxima admisible por zona bioclimática y reemplazándolo por tres niveles de transmitancia térmica: A: de mayor exigencia, B: de exigencia intermedia y C: de exigencia mínima y solo para evitar condensación superficial, en función de la temperatura exterior de diseño ted, tanto para condiciones de invierno como de verano. De esta forma, conociendo la temperatura exterior de diseño de una localidad se puede fácilmente determinar la transmitancia térmica máxima admisible de una pared, tanto en condición de invierno (Tabla 1 de la Norma IRAM 11605) como verano (Tablas 2 y 3 de la citada Norma).

En resumen: el puente térmico provocado por los perfiles metálicos debe resolverse colocando aislación térmica (poliestireno expandido u otros) del lado externo al perfil. El espesor del mismo dependerá de la temperatura exterior de diseño y del tipo de exigencia (A, B o C) que se quiera cumplir.

2.4 Fuego

En principio deberíamos decir que todo edificio y todos los materiales son sensibles al fuego. Todos los materiales colapsan a determinada temperatura por lo que el concepto será como proteger la estructura y establecer "ratings" de escape.

La construcción resistente al fuego está clasificada (rating) en relación con el período de tiempo donde el material o los materiales que la componen resisten exposición al fuego sin perder en forma sustancial su capacidad de resistencia estructural (colapso).

Aquí se involucran dos conceptos:

- Materiales no inflamables
- Control de dispersión del fuego

A modo de ejemplo podemos decir que un entrepiso de madera con piso de madera y un cielorraso de placa de roca de yeso tiene rating de 1 hora, mientras que una losa de hormigón armado de 15 cm. tiene un rating de 4 horas.

Los materiales que se utilizan para dar protección contra el fuego en una construcción deben ser no combustibles y capaces de resistir altas temperaturas sin degradarse. También estos materiales tienen que tener baja conductibilidad térmica para aislar del calor a los materiales de la estructura que se pretende proteger.

Los materiales que comúnmente se utilizan como protección son el concreto, el yeso, revoques con vermiculita y materiales con fibras minerales.

El acero es un material que posee una excelente relación resistencia/peso, pero esa resistencia mecánica se reduce a medida que aumenta la temperatura. Es por ello que en proyecto de estructuras de acero la protección contra incendio adquiere importancia fundamental. Haremos referencia a continuación de una serie de investigaciones realizadas en los Estados Unidos, más específicamente por el Instituto Americano del Hierro y del Acero AISI con la colaboración de empresas privadas, respecto de este tema.

Los códigos de edificación frecuentemente requieren que las paredes portantes de los edificios tengan una resistencia al fuego, medida como puntaje, obtenido a través de una norma que establece los procedimientos para determinar el comportamiento al fuego de los materiales de construcción: la ASTM E 119: Standard Methods of Fire Tests of Building Construction Materials (Métodos normalizados para el ensayo al fuego de materiales de construcción)

En el caso de paneles portantes, estos ensayos establecen que los mismos deben:

- 1) Soportar la acción del fuego bajo determinada carga sin colapso estructural, previniendo además el pasaje de las llamas a través del panel.
- 2) Prevenir una transmisión del calor a través del panel tal que pueda encender materiales combustibles sobre la cara no expuesta del panel, para la cual se define una temperatura de falla límite de 139 °C promedio con un máximo puntual de 181 °C.

El American Iron and Steel Institute, AISI (Instituto Americano del Hierro y el Acero) impulsó un programa de investigación en Estados Unidos que buscó desarrollar un método analítico para predecir el comportamiento estructural de los perfiles de acero conformados en frío bajo las condiciones establecidas por la ASTM E 119.

Este programa se basó en la investigación con paneles de tamaño natural que permitieron obtener datos sobre los efectos de las aislaciones, espesores de placas, y cargas relacionadas con la resistencia al fuego.

El estudio se desarrolló en dos etapas:

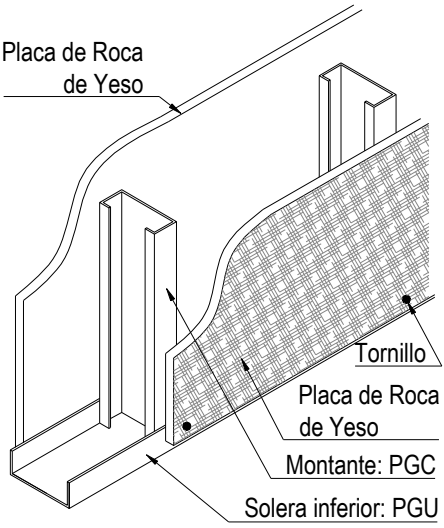
- FASE 1: se ensayaron 7 paneles en el Underwriters Laboratories (UL, Estados Unidos), de modo de proveer los datos básicos para el programa. Mientras se desarrollaban estos ensayos, el laboratorio de investigaciones de USS (United States Steel Corp) ensayó una serie de modelos a escala reducida con perfiles de acero, de modo de determinar los efectos de la temperatura en la tensión de fluencia, y el módulo de elasticidad.

- FASE 2: involucró trabajos adicionales realizados en el Laboratorio de Investigaciones de USS para generar mayores datos hasta temperaturas de 982 °C. Adicionalmente, en esta fase se ensayaron 2 modelos a escala natural en el UL para determinar: a) la capacidad portante antes y durante el ensayo y b) la deflexión del panel en el lugar de la falla y la temperatura de cada perfil.

Los paneles portantes se construyeron con montantes de chapa de acero galvanizada de sección C unidos a soleras horizontales de sección C, con y sin aislación térmica en el espacio entre montantes, los cuales estaban separados 600 mm.. Se ensayaron paneles con placas de roca de yeso Tipo X de 13 y 15 mm de espesor en 1, 2 y tres capas.

El dimensionamiento de los montantes se hizo de acuerdo a las recomendaciones de la AISI: Especificación para el diseño de perfiles de acero conformados en frío, asumiendo que los montantes estaban arriostrados lateralmente por la placa de roca de yeso.

La conformación básica de los paneles interiores se muestra en la figura siguiente:



- 1 - Soleras superior e inferior. Se realizaron con acero galvanizado conformado en frío de espesor de 0.84 mm (acero base), que proveen la conexión estructural entre los montantes y con la platea de fundación, entrepiso y con otros paneles. La fijación a ellos se hizo con tornillos espaciados no más de 600 mm.

- 2 - Montantes. Realizados con acero galvanizado, alma de 90 mm en espesor de 0.84 mm (acero base). Se deben calcular de acuerdo a la Especificación para el Cálculo de Estructuras de Acero Conformado en Frío de la AISI. Todos los detalles que hagan a la integridad estructural del panel, incluyendo la carga axial de diseño, deberán ser especificados por el fabricante o calculista, y deberán cumplir con los requisitos de los códigos de edificación vigentes. La separación entre montantes no deberá ser superior a 600 mm. La unión con las soleras deberá materializarse mediante tornillos de 13 mm de longitud, tipo cabeza plana, autoperforantes, en ambas alas del montante.

- 3 - Arriostramientos laterales (No mostrados en la Figura 1). Cuando se requiera el soporte lateral de los montantes, el mismo se materializarán mediante bandas de acero, perfiles U u otros similares, de acuerdo al proyecto.

- 4 - Placa de roca de yeso. Cualquier placa de yeso clasificada como resistente al fuego, aplicada verticalmente con juntas desfasadas. Cuando se deban utilizar tres capas, la exterior se colocará en forma horizontal.

- 5 - Tornillos. Los utilizados para unir la placa de roca de yeso al montante serán de autoperforantes de cabeza cónica, espaciados 300 mm. En la primera capa se utilizarán tornillos tipo S 12 de 25 mm, en la segunda tornillos tipo S 12 de 35 mm y en la tercera de 48 mm.

En el caso de paneles exteriores, la placa de roca de yeso exterior era común y se adicionaba un muro de ladrillos macizos, o un siding de acero, aluminio o revoque cementicio sobre la placa de yeso.

Los materiales utilizados y los puntajes obtenidos se detallan en el informe UL Fire Resistance Directory U 425, cuyo resultados se indican a continuación en las siguientes tablas:

- a) Paredes interiores, placa de roca de yeso resistente al fuego en ambas caras.

Puntaje	Nro. capas y espesor	Porcentaje de carga
45 min.	1 de 13 mm	100
1 hora	1 de 15 mm	100
1,5 horas	2 de 13 mm	100
2 horas	2 de 15 mm	80
	3 de 13 mm	100

- b) Conformación de las paredes exteriores: idem a las interiores pero con placa de roca de yeso resistente al fuego en el interior en cantidad de capas y espesores indicados más abajo. En este caso la placa de roca de yeso exterior es de tipo común de 13 mm, los revestimientos exteriores pueden ser sidings de aluminio, acero, revoque sobre la placa o pared de ladrillo. Cuando la misma tiene un espesor de 95 mm, el puntaje es aplicable para exposición en ambas caras.

Puntaje	Nro. capas y espesor	Porcentaje de carga
45 min.	1 de 15 mm	100
1 hora	2 de 13 mm	100
1,5 horas	2 de 15 mm	100
2 horas	3 de 13 mm	100

La Fig. 2 representa las curvas de relación de carga en función del tiempo de falla, obtenidas a través de los ensayos efectuados en el Underwriters Laboratories y señalados en el informe UL U425. En ella, la relación de carga Pt/P es la relación entre la carga del rotura del montante a temperatura elevada Pt, respecto de la misma a temperatura ambiente P.

La línea horizontal correspondiente a la relación de carga 12/23, representa la inversa del coeficiente de seguridad utilizado para el cálculo de los montantes a temperatura ambiente. Los las abscisas de los puntos de intersección entre las curvas de carga y la línea horizontal representan el tiempo de falla del ensayo de fuego si se aplicara una carga del 100% de la carga de cálculo a temperatura ambiente, **en otras palabras, representan el tiempo que transcurre desde el comienzo del ensayo hasta que la carga del perfil produce la tensión de fluencia del acero**. Estos tiempos son los indicados en la primera columna de la tabla, ya que en ellos la tensión es el 100% de la tensión de fluencia del acero. Los sectores de las curvas ubicados por arriba de la línea horizontal corresponde a la zona donde se excederían las cargas de cálculo máximas permitidas, pero aún el acero del montante no ha llegado a la fluencia, es decir, es una zona de coeficiente de seguridad menor que el utilizado para el cálculo pero que aún conserva una reserva de carga antes que el acero entre en fluencia.

Al usar los puntajes de resistencia al fuego determinados por el informe UL U 425 se deberá tener en cuenta lo siguiente:

- a) Las cargas se expresan como porcentaje de la máxima carga especificada para el montante por el fabricante.

- b) Los montantes deben calcularse de acuerdo a la Especificación para el Cálculo de Estructuras de Acero Conformado en Frío de la AISI, edición vigente al momento.

- c) **La presencia de aislación térmica en la cavidad no afecta el puntaje obtenido de resistencia al fuego**. Los ensayos demostraron que un panel ensayado sin aislación no reduce su integridad estructural, ni provoca la aparición de prematuros focos calientes en la cara no expuesta.

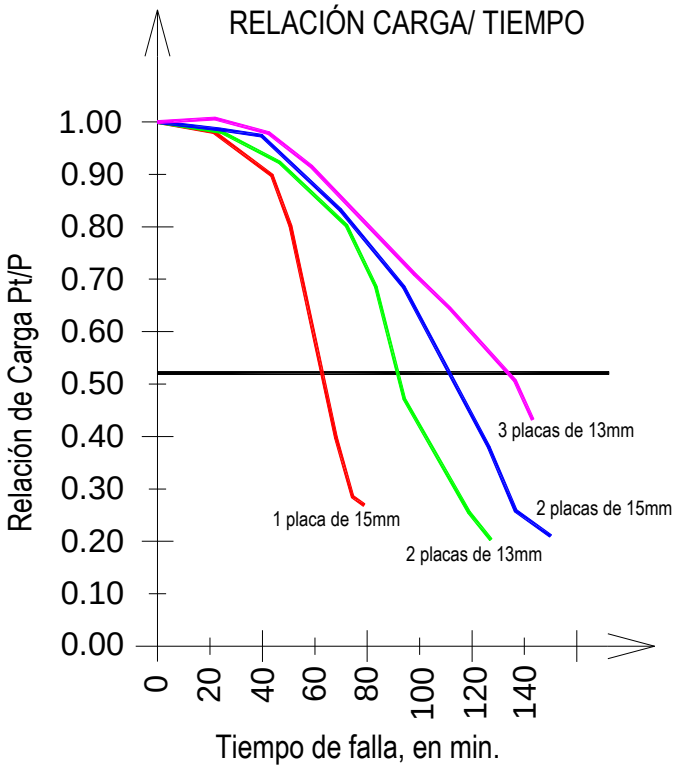
- d) Los puntajes de paredes interiores son también aplicables a las exteriores. Se puede sustituir la placa de roca de yeso resistente al fuego en la cara externa por placa común.

- e) Si se sustituye la placa de roca de yeso resistente al fuego y a la humedad por placa no resistente al agua, por ejemplo en baños, el puntaje obtenido no cambia.

- f) Para paredes exteriores con muro de ladrillos de espesor indicado más arriba, los puntajes de resistencia al fuego se aplican a cualquiera de las dos caras.

- g) Los puntajes obtenidos para paredes portantes pueden aplicarse también a paredes no portantes.

- h) La placa de roca de yeso no es la única protección posible para la estructura de acero. Podrán utilizarse otro tipo de protecciones a criterio de las autoridades de aplicación.



El tiempo necesario para permitir la evacuación del edificio ante un incendio, que es función del uso del edificio y sus características arquitectónicas, se podrá regular entonces variando el espesor del revestimiento de roca de yeso.

2.5 Otras Consideraciones

2.5.1 Preguntas habituales

- **¿Por qué construir con Acero?**
  - El Acero es un "commodity" por lo que su precio tiene referencia internacional y mayor estabilidad.
  - Es mas eficiente su relación peso– resistencia- costo.
  - La estética del edificio es la que se decida por proyecto.
  - Desde el punto de vista del ahorro energético, el sistema ofrece una gran diferencia a su favor en el costo de mantenimiento, a pesar de tener un costo inicial similar.
- **¿Existe interferencia de ondas por la estructura de Acero con los teléfonos, etc.?**
  - Dado que los perfiles están separados entre 40 y 60 cm, la ondas pasan entre éstos, sin efectuar ningún tipo de interferencia de ondas.
- **¿Qué pasa con la estructura metálica en un día con tormenta eléctrica?**
  - La estructura de Acero Galvanizado ofrece mejor protección al edificio frente a tormentas eléctricas ya que por sus características tiene una mejor puesta a tierra, reduciendo la posibilidad de accidentes en este sentido.
- **¿Qué pasa con el edificio en cuanto a terremotos?**
  - El concepto de "esqueleto" y las características antes descriptas lo posicionan como idóneo ante los terremotos ya que tiene menor masa e inercia pero, a su vez, una gran resistencia de cada uno de sus componentes, que se potencia cuando la estructura final está terminada por su comportamiento global.
- **¿Cómo cuelgo elementos de las paredes?**
  - La fijación dependerá del peso de los elementos a colgar. Los elementos de poco peso podrán colgarse directamente a la placa de roca de yeso. Los objetos muy pesados pueden fijarse a los montantes de acero que son fácilmente localizables con un detector de metales.

3 FUNDACIONES

3.1 Conceptos Generales

Es importante tener en cuenta que el buen diseño y ejecución de las fundaciones significa mayor eficiencia estructural.

La calidad final de la fundación está estrechamente vinculada al correcto funcionamiento de los subsistemas que conforman el edificio.

Por ello, la eficiencia de una construcción con Steel-Framing comienza con el correcto desarrollo de las fundaciones y sus aislaciones, teniendo en cuenta las ventajas que esto otorga:

- mayor eficiencia de las estructuras (superficie base nivelada, verticalidad de los paneles),
- posibilidad de evitar problemas de humedad futuros,
- *Ver 3.4.2* posibilidad de evitar problemas de salud relacionados al *Gas Radón*,
- mayor ahorro de energía (reducción de gastos)
- mayor confort en los espacios interiores.

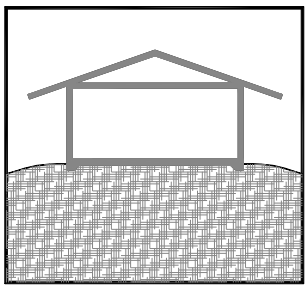
3.1.1 Tipos de Fundaciones

El Steel Framing admite ser ejecutado sobre cualquier tipo de fundación, siempre que éstas cumplan con los requerimientos dados.

Dadas las características de peso propio de este tipo de estructuras, los sistemas de fundaciones más comúnmente utilizados, y por lo tanto los que desarrollaremos en este capítulo, son los siguientes:

Ver 3.2

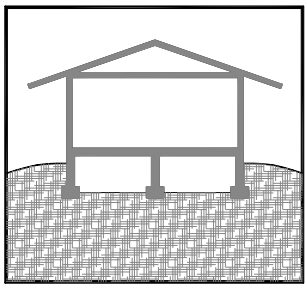
- Platea de Hormigón Armado sobre Terreno: es la fundación mas sencilla y rápida de ejecutar. Debido a ello, esta solución es la menos afectada por la acción del clima durante su ejecución.



Platea de Hormigon Armado sobre Terreno

Ver 3.3

- Zapata corrida: consiste en muros de fundación elevados para soportar el nivel de planta baja por sobre el nivel del terreno. Esta solución tiene como ventaja principal permitir la circulación de aire debajo de la vivienda.



Zapata Corrida Sobrelevada

3.1.2 Pautas Generales para el Diseño de las Fundaciones

Una de las principales razones del creciente interés en el diseño y construcción de las fundaciones es la relacionada al ahorro de la energía.

Actualmente, la demanda de los propietarios se dirige a la exigencia de viviendas saludables y energéticamente eficientes, que provean un nivel de confort superior a un precio razonable.

Anteriormente, el costo inicial era el aspecto más relevante en la toma de decisiones y en la evaluación de una construcción. En cambio, en la actualidad, junto con este criterio se busca además, el confort y la disminución de los costos de mantenimiento.

La aislación en las fundaciones ayuda a conservar el calor de los espacios interiores de la vivienda; esto significa aumento de confort tanto como reducción del uso de energía.

Además del ahorro de energía por aislación térmica, las fundaciones deben ser estructuralmente eficientes, deben prevenir problemas de filtración de agua y humedad, y minimizar la generación del *Gas Radón*.

Ver 3.4.2

La importancia de estos aspectos aumenta cuando se trata de un diseño energéticamente eficiente debido a algunos problemas potenciales que pueden surgir de la incorrecta colocación de las aislaciones.

3.1.3 Elección del Tipo de Fundación

El tipo de fundación y el sistema constructivo a utilizar, se debe elegir considerando los requerimientos estructurales, térmicos, de control de humedad, filtraciones de agua y generación de *Gas Radón*, específicos de cada lugar y según el tipo de proyecto. Los factores que condicionan la elección, son los que se mencionan a continuación.

- Condiciones del Terreno: La topografía, el nivel de la napa freática, el tipo de suelo y la profundidad del suelo "firme" o resistente afectan la elección del tipo de fundación.
  Aquellos terrenos en donde el nivel de la napa freática esta a aproximadamente 2,5 metros de profundidad no poseen condiciones favorables para la construcción de sótanos. Bajar el nivel de la napa mediante drenaje y cañerías no suele ser del todo justificado, mientras que la aislación hidrófuga puede no ser suficiente, o ser muy costosa. El nivel de la napa freática cercana a la superficie puede restringir, también, el diseño de plateas o zapatas corridas.

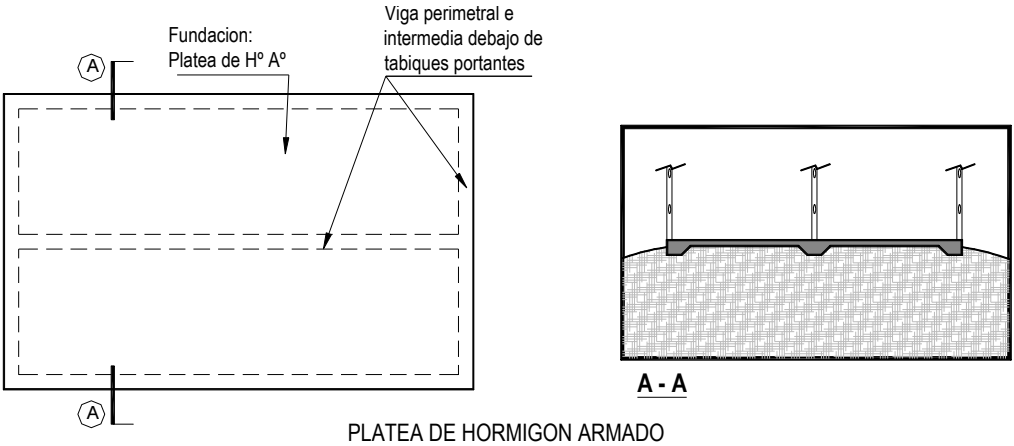
- Clima Las preferencias en el tipo de fundación varían con los diversos climas regionales, sin embargo, en general, en las distintas regiones podrán encontrare variados ejemplos de los distintos tipos de fundaciones.
  Uno de los principales factores para la elección de un tipo de fundación por razones climáticas es la profundidad de la línea de congelamiento del agua presente en el suelo. Esta condicionante surge básicamente de la necesidad de ubicar fundaciones a profundidades mayores en climas fríos.

- Pautas de Diseño El tipo de fundación es elegido, también, por aspectos de diseño. A pesar de no ser un elemento mayormente estético, las fundaciones en la base de una vivienda pueden ser elevadas sobre el nivel cero del terreno, por lo que los materiales del muro de fundación afectan la apariencia total del proyecto. Una construcción con platea tiene una fundación mínimamente visible; el muro de fundación de una zapata corrida o de un sótano, en cambio, puede variar considerablemente desde la no exposición hasta una exposición total sobre el nivel cero del terreno.

3.2 Platea de Hormigón Armado sobre Terreno

3.2.1 Pautas Generales para el Diseño

Los componentes estructurales fundamentales en una platea son la losa y las vigas en el perímetro de la platea, debajo de muros portantes o columnas y donde resulte necesario para lograr la rigidez en el plano de la platea.



PLATEA DE HORMIGON ARMADO

El dimensionamiento de la platea de fundación surgirá del cálculo estructural. Es recomendable un hormigón de calidad H21 y la armadura convenientemente ejecutada para controlar el tamaño de las fisuras en el hormigón.

En cuanto al movimiento de suelos se recomienda retirar el suelo vegetal y reemplazarlo por suelo seleccionado, convenientemente compactado.

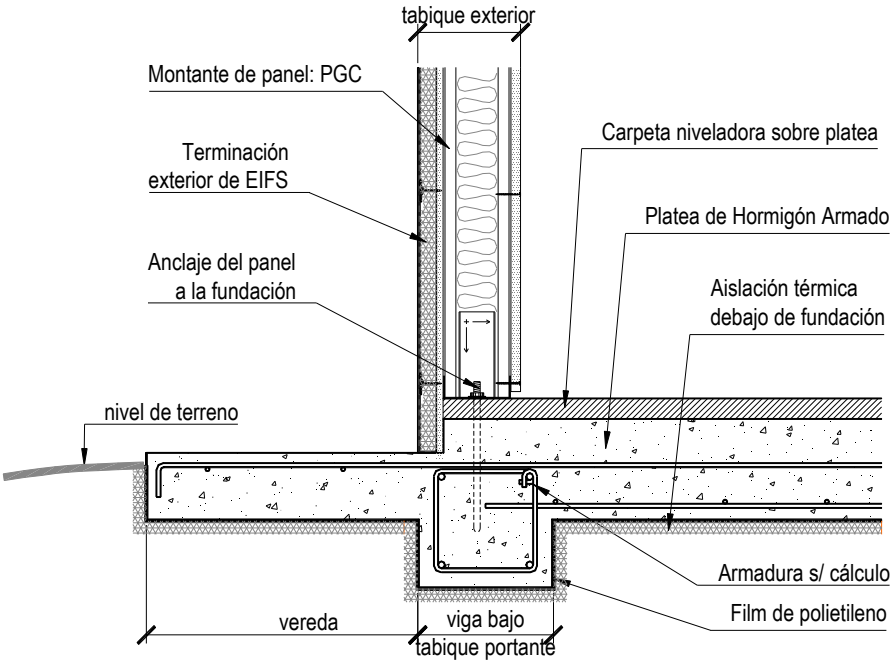
Si el hormigón es colado sobre una membrana impermeable de aislación hidrófuga (film de polietileno) o de aislación térmica, se recomienda utilizar una mezcla de hormigón con menor proporción de agua en su dosificación. Una técnica alternativa, es colar el hormigón sobre una capa de arena o placa de material de desagüe por encima de la barrera impermeable para minimizar las fisuras.

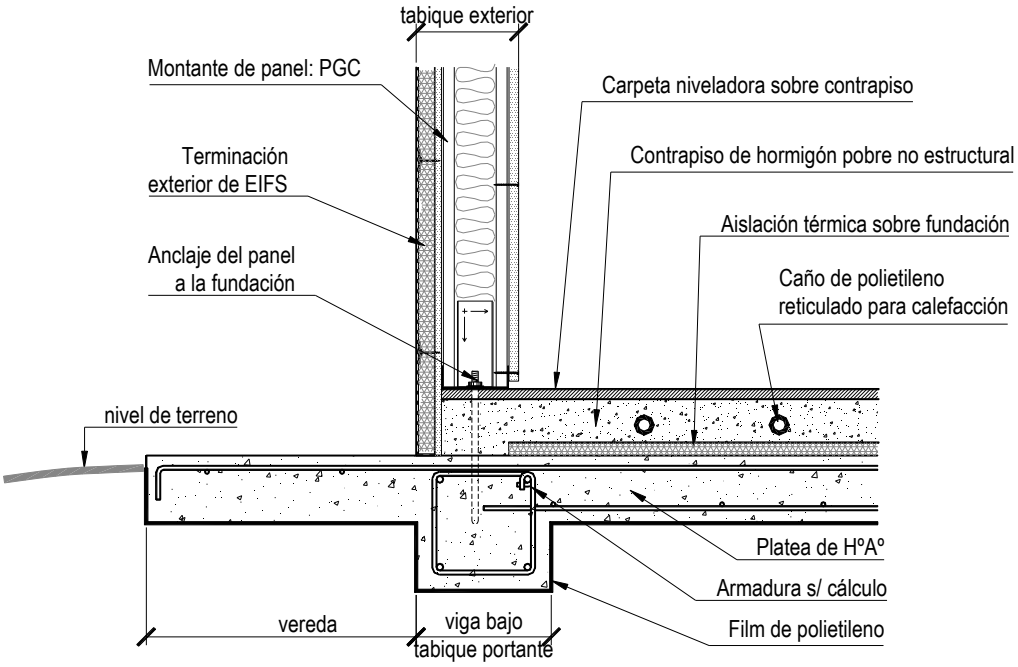
Una de las ventajas de la platea frente a otro tipo de fundación, es que en este caso no será necesario construir un entrepiso de perfiles para el primer nivel dado que la misma platea funciona como base para el contrapiso o carpeta de terminación.

Un aspecto a tener muy en cuenta en este tipo de fundaciones, es la correcta ubicación de las instalaciones sanitarias y eléctricas, dado que éstas se ejecutan previamente al colado del hormigón.

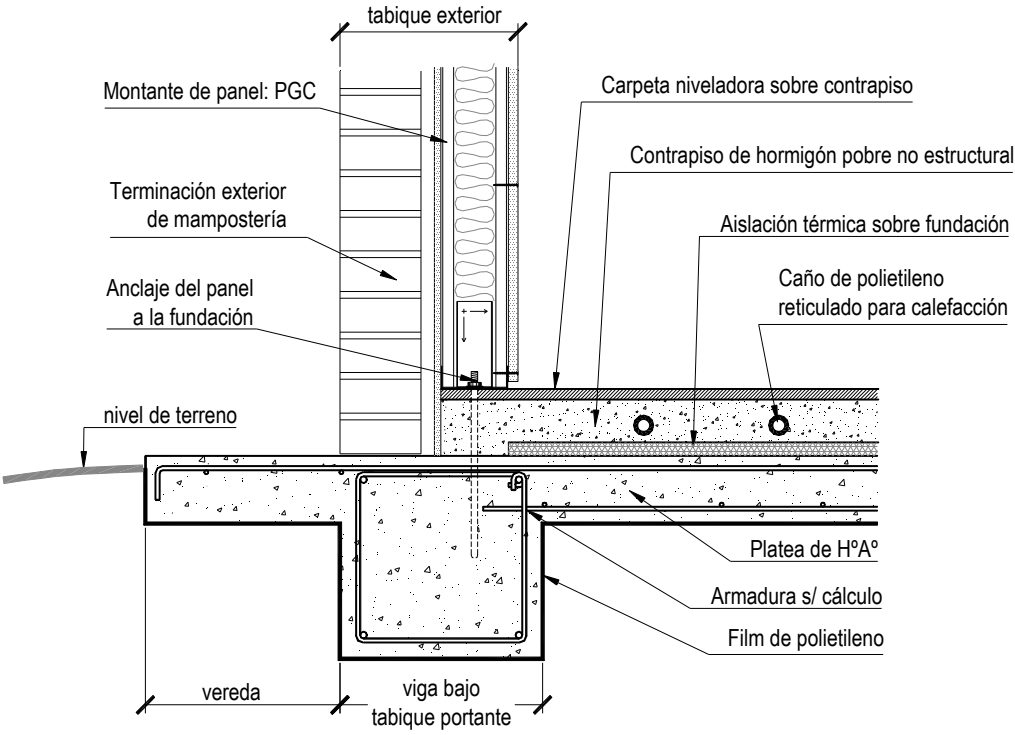
Existen distintos tipos de esquemas de platea, que además de obedecer a un criterio estructural, tienen consideraciones del tipo constructivo, y/o de proyecto. Un ejemplo de esto son las alternativas que surgen a partir de los distintos tipos de piso y los sistemas de calefacción.

Las siguientes figuras muestran un esquema de platea sin contrapiso y otro con contrapiso para permitir el pase de las cañerías para calefacción por piso radiante.





La siguiente figura muestra un esquema de platea con contrapiso en el caso de un tabique exterior con terminación de mampostería. El aumento de espesor del tabique portante, en relación a los casos anteriores, determina un redimensionamiento de la viga de fundación bajo el mismo.



Para las plateas se recomienda utilizar buenas superficies de desagüe. El objetivo de dichas superficies es alejar el agua de las fundaciones y se logra dándole pendiente al terreno, utilizando canaletas pluviales y/o veredas. La pendiente debe ser de un 5% como mínimo en las inmediaciones de la fundación.

La conveniencia de ejecutar la vereda simultáneamente con el resto de la platea radica en el control del paso de la humedad en la fundación.

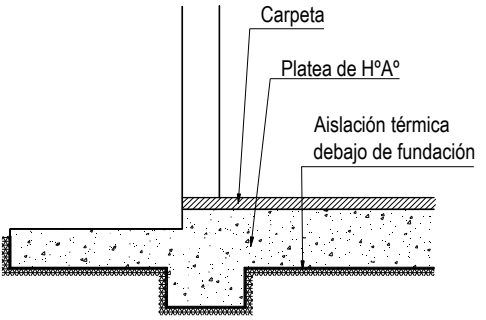
3.2.2 Aislación Térmica

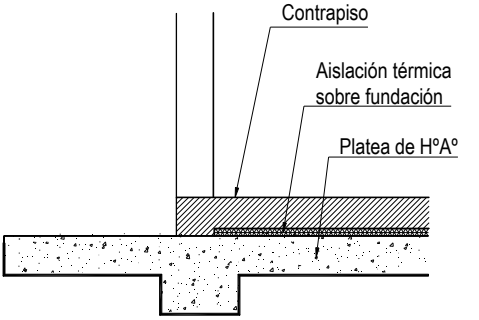
Las pérdidas de calor a la tierra son mayores en el perímetro de la platea y disminuyen rápidamente hacia el centro. Ambos componentes de pérdidas de calor en plateas –en el perímetro y a través de la tierra- deben ser tenidos en cuenta en el diseño del sistema de aislación térmica.

Ver 9.3.3

La aislación térmica puede ser colocada en forma continua en el borde inferior de la platea, debiendo colocarse la misma antes del colado del hormigón de modo de quedar por debajo de la fundación.

Otra opción para la aislación térmica es la de colocar la aislación sobre la platea, sobre la cual se ejecuta un contrapiso.



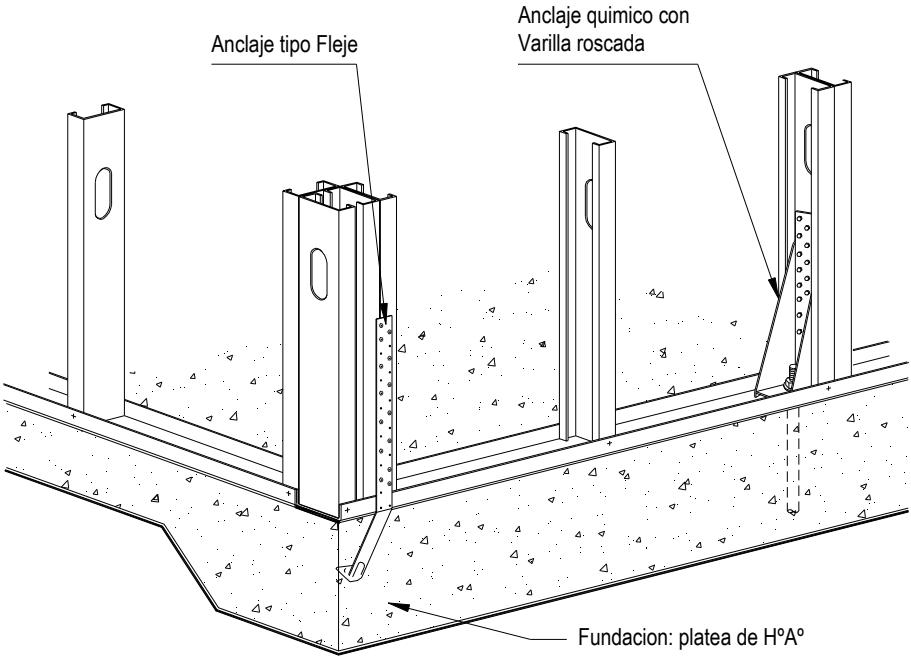


3.2.3 Anclajes

Ver 7.5

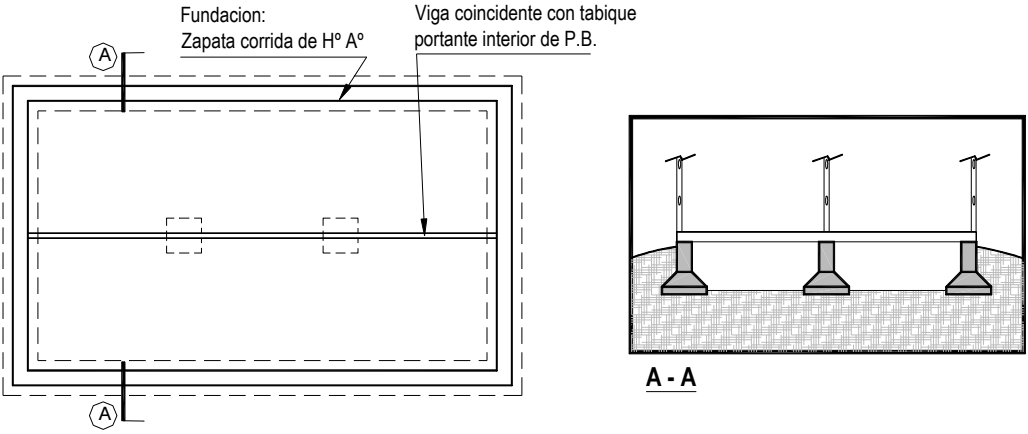
Junto con la elección del tipo de fundación se deberá establecer el tipo de anclaje más conveniente, definiéndose según cálculo estructural. En el caso de la platea de fundación, hay dos tipologías que son las más utilizadas:

- Anclaje químico con varilla roscada
- Anclaje tipo fleje



3.3 Zapata Corrida

3.3.1 Pautas Generales para el Diseño

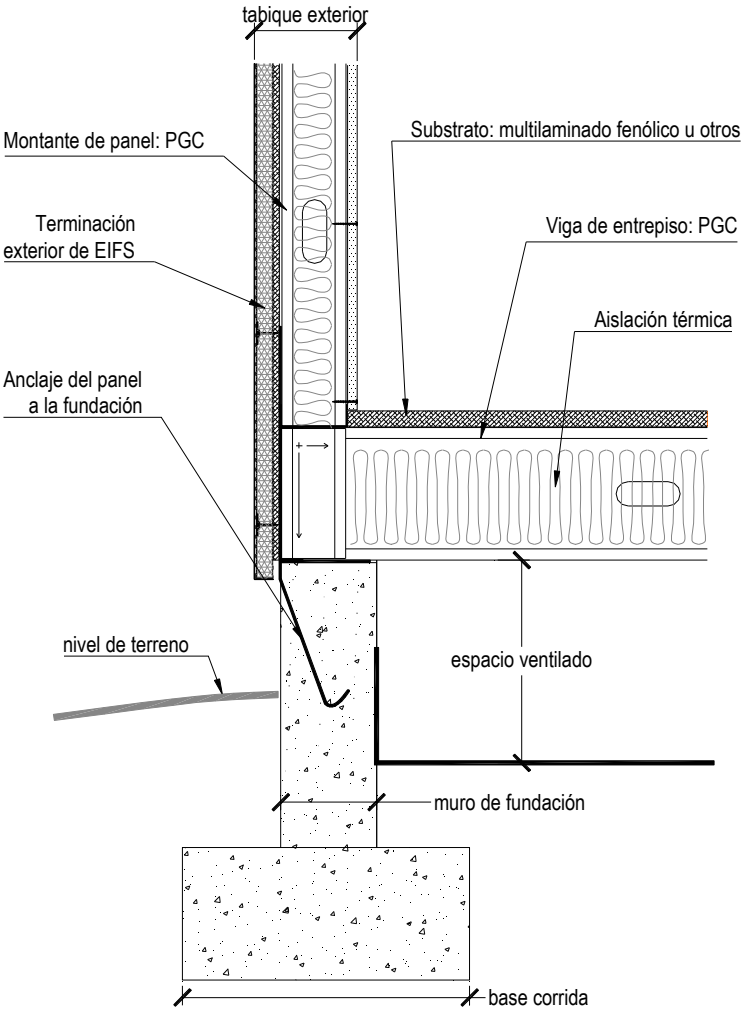


ZAPATA CORRIDA DE Hº Aº CON VIGAS DE ACERO PARA PISO

Los componentes estructurales fundamentales de una zapata corrida son el muro de fundación y la base. Los muros de las zapatas se construyen generalmente de hormigón colado in-situ, de bloques de cemento con colado de hormigón, o de mampostería con viga de encadenado. Éstos deben resistir las cargas laterales del terreno, que dependen del tipo de suelo, del porcentaje de humedad y del factor de actividad sísmica propio del lugar donde se encuentra ubicado el edificio, y las cargas verticales de la estructura superior.

La principal ventaja de este tipo de fundación es la posibilidad de permitir la circulación de un volumen de aire por debajo del edificio. De este modo el espacio ventilado que genera la zapata contribuye a una mejor aislación de la vivienda, a su vez separándola del contacto directo con el suelo. El espacio dejado por debajo de las vigas de entrepiso debe ser suficiente como para permitir el acceso a todas las áreas, utilizándose en general para el pasaje de la instalaciones.

La siguiente figura muestra un corte de una fundación de zapata corrida ejecutada en hormigón.

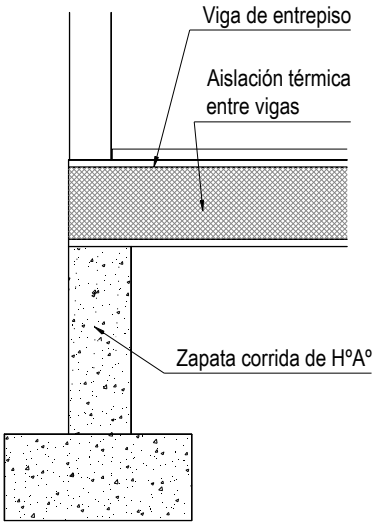


En este tipo de fundaciones, se recomienda en muchos casos además de una buena superficie de desagüe, un sistema de drenaje subterráneo. El objetivo de dichas superficies es alejar el agua de las fundaciones y se logra dándole pendiente al terreno y utilizando canaletas de desagüe pluvial. Cuando la base inferior de la zapata corrida se encuentra al mismo nivel o sobre el nivel del terreno, no requiere un sistema de drenaje subterráneo.

3.3.2 Aislación Térmica

Ver 9.3.3

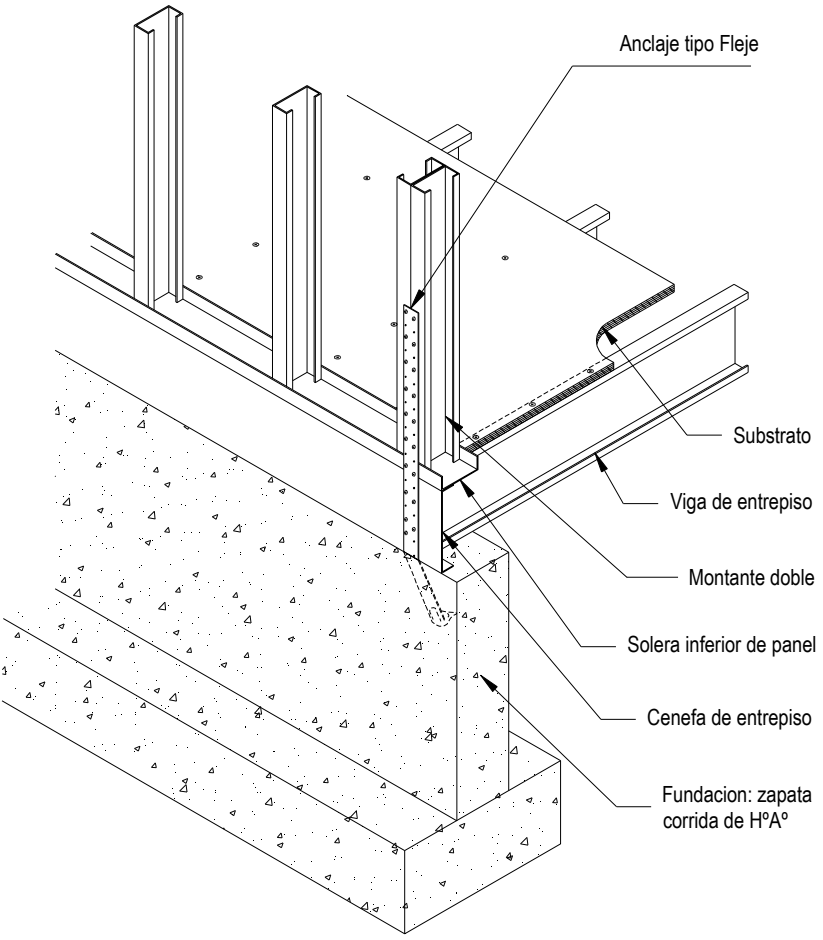
El tema de la aislación térmica para una fundación de zapata corrida está más directamente relacionado con la resolución de un entrepiso en planta baja que con la propia fundación, dado que el material aislante se coloca entre las vigas de entrepiso.



3.3.3 Anclajes

Ver 7.5

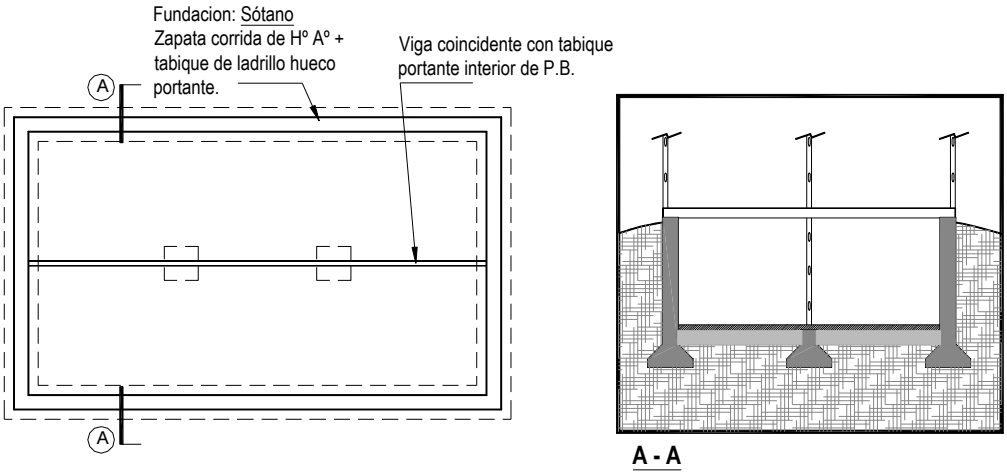
El anclaje más comúnmente utilizado para este tipo de fundaciones es el de tipo fleje, como se ve en la figura que sigue:



3.4 Otras Consideraciones

3.4.1 Sótanos

El sótano como tipología es una variante de la fundación de zapata corrida, considerándose en este caso el espacio generado por debajo de la vivienda y del nivel del terreno, como un espacio habitable. Por esta razón los muros de fundación deberán tener una altura suficiente y así mismo, se ejecutará un contrapiso sobre el suelo. Además, se tendrá en cuenta el diseño de las aislaciones térmicas e hidrófugas necesarias para lograr el confort dentro del sótano.

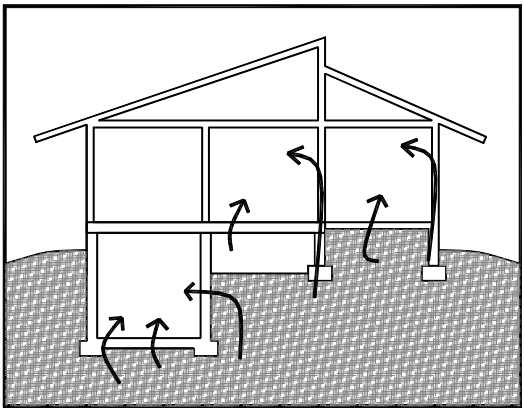


ZAPATA CORRIDA DE Hº Aº Y TABIQUE PORTANTE PARA SOTANO

3.4.2 Gas Radón

Este punto hace mención al Gas Radón, de existencia desconocida por la mayoría de propietarios y profesionales, y cuyas técnicas de control están recién comenzando a ser aplicadas. El Radón, elemento de peso atómico 222, es un gas incoloro, inodoro e insípido producido a partir de la degradación natural del Radium, que se encuentra en tierras y aguas subterráneas., a un nivel que varía según las distintas zonas.

El Gas Radón es emitido desde la tierra hacia el aire exterior, donde se diluye a un nivel insignificante en la atmósfera. Sin embargo, dada su condición gaseosa, puede transportarse por la tierra y dentro de las viviendas, a través de rajas, juntas y otras aberturas en las fundaciones.



Este es un fenómeno que se produce en cualquier tipo de construcción.

- **Riesgo para la salud por Exposición al Gas Radón**

El Gas Radón es potencialmente dañino cuando se encuentra en los pulmones, degradándose en otros isótopos (denominados “descendientes del Radón”, o “hijas del Radón”), que a su vez se degradan liberando cantidades pequeñas de radiación ionizada.

Esta degradación radioactiva aumenta considerablemente el riesgo de cáncer pulmonar en las personas.

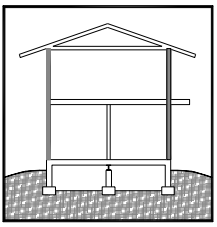
- **Estrategias para el Control del Gas Radón**

En un principio, para controlar el Gas Radón, es necesario determinar en que nivel esta presente en el terreno. Luego, dependiendo del nivel, pueden ser aplicadas diversas técnicas. Básicamente, hay tres tipos de soluciones:

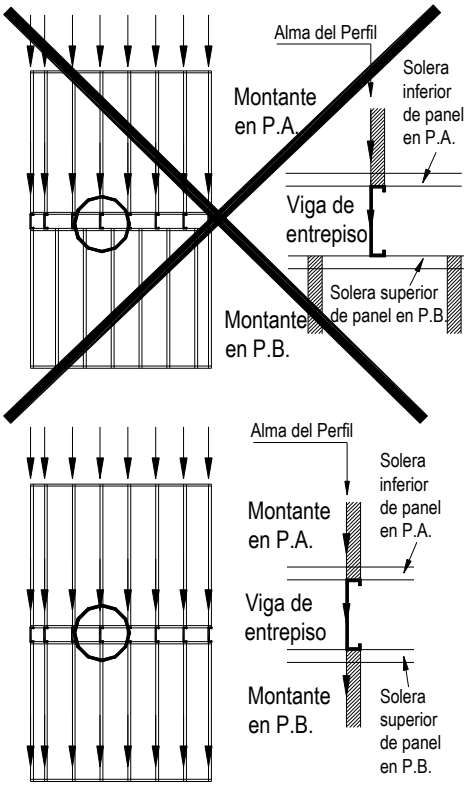
  - Construir una fundación sólida, creando una barrera, con el objetivo de prevenir la entrada del gas en el edificio. Hay una barrera especifica para cada tipo de fundación.
  - Interceptar el gas en la tierra mediante el uso de cañerías de ventilación y ventiladores, para absorber el gas de la tierra de la capa de arena debajo del piso de fundación. Esta solución se utiliza para sótanos o fundaciones de zapata corrida.
  - Controlar el aire interior para minimizar la succión de gas en los alrededores, ejercida por el edificio. Para controlar la diferencia de presión a través del perímetro del edificio, es necesario sellar correctamente las fundaciones. Los principios aplicados para minimizar las diferencias de presión a través de las fundaciones son esencialmente los mismos que los recomendados para el control de humedad y diseño de un eficiente ahorro de energía. Estas recomendaciones incluyen: (1) reducir la infiltración de aire desde espacios no acondicionados térmicamente a espacios de uso, sellando aberturas y fisuras entre ambos; (2) considerar la ubicación de áticos fuera de espacios acondicionados; (3) sellar aberturas en extremos superiores e inferiores de la estructura; (4) ajustar sistemas de ventilación para ayudar a la neutralización del balance de presión interior y exterior.

4 PANELES

4.1 Conceptos Generales



El concepto principal de las estructuras resueltas con Steel Framing es dividir la estructura en una gran cantidad de elementos estructurales, de manera que cada uno resista una porción de la carga total. Con este criterio, es posible utilizar elementos más esbeltos, más livianos y fáciles de manipular.



Así, una pared continua tradicional resuelta, por ejemplo con mampostería se convierte, al construirla con Steel Framing, en un **panel** compuesto por una cantidad de perfiles "C" denominados **montantes**, que transmiten las cargas verticalmente, por contacto directo a través de sus almas, estando sus secciones en coincidencia. Esta descripción es la que da origen al concepto de **estructura alineada,** (o "*in line framing*"). Cuando las almas de los perfiles no estén alineadas deberá colocarse una viga dintel de borde continua en el panel inferior, que sea capaz de transmitir las cargas excéntricas.

Ver 5.1

La separación entre montantes o **modulación** adoptada estará directamente relacionada con las solicitaciones a las que cada perfil se vea sometido. A mayor separación entre montantes, mayor será la carga que cada uno de ellos deberá resistir. En muchos casos, tal modulación depende básicamente de las dimensiones de las placas interiores y exteriores a utilizar, debido a la necesidad constructiva de sujetar las placas a la estructura.

Tanto la disposición de los montantes dentro de la estructura como sus características geométricas y resistentes y los sistemas de fijación utilizados para la propia conformación del panel, hacen que éste sea apto para absorber y transmitir cargas verticales axiales, en la dirección del eje de la pieza, y cargas horizontales, perpendiculares al plano del panel. Para absorber las cargas horizontales paralelas al plano del panel, debidas principalmente a la acción del viento y sismos, es necesario proveer a la estructura de algún otro elemento capaz de resistir y transmitir dichos esfuerzos.

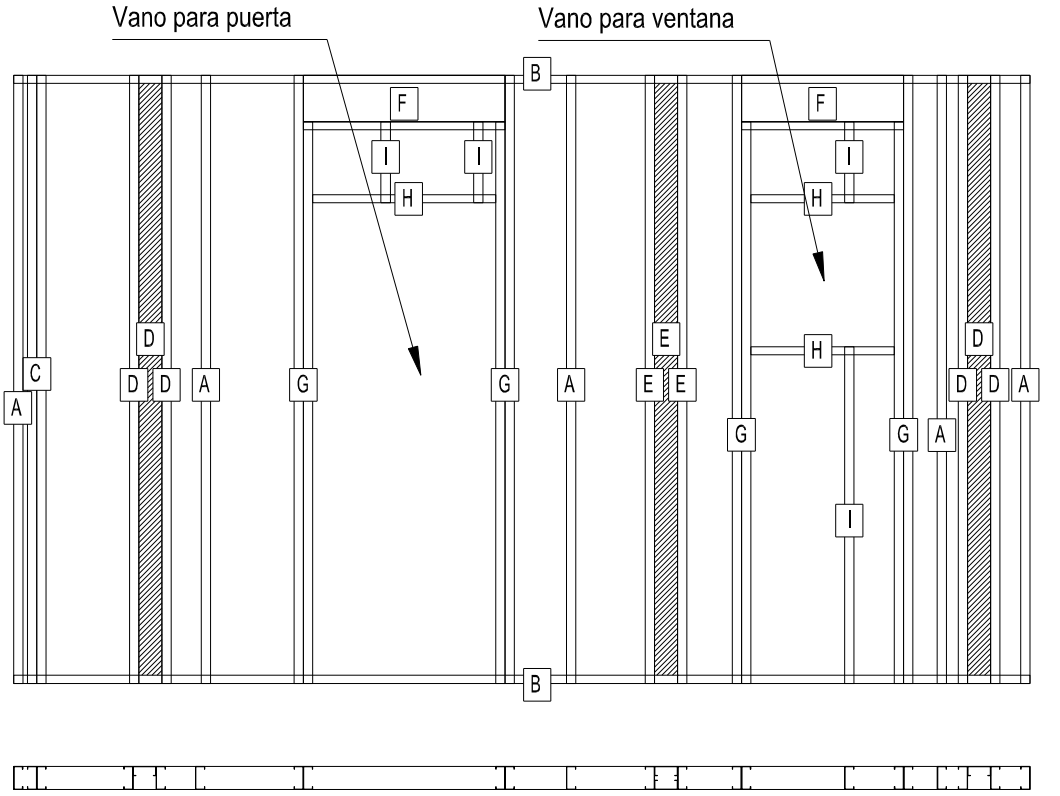
Básicamente existen 2 modos de otorgar resistencia a las cargas laterales a estructuras ejecutadas con Steel Framing:

Ver 4.4.1 1– Cruces de San Andrés

Ver 4.4.2 2– Placas Estructurales o Diafragmas de rigidización

4.2 Elementos de un Panel

- **Vista de un Panel**



4.2.1 Elementos básicos

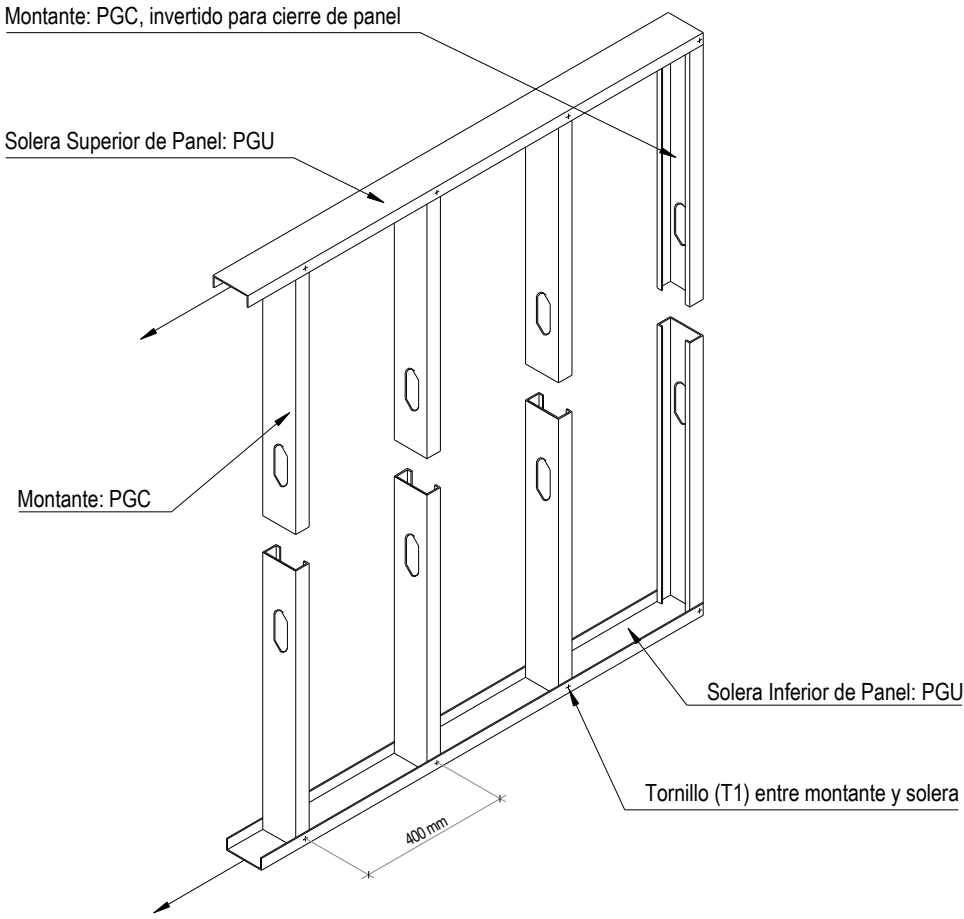
A. Montante: perfil PGC dispuesto en forma vertical entre la solera inferior y la solera superior del panel. El largo de la montante define la altura del panel.

B. Solera de panel: perfil PGU que une los montantes en sus extremos superior e inferior. El largo de las soleras define el ancho del panel.

Una serie de montantes ubicados cada 40 o 60 cm. (según sea la modulación adoptada) y unidos en sus extremos superior e inferior por las soleras, da origen a un **panel**.

La conformación final de un panel dependerá de cada proyecto de arquitectura y de cada situación especifica dentro del mismo. Por lo tanto, incluso en un mismo proyecto, habrá paneles de diversos largos y alturas, así como paneles portantes y no portantes, paneles ciegos o paneles con vanos, etc.

- **Detalle de las Piezas que conforman un Panel**

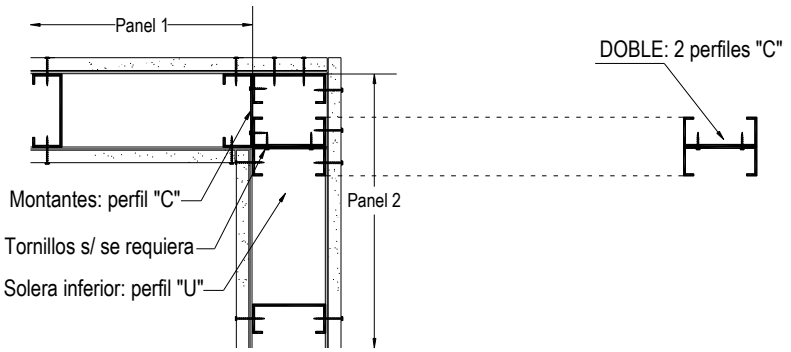


4.2.2 Piezas para Encuentros

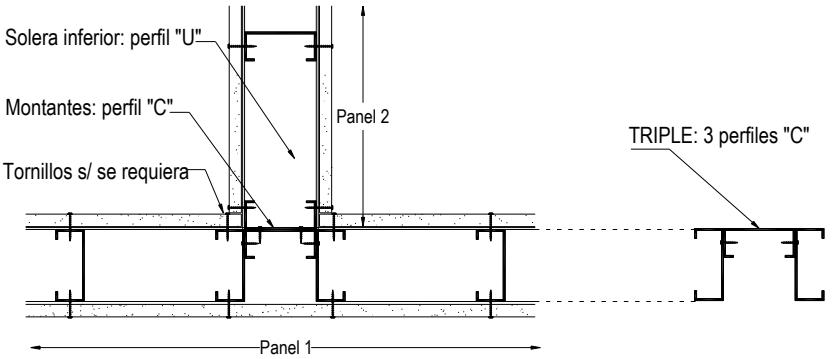
El armado de un panel implica la unión de perfiles “simples” y piezas pre-armadas que son necesarias para resolver uniones entre paneles. Estas piezas “especiales” se conforman a partir de la unión de montantes unidos entre sí por medio de tornillos.

- **Plantas de Encuentros:**

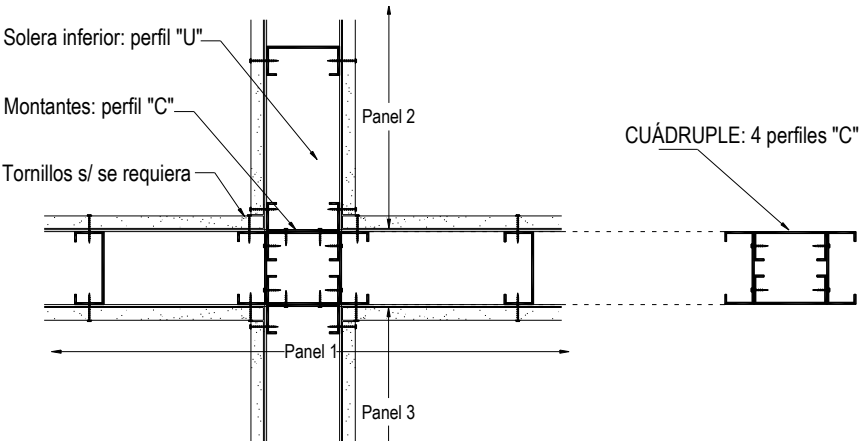
C. Doble: dos montantes PGC unidos por el alma. El uso más frecuente de esta pieza es en la materialización del encuentro de esquina entre dos paneles.



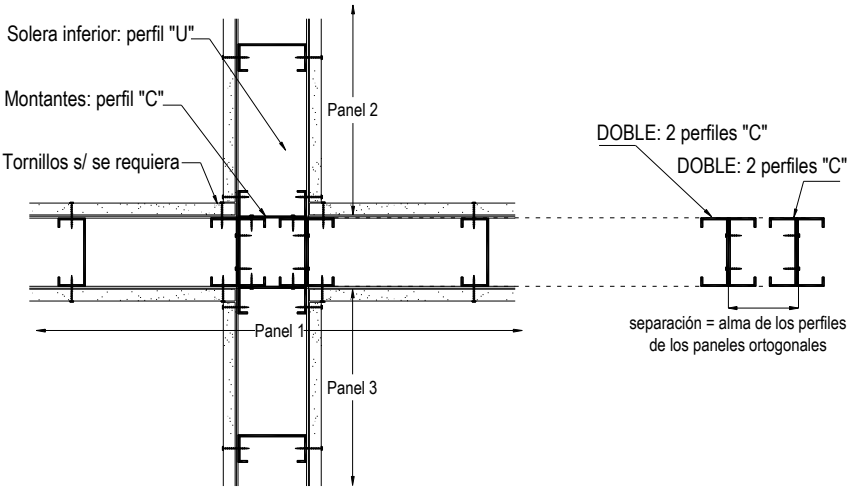
D. Triple: está compuesto por tres montantes PGC, uno de los cuales (el central) está rotado 90º respecto de los otros dos. De este modo, la superficie del alma del perfil rotado permite la fijación del montante de inicio de una unión en “T”.



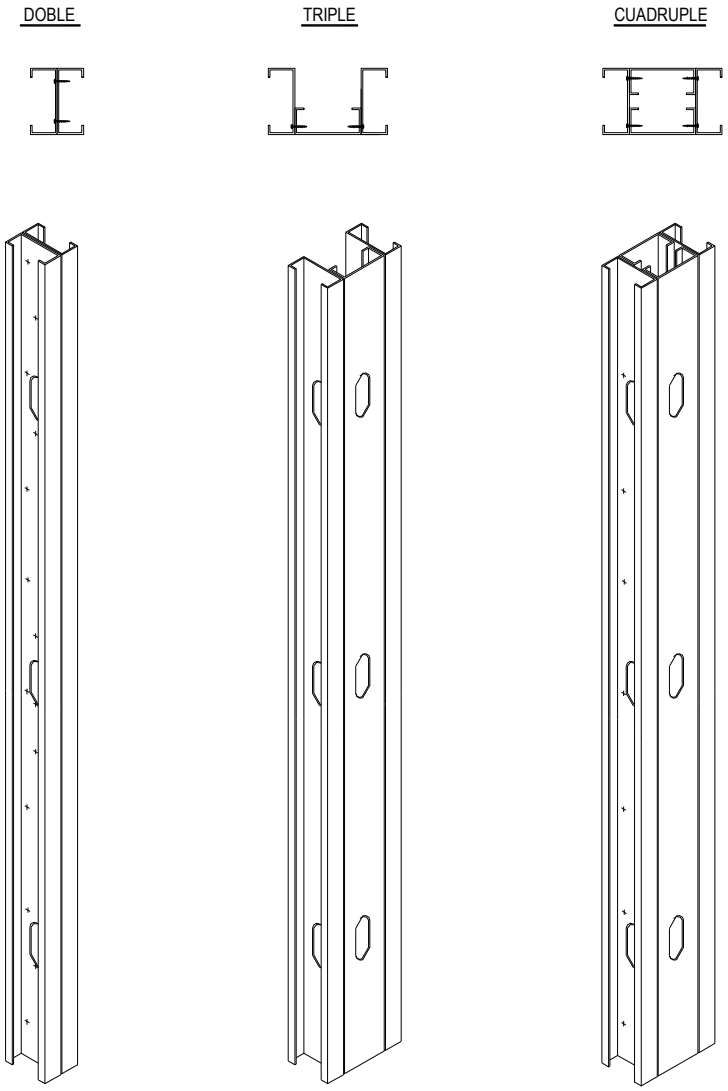
E. Cuádruple: cuatro montantes PGC, dos de los cuales (los centrales) están rotados 90º respecto de los otros dos, generando la superficie de fijación de los montantes de inicio de dos paneles a uno y otro lado del panel (encuentro en cruz).



- Los encuentros en cruz también pueden materializarse mediante dos dobles, como se muestra en la figura siguiente:



- **Perspectivas de piezas para encuentros**



4.2.3 Piezas para Vanos

Ver 4.3.1

F. Dintel: pieza que se dispone en forma horizontal sobre el vano de un panel portante, para desviar las cargas verticales hacia los montantes más cercanos.

G. King: pieza que se utiliza como apoyo del dintel y que delimita lateralmente el vano en un panel portante.

H. Solera de Vano: perfil PGU dispuesto en forma horizontal para delimitar el vano en su parte superior e inferior.

I. Cripple: perfil PGC que se utiliza para materializar la estructura de un panel por encima y/o por debajo de un vano. El cripple inferior va de la solera inferior de panel a la solera inferior de vano. El cripple superior va de la solera superior de vano a la solera de dintel (en el caso de los paneles portantes) o a la solera superior de panel (en paneles no portantes).

4.2.4 Fijaciones

Ver 7.4

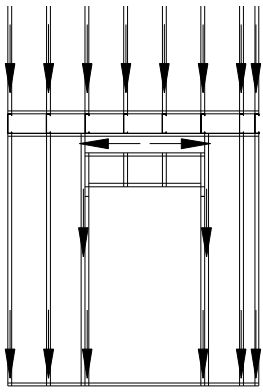
Para completar el armado del panel, es necesario unir entre sí las distintas piezas que lo componen. Entre los distintos tipos de fijaciones aptos para estructuras resueltas con Steel Framing, el de uso más generalizado es el **tornillo autoperforante**. El tipo específico de tornillo (cabeza, largo, diámetro, mecha) variará según sean las piezas a unir y su ubicación dentro del panel.

Ver 7.2/ 7.3

Otros métodos disponibles para fijación de los elementos de una estructura resuelta con Steel Framing son el *Clinching* y la *Soldadura*. La vinculación entre los paneles de acero y su estructura de apoyo (fundaciones, entrepisos, etc.) se realiza por medio de distintos tipos de anclajes y conectores, en función del material al que se esté sujetando la estructura (hormigón, acero, etc.) y las cargas a las que ésta se encuentra sometida.

4.3 Vanos

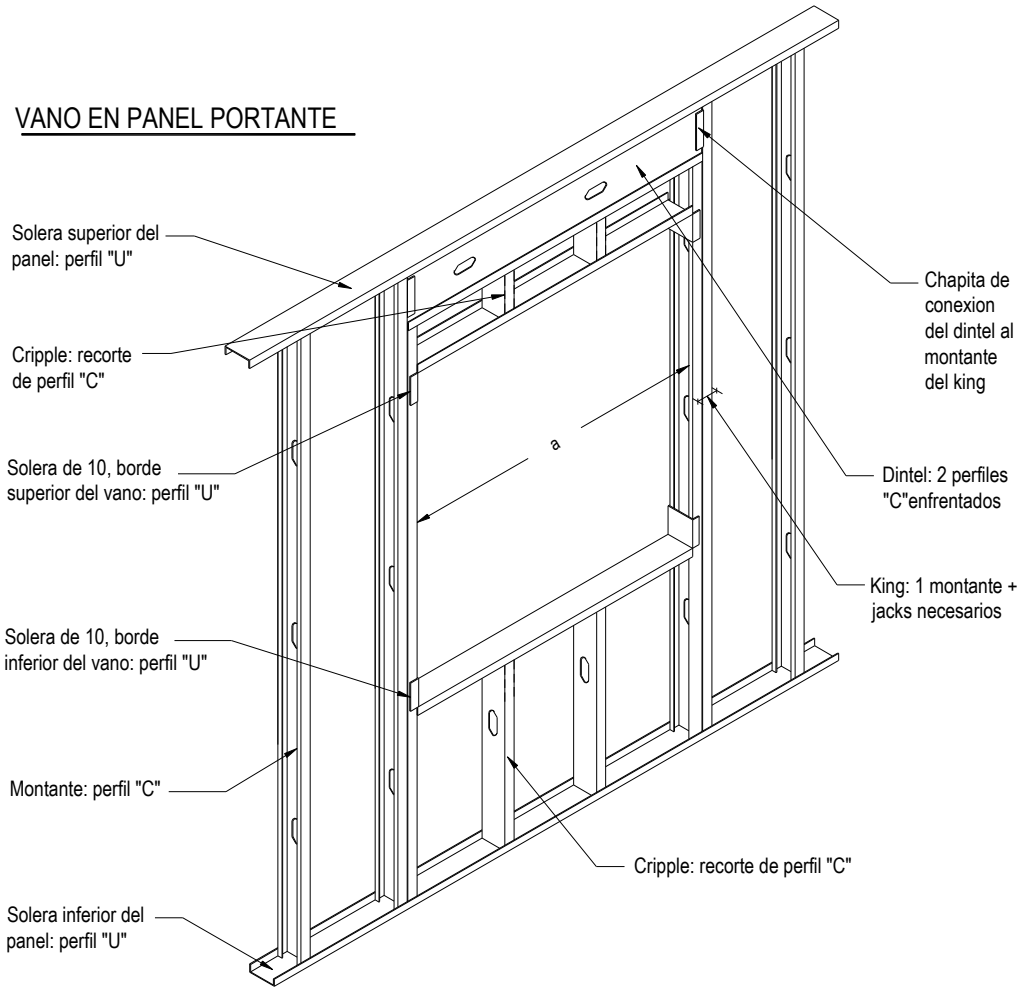
Ante la necesidad de abrir un vano en un panel (colocación de puertas y/o ventanas) deberán redireccionarse las cargas que eran transmitidas a través de los montantes, que ahora se verán interrumpidos por el vano. Esto deberá hacerse únicamente en paneles portantes, ya que en el caso de paneles sin recepción de cargas (o sea, que no sirve de apoyo a ningún otro elemento estructural como vigas, cabriadas y otros paneles portantes en plantas superiores), no hay carga a redireccionar.



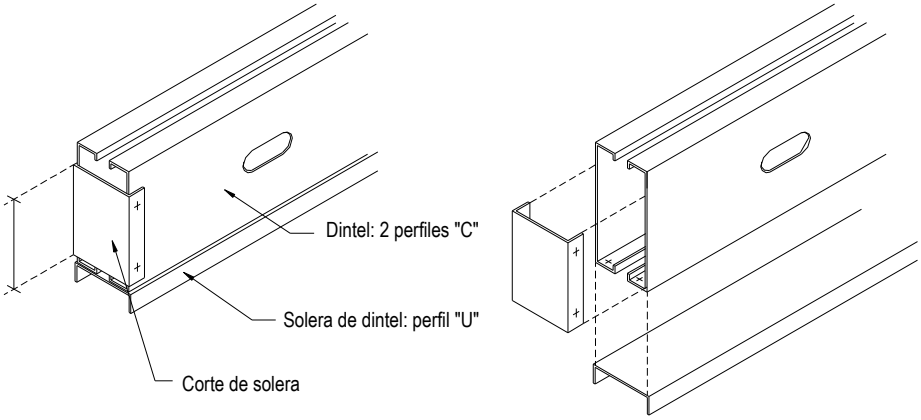
4.3.1 Paneles Portantes

Al igual que en los sistemas tradicionales de construcción, el elemento destinado a desviar las cargas que aparecen por sobre un vano es el **dintel.**

- **Dintel**



En estructuras resueltas con Steel Framing los dinteles son resueltos como piezas prearmadas, combinando una conjunto de perfiles “C” y “U”, tal como se indica en la figura siguiente:

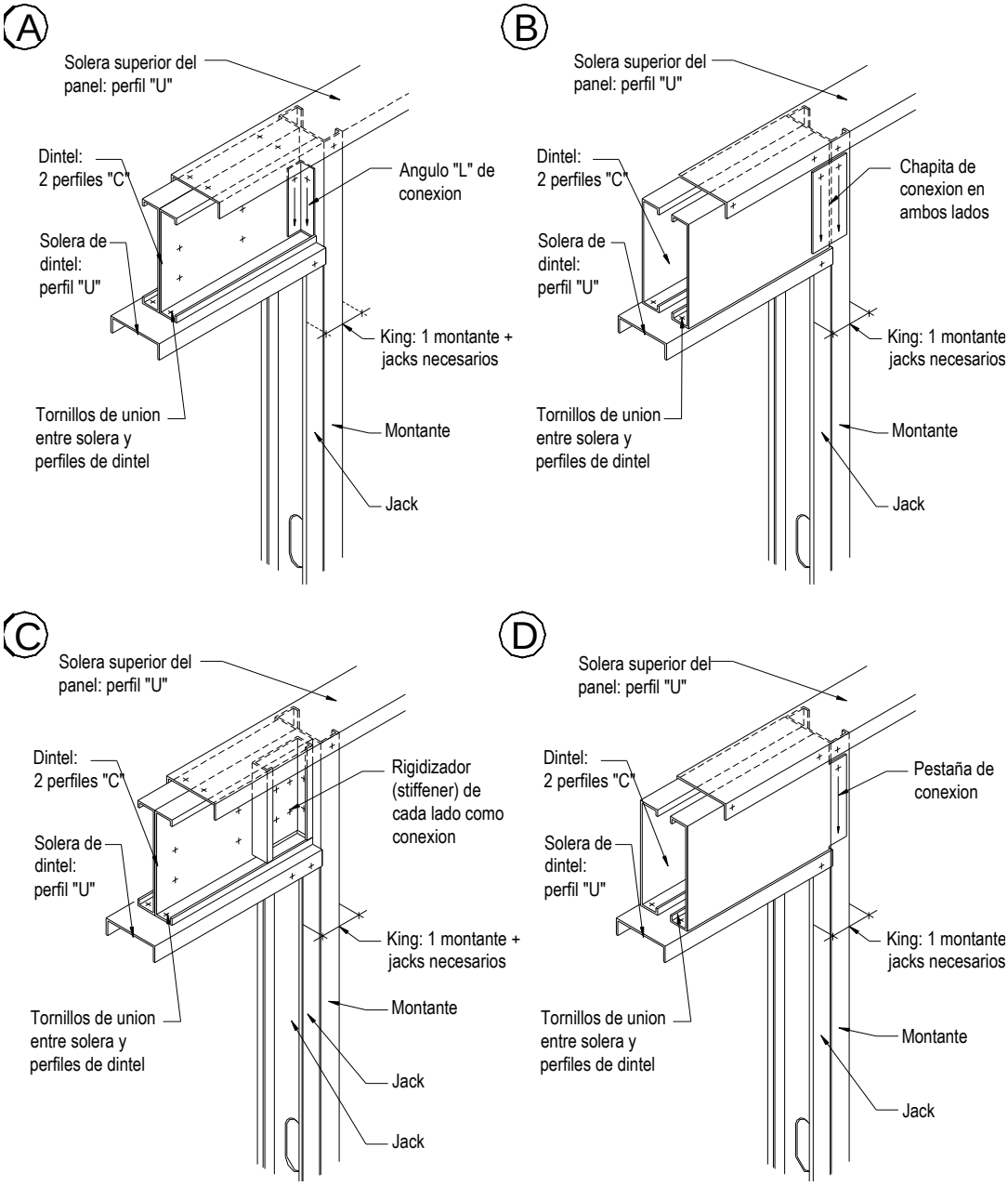


- 2 perfiles C: componen la viga o dintel propiamente dicha. Habitualmente tienen una altura de alma y espesor de chapa mayores que los montantes del panel.

- Solera de dintel: está sujeta por su alma a las alas inferiores de los 2 perfiles C del dintel. Su finalidad es recibir los cripples por encima de la abertura.

- Corte de solera: permite conectar los 2 perfiles C del dintel y sujetarlo al montante del king adyacente, evitando su rotación. Su altura es igual a la altura del dintel, menos la altura del ala de la solera superior del panel.

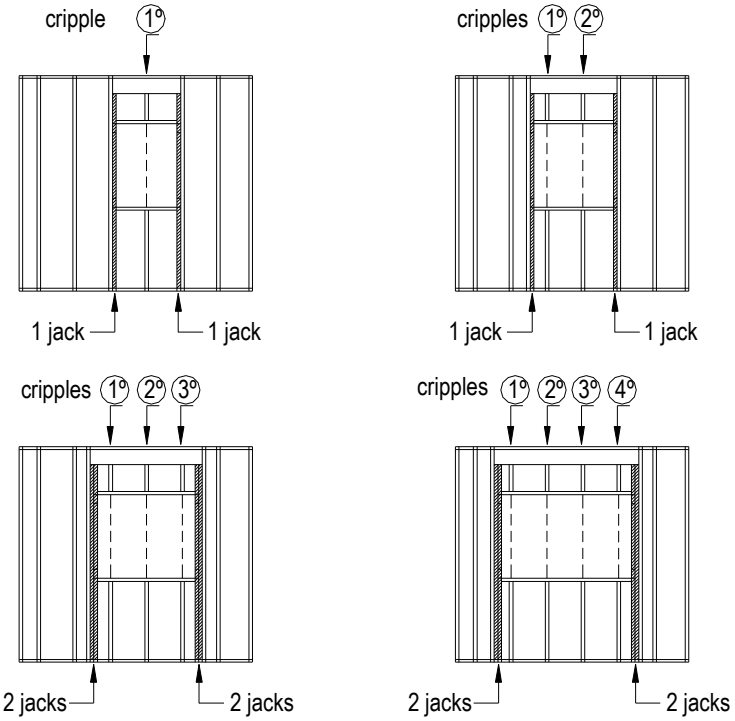
En las figuras que siguen se muestran algunas configuraciones alternativas para la resolución de dinteles en estructuras resueltas con Steel Framing:



- **Piezas de Apoyo del Dintel**

El apoyo físico del dintel está dado por uno o más perfiles C denominados **Jacks**, que van desde la solera inferior del panel hasta la solera de dintel.

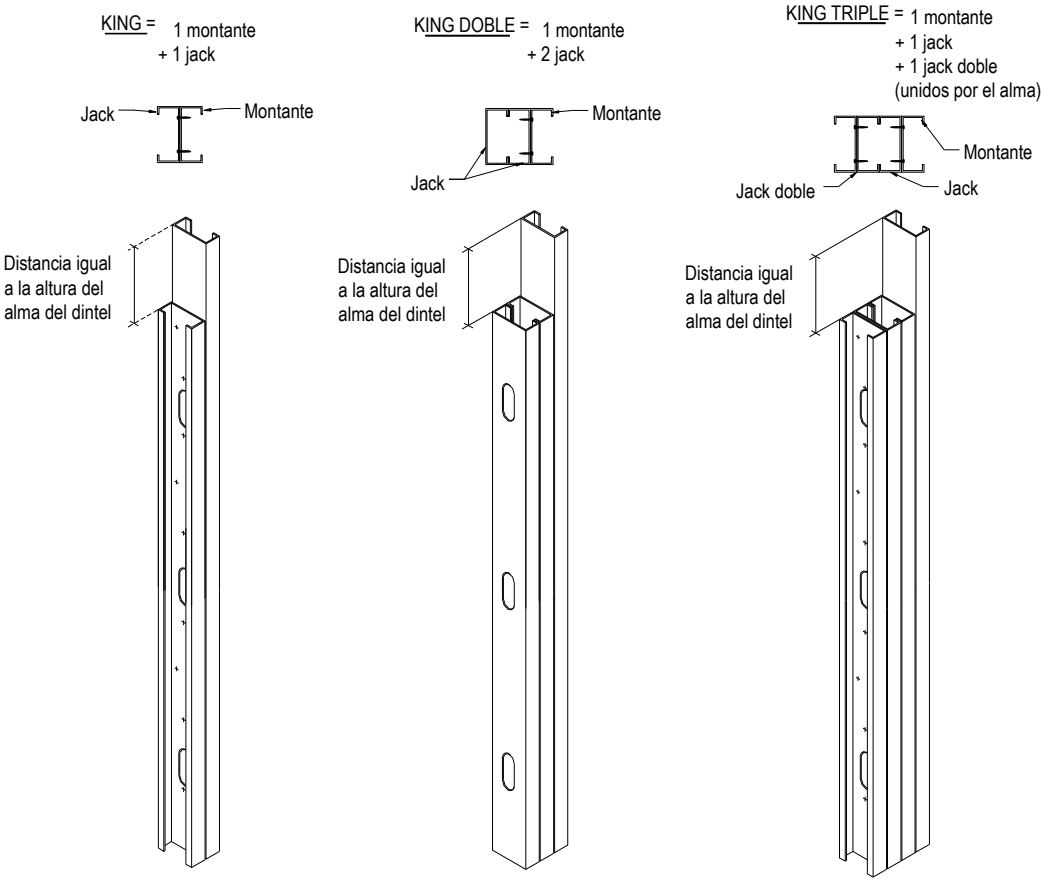
La cantidad de Jacks necesarios para el apoyo del dintel, deberá determinarse a partir del cálculo estructural. Sin embargo, como una aproximación, puede establecerse que el número de Jacks a cada lado de la abertura será igual al número de montantes interrumpidos por la misma dividido 2. En el caso en que aquel número sea impar, deberá sumarse 1.



Los Jacks, a su vez, forman parte de otra pieza prearmada denominada **King**.

- **King**

Un **King** no es más que la unión de 1 o más Jacks con un montante. Así, existen Kings simples, dobles o triples según tengan 1, 2 ó 3 Jacks respectivamente. El montante del King sirve para sujetar el dintel a través del corte de solera para conexión.



- **Solera con "Corte de 10"**

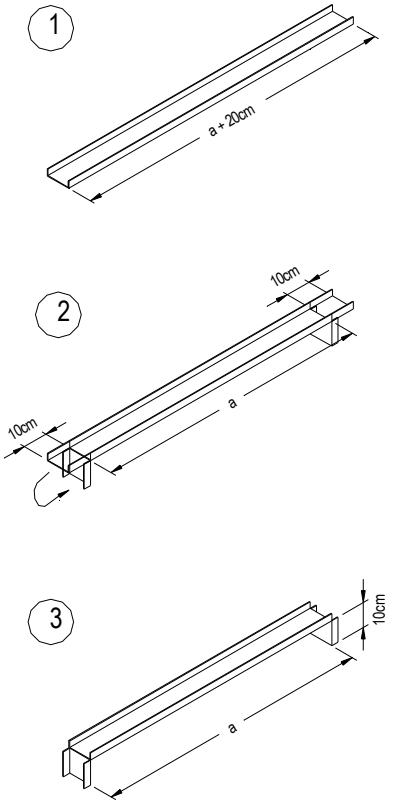
La delimitación superior e inferior del vano está dada por las soleras de vano, salvo en el caso de vanos para puertas en donde sólo hay solera de vano superior. Las mismas quedan sujetas al King, por medio de un corte practicado en sus alas denominado "corte de 10", tal como se indica a continuación:

1. El perfil "U" para la solera superior e inferior del vano (solera con corte de 10) se cortará de un largo igual al ancho de la abertura más 20cm.

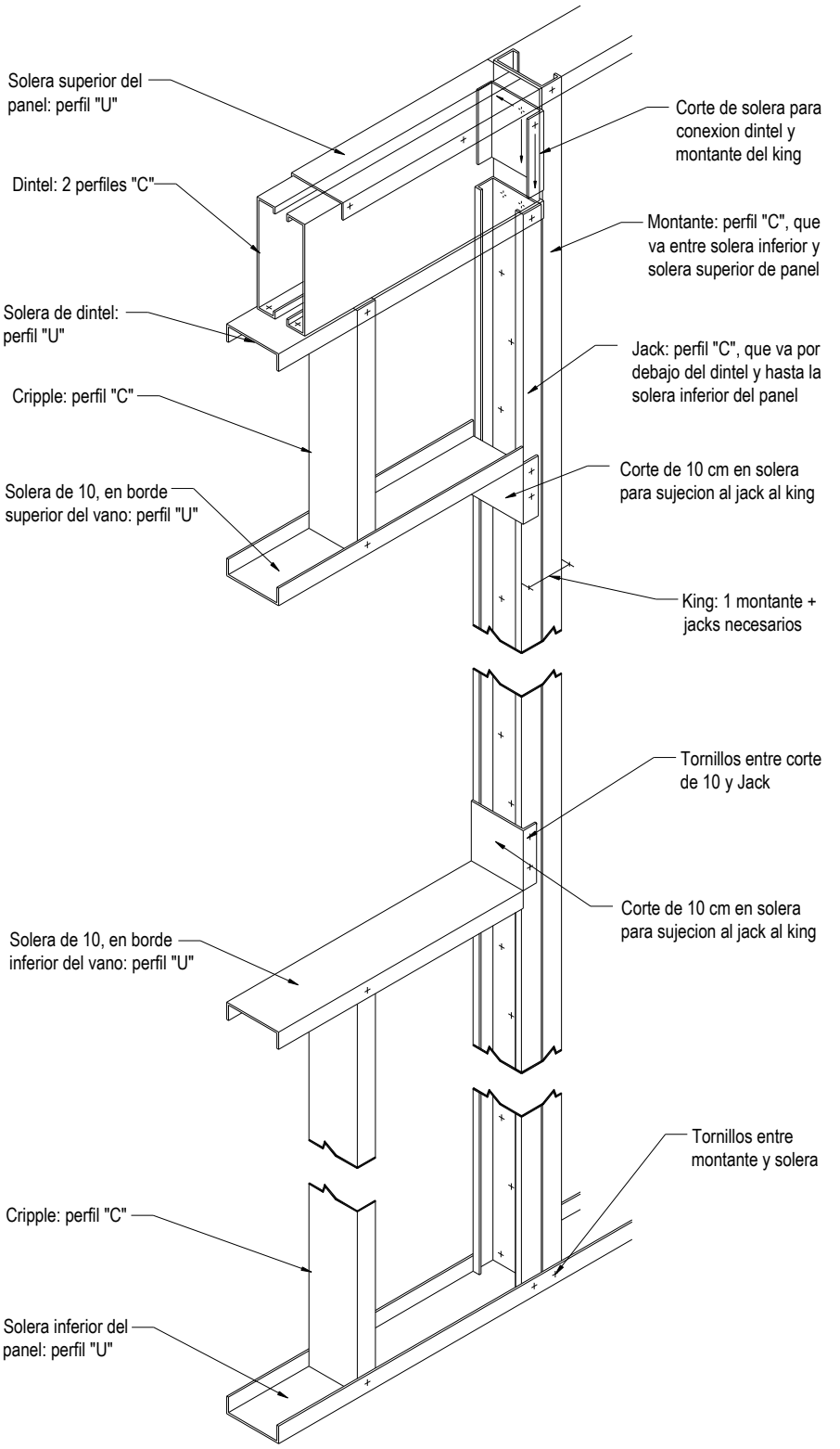
2. Se deberá ejecutar el corte de las alas a 10cm en cada uno de los extremos.

3. Ambos extremos de 10cm se doblan 90º para servir de conexión de la solera con el Jack.

Es frecuente que, debido a este "corte de 10" practicado en las soleras de vano, se las denomine "solera de 10".

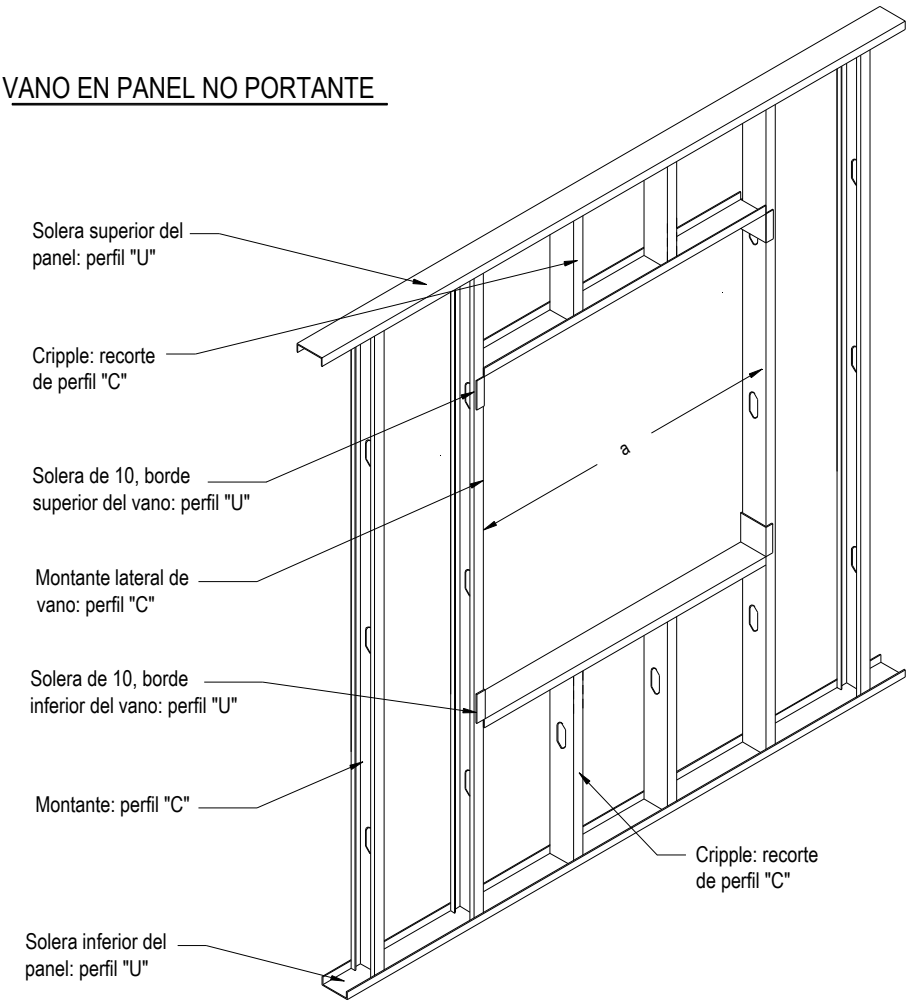


- **Detalle de Vano en Panel Portante**



4.3.2 Paneles no portantes

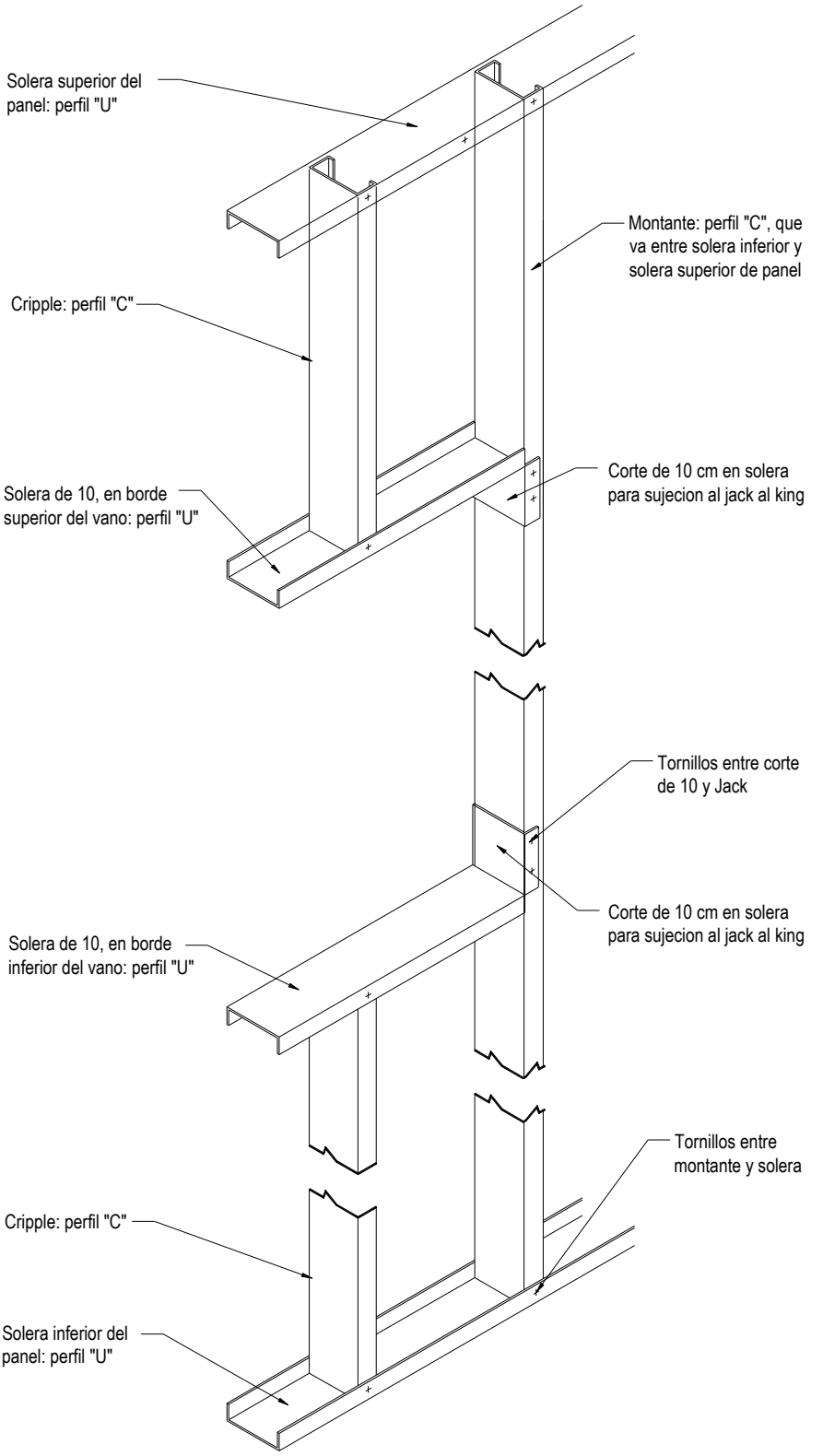
La resolución de vanos en paneles no portantes queda reducida a la delimitación de la abertura, dado que, al no soportar cargas verticales, desaparece la necesidad de colocar un del dintel, y por lo tanto, tampoco son necesarios los Jacks/ King para su apoyo.



En estos casos, la delimitación lateral del vano está dada por un único montante al cual será sujetado el marco de la abertura. En algún caso, y para dar mayor rigidez a la misma, podrá optarse por colocar montantes dobles en esta posición.

La delimitación superior e inferior del vano está dada, al igual que en los paneles portantes, por las soleras de vano, salvo en el caso de vanos para puertas en donde sólo hay solera de vano superior. Las mismas quedan sujetas al montante lateral del vano, por medio del "corte de 10”.

- **Detalle de Vano en Panel no Portante**

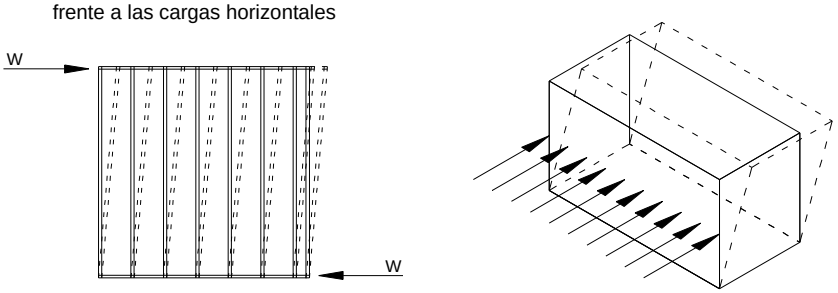


4.4 Rigidización

Como ya se ha mencionado, los paneles ejecutados con Steel Framing son incapaces por sí mismos de absorber esfuerzos horizontales en el plano del panel (sólo toman cargas axiales). Es por esto que deberán ser provistos de algún elemento estructural adicional que pueda efectivamente resistir y transmitir tales esfuerzos hacia sus estructuras de apoyo, fundaciones o entrepisos.

Partiendo de la base que el panel está anclado y debido a que la unión entre montantes y soleras de panel es articulada, el panel tenderá a deformarse tal como se indica en los esquemas de abajo.

Deformación de un panel sin rigidizar
frente a las cargas horizontales



Para evitar esta deformación que además de deteriorar el aspecto de las terminaciones, producirá el colapso de la estructura, es que debe rigidizarse el panel en su plano, ya sea con Cruces de San Andrés ("X Bracing"), o con una placa *que sea capaz de actuar como* Diafragma de Rigidización.

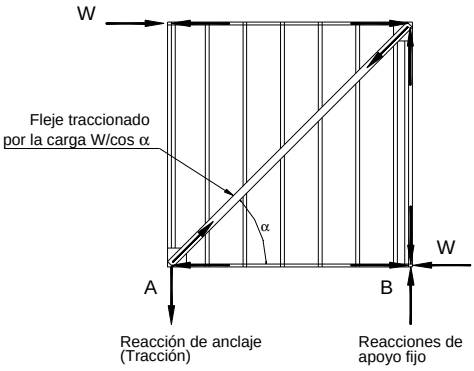
Cualquiera sea la alternativa a elegir, **no debe subestimarse la importancia fundamental de este componente de la estructura**, **que debe estar presente en todos los casos**, al igual que lo están las cargas laterales que actúan sobre la estructura.

La elección de cuál de estos dos métodos conviene utilizar, está basada en consideraciones tanto técnicas como económicas. Entre las técnicas se debe incluir antes que nada al Proyecto de Arquitectura, sobre todo en lo que se refiere a la cantidad, ubicación y dimensiones de los vanos.

Entre las económicas, se deberá evaluar el costo de los materiales y la Mano de Obra necesaria para la aplicación de uno u otro sistema.

4.4.1 Cruz de San Andrés

En la figura de la derecha se observa como la carga W (proveniente por ejemplo de la acción del viento sobre la pared perpendicularmente a ésta) tiende a desplazar al panel en forma horizontal y rotarlo alrededor del punto B.



Al colocar un fleje en forma diagonal y un anclaje coincidente con la llegada del mismo se evitan, tanto los efectos de rotación y desplazamiento antes mencionados, como la deformación de su plano.

Dado que la carga W podría tener sentido opuesto y debido a la capacidad de los flejes de trabajar sólo a tracción, deberá colocarse otra diagonal en el otro sentido, generando así el "X Bracing" o Cruz de San Andrés.

- **Determinación del ángulo de inclinación de los flejes**

Cuando el ángulo "**a** " generado entre la solera inferior del panel y el fleje es pequeño, tanto la tensión en el fleje (T_F) como la reacción de anclaje (R_A) son pequeñas y tienden a disminuir aún más a medida que "**a** " se acerca a 0º.

Sin embargo, para ángulos muy pequeños (menores que 30º) el fleje pierde su capacidad de evitar las deformaciones, objetivo para el cual fue colocado.

A medida que el ángulo aumenta, aumenta también la tracción a la que está sometida el fleje y la reacción del anclaje (R_A). Por lo tanto, se necesitarán flejes y anclajes de secciones mayores para resistir las caras a la que se verían sometidos. De este modo, el ángulo "**a** " de inclinación de las diagonales deberá, en lo posible, estar comprendido entre los 30º y 60º.

La colocación de cruces en un panel que posee un vano es un caso típico en el que el fleje debe adoptar un ángulo de inclinación "**a** " grande, como se ve en la *figura a*. En esos casos deberá tenerse en cuenta el aumento de la tensión, que podrá determinar un aumento de la sección del fleje, o bien podrá optarse por una nueva disposición de los flejes, tal como se muestra en la *figura b*.

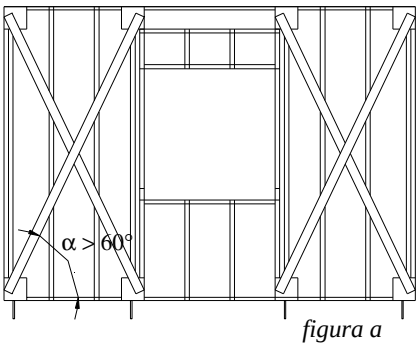


figura a

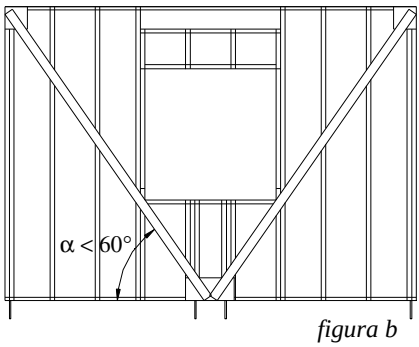
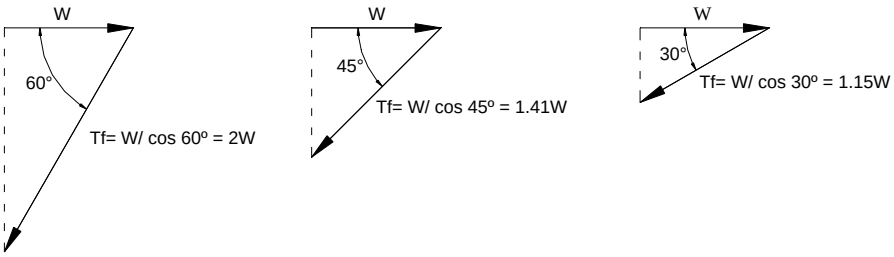


figura b

- **Dimensionamiento**

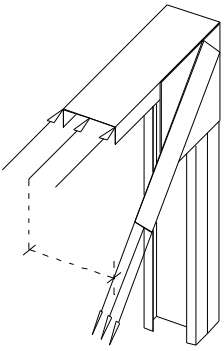
La sección del fleje deberá dimensionarse para transmitir el esfuerzo de tracción que resulta de la descomposición de la carga horizontal actuante (W) en la dirección de la diagonal.



Deberá también tenerse en cuenta el efecto de rotación que puede producirse en los montantes dobles a los que se sujetan los flejes, debido a la excentricidad que se genera si las cruces se colocan en una sola cara del panel (por lo general, la exterior). Un modo de evitar esta excentricidad es colocar las cruces en ambas caras del panel, aunque esto podría conducir a problemas con el emplacado de la placa de roca de yeso del lado interior.

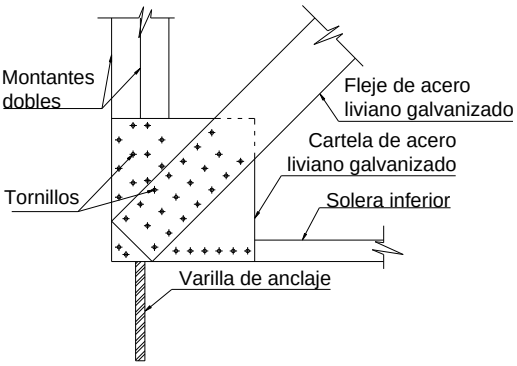
- **Colocación**

Debe ponerse especial atención en que las cruces estén tensadas al momento de su colocación, dado que, de no ser así, el panel se deformará hasta que los flejes entren en tensión y comiencen a trabajar.



Una manera sencilla de lograrlo es ejecutar la unión fleje- estructura por medio de una cartela que, además permite la colocación de los tornillos necesarios para absorber el corte que genera la tensión en el fleje.

Esta cartela deberá fijarse a un montante doble, y en coincidencia con éste, se colocará un conector y un anclaje para absorber los esfuerzos de corte y arrancamiento transmitidos por el fleje.



Debe tenerse en cuenta que, salvo al utilizar una pared de mampostería como terminación exterior, siempre es necesaria la colocación de un placa que actúe como substrato para la aplicación del acabado final. Quiere decir entonces que deberá evaluarse la conveniencia o no de rigidizar la estructura con cruces y utilizar una placa *no estructural* como substrato, frente a la opción de utilizar una placa *estructural* que actúe como diafragma de rigidización y como substrato al mismo tiempo.

4.4.2 Diafragma de Rigidización

Para que una placa apta para ser colocada en el exterior de un panel pueda ser considerada diafragma de rigidización, debe otorgarle a la estructura de acero galvanizado liviano la resistencia necesaria para absorber las cargas laterales que actúan sobre ella, y que es incapaz de absorber por sí misma.

Cuando se utilizan placas o diafragmas de rigidización, el valor de resistencia total final que alcanzará el panel, no sólo dependerá de la placa utilizada, sino también de algunos otros elementos y/ o características del mismo:

Ver 7.4

- Tipo, medida y separación de los tornillos de fijación del diafragma a la estructura
- Relación Altura / Largo de la pared
- Características resistentes de los perfiles que conforman el panel
- Tipo, ubicación y cantidad de conectores y anclajes

Esto nos indica que los valores de resistencia que alcanzarán los paneles rigidizados con diafragmas no son sencillos de calcular.

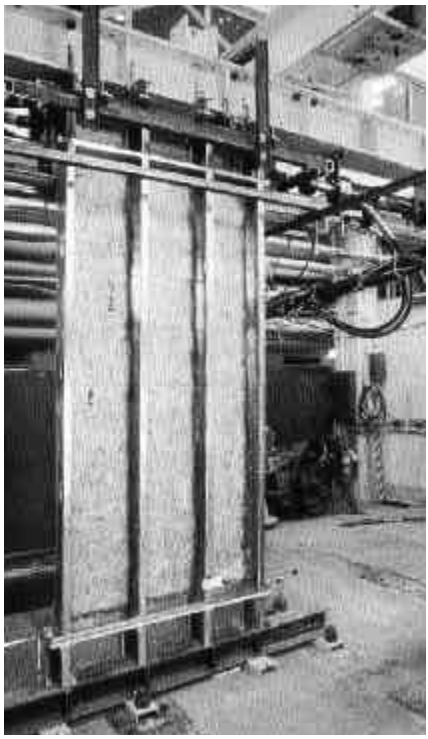
Por este motivo la mejor forma de obtener tal información, es recurrir a ensayos estáticos y dinámicos sobre diferentes conformaciones de paneles y analizar sus resultados. De esta forma se intenta reproducir la acción de vientos y sismos, capaces de ejercer acciones cíclicas severas sobre la estructura, y estudiar su respuesta frente a ellas.

Ver 11.2

Debido a que aún no se conocen ensayos de este tipo ejecutados en nuestro país, consideraremos como **placas estructurales** o **diafragmas de rigidización**, a dos placas que han sido ensayadas en los EEUU por la American Plywood Association (A.P.A) y que se encuentran disponibles en el mercado local. (ver RG –9804 del AISI).

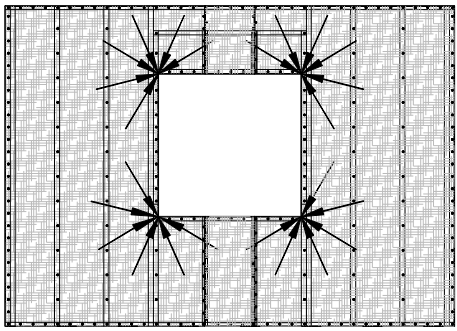
Ella son:

- Multilaminado fenólico: espesor mínimo= 10 mm y 5 plies (capas)
- OSB (Oriented Strand Board) Exterior Structural Grade: espesor mínimo 12.50 mm



Panel emplacado sometido a un ensayo de cargas

Además de responder satisfactoriamente a los ensayos descriptos, existen otras características que deben tener las placas para que puedan utilizarse como diafragmas de rigidización:



- Capacidad para absorber tensiones en su plano sin que los tornillos que la vinculan a la estructura metálica la desgarren.

- Capacidad para no desgarrarse debido a las tensiones concentradas que aparecen, por ejemplo, al efectuar cortes internos para la ejecución de vanos.

- Capacidad para resistir la acción del clima exterior durante el proceso de fabricación o montaje, sin que se alteren sus propiedades estructurales.

- El acopio y manipuleo de estas placas debe ser sencillo y con mínimo riesgo de que se produzcan fisuras al moverlas.

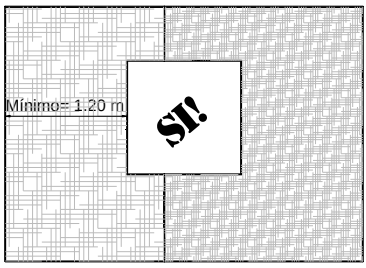
- La ejecución de cortes debe ser sencilla y rápida.

Por todo esto es fundamental distinguir entre placas para exterior o substratos y diafragmas de rigidización ya que ambos no cumplen las mismas funciones.

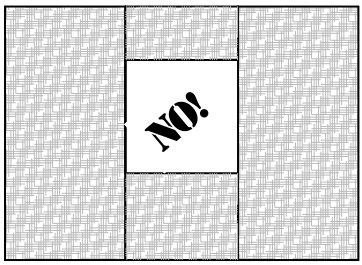
Los diafragmas en general pueden actuar como substratos y son aptos para colocarse en el exterior, pero las placas para exterior o substratos **no siempre** pueden actuar como diafragma rigidizador, ya que algunas no poseen las características estructurales necesarias para resistir la acción de cargas laterales.

Por lo tanto, en aquellos casos en que no se utilice diafragma de rigidización y se coloque como substrato una placa no estructural, deberá colocarse siempre Cruces de San Andrés.

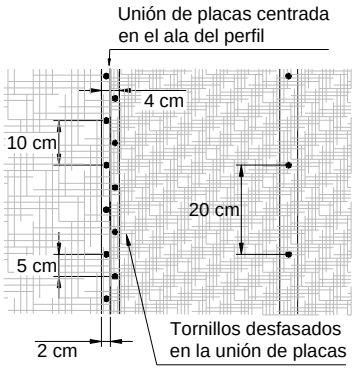
- **Emplacado: Reglas básicas para la aplicación del Diafragma de Rigidización**



- Para que un panel emplacado con un Diafragma de Rigidización pueda considerarse que resiste la acción de las cargas laterales que actúan en su plano, deberá tener como mínimo un ancho de 1,20 mts por toda la altura del panel, sin vanos ubicados en este ancho mínimo.

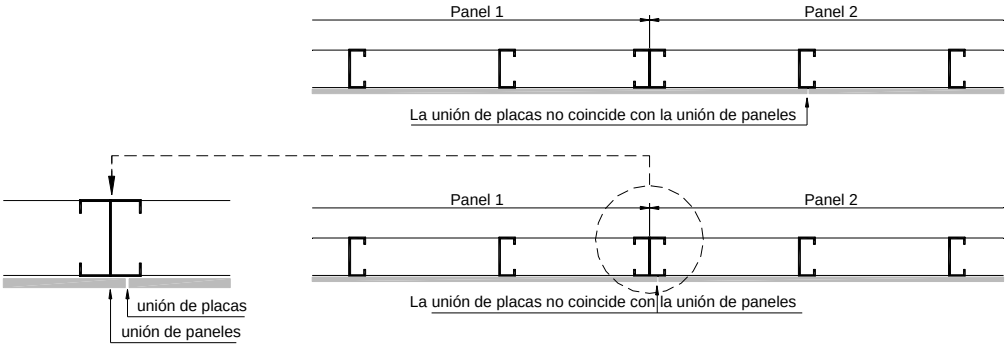


- Las placas se deben colocar con la dimensión mayor en forma vertical, paralela a la dirección de las montantes (placas paradas), y no debe haber uniones en coincidencia con los vértices de los vanos, sino que se deben cortar en forma de “C“.

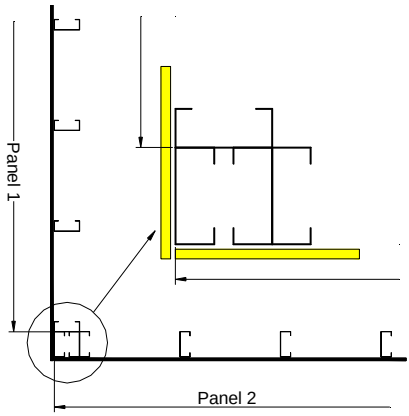


- La unión entre una placa y otra que sean adyacentes debe efectuarse sobre el ala de un montante, compartiendo mitad de la misma entre cada una de las placas. Los tornillos se desfasan entre una placa y otra de manera de no perforar al ala del perfil en dos lugares para una misma altura.

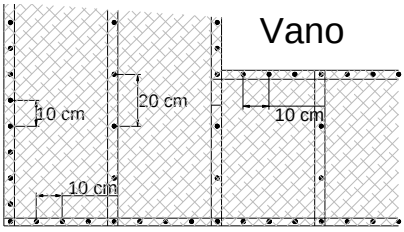
- En lo posible, la unión de paneles no debe coincidir con la unión de placas, debiéndose solapar las juntas, aumentando así la rigidez. A continuación se muestran dos tipos de solapado de uniones entre perfiles y placas.



- Los encuentros de paneles en las esquinas salientes de una estructura deben emplacarse como muestra la figura de la derecha, solapando las uniones entre perfiles y placas.



- La vinculación entre la placa que actúa como Diafragma de Rigidización y la Estructura de Perfiles Galvanizados está dada generalmente por tornillos, aunque también existen clavos estriados especialmente para resistir la tracción.



- Para que los perfiles y la placa puedan desarrollar toda su capacidad de resistencia debe colocarse la cantidad y el tipo de tornillos adecuados para lograr la resistencia total necesaria. En los ensayos realizados en USA se determinó que la mayor incidencia que tiene la separación entre montantes a los esfuerzos de corte en el plano de la pared, es que a menor separación de éstos, existe mayor cantidad de tornillos por unidad de superficie. Por lo tanto, en lo que a esfuerzo lateral se refiere, se debe prestar especial atención a colocar los tornillos a una distancia máxima entre sí de 10 cm en todo el perímetro de las placas, y de 20 cm en los montantes intermedios, sin importar si estos estaban separados a 40 cm o 60 cm entre centros. El tornillo mas utilizado para la fijación de las placas que actúan como Diafragma es el T2 x 1 1/4".

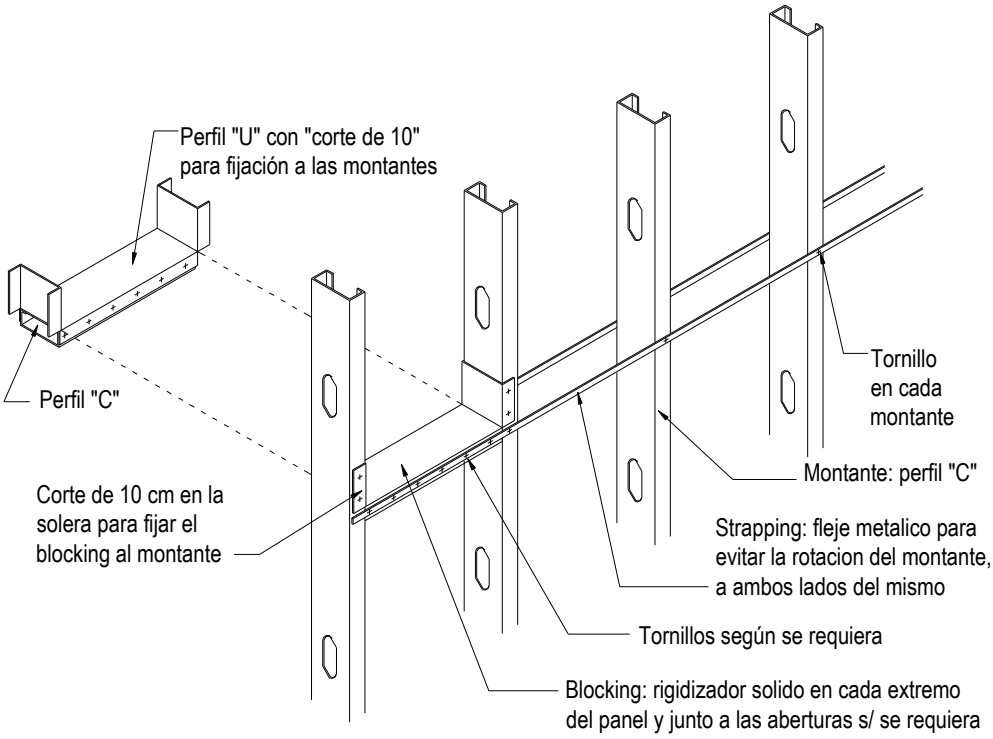
Ver 7.4

4.4.3 Strapping y Blocking

Como ya se ha dicho, uno de los conceptos fundamentales dentro del Steel Framing es el de **estructura alineada** el cual indica que todas las cargas se transmiten verticalmente a través del contacto directo entre las almas de los perfiles “C”, siempre que sus secciones estén en coincidencia.

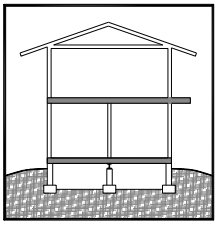
Sin embargo, dado que en los montantes el baricentro de la sección no coincide con el centro de corte de la misma, el montante pandeará debido a la flexotorsión que esa excentricidad genera, siendo necesaria la colocación de un elemento capaz de evitar tal deformación. En general, y para cargas pequeñas, basta con la colocación de un fleje metálico o **strapping** cada 1.30m aproximadamente y con sus extremos sujetos a dos “puntos fijos”, por ejemplo, piezas para encuentro de paneles (dobles, triples, etc.). Éstos se atornillarán a ambos lados del panel, a excepción de los paneles que en su cara exterior llevan diafragma de rigidización.

Cuando las cargas aplicadas a los montantes sean más importantes, deberá ejecutarse un rigidizador o **blocking** uniendo un perfil “C” con un perfil “U”, y sujetándolos a los dos montantes extremos del panel mediante un corte de 10, como se indica en la figura.



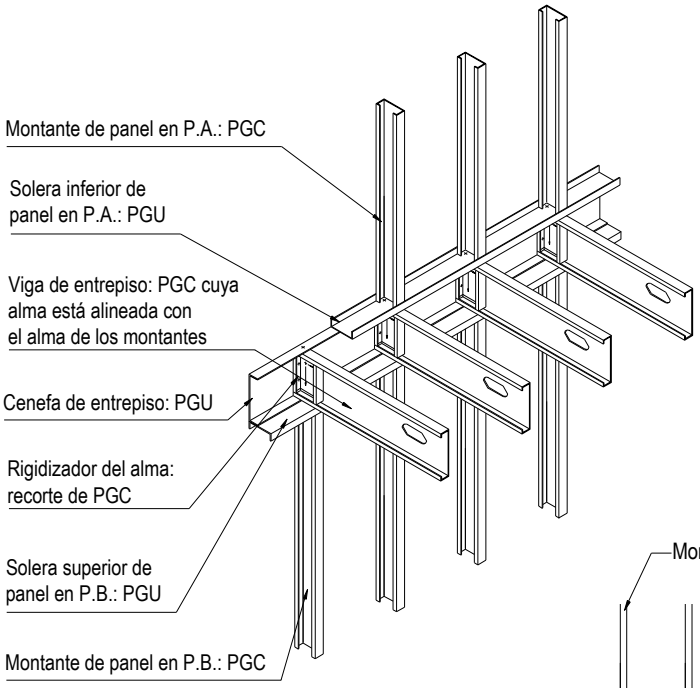
5 ENTREPISOS

5.1 Conceptos Generales

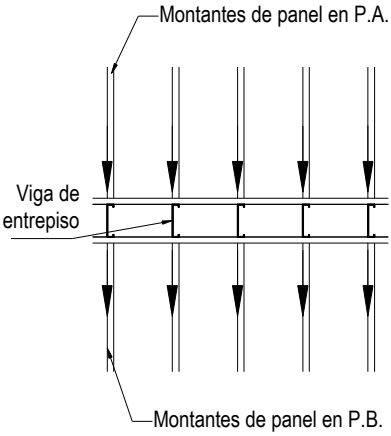


Partiendo del mismo criterio que define a los paneles, el concepto principal de una estructura de entrepiso resuelta con Steel Framing es dividir la estructura en una gran cantidad de elementos estructurales equidistantes (vigas), de manera que cada uno resista una porción de la carga total.

A diferencia de un entrepiso de hormigón, cuya descarga se realiza en forma continua sobre su apoyo (por ejemplo, viga principal o tabique), un entrepiso resuelto con Steel Framing transmite la carga recibida por cada viga puntualmente al montante del panel que le sirve de apoyo. Para lograr el concepto de **estructura alineada**, anteriormente mencionado, las almas de las vigas deben estar en coincidencia con las almas de los montantes ubicados sobre y/o por debajo del entrepiso.

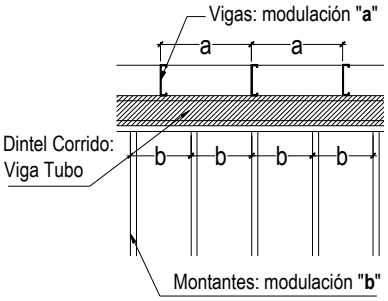


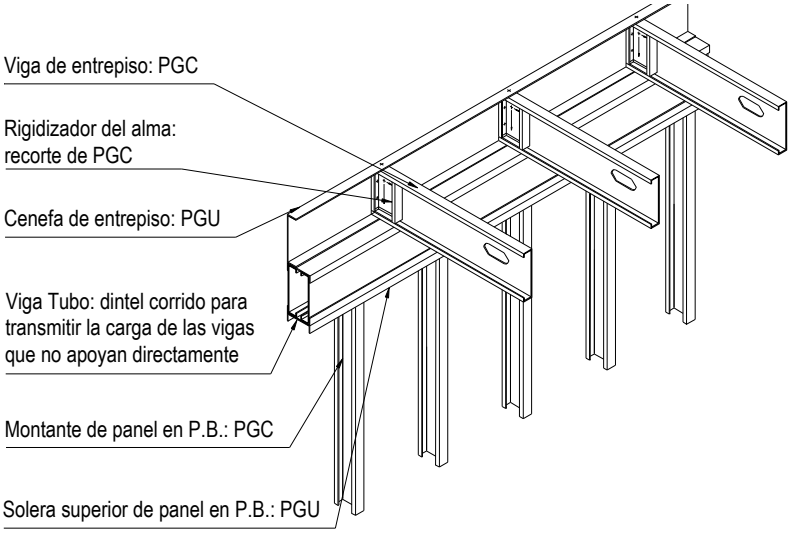
Al igual que para los paneles, la separación entre vigas o **modulación** adoptada estará directamente relacionada con las solicitaciones a las que cada perfil se vea sometido. A mayor separación entre vigas, mayor será la carga que cada uno de ellos deba resistir, y por lo tanto, mayor será la sección de la viga.



En la mayoría de los casos, se utilizará una misma modulación para todo el proyecto. Es decir que las vigas del entrepiso se modularán con la misma separación que los montantes de los paneles (o viceversa). Al igual que en los paneles, la modulación adoptada para el entrepiso determinará el mayor aprovechamiento de las placas de rigidización (en entrepisos secos) y/o de las placas de cielorraso.

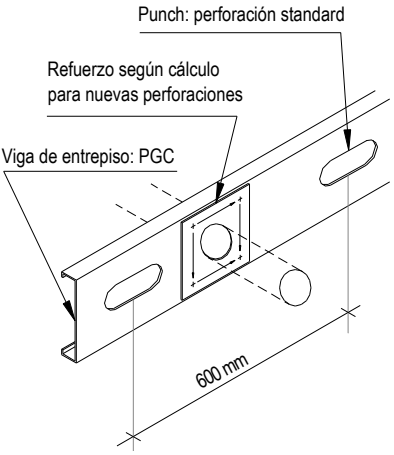
En los casos en que la modulación entre paneles y entrepiso difiera y por lo tanto no se respete el in line Framing, deberá colocarse una viga dintel corrida (viga tubo), capaz de transmitir la carga de las vigas que no apoyan directamente sobre los montantes.





Tanto la modulación como la luz entre apoyos de la viga, serán los factores que determinen la sección de los perfiles adoptados. Por ello, en general, las vigas se orientan en la dirección que genere la menor distancia entre apoyos, de manera de necesitar perfiles con la menor sección posible.

Además, hay otros factores para tener en cuenta en la dirección de armado de un entrepiso, por ejemplo, la posibilidad de evitar la perforación de las vigas para el pase de las instalaciones. En aquellos casos en que la perforación standard de las vigas ("punch") no sea suficiente para pasar las cañerías deberá comprobarse la capacidad estructural de la viga y la posibilidad o no de perforarla. En algunos casos, y según indique el cálculo estructural, deberá reforzarse el perímetro de la nueva perforación, de manera de aumentar el momento de inercia.



En ningún caso se debe cortar el ala de un perfil que actúa como viga.

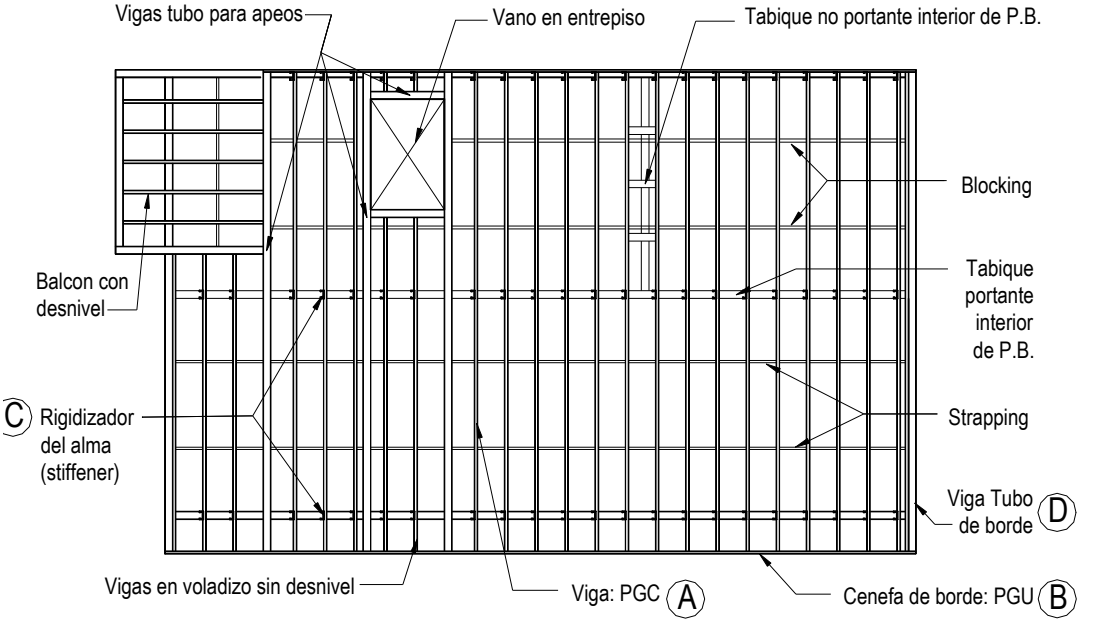
Las vigas servirán como estructura de apoyo al paquete de materiales que conforman la superficie del entrepiso. La elección del tipo de terminación estará dada principalmente por las pautas materiales, constructivas y de diseño del proyecto de arquitectura. Básicamente existen dos modos de materializar dicha superficie, proveyendo, a su vez, al entrepiso la rigidización que necesita:

Ver 5.4.1 1. Entrepiso Húmedo

Ver 5.4.2 2. Entrepiso Seco

5.2 Elementos de un Entrepiso

- **Planta de un Entrepiso**

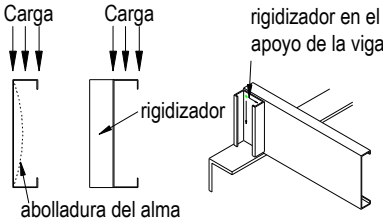


5.2.1. Elementos Básicos

A. Viga: perfil PGC dispuesto en forma horizontal para recibir una porción de la carga total del entrepiso y que la transmitirá a través de sus apoyos hasta las fundaciones. Las resistencia final de la viga estará dada por una combinación entre su altura y el espesor de la chapa.

B. Cenefa: perfil PGU que une las vigas en sus extremos, de modo que las mismas se mantengan en su posición.

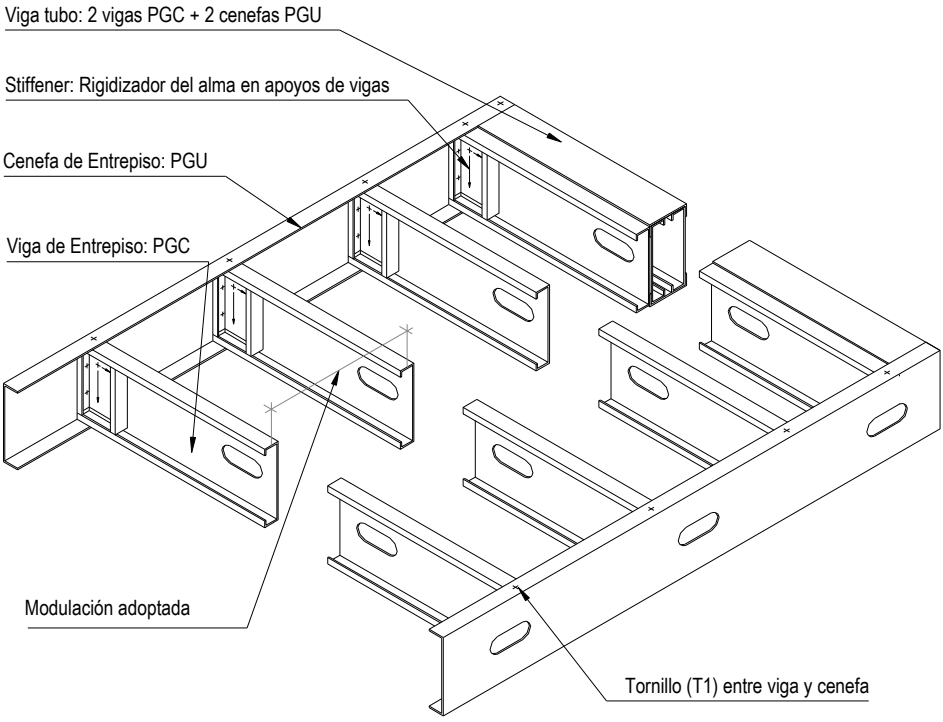
C. Rigidizador del Alma o Stiffener: recorte de perfil PGC dispuesto en forma vertical y unido mediante su alma al alma de la viga, en el apoyo de la misma, de modo de evitar el abollamiento del alma debido a la concentración de tensiones.



D. Viga Tubo de borde: viga tubo que materializa el borde del entrepiso paralelo a las vigas. En la mayoría de los casos, también sirve para permitir el apoyo del panel de planta alta.

Entonces, un **entrepiso** queda conformado por un conjunto de vigas equidistantes que descargan, en general, sobre montantes y que están vinculados en sus extremos por medio de una cenefa. El paquete de materiales, secos o húmedos, que se apoya sobre la estructura de perfiles para generar una superficie, completa el entrepiso.

- **Detalle de las Piezas que conforman un Entrepiso**



5.2.2 Vigas Compuestas

En la mayoría de los casos, el espesor total que ocupa el entrepiso se ve limitado por distintos factores, por ejemplo: nivel del cielorraso en P.B. o nivel de piso terminado en P.A.., desarrollo de escalera, etc. Ya que la altura del alma del perfil será la que más contribuya al espesor final del entrepiso, en muchos casos deberá limitarse. De esta manera para lograr la resistencia requerida, podrá optarse por aumentar el espesor de la chapa o recurrir a vigas dobles.

2 Vigas: PGC

VIGA DOBLE

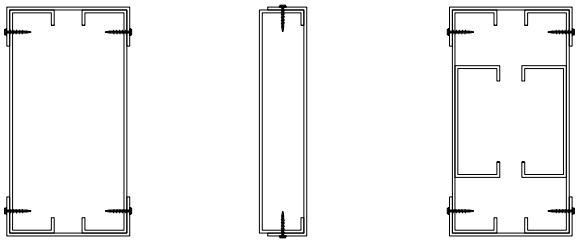
Cuando las cargas que deba soportar la viga sean demasiado grandes y no sea posible utilizar una viga simple, también se recurrirá a la utilización de vigas compuestas, que surgen de la combinación de 2 o más perfiles, según sea la carga que deban resistir y su luz entre apoyos.

En la figura de abajo se pueden ver ejemplos de las vigas compuestas más comúnmente utilizadas. El espesor de la chapa y la altura del alma del perfil variará según cálculo.

2 Vigas: PGC +
2 Soleras: PGU

1 Viga: PGC +
1 Cenefa: PGU

2 Vigas: PGC +
2 Soleras: PGU +
1 Rigidizador: PGC

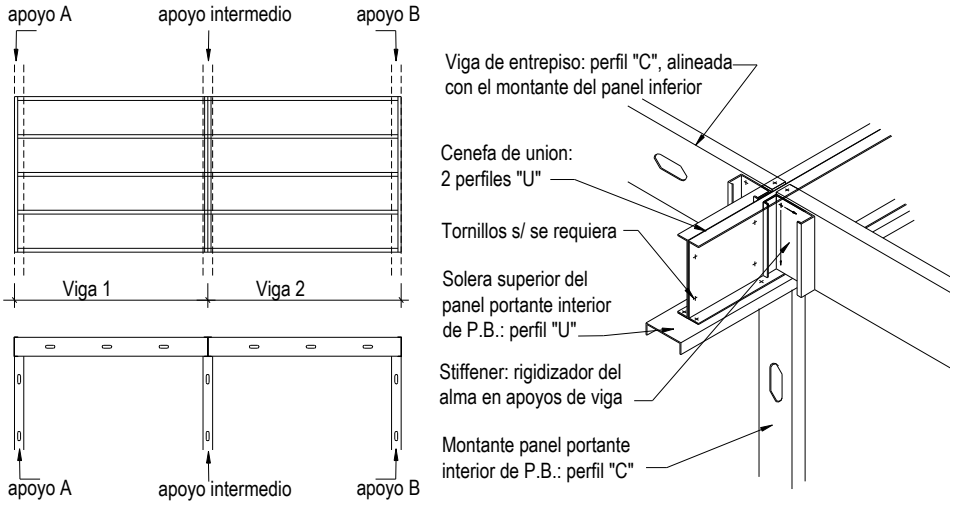


VIGAS TUBO

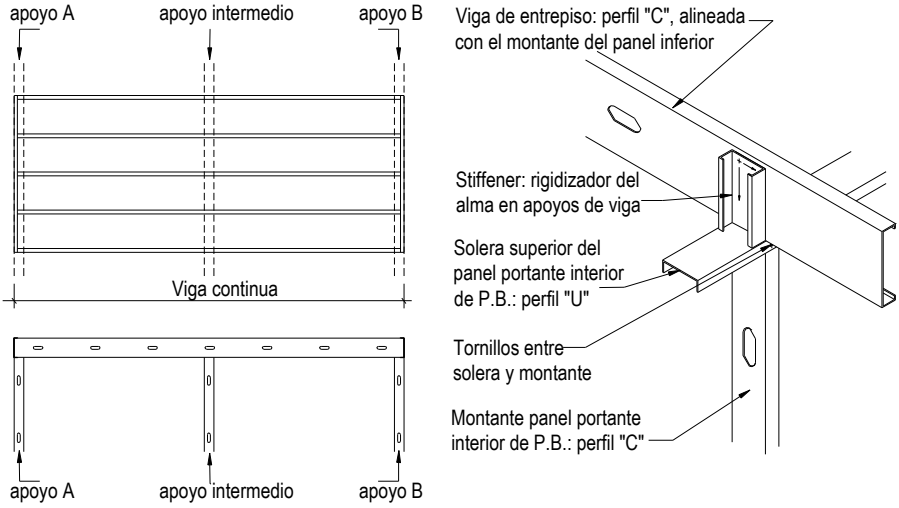
5.2.3 Encuentros y Apoyos para Vigas

Al materializar el apoyo de las vigas deberá tenerse especial cuidado en reproducirse, lo más fielmente posible, las condiciones de apoyo que fueron supuestas en el cálculo.

De esta manera, si se han calculado las vigas de entrepiso suponiéndolas simplemente apoyadas en sus extremos, deberá cortarse la eventual continuidad entre las vigas adyacentes, tal como se indica en la figura a continuación:

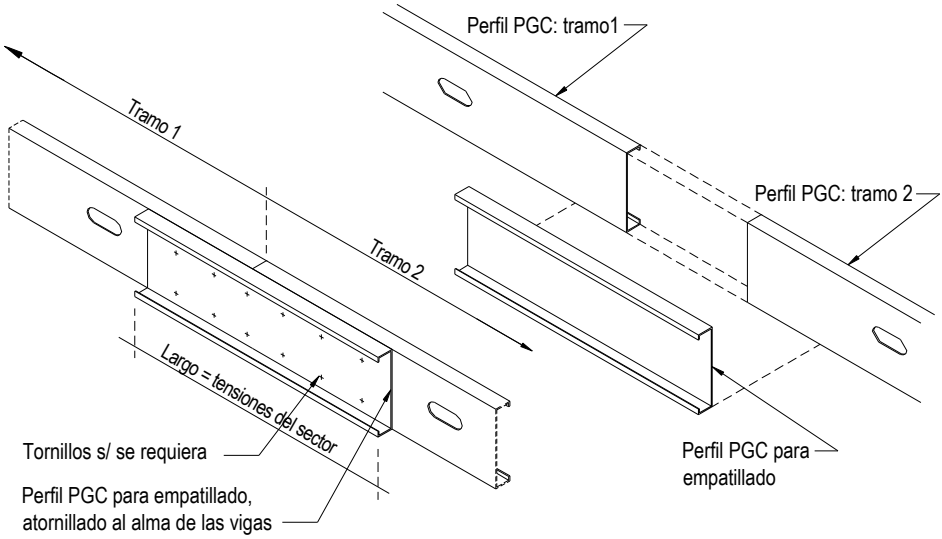


Del mismo modo, si las vigas han sido calculadas como continuas, se deberá procurar la utilización de un único perfil que materialice la viga completa, como se muestra en la siguiente figura:

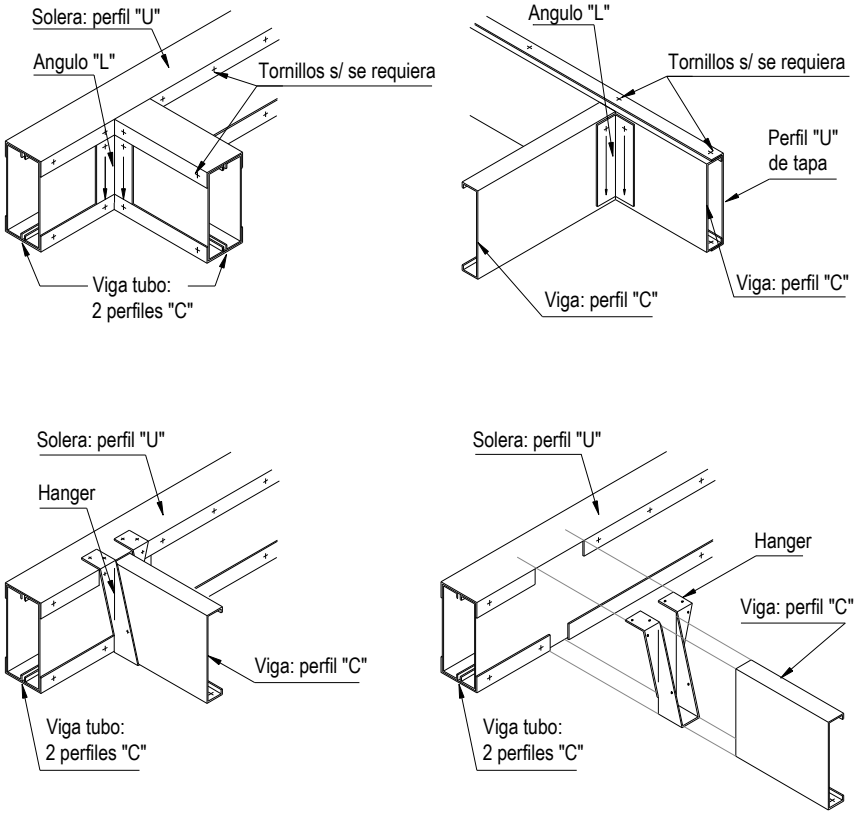


En caso de grandes luces, la utilización de una sola viga continua no es siempre posible, ya que la longitud de los perfiles puede verse limitada (longitud de transporte, por ejemplo). En estos casos deberán empatillarse dos tramos consecutivos, utilizándose para ello un perfil de iguales características que las vigas, atornillado al alma de las mismas.

El largo del perfil que funciona como patilla dependerá de las tensiones, específicas para cada caso, en el sector del encuentro entre los tramos de viga.



Cuando las luces a cubrir entre apoyos existentes sean muy grandes y se pretenda reducirlas, se podrá utilizar una viga principal. En los casos en los que el nivel del cielorraso esté limitado, impidiendo así el apoyo de las vigas por encima de la viga principal, deberán apearse. Los apeos pueden realizarse con un perfil "L" atornillando las almas de las vigas, o bien con una pieza especial denominada "hanger".



5.2.4 Fijaciones

Para completar el armado de un entrepiso, es necesario vincular sus elementos componentes a la estructura que le sirve de apoyo. Como ya se ha dicho, los **tornillos autoperforantes** son los más utilizados para la fijación entre las piezas.

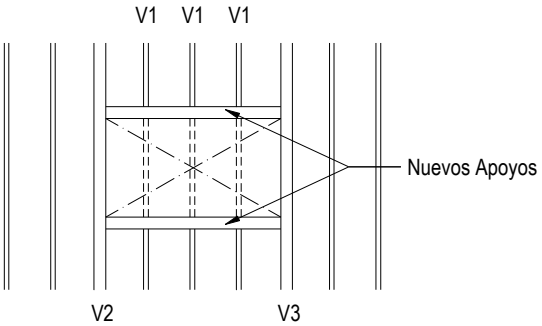
Ver 7.4

Cuando la vinculación del entrepiso deba hacerse a otro tipo de materiales (fundaciones de hormigón armado o paredes de mampostería) deberá elegirse el anclaje adecuado.

5.3 Vanos

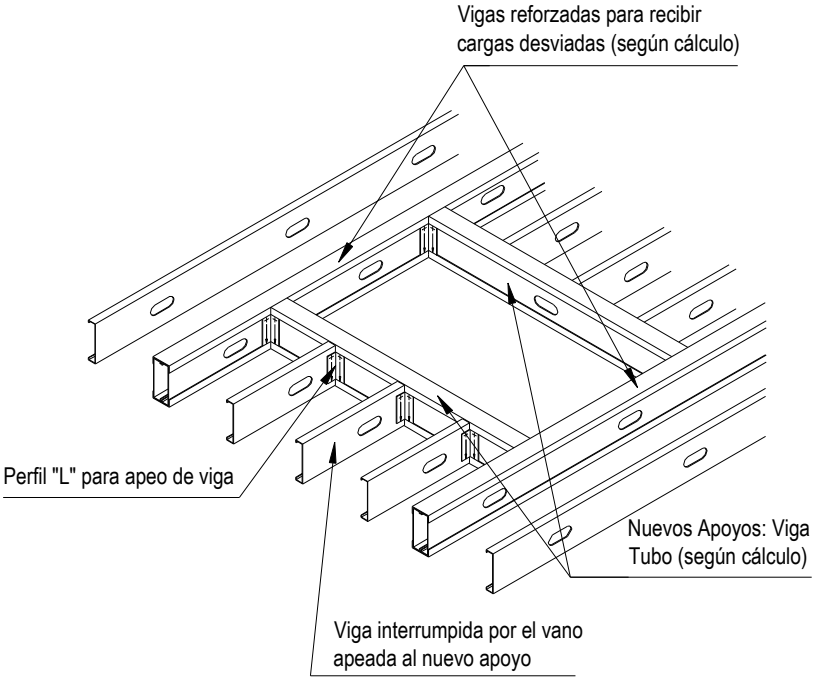
Ante la necesidad de abrir un vano en el entrepiso, (para permitir el acceso al mismo) deberán redireccionarse las cargas que eran transmitidas a través de las vigas, que ahora se verán interrumpidas por el vano; es decir, se deberá otorgar un nuevo apoyo a las vigas cortadas.

En el esquema de la derecha se muestra un vano que interrumpe tres vigas de entrepiso. Al cortar las vigas V1 deberán generarse nuevos apoyos para las mismas. Éstos, a su vez, descargarán sobre las vigas que definen el perímetro del vano (V2 y V3), por lo que deberán ser reforzadas.



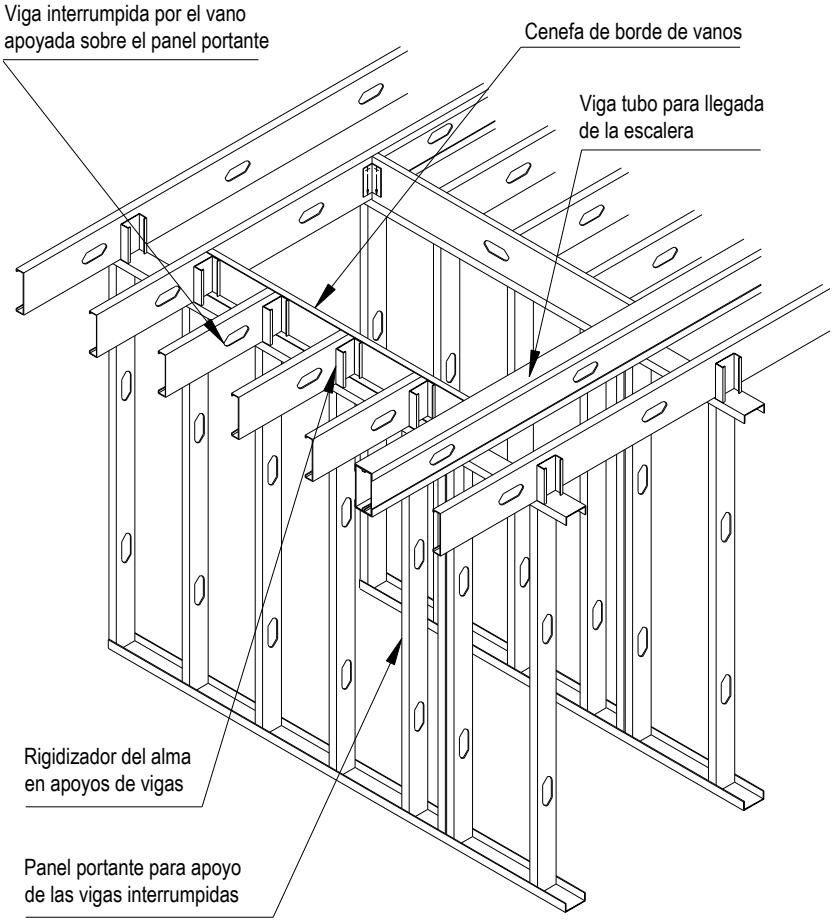
Ver 5.2.2

El modo más frecuente de hacerlo es reemplazando estas vigas simples de entrepiso por una viga compuesta, apta para resistir las nuevas cargas, según cálculo.



En algunos casos el apoyo para las vigas cortadas podrá estar dado por un panel existente en planta baja (portante) que coincida con alguno de los límites del vano en el entrepiso.

Aunque aquí no sea necesario colocar las vigas compuestas como nuevos apoyos, siempre deberá colocarse una viga tubo para la llegada de la escalera, como se muestra en la figura de abajo.

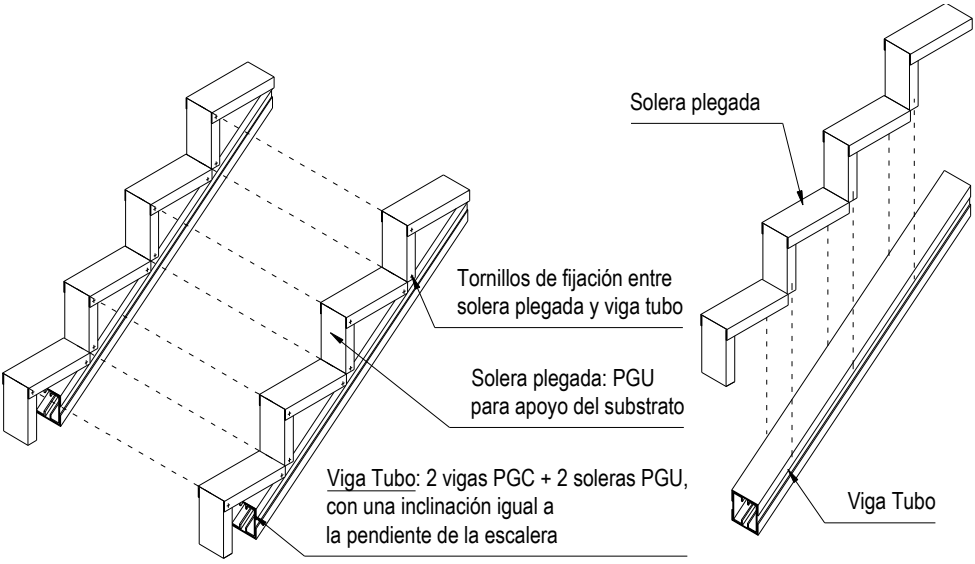


5.3.1 Escalera

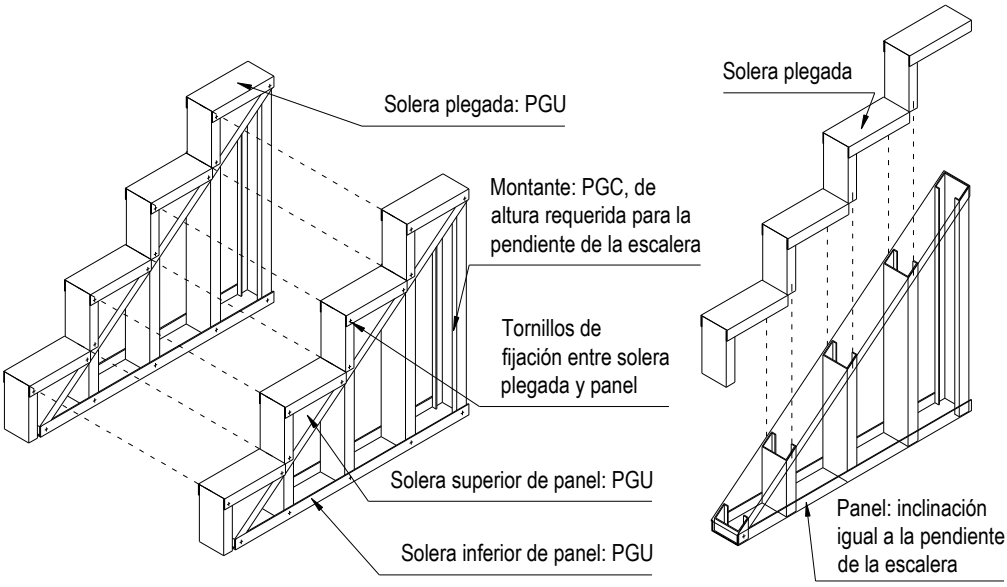
Existen diversas maneras de materializar la estructura de una escalera resuelta con Steel Framing. La elección del tipo de resolución a adoptar está básicamente determinado por el proyecto de arquitectura, es decir que se deberá evaluar la posibilidad de utilizar uno u otro sistema de escalera a partir del diseño de la misma.

Entre las escaleras más comúnmente utilizadas se encuentran las siguientes:

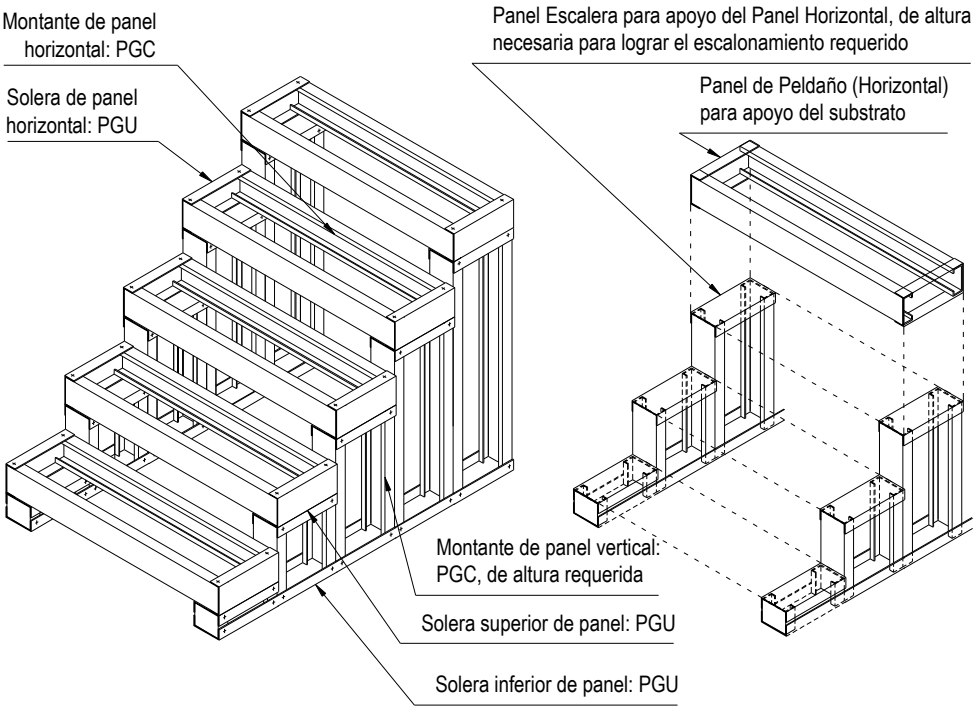
- Viga Tubo Inclinada: como apoyo del substrato se utiliza una solera plegada que va unida a la viga tubo, con la correspondiente inclinación para lograr la pendiente requerida.



- Panel con Pendiente: como apoyo del substrato se utiliza una solera plegada que va unida, en este caso, a un panel con la inclinación necesaria para permitir la pendiente requerida.



- Paneles Escalera + Paneles de Peldaño: los paneles horizontales que sirven de base al substrato se apoyan sobre los paneles verticales cuyos montantes toman la altura correspondiente, de modo de lograr el escalonamiento requerido. Este panel escalonado se conforma como un único panel a través de una solera inferior continua para todos los montantes.



De los tres sistemas, este último es el único que se puede utilizar para resolver escaleras húmedas. Para ello se pondrá una placa por debajo de cada panel de peldaño, rellenándose con hormigón el espacio entre los perfiles del panel horizontal.

- **Solera Plegada**

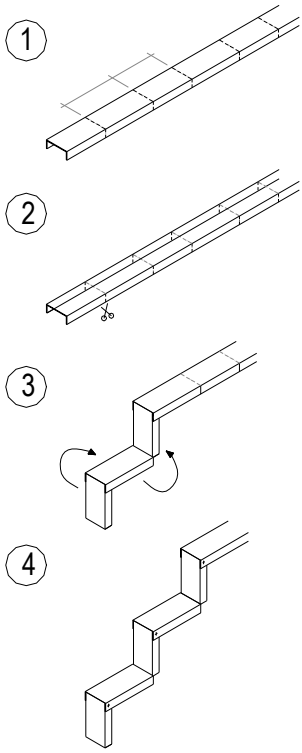
Para lograr el escalonamiento tanto en la escalera de viga tubo como en la de panel inclinado, es necesaria una pieza que se arma a partir del plegado de una solera perfil "U", según la siguiente secuencia:

1. se marca la solera alternando las medidas de la alzada y la pedada (altura y largo de un escalón, respectivamente).

2. En aquellos lugares en donde la solera ha sido marcada se ejecutará un corte en el ala de la misma, de modo de permitir el pliegue.

3. La solera se plegará por las marcas, hacia fuera y hacia adentro alternativamente, en un ángulo de 90º.

4. Una vez completados los pliegues, la solera se atornillará por sus alas a la viga o panel.



5.4 Rigidización

Como ya se ha mencionado, otro elemento a considerar en la ejecución de un entrepiso, es el tipo de substrato que, junto al paquete de materiales, se colocará sobre la estructura de perfiles galvanizados de manera de lograr una superficie transitable.

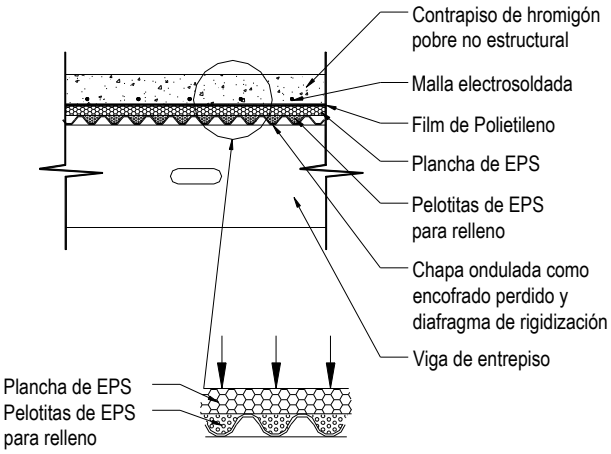
Podemos distinguir dos tipos distintos de substrato para los entrepisos : los secos y los húmedos.

5.4.1 Entrepiso Húmedo o "Contrapiso Flotante"

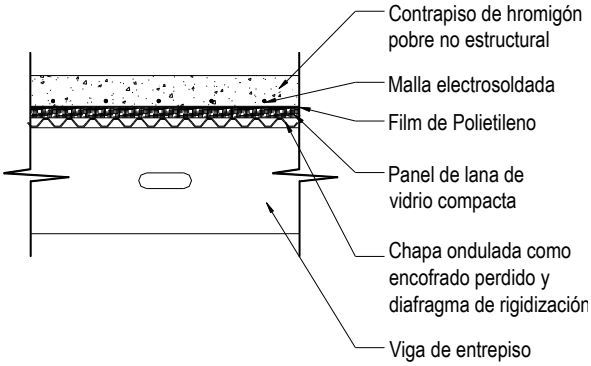
El entrepiso húmedo consta de una chapa ondulada atornillada a las vigas, que funciona como diafragma de rigidización de la estructura y, a su vez, como encofrado perdido para el colado del hormigón no estructural que materializará la superficie o contrapiso. Este contrapiso de entre 4 y 6 cm de espesor, no es estructural, sino que solo actúa como base para la colocación posterior o no, de algún tipo de piso (alfombra, cerámico, etc.). Para evitar posibles fisuras en el hormigón se colocará una malla electrosoldada. Dentro del espesor del contrapiso de hormigón será posible embutir las cañerías de instalación para el caso de calefacción por piso radiante.

El contacto directo entre los distintos materiales del entrepiso, produciría una importante transmisión de sonido a través del mismo, y como consecuencia entre un local y otro. El modo de atenuar dicha transmisión, para lograr el acondicionamiento acústico requerido, es mediante una capa de aislación entre la chapa y el contrapiso. Los materiales aislantes utilizados para este fin son: Poliestireno Expandido o Lana de Vidrio compacta.

En el caso de utilizarse Poliestireno Expandido como aislante, se deberá completar la concavidad de la onda de la chapa con "pelotitas" del mismo material, para que la plancha apoye en forma homogénea, evitando así que la misma se rompa.

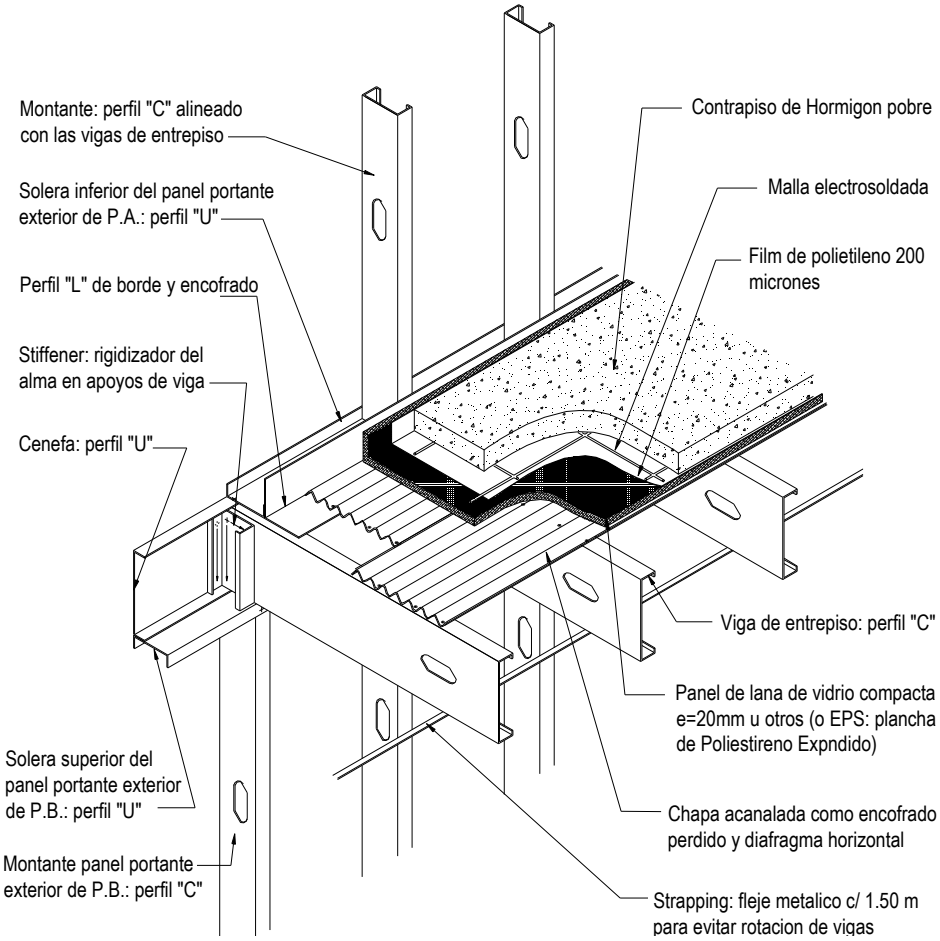


En un entrepiso en el que la aislación sea resuelta con Lana de Vidrio compacta, se deberá colocar un film de polietileno (200 micrones) antes del colado del hormigón, a fin de evitar que se humedezca la lana de vidrio, perdiendo así su capacidad aislante.



Cuando se opte por una aislación de Poliestireno Expandido, en cambio, el film de polietileno podrá ser colocado o no, dadas las características no absorbentes del material aislante.

En la siguiente figura se ve un entrepiso húmedo cuya aislación está resuelta con lana de vidrio compacta. En este ejemplo, como borde del entrepiso húmedo, sirviendo de encofrado lateral al hormigón, se utiliza un perfil “L” de Acero Galvanizado.



5.4.2 Entrepiso Seco

Un entrepiso seco es aquel en el que la rigidización horizontal de la estructura se obtiene mediante placas atornilladas a las vigas, que funcionan a su vez como substrato. Entre las placas de rigidización utilizadas para tal fin se encuentran: los multilaminados fenólicos, placas cementicias, placas celulósicas, etc..

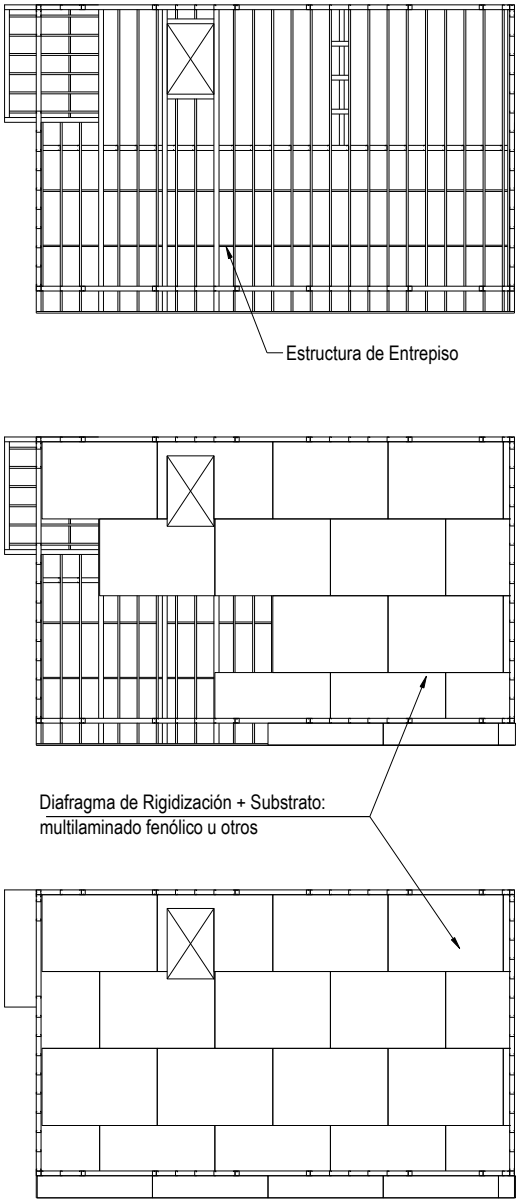
Ver 11.2

La característica principal de los entrepisos secos, en relación a los húmedos, es la menor carga por peso propio. La utilización de placas de substrato (que también lo sean de rigidización horizontal) facilita y acelera la ejecución del trabajo.

La elección del tipo de placa y el espesor de la misma está relacionado con la deformación requerida por las propias características de la placa, y fundamentalmente con el tipo de solado a utilizar.

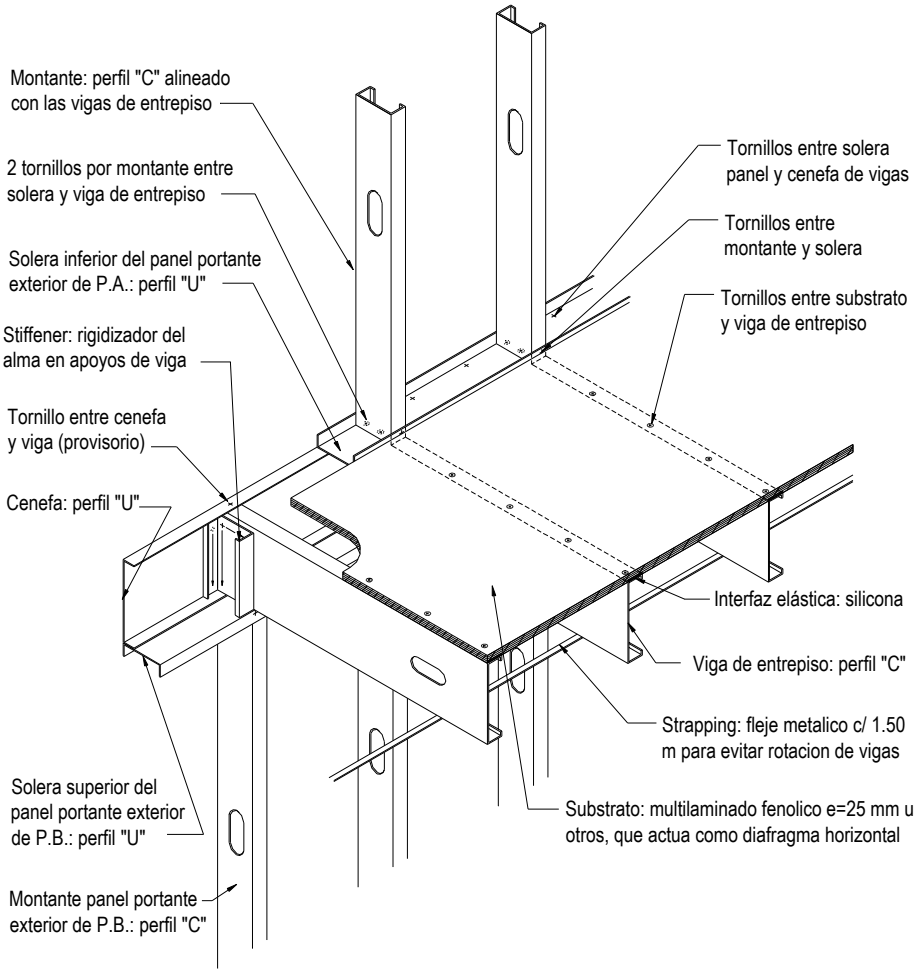
La placa más comúnmente utilizada es el Multilaminado Fenólico de 25 mm de espesor. Para la colocación de un piso cerámico es necesaria una placa del tipo cementicia o celulósica que permita el pegado directo de los cerámicos utilizando los adhesivos tradicionales. Si se colocó un multilaminado fenólico se deberá colocar por sobre este, una placa de las nombradas anteriormente. Según sean los espesores de los pisos, se pueden variar los espesores de los substratos entre ambientes, de manera de tener un único nivel de piso terminado, o de lograr los desniveles necesarios.

En el caso de utilizar multilaminado fenólico, y cuando el piso sea de alfombra, la mejor manera de atenuar el sonido por impacto, es la colocación de un bajo alfombra. En entrepisos de viviendas se recomienda además la colocación de lana de vidrio entre vigas, que junto a la masa del solado superior y a la masa de la placa de yeso utilizada como cielorraso, evitan la transmisión del sonido al ambiente de abajo.



Secuencia de Emplacado sobre Vigas de Entrepiso

Además, siempre deberá aplicarse una interfaz elástica, como silicona, sobre el borde superior del perfil, y por debajo de la placa de substrato.



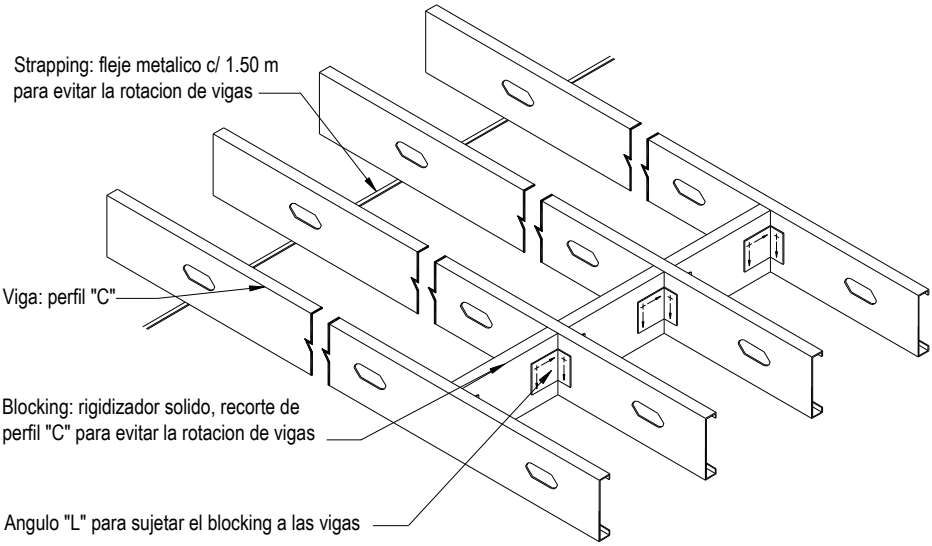
5.4.3 Blocking y Strapping

Dado que en el PGC el baricentro de la sección no coincide con el centro de corte de la misma, las vigas de entrepiso tenderán a rotar por la torsión que esa excentricidad genera. La rotación será mayor donde mayor sean los esfuerzos de corte, por ejemplo cerca de los apoyos.

Para evitar la deformación las vigas deberán ser debidamente arriostradas. El arriostre superior estará dado por el substrato que se coloque en esa cara del perfil, ya sea multilaminado fenólico, u otro. En su cara inferior se deberá utilizar un fleje metálico o **strapping** que vincule los perfiles, inmovilizándolos, a su vez, a unos respecto de los otros .

La placa de roca de yeso que normalmente se aplica en la cara inferior de las vigas, NO es un diafragma de rigidización que impida la rotación de los perfiles. Es entonces necesario utilizar el Strapping en todos los casos.

En casos de grandes luces ente apoyos o de cargas elevadas, se deberá agregar un rigidizador sólido o **blocking** de manera de otorgar mayor rigidez. El blocking es un recorte de perfil “C” dispuesto en forma perpendicular a las vigas y fijado a las mismas con un perfil “L”

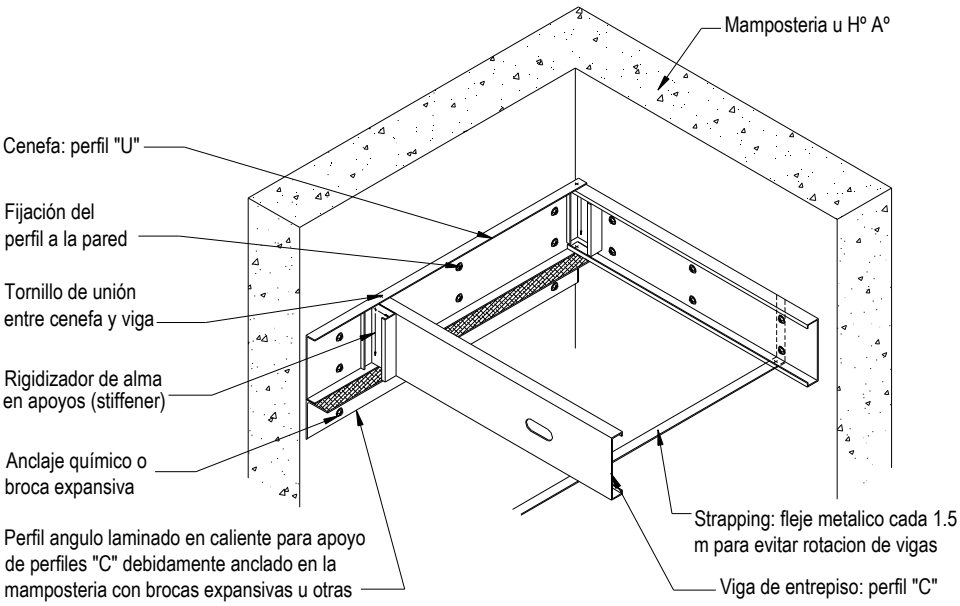


5.5 Otras Consideraciones

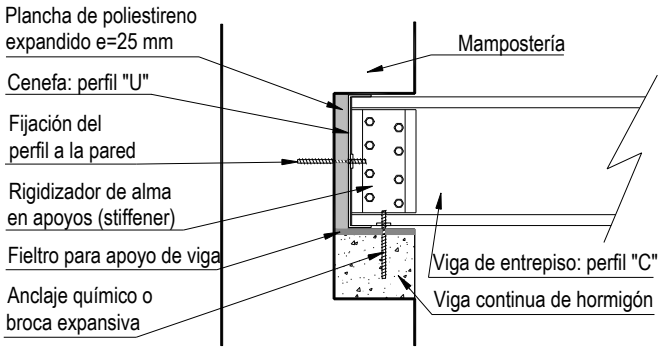
5.5.1 Entrepiso sobre muro tradicional existente

En caso de pretender sujetar un entrepiso resuelto con Steel Framing a una estructura tradicional existente (hormigón o mampostería), podrá optarse entre dos soluciones. La primera consiste en generar fuera del volumen de la pared existente una estructura lineal que sirva de apoyo al nuevo entramado de vigas.

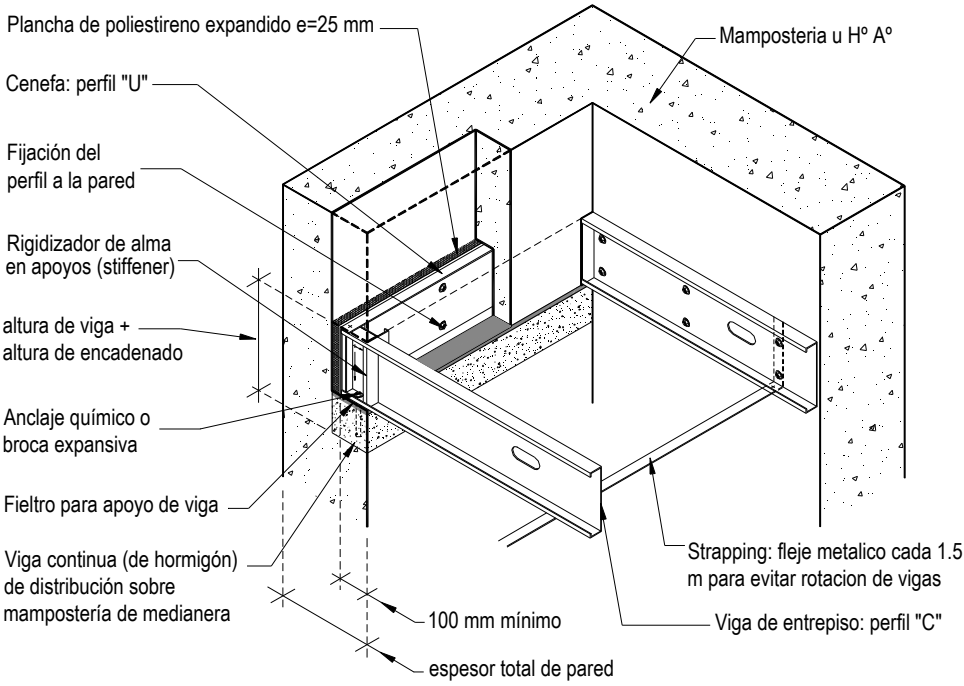
Una de las posibilidades para ello, es colocar debidamente fijado a la pared por medio de brocas químicas o expansivas, un perfil ángulo laminado en caliente, que brinde el apoyo necesario a la estructura de perfiles galvanizados que conforman el entrepiso, como se ve en la siguiente figura:



La otra manera de resolver el encuentro entre un entrepiso de perfiles y un muro de mampostería es generando dentro del espesor del propio tabique una viga de distribución (encadenado de hormigón o tubo de perfiles, por ejemplo) que redistribuya la carga del entrepiso directamente sobre la estructura existente.

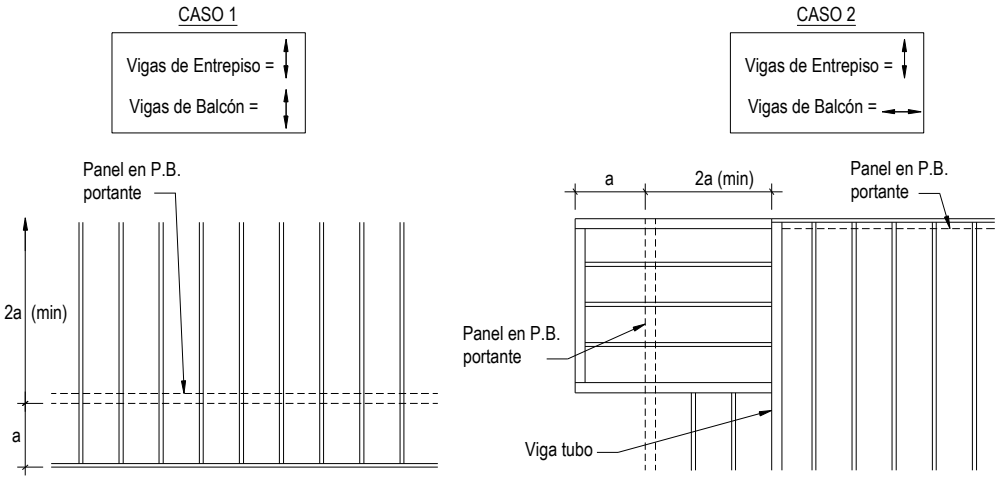


En el siguiente ejemplo, los perfiles del entrepiso apoyan sobre una vida continua de hormigón generada dentro del espesor de la pared de mampostería.

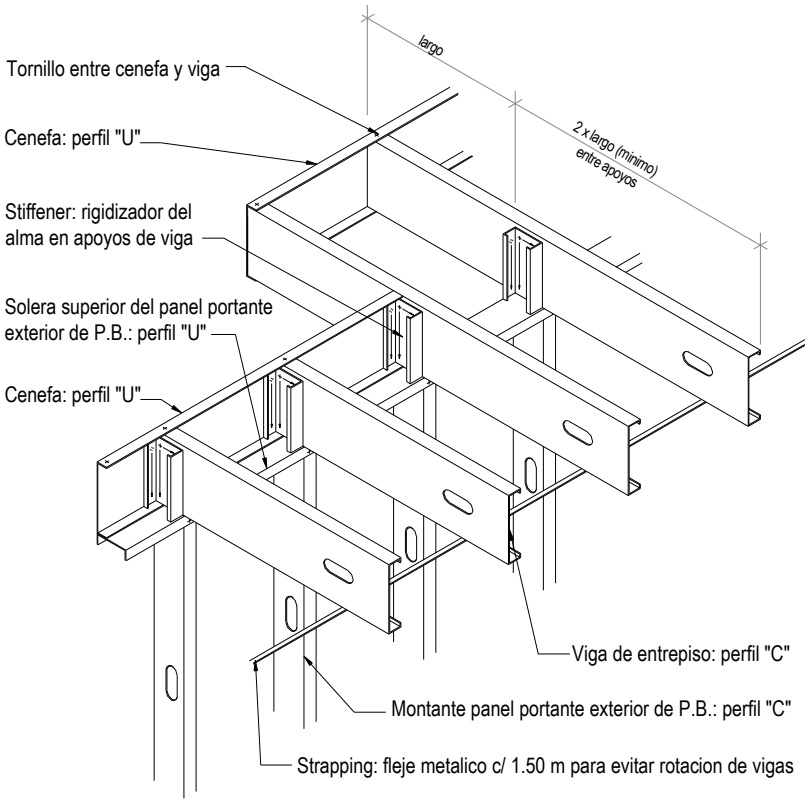


5.5.2 Balcón

Para la ejecución de un Balcón con Steel Framing lo primero a tener en cuenta es si las vigas del balcón tienen la misma dirección que las vigas del entrepiso o no.



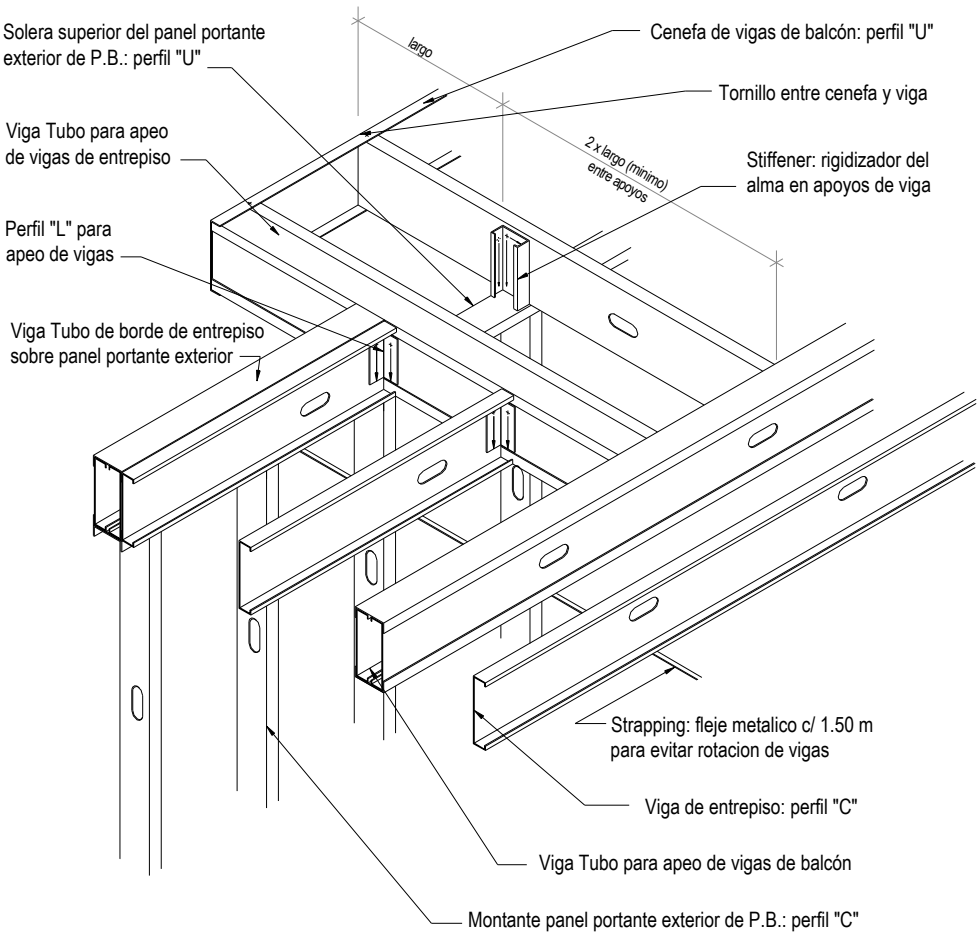
En el primer caso, el balcón, en general, se materializa mediante la prolongación de las vigas del entrepiso, quedando éstas en voladizo. La longitud mínima del tramo de viga entre apoyos para materializar el empotramiento es dos veces la longitud del voladizo.



Cuando las vigas del balcón no tengan igual dirección que las vigas del entrepiso, deberá proveerse una nueva estructura que permita empotrar las vigas que materializarán el balcón.

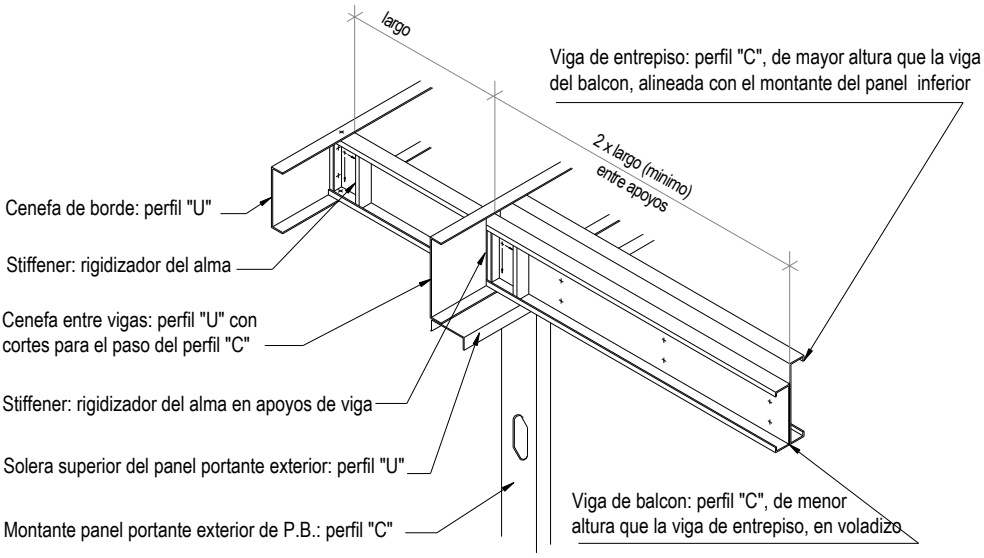
Al igual que en el caso anterior, la longitud de la viga desde el apoyo del voladizo "hacia adentro" deberá ser, como mínimo, el doble de la longitud que queda en ménsula.

Como se indica en la figura que sigue, las vigas del balcón podrán apearse a una viga compuesta (tubo), en caso de no contar con un panel en P.B. que les sirva de apoyo. Las vigas del entrepiso interrumpidas también necesitarán un nuevo apoyo, pudiendo ser éste una viga tubo, como se muestra a continuación.



Al igual que en cualquier construcción tradicional, entre un balcón exterior y el local interior adyacente debe existir un desnivel. En el caso del entrepiso húmedo esto se resuelve variando el espesor del contrapiso.

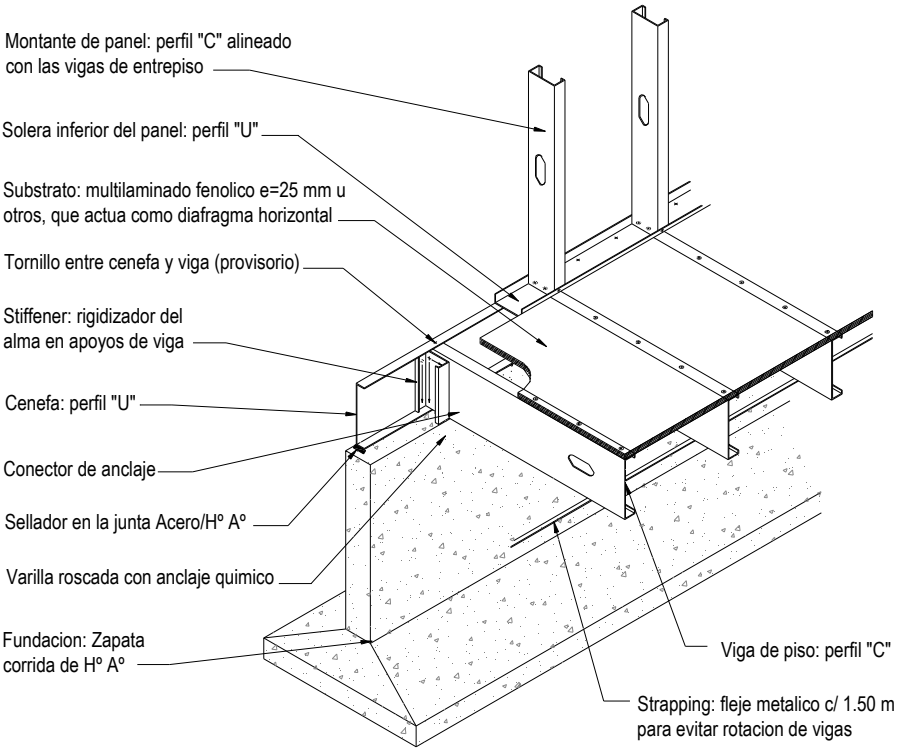
En entrepisos secos, en cambio, para lograr el desnivel requerido deberán utilizarse para el balcón perfiles de menor altura que las vigas del entrepiso. Los mismos se atornillarán a la estructura existente por el alma, en una longitud igual al doble del tramo en ménsula.



5.5.3 Steel Deck sobre fundación

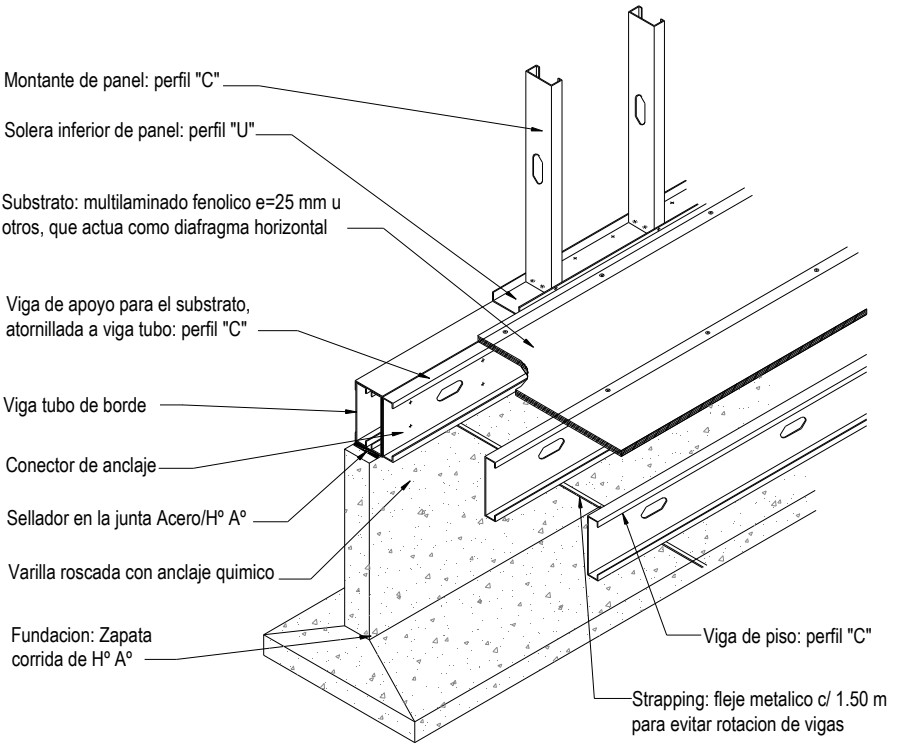
En aquellas construcciones en las que la fundación sea del tipo sobreelevada, zapata corrida por ejemplo, se puede ejecutar un entrepiso sobre la fundación. Como ya se ha mencionado anteriormente, la vinculación entre la estructura de perfiles y la estructura de apoyo se materializa por medio de anclajes.

Ver 7.5



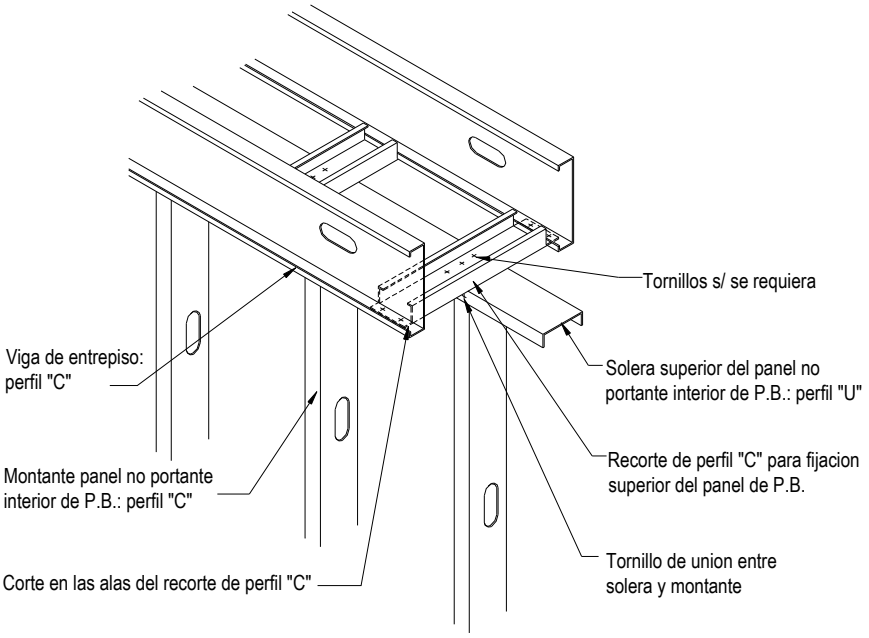
En las juntas entre un material y otro, entre Acero y hormigón por ejemplo, siempre será necesaria la colocación de un sellador como interfaz elástica.

Ver 9.7



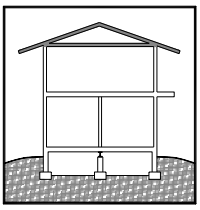
5.5.4 Fijacion superior de Panel no Portante paralelo a las Vigas

Para la fijación de un panel no portante paralelo a las vigas de entrepiso se utiliza un recorte de perfil “C”, como se muestra a continuación.



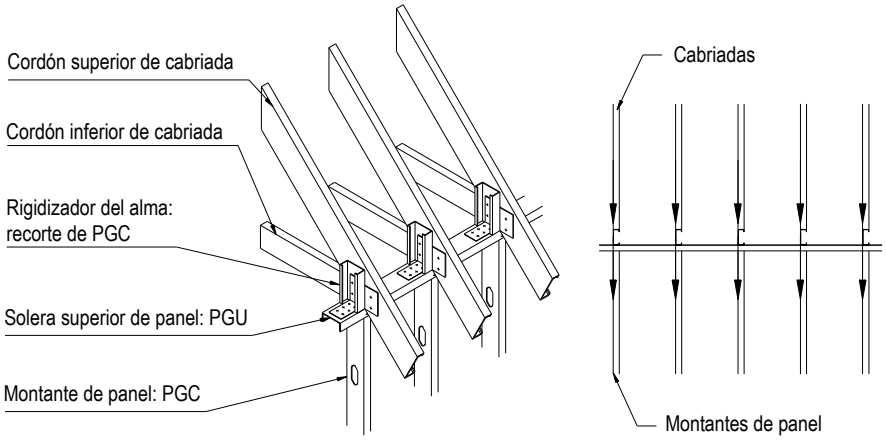
6 TECHOS

6.1 Conceptos Generales

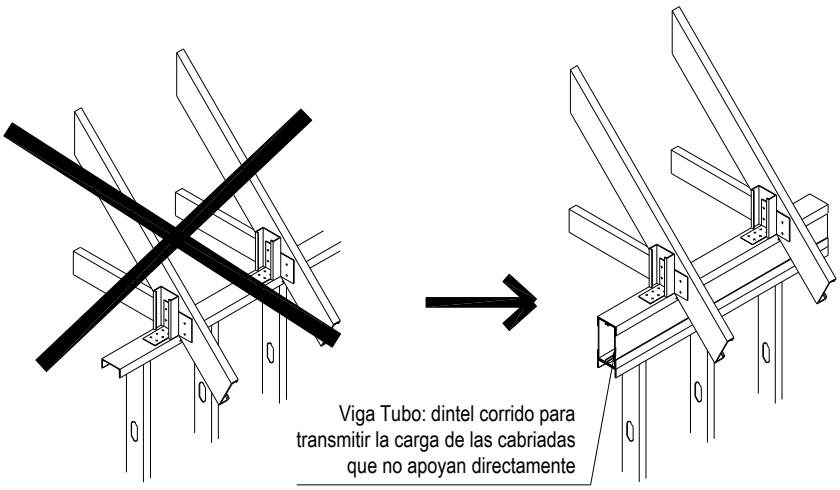


Al igual que para paneles y entrepisos, de acurdo con lo ya visto en los capítulos anteriores, una estructura de techos resuelta con Steel Framing tiene como concepto principal dividir la estructura en una gran cantidad de elementos estructurales equidistantes, de manera que cada uno resista una porción de la carga total.

Para posibilitar la **estructura alineada**, característica fundamental del sistema, el alma de los perfiles que componen la estructura de techos debe estar alineada al alma de los montantes del panel sobre los que apoyan y sus secciones en coincidencia, de modo que la transmisión de cargas sea en forma axial.



En los casos en los que la modulación de la estructura de techos no se corresponda con la de la estructura de apoyo, y por lo tanto las almas de los perfiles no estén en coincidencia, deberá colocarse una viga dintel corrida capaz de transmitir las cargas de los perfiles no alineados.



Una estructura resuelta en Acero, como ya se ha visto en entrepisos y paneles, necesita un *elemento rigidizador* capaz de resistir y transmitir los esfuerzos horizontales debidos principalmente a la acción de viento y sismos.

En el caso de los techos ejecutados con Steel Framing la resistencia a las cargas laterales, que aparecen perpendicularmente al propio plano de la cabriada, se puede obtener mediante:

Ver 6.4.1 ▪ Arriostramiento Longitudinal

Ver 6.4.2 ▪ Diafragma de Rigidización

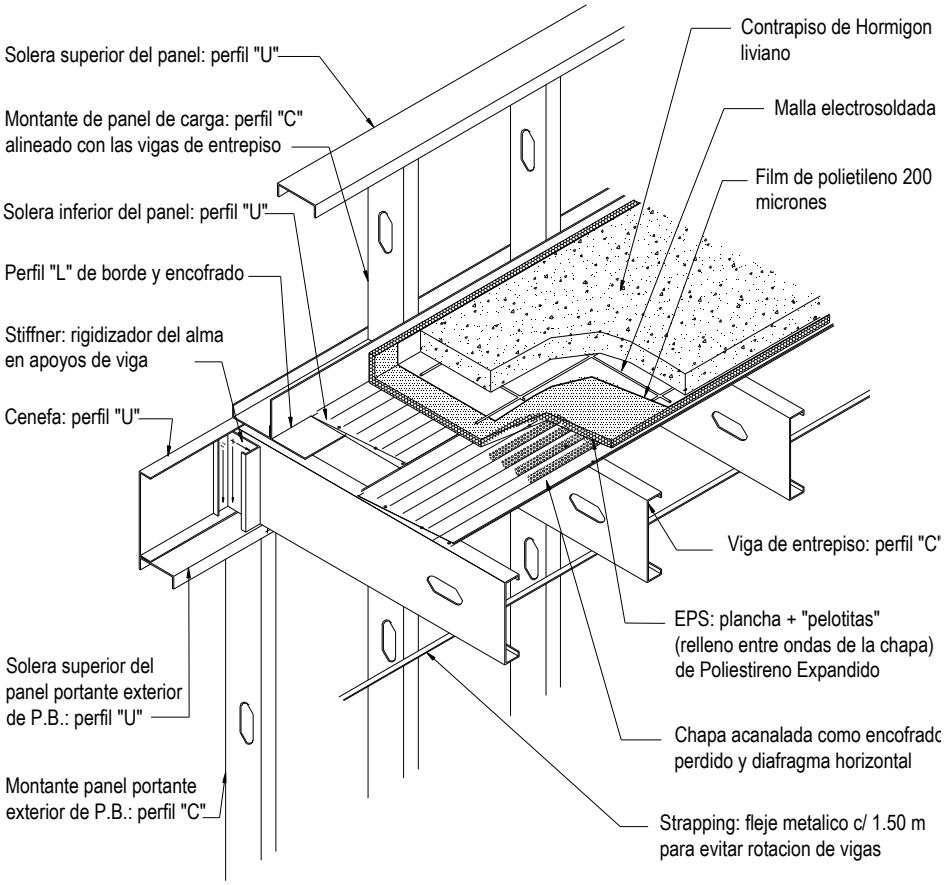
En cuanto al tipo de cubiertas, el Steel Framing admite la materialización de techos tanto inclinados como planos. En el caso de una cubierta inclinada, al igual que para una cubierta de construcción tradicional con estructura de madera por ejemplo, hay dos maneras posibles de resolver la estructura de techos: mediante cabios o cabriadas.

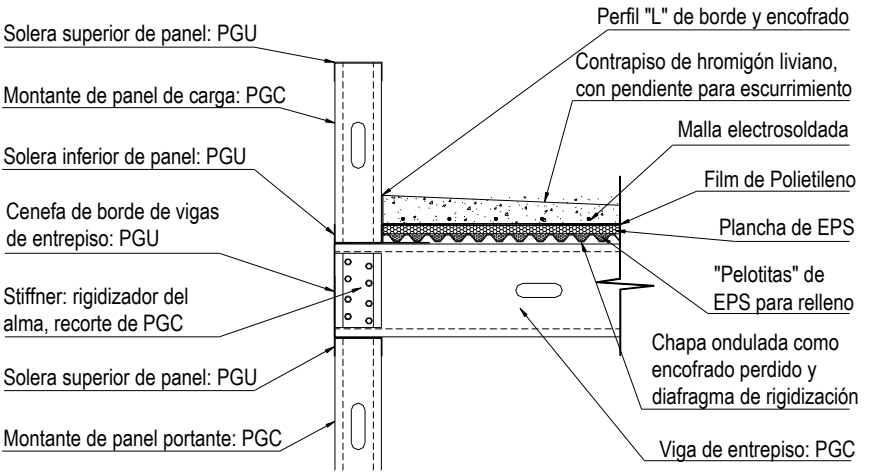
- **Cubierta Plana**

Ver 5.4.1

El techo plano, en la mayoría de lo casos, se resuelve como un entrepiso húmedo, variándose el espesor del contrapiso de modo de obtener las pendientes de escurrimiento necesarias.

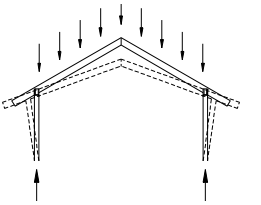
En los techos planos resueltos a modo de entrepiso el rigidizador será el propio substrato, ya sea chapa o multilaminado fenólico.





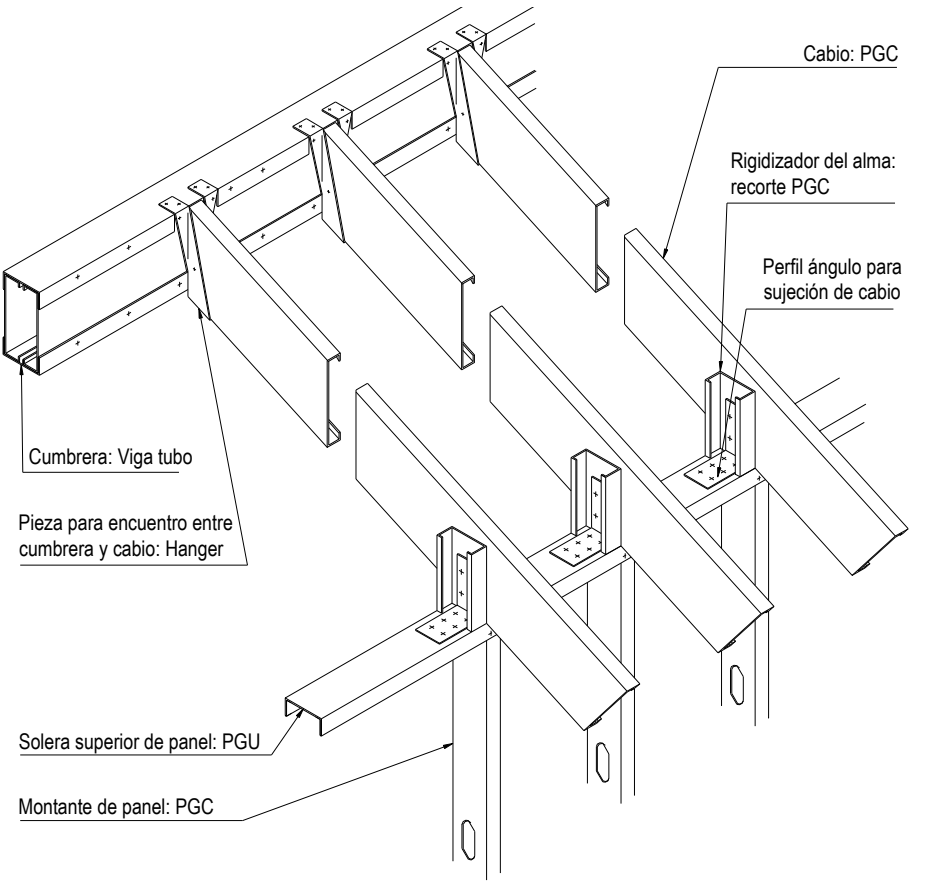
- **Cabios**

La estructura de cabios de Acero se resuelve con un criterio similar al de las vigas de un entrepiso. Los cabios son perfiles "C" o "vigas inclinadas" que, como toda viga, deberán apoyar en ambos extremos. En muchos casos no es posible contar con un apoyo continuo en uno de los extremos (suponiendo, por ejemplo, el techo a dos agua de una vivienda tipo, lo más probable es que en el encuentro entre ambos cabios no exista un panel de apoyo). Entonces será necesaria la colocación de una viga tubo de cumbrera.



Ver 5.2.3

La siguiente figura muestra una manera posible de sujetar los cabios a la cumbrera, mediante una pieza especial denominada "hanger". Esta pieza es la que, sujeta a la viga de cumbrera, recibe y da apoyo al cabio.



- **Cabriadas**

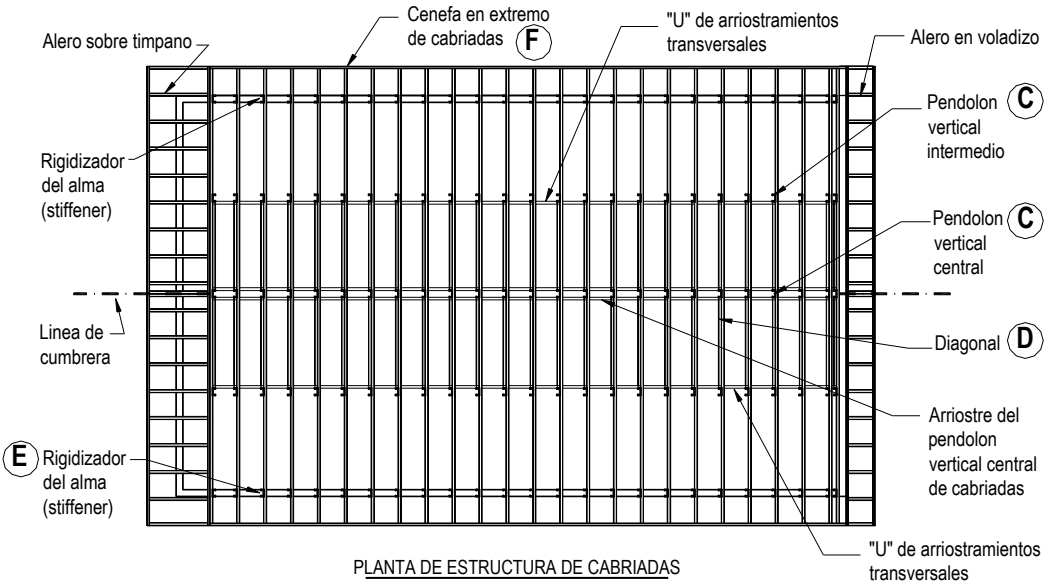
La utilización de cabriadas en la construcción con Acero, es una metodología muy rápida y sencilla, una de las razones por las que se la utiliza más frecuentemente. Las cabriadas están compuestas por un conjunto de elementos (perfiles galvanizados) que unidos entre sí, permiten cubrir grandes luces libres entre apoyos, sin necesitar puntos de apoyo intermedios. Además, la estructura de cabriadas otorga una gran ventaja a la construcción, en especial si se trata de una vivienda: la posibilidad de generar un espacio en el ático que permita la circulación de un volumen de aire, favoreciendo así la ventilación del mismo y como consecuencia de la vivienda.

Ver 9.6

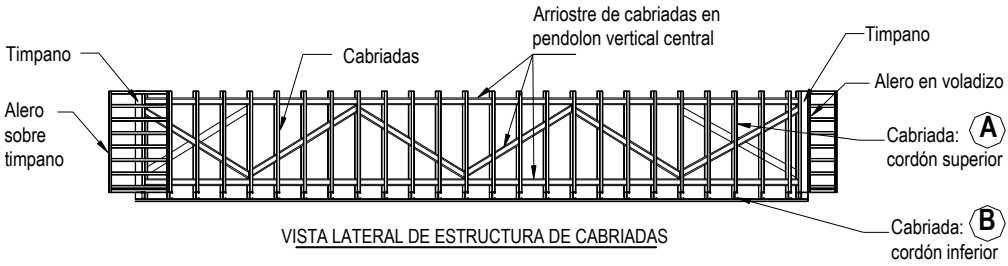
En este capítulo desarrollaremos más extensamente la estructura de **cabriadas** para una cubierta inclinada.

6.2 Elementos de la estructura deTechos

- **Planta/ Vista de una Estructura de Techos resuelta con Cabriadas**



PLANTA DE ESTRUCTURA DE CABRIADAS



VISTA LATERAL DE ESTRUCTURA DE CABRIADAS

6.2.1 Elementos Básicos de la Cabriada

A. Cordón superior: perfil PGC que le da la forma y la pendiente a la cubierta de techo exterior.

B. Cordón inferior: perfil PGC que le da la forma y la pendiente al cielorraso del espacio a cubrir.

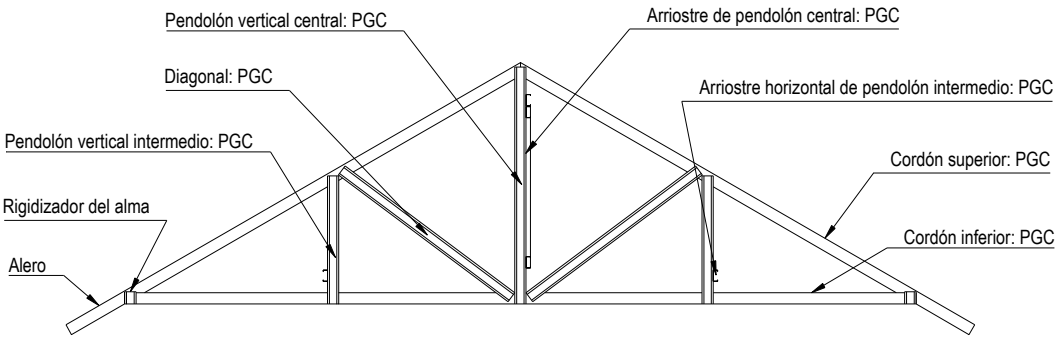
C. Pendolones: perfiles PGC dispuestos en forma vertical que vinculan el cordón superior con el cordón inferior.

D. Diagonales: perfiles PGC inclinados que vinculan el cordón superior con el cordón inferior.

E. Rigidizadores de apoyo: recorte de perfil PGC colocado en los puntos de apoyo de la cabriada, en donde se produce la transmisión de los esfuerzos, de manera de evitar la abolladura del alma de los perfiles del cordón superior e inferior.

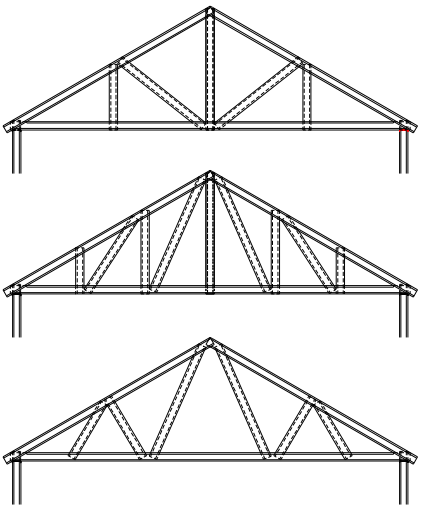
F. Cenefa: perfil PGU que une los extremos de los cordones de cabriada que conforman el alero.

- **Piezas que conforman una Cabriada**



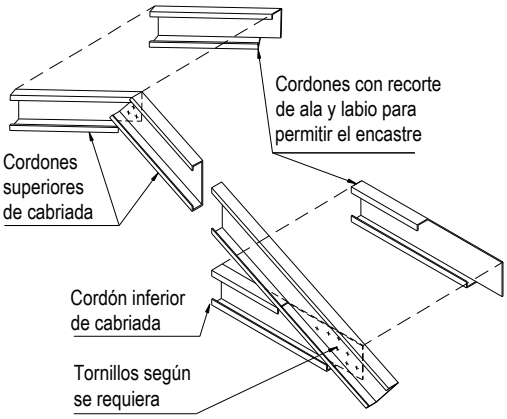
6.2.2 Encuentros y Apoyos para Cabriadas

Para el armado de una cabriada se tendrá en cuenta que los labios de los perfiles de los cordones superiores e inferiores se disponen hacia el mismo lado. Los pendolones y diagonales se unen a los cordones de la cabriada por el alma, de modo que sus labios quedan dispuestas hacia el otro lado.



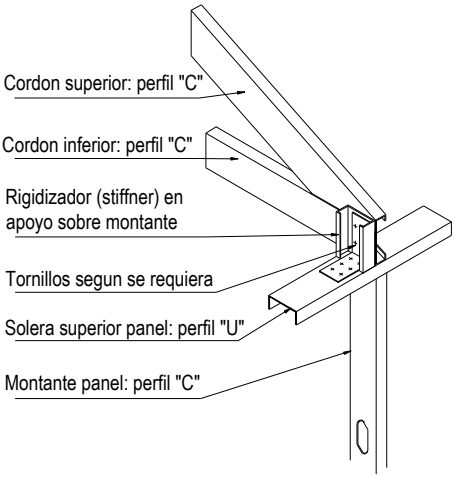
El plano definido por las almas de las piezas coincide con las almas de los montantes que sirven de apoyo, para poder cumplir con el concepto anteriormente mencionado de *estructura alineada*. La disposición de los pendolones y diagonales dentro de la silueta de la cabriada estará dada fundamentalmente por condiciones estructurales.

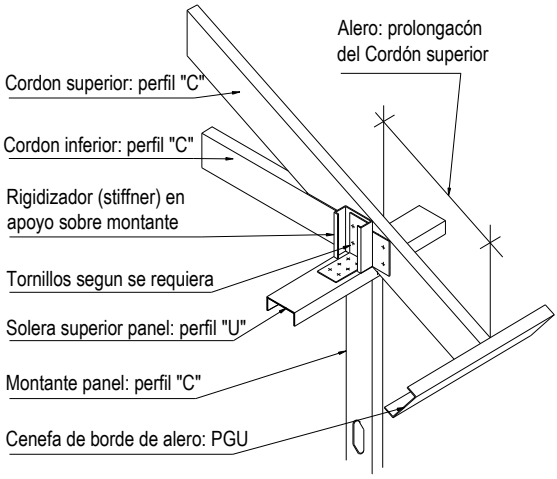
Al unirse dos cordones por el alma se deberá recortar el ala y el labio de uno de los perfiles para permitir el encastre, como se ve en la figura de la derecha.



El encuentro entre la cabriada y el panel presenta dos variantes, que se muestran en la figura de abajo. En el primer caso, la cabriada termina “al ras” del panel. En el segundo caso el cordón superior se prolonga conformando un alero.

Ver 6.3.2





6.2.3 Fijaciones

Ver 7.4

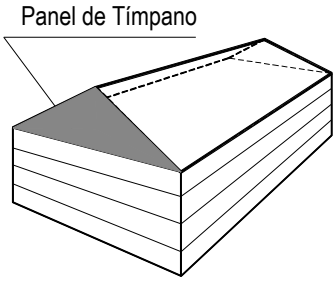
La unión entre sí de las piezas de la cabriada se realiza, en general, mediante **tornillos autoperforantes**.

Este mismo sistema de fijación se utiliza para la unión entre la cabriada y su apoyo, utilizándose en la vinculación un perfil "L" de acero galvanizado. La cantidad de tornillos dependerá de las cargas a las que la estructura se vea sometida, obteniéndose según cálculo.

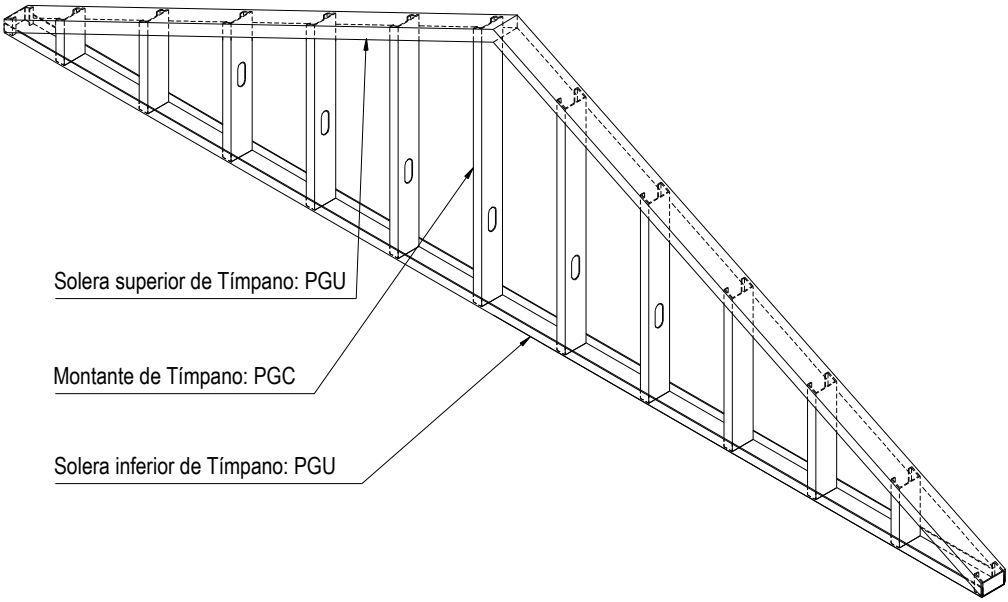
6.3 Tímpanos y Aleros

6.3.1 Tímpanos

El tímpano es el panel que sirve de cerramiento para el volumen de la estructura de techos. La pendiente de su solera superior es la misma que la de la estructura de techos que contiene, de modo que los montantes que conforman un panel de tímpano son de altura variable. La sección y el alma de los mismos deben estar en coincidencia con las de los montantes del panel de apoyo.

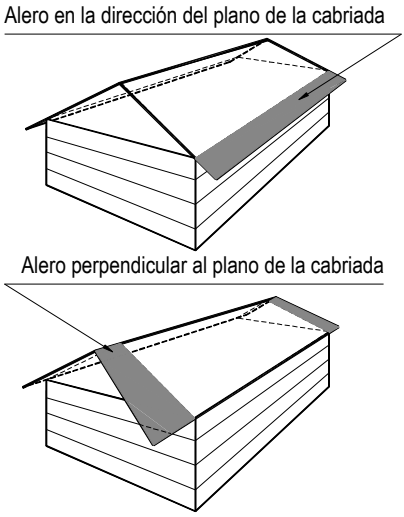


La silueta del tímpano “copiará” la silueta de la cabriada, y su altura dependerá de la presencia y/o disposición del alero.

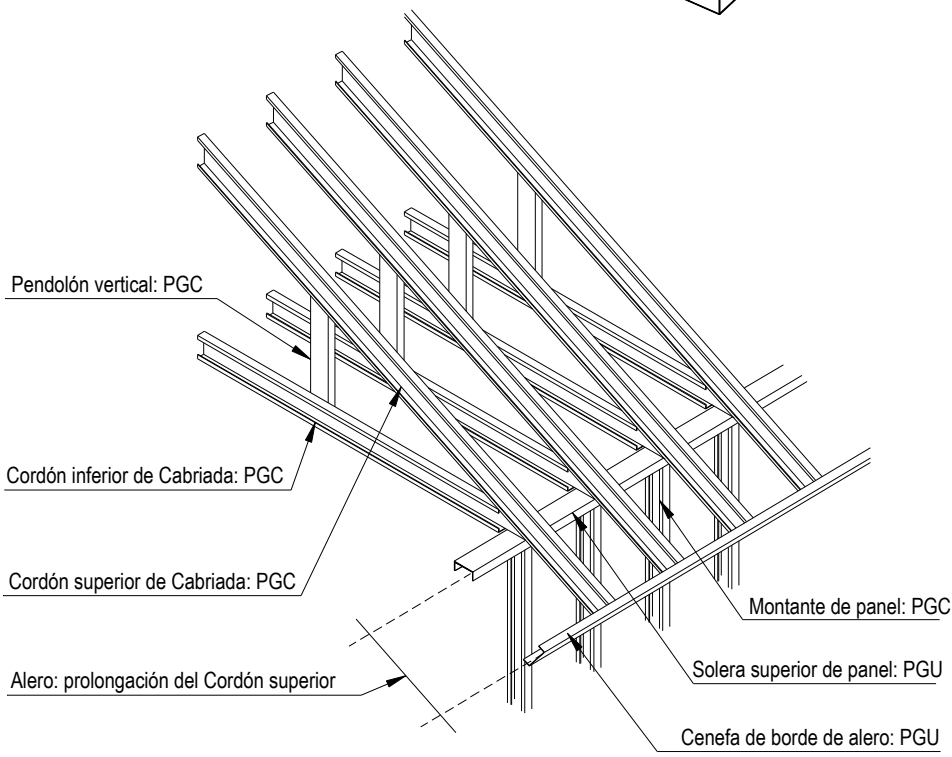


6.3.2 Aleros

Básicamente, existen dos posibles ubicaciones para un alero en una cubierta inclinada: una es en la dirección del plano de la cabriada y la otra perpendicular a dicho plano, como se muestra en la figura de la derecha.



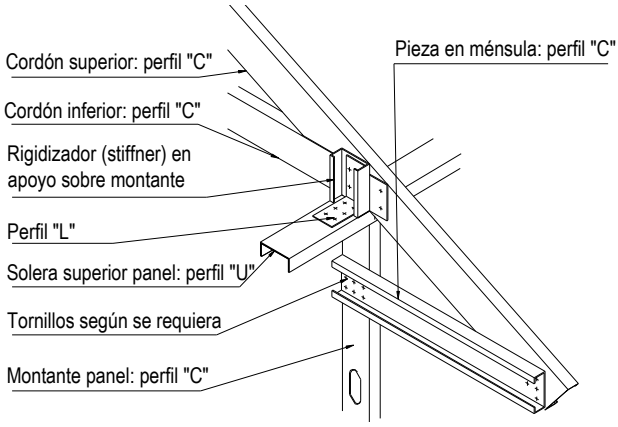
En el primer caso, el alero se genera a partir de la prolongación del cordón superior de la cabriada, uniéndose los extremos en voladizo con una cenefa, perfil “U", de terminación, tal como se observa en la figura que sigue.



Ver 9.6

Este tipo de alero posibilita la ventilación del ático a través del mismo.

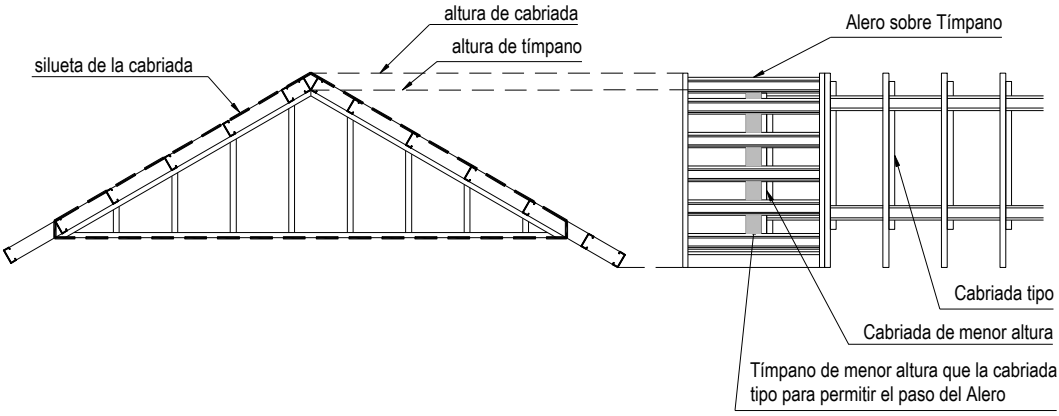
Para facilitar la ventilación, y básicamente en relación a las decisiones de diseño, podrá agregarse una pieza suplementaria uniendo el extremo del cordón superior al montante del panel. Esta pieza permite generar un plano horizontal para la colocación del material de terminación y las tomas de aire.

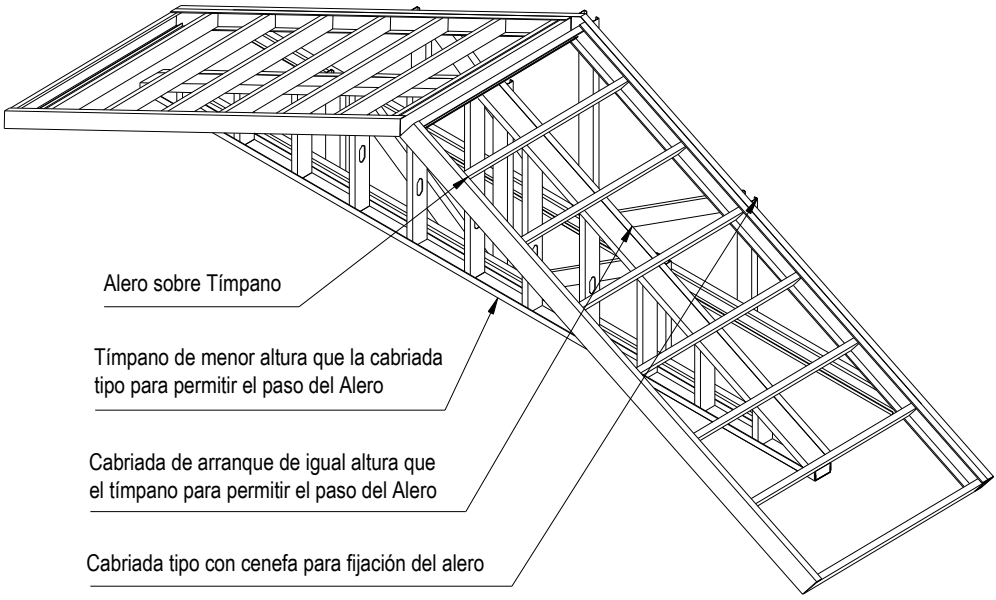


En el caso de un alero perpendicular al plano de la cabriada debe ejecutarse un panel auxiliar denominado **panel de alero**, cuya unión a la estructura de techos puede ser de dos modos distintos: una variante es que el panel de alero se apoye sobre el tímpano, fijándose a la primer cabriada; la otra opción es que el panel se fije a tope con el tímpano, quedando así en voladizo.

- Panel de Alero sobre Tímpano:

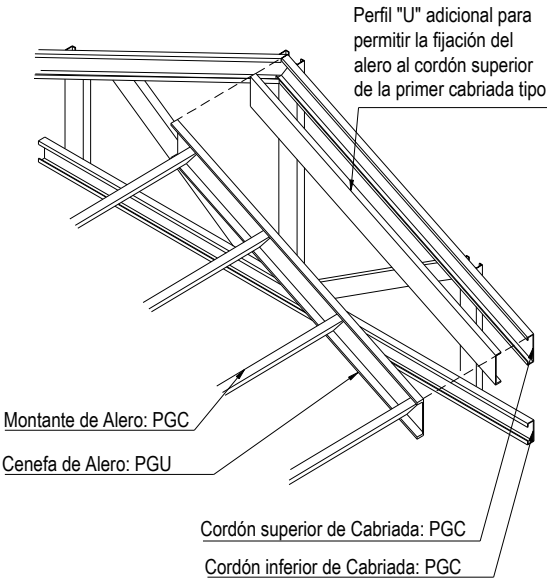
En este caso, la altura del tímpano es menor que la altura de la cabriada tipo para permitir el paso y apoyo del panel de alero, que se fijará a la primer cabriada tipo de la estructura de techos.

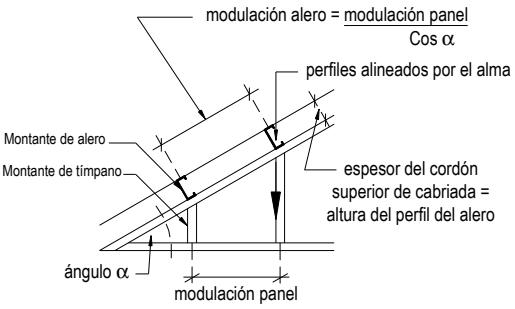




Para poder unir el alero a la cabriada deberá reforzarse el cordón superior de la misma con un perfil “U”, de modo de generar una sección cajón y una superficie apta para la sujeción a tope del panel, como lo muestra la figura de la derecha.

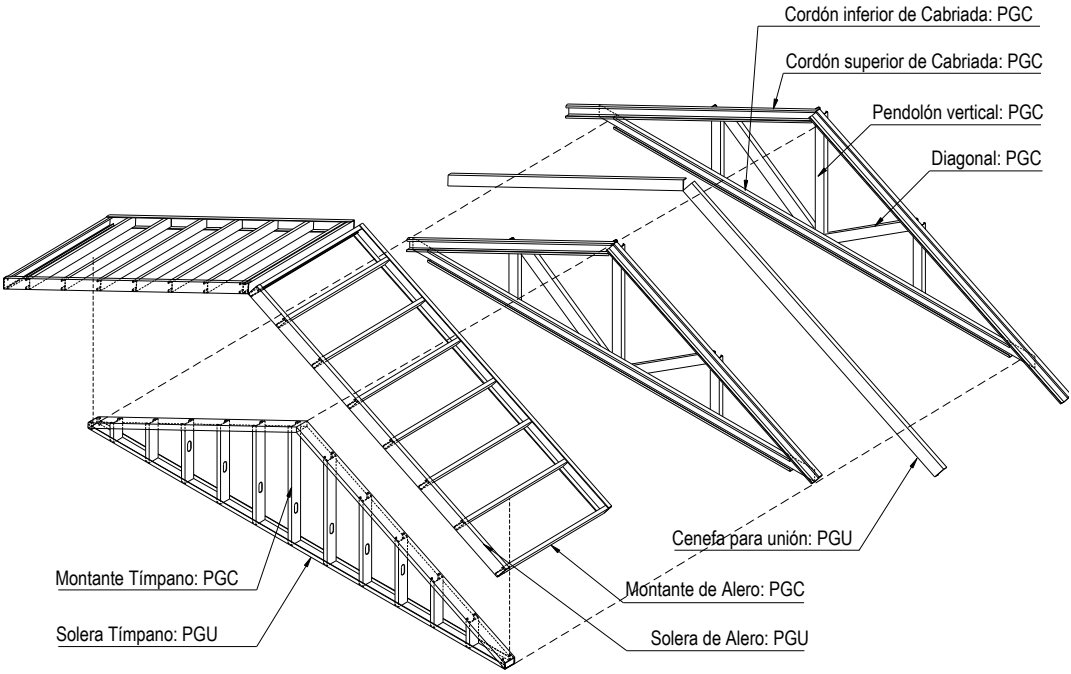
En algunos casos, junto con el tímpano se podrá colocar una cabriada de arranque de igual altura que el mismo, con el fin de brindar una superficie a la cual atornillar la placa de cielorraso y eventualmente, permitir la llegada del arriostramiento hasta el extremo de la estructura.





Dado que el alma de los perfiles del alero debe coincidir con el alma de los montantes que le sirven de apoyo, la modulación del panel de alero dependerá del ángulo de inclinación del techo, tal como se ve en el gráfico de la izquierda.

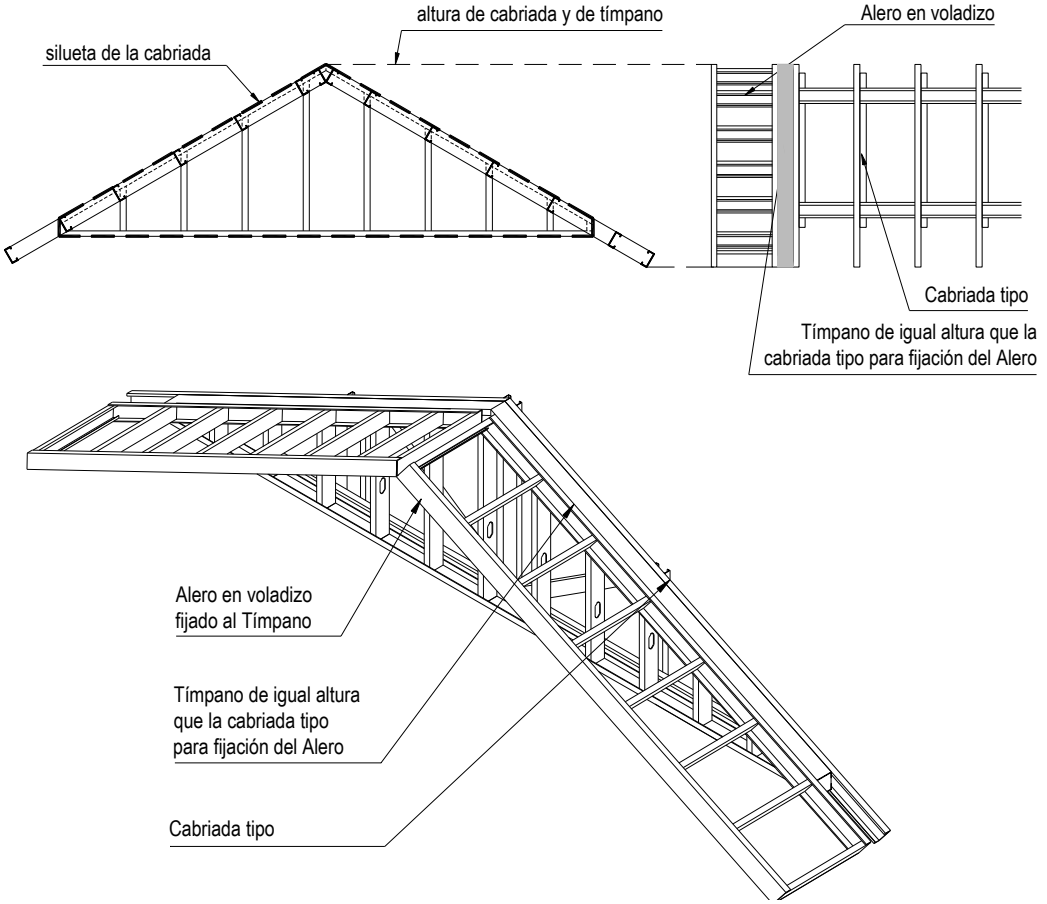
La figura de abajo muestra un despiece del alero y de los elementos que le sirven para el apoyo y/o fijación del mismo.

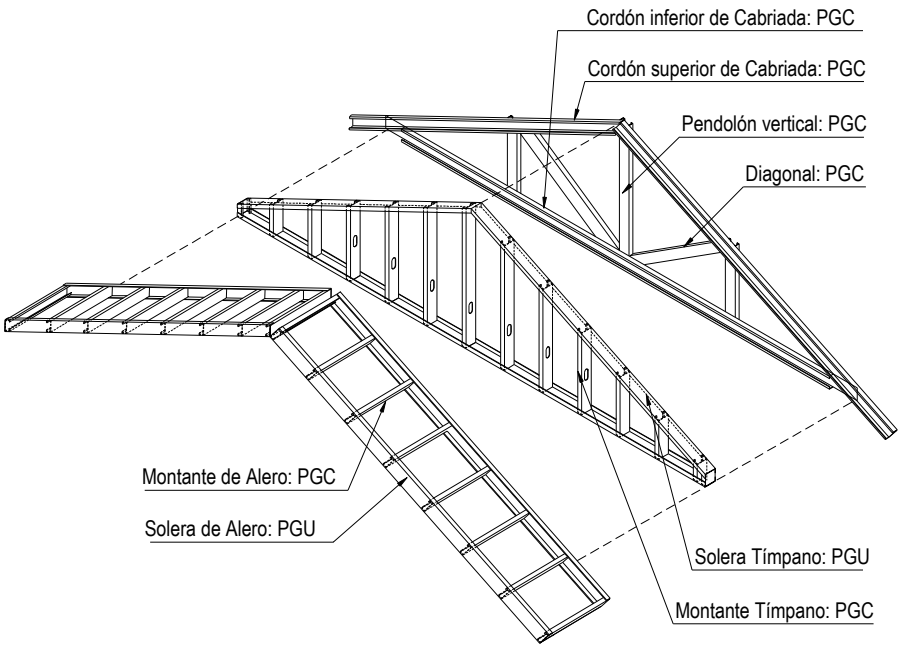


- <u>Panel de Alero en Voladizo:</u>

Esta solución se adopta **sólo** para luces pequeñas. El panel de alero está fijado al tímpano, que en este caso tiene la misma altura que las cabriadas.

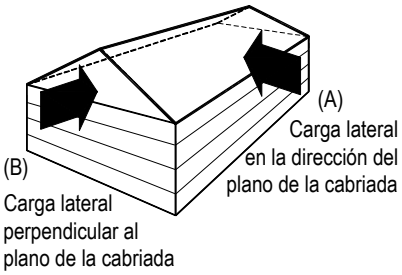
La modulación de este tipo de alero no necesariamente debe coincidir con la del panel de tímpano al que se fija. La flexión del voladizo es absorbida en gran parte por la placa de rigidización que estará atornillada tanto a los cordones superiores de las cabriadas como al panel de alero.



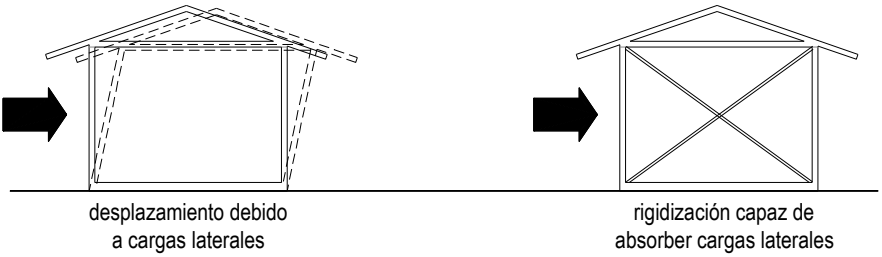


6.4 Rigidización

Dadas las características geométricas de la cabriada, la misma posee una rigidez tal que no se deformará al recibir cargas laterales en la dirección de su plano (A).



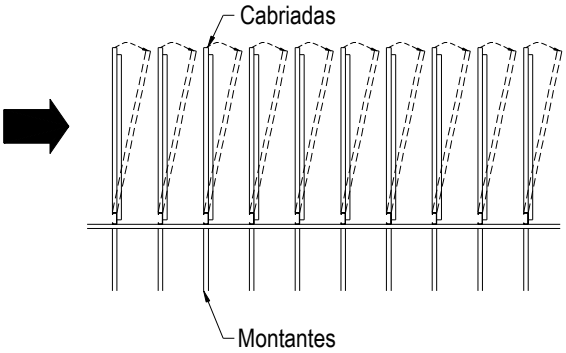
Sin embargo, como las cabriadas están vinculadas a los paneles mediante nudos no rígidos, estas mismas cargas provocarán el desplazamiento de toda la estructura, como lo esquematiza la figura de abajo.



Debido a ello, los paneles que le sirven de apoyo a las cabriadas, siempre deberán vincularse a paneles que se encuentren en la dirección de las cargas y que, a su vez, estén rigidizados para poder absorberlas, como se ha visto en el capítulo de paneles.

Ante las cargas laterales perpendiculares a su plano (B) las cabriadas tenderán a rotar alrededor del eje definido por la línea de sus puntos de apoyo.

El modo de evitar el efecto de volcamiento, y lograr que las cabriadas trabajen en conjunto, es colocando un elemento rigidizador que, además de "coser" las cabriadas entre sí, sea capaz de impedir las posibles deformaciones y/o desplazamientos de la estructura de techos.

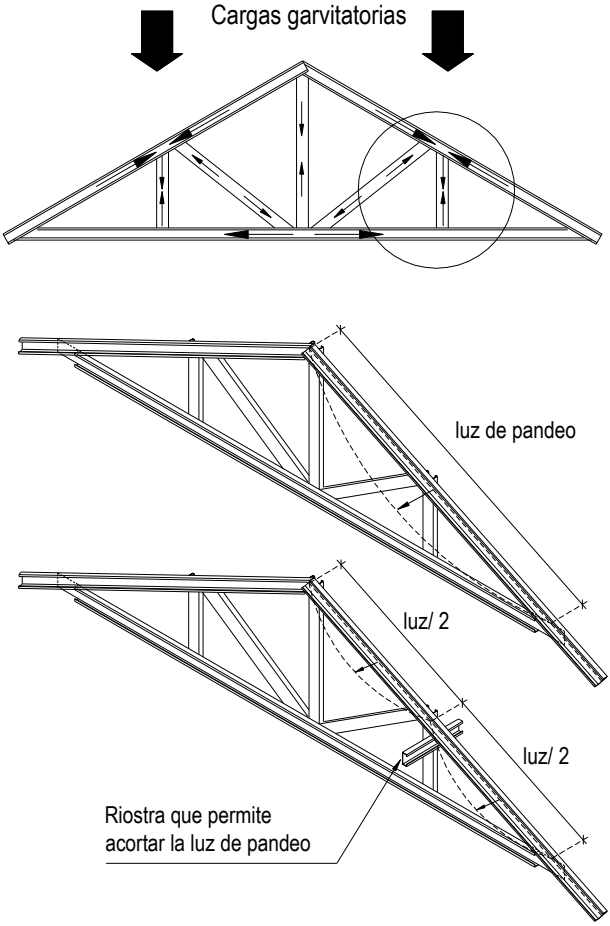


Tal rigidización, que deberá ser aplicada en el plano paralelo a la carga, es decir, en el plano del faldón, podrá estar dada por:

- Cruces de San Andrés y riostras transversales al plano de la cabriada
- Placas estructurales capaces de actuar como Diafragma de Rigidización

Además de resistencia a las cargas laterales, las estructura de techos deberá ser provista de un elemento para prevenir el pandeo de los perfiles de la propia cabriada.

En la mayoría de los casos, dependiendo de la dirección resultante de las cargas que actúen sobre la estructura, los cordones superiores e inferior de la cabriada estarán alternativamente comprimidos y/o traccionados.



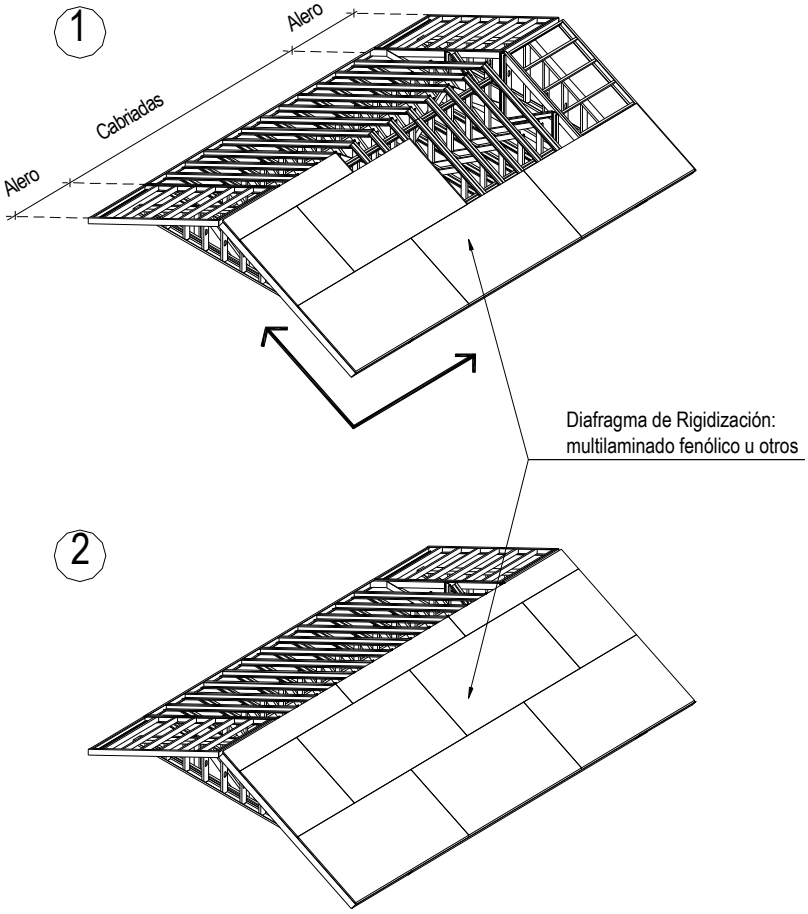
Dado que el perfil, al verse sometido al esfuerzo de compresión, tenderá a pandear en el sentido de la menor inercia de su sección, deberá limitarse la luz de pandeo en ambos, cordón superior e inferior. La colocación de un arriostramiento en los nudos de las barras, permite la disminución de la luz de pandeo.

6.4.1 Diafragma de Rigidización

Debido a la gran rigidez que tienen las placas en su plano, evitan que el cordón superior de la cabriada pandee en la dirección del plano del faldón, rigidizándolo así en el sentido de la menor inercia de su sección.

Ver 11.2

Las placas exteriores estructurales que se utilizan como diafragma de rigidización se disponen sobre las cabriadas, trabándose entre sí, y cubriendo toda la superficie del faldón. De esta manera, además de funcionar como rigidizador, generan una superficie continua, apta para ser utilizada como substrato de la terminación exterior de la cubierta.

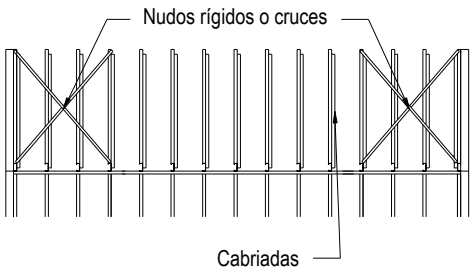


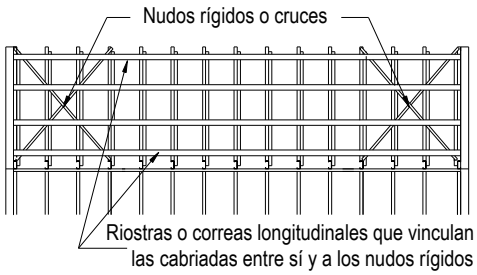
Secuencia de emplacado sobre Estructura de Techos

6.4.2 Cruces de San Andrés y Riostras Longitudinales

En algunos casos, en relación al tipo de terminación de la cubierta, no es necesaria la generación de un plano continuo que actúe como substrato.

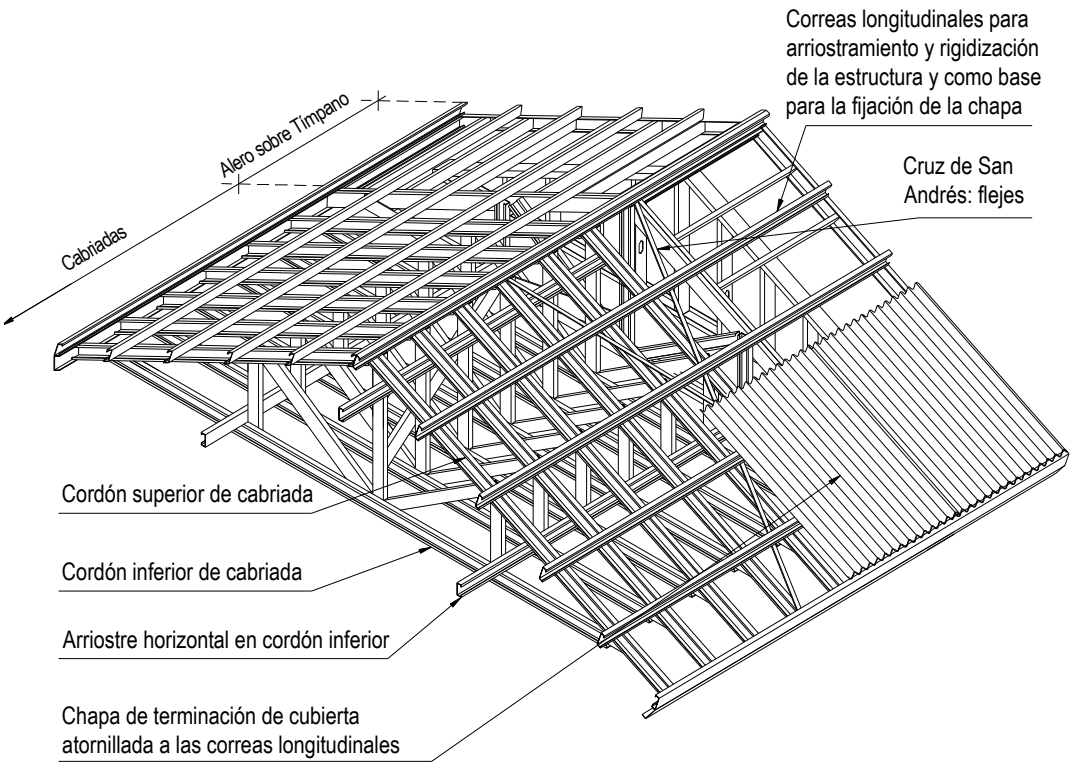
Podrá entonces utilizarse otro elemento que cumpla las funciones de arriostramiento de cabriadas y rigidizador de la estructura, generando por lo menos dos nudos rígidos extremos (según la distancia), a los cuales vincular el resto de la estructura. Las cabriadas se "cosen" entre sí y a estos extremos rígidos mediante riostras y/o correas longitudinales.





En este caso las riostras cumplen una doble función: además de vincular las cabriadas entre sí para lograr la rigidez requerida, acortan la luz de pandeo de los cordones a los que están sujetos.

Para una cubierta metálica de chapa por ejemplo, una serie de correas, o perfiles "C" dispuestos por encima del cordón superior, uniendo las cabriadas longitudinalmente, actúa como rigidizador y, a la vez, como base para anclar la cubierta de chapa.



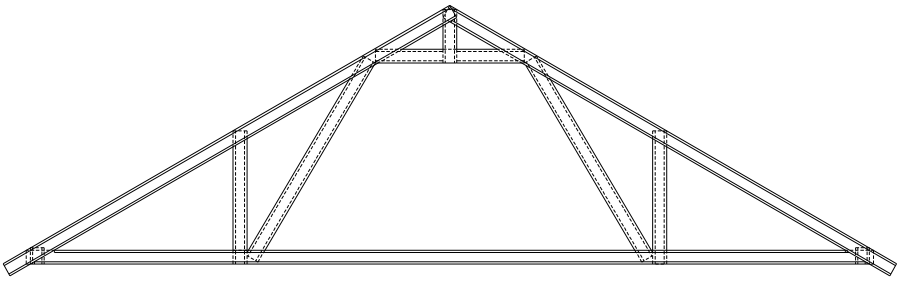
6.5 Otras Consideraciones

6.5.1 Cabriada Baulera

Una de las características particulares de la utilización de cabriadas para una estructura de techos es el gran volumen generado en el interior de las mismas. Este espacio es principalmente utilizado para la circulación de aire, otorgándole al ático una eficaz ventilación.

Ver 9.6

Es posible también aprovechar este espacio, abriendo un vano que permita el acceso al mismo por entre los cordones inferiores de la cabriada, para ser utilizado como baulera. Para ello los pendolones deberán disponerse de manera tal que permitan la continuidad espacial y además se deberá colocar algún tipo de placa de substrato sobre el cordón inferior de la cabriada, que impida pisar la placa de yeso del cielorraso.

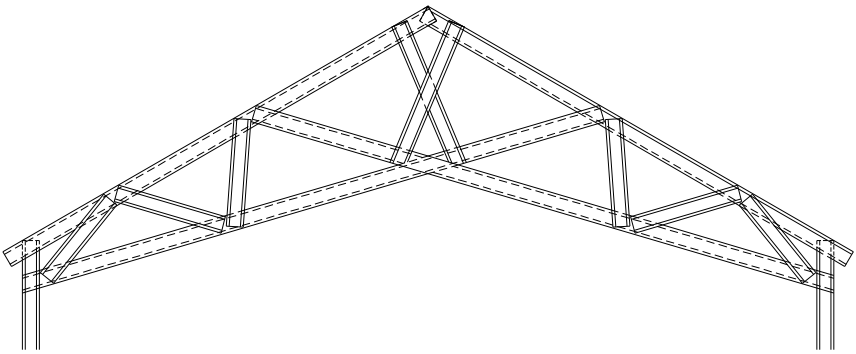


Antes de proceder con la modificación de la cabriada tipo se debe **verificar el cálculo estructural** para la nueva situación de cargas.

6.5.2 Cabriada Tijera

En general, el cordón inferior de la cabriada se utiliza como estructura para la fijación de las placas de cielorraso, generándose así, en la mayoría de los casos, un cielorraso horizontal.

Cuando se desee obtener un cielorraso inclinado, podrá optarse por la utilización de una cabriada tipo “tijera” como la que se ve en la figura de la abajo.



Esta opción es aplicable en los casos en los que se requiera un cielorraso inclinado y, por razones estructurales y/o constructivas no convenga utilizar cabios. La cabriada será conveniente, por ejemplo, cuando existan grandes luces entre apoyos o cuando se desee mantener un ático ventilado que contribuya a una mejor aislación de la vivienda.

6.5.3 Cubierta con "Cola de Pato"

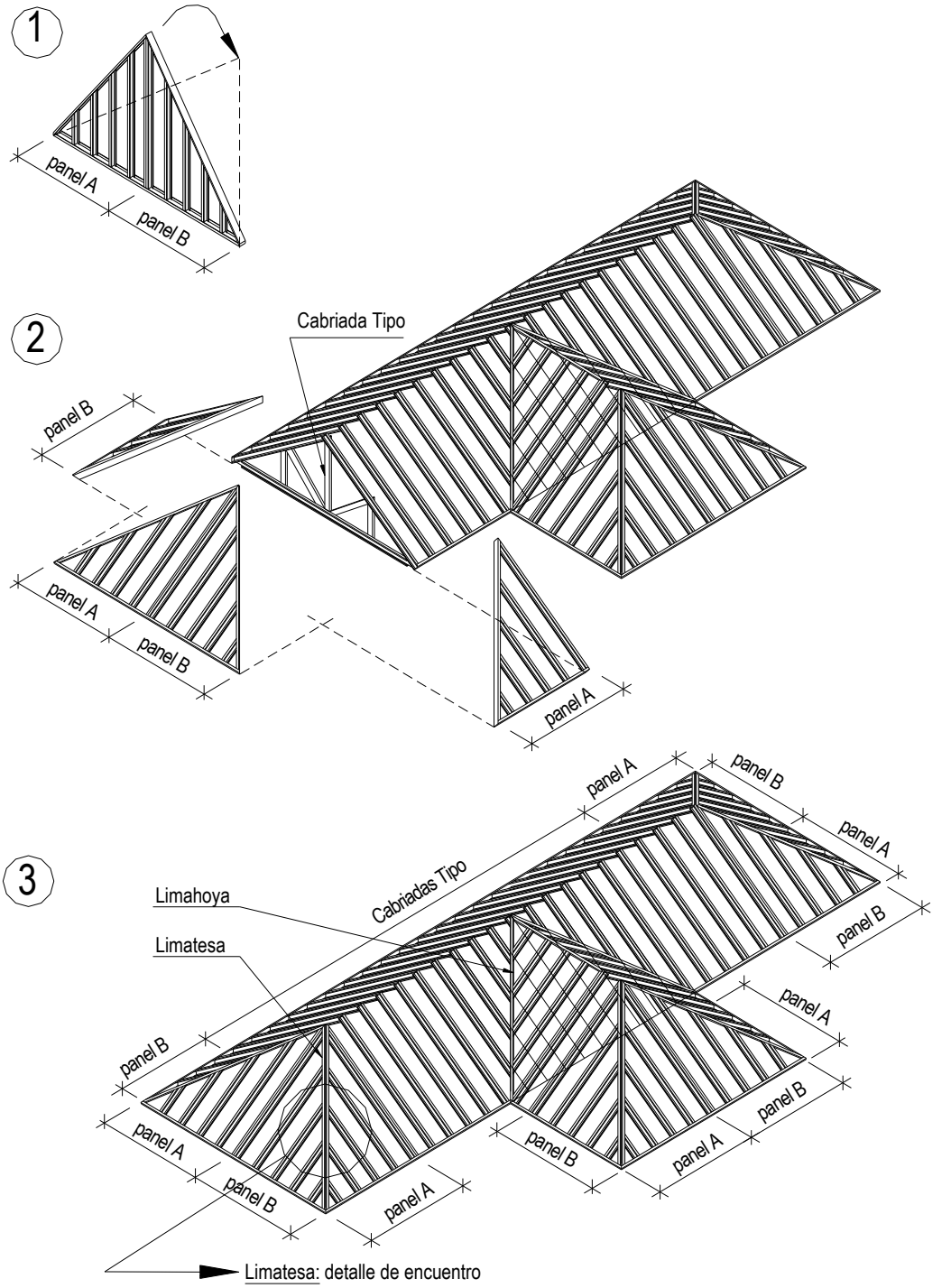
Hay básicamente tres formas de ejecución para esta situación de techo:

- Vigas y Cabios:

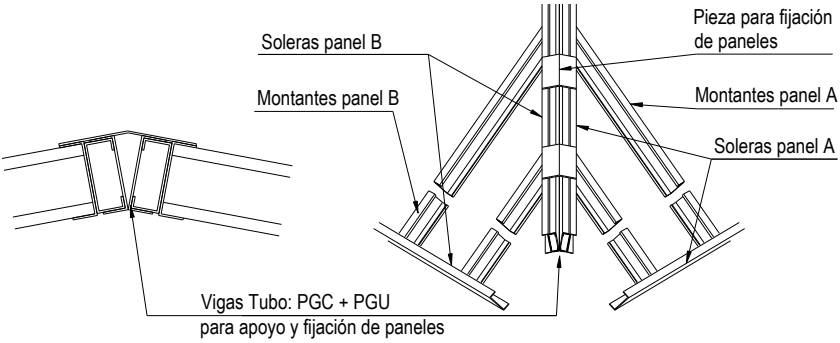
Se ejecuta de la manera tradicional de una viga reforzada y cabios que van desde los paneles a su encuentro.

- Paneles de Techo:

Se ejecutan los paneles como muestra la secuencia :



La siguiente figura muestra un detalle del encuentro de la limatesa.

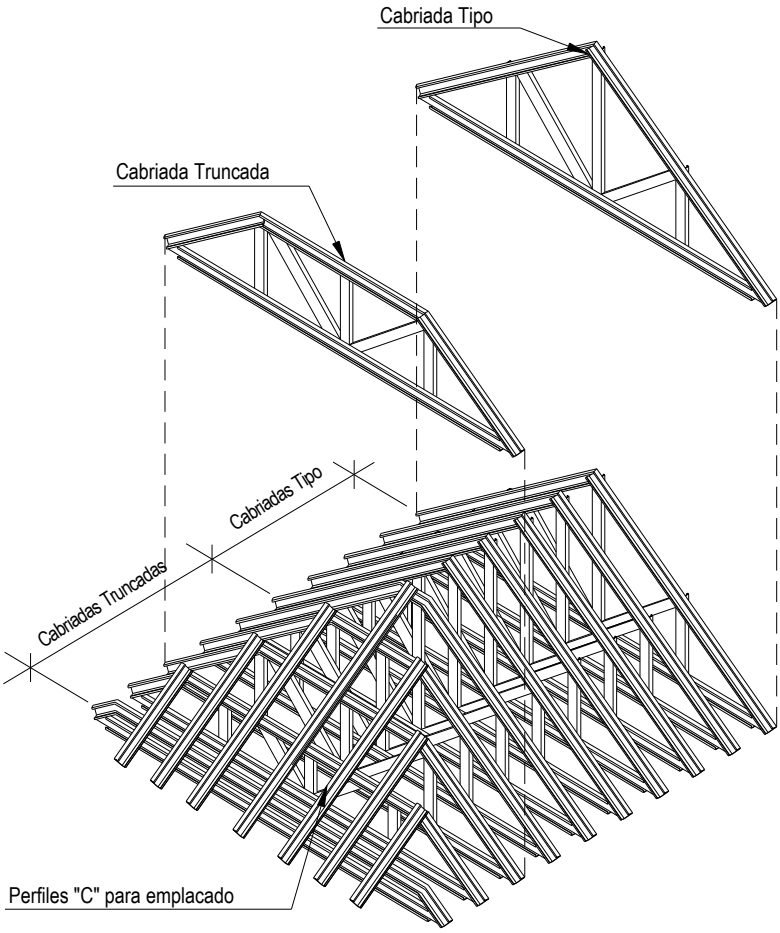


La ventaja de esta metodología es la posibilidad de ejecución in situ o en taller y la consecuente velocidad de montaje, aunque requiere de mucha precisión en el proceso de ingeniería de proyecto y confección de paneles.

- <u>Cabriadas Truncas</u>

El criterio para este tipo de resolución, es tomar la Cabriada Tipo y confeccionar, a partir de la misma, la secuencia de cabriadas que formarán la “cola de pato”, con el rebaje que le corresponda a cada una según su posición.

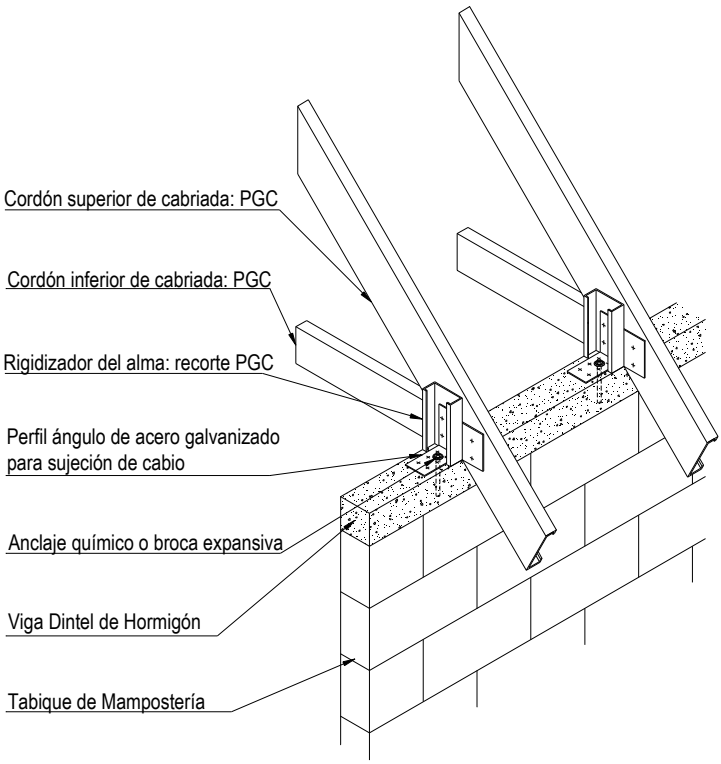
A este rebaje deberá sumarse otro rebaje: la altura que ocupan los cabios inclinados, que se colocan a posteriori perpendicularmente a las cabriadas, a efectos de poder fijar el Diafragma de Rigidización o las correas, según sea el tipo de cubierta.



6.5.4 Cabriadas sobre muro tradicional existente

La manera de resolver el encuentro entre un techo de perfiles y un muro tradicional es generando sobre el tabique una viga de distribución (encadenado de hormigón, por ejemplo) que redistribuya la carga de la cubierta directamente sobre la estructura existente.

Como se muestra en la figura de arriba, la unión entre la cabriada y la viga se materializa mediante un perfil "L" de acero galvanizado fijado al hormigón con brocas químicas o expansivas, según sea la carga que deban transmitir.



7 FIJACIONES, ANCLAJES Y HERRAMIENTAS

7.1 Conceptos Generales

En el rubro de fijaciones existen diversas instancias:

A. Fijaciones de soleras y montantes para la confección de paneles

B. Fijaciones entre perfiles dentro del panel

C. Fijaciones entre paneles y estructura de entrepiso y techo en el momento del montaje

D. Fijaciones de placas exteriores e interiores a la estructura

E. Fijaciones temporarias de los paneles a las fundaciones

F. Fijaciones definitivas de la estructura a la fundación (Anclajes)

De estas instancias, algunas podrán ser resueltas con distintos métodos, mientras que para otras, determinadas por su ubicación y/o tipología, las posibilidades de fijación son limitadas.

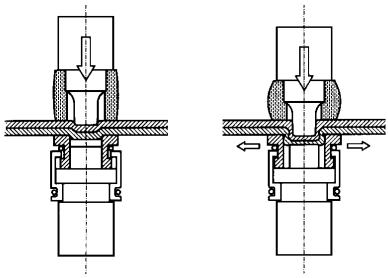
A continuación desarrollaremos los métodos más comunes de fijación, en especial el de **tornillos** siendo que es el más recomendable y el más utilizado.

7.2 Soldadura

El acero galvanizado puede unirse con soldadura de punto o soldadura continua. Soldar perfiles galvanizados puede ser un método de unión económico, sobre todo si se realiza en un taller o fabrica de paneles. Aunque ambos tipos de soldadura volatilizan el recubrimiento de zinc sobre el acero, la soldadura de punto es un método mucho mas localizado que la continua, ya que esta quita el zinc de una zona relativamente amplia. Esta zona desprotegida por el proceso de soldadura deberá ser recubierta nuevamente con pinturas ricas en zinc, necesitándose para esta tarea mucha Supervisión y Mano de Obra.

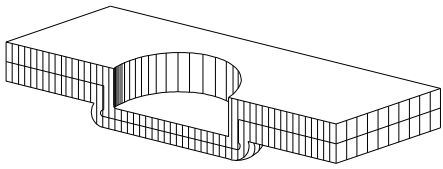
7.3 Clinching

El *Clinching* o AutoRemachado es un método simple para unir dos o mas chapas metálicas entre si, tales como soleras, montantes, etc. Es un proceso en donde las partes se unen por deformación plástica en frío. La unión se genera cuando la presión que ejerce el punzón dentro de la matriz alcanza un valor determinado, haciendo que una parte del material fluya lateralmente formando la traba de unión con la chapa de abajo.



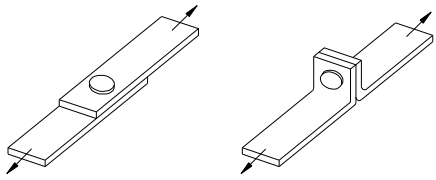
La característica de este sistema es que el mismo metal a unir provee la unión sin generación de calor, ruido o agregado de otros componentes. Con este método se obtiene una unión de alta calidad en cuanto a su aspecto, resistencia y repetitividad.

El *Clinching* se utiliza desde hace varias décadas en la Industria Automotriz y de Electrodomésticos como un sustituto del engrafado, los tornillos, remaches, y la soldadura de punto.



En el año 1982 se introduce en el mercado una herramienta de mano desarrollada específicamente para el Steel Framing, habiendo evolucionado al día de hoy en distintos modelos para la fabricación de paneles, cabriadas, o montaje en obra. En Junio de 1998, y luego de intensos y numerosos ensayos realizados (corte, arrancamiento, etc.), el Comite de Evaluación del ICBO (International Conference of Building Officials) según el acta AC137 de este Organismo, dispuso aceptar formalmente el sistema de *Clinching* o AutoRemachado como método aprobado de uniones a realizarse en el Steel Framing.

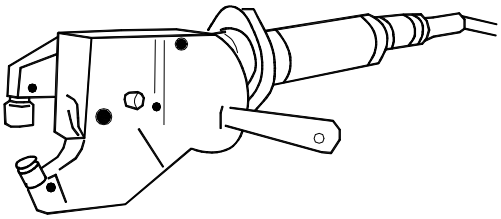
Los ensayos efectuados al día de hoy indican que la capacidad estructural de este tipo de unión es proporcional al diámetro del clinch, la tensión de fluencia del acero, y el espesor de las chapas a unir. El modo típico de falla del *clinching* es por desgarramiento de la chapa alrededor de la unión, habiéndose notado también que este sistema se comporta de manera excelente en situaciones de cargas cíclicas.



En las uniones de chapas con un espesor menor o igual a 0,89 mm la tensión de fluencia del acero es muy cercana a la resistencia estructural del clinch, y por lo tanto, comparable a otros tipos de uniones. Para espesores de chapa mayores, tales como 1,24 mm / 1,60 mm / etc., se deberá aumentar el tamaño de la punta del clinch de manera de poder alcanzar los valores de resistencia del atornillado.

Para quien utiliza actualmente tornillos autoperforantes, la norma es utilizar un clinch por cada tornillo en chapas de espesor hasta 1,24 mm y 4 clinchs por cada 3 tornillos para espesores mayores, siempre y cuando se este utilizando el modelo de herramienta liviano y portátil.

En caso de utilizarse equipos mas pesados (ej. suspendidos del techo de una fabrica), la regla de diseño es un clinch por tornillo. Los valores estructurales que se obtienen con la unión por clinching encajan cómodamente con los espesores de chapa que se utilizan en la construcción con Steel Framing.



Dado que los usuarios habituales de esta tecnología son grandes corporaciones, existe una cantidad importante de ensayos, configuración de equipos y procedimientos particulares de cada fabricante, a quienes es aconsejable solicitar asesoramiento para aplicaciones especificas.

Deberán tenerse en cuenta las siguientes características del sistema:

- A mayor tamaño del clinch mayor es la capacidad estructural de la unión. Para obtener mayor tamaño del clinch se necesitan equipos de mayor tamaño, limitándose la capacidad de acceso de la herramienta al punto a ser unido. El equipo de *clinching* necesita tener acceso de ambos lados de la unión. Esto significa que no es un proceso ciego, y que los perfiles cerrados y situaciones de acceso complicado requerirán cambios en el diseño.

- Se pueden efectuar uniones entre 2 o mas materiales iguales o distintos con espesor total de elementos a unir entre 0,1 mm hasta 10 mm.

- Es un método de unión ideal para el acero galvanizado o prepintado ya que no daña el recubrimiento. Luego de cientos de miles de clinchs es necesario cambiar el punzón y/o la matriz debido al desgaste en los mismos, producido entre otras razones por el zinc que se le adhiere y perjudica el encastre punzón / matriz.

- No produce protuberancias como lo hacen las cabezas de los tornillos o remaches, obteniéndose un apoyo de la placa de yeso mas plano.

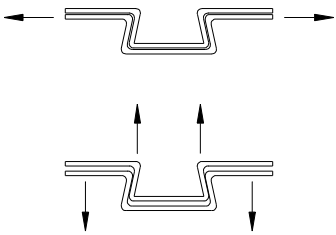
- Se elimina la necesidad de comprar, almacenar y transportar tornillos, así como el riesgo de perforar lo que no corresponde.

- No genera fatiga térmica en las piezas a unir, lo que constituye una característica muy importante en situaciones de fuego.

- El control de calidad de la unión es no destructivo, simple y confiable, consistiendo en medir los diámetros de la impronta superior e inferior, y el espesor de los elementos unidos en el centro de la impronta.

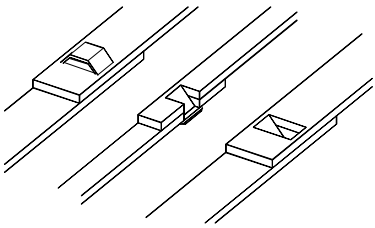
7.3.1 Tipos de Clinching

Hay dos tipos básicos de *clinching* según sea la forma de la impronta: redonda o rectangular. En ambos casos la función del equipo es usar al punzón para forzar el acero a través de las distintas capas, seguida de una expansión del material por debajo de la punta del punzón, de manera que no pueda volver.

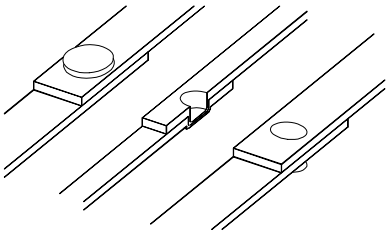


En el clinch redondo y en algunos rectangulares, el punzón no desgarra el metal de manera que el área de acero en la zona de unión no disminuya, como ocurre con otro tipo de fijaciones. La energía requerida para accionar las herramientas de *clinching* puede ser eléctrica, hidráulica, o neumática, existiendo modelos de mano para aplicaciones de chapa fina.

- Clinch rectangular : en la mayoría de los casos este clinch ejecuta un corte en la capa de acero inferior, seguido de una presión que produce el desplazamiento lateral y por lo tanto el mecanismo de trabado. La acción de corte del punzón en este tipo de union reduce la fuerza necesaria para ejecutar el proceso, permitiendo a los fabricantes producir herramientas de mano mas livianas. Con este tipo de clinch se puede lograr una buena resistencia a la rotación relativa entre capas, por lo que es recomendable en situaciones donde se utilizara una única unión. Se debe tener especial cuidado con la orientación del rectángulo de la impronta ya que la mayor capacidad de resistencia al corte esta dada en forma perpendicular al lado largo del rectángulo.



- Clinch redondo : como su nombre lo sugiere se caracteriza por tener una impronta redonda del lado del ingreso del punzón, y un botón redondo del lado opuesto. En este tipo de clinch la traba se produce en los 360º de la circunferencia. Esta unión es impermeable al paso del agua y su performance ante cargas cíclicas, como los grandes vientos o sismos es excelente. Actualmente en el mercado hay herramientas de mano muy convenientes en tamaño y precio para el armado de paneles y cabriadas.

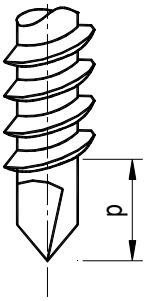


7.4 Tornillos

Cuando hablamos de tornillos en Steel Framing, siempre hablamos de tornillos con punta mecha y recubiertos con una protección zinc-electrolítica, o epoxídica. El material con el que se los fabrica es acero microaleado al boro, SAE 15 B 21 o 10 B 38, con un tratamiento térmico de cementado, templado y revenido. La protección de zinc-electrolítico evita la corrosión (96 hrs en niebla salina), manteniendo similares características a la estructura galvanizada.

La punta mecha del tornillo agujerea el acero, permitiendo que los hilos de la rosca fijen las partes a unir.

El largo de la mecha (M #) y el diámetro del tornillo (D #), están directamente relacionados al espesor total de acero que el tornillo puede perforar. En la tabla siguiente se puede ver para los dos números de mecha mas comunes (existen varios), cual es el espesor máximo de acero a perforar, según sea el diámetro del tornillo.



Mecha	# 2	Mecha	# 3
D # 6	2,3 mm	D # 10	4,3 mm
D # 8	2,5 mm	D # 12	5,3 mm
D # 10	2,8 mm	D # 14	6,3 mm

El **diámetro** del tornillo se mide tomando la distancia desde fuera a fuera de los hilos de la rosca. A mayor diámetro, mayor numero del mismo, y mayor resistencia al corte que ofrece el tornillo.

El **largo** del tornillo es la medida que hay entre la superficie de contacto de la cabeza del tornillo y su punta, expresándose habitualmente en pulgadas.

El **paso**, o separación de los hilos de la rosca, depende del espesor del acero a perforar. A mayor espesor de acero, se debe utilizar un tornillo con paso menor, o sea una separación entre hilos mas cercana.

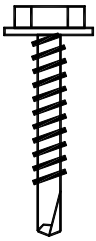
Diametro Nro.	Medida	Paso
D # 6	3,5 mm	20
D # 8	4,2 mm	18
D # 10	4,8 mm	16
D # 12	5,5 mm	14
D # 14	6,3 mm	14

7.4.1 Tipos de Tornillos

- <u>Tornillo T1 mecha :</u>Su característica principal es el ancho de su cabeza que le permite fijar firmemente chapas de acero sin que estas se desgarren. Al tener un perfil bajo o chato, las placas que se colocan por sobre la cabeza de este tornillo prácticamente no copian el espesor de la misma. Este tornillo se utiliza fundamentalmente para la unión entre montantes y soleras, manteniéndolos en su posición. T1 = M#2 – D#8x3/4" o D#10x3/4"

- <u>Tornillo T2 mecha</u> :Su característica principal es su cabeza con forma de trompeta que le permite entrar en el substrato que se esta utilizando, quedando al raz del mismo. Este tornillo se utiliza habitualmente para la colocación de placas de yeso y multilaminados fenólicos de hasta 12 mm de espesor en paredes y/o techos. También existen el T3 y el T4 que son similares al T2, variando solo la longitud del mismo. T2 = M#2 – D#6 x 1"

- <u>Tornillo Hexagonal mecha</u> :El perfil de su cabeza le impide ser utilizado en donde luego se colocara una placa, dado que esta se aglobaría sobre su cabeza. Su uso fundamental es para vincular perfiles entre si que estén dentro del espesor de la pared. Es el tornillo que se usa para unir paneles entre si, rigidizadores de vigas, encuentro de perfiles en cabriadas. HEX = M#2 – D#10 x 3/4".



- <u>Tornillo p/Placa Cementicia con Alas:</u>Este tornillo tiene una cabeza tipo trompeta que le da un gran poder de sujeción, logrando un buen fresado en la placa cementicia debido al nervurado que tiene en su parte inferior. Las alas que se encuentran entre la punta mecha y el comienzo de los hilos, oradan un agujero de mayor diámetro en la placa, permitiendo que los filamentos no entren en contacto con la misma y se empasten. Estas alas se desprenden cuando hacen contacto con el acero al que se fija la placa. TPC = M#2 – D#8 x 1 1/4 "

- <u>Tornillo p/ Placa Fenólica de25 mm :</u>Es un tornillo también con alas pero tiene un paso menor dado que se utiliza básicamente para fijar las placas de substrato para entrepisos, tales como los multilaminados fenólicos de 25 mm de espesor, sobre las vigas de acero galvanizado que tienen como mínimo un espesor de chapa de 1,6 mm. Normalmente el diámetro de este tornillo es Nro. 12 o 14, siendo su largo de por lo menos 1 3/4". La punta que se utiliza en la atornilladora es Phillips # 3 en lugar de # 2. TPF = M#3 – D#12x1 1/2" o M#2 – D#10x2".

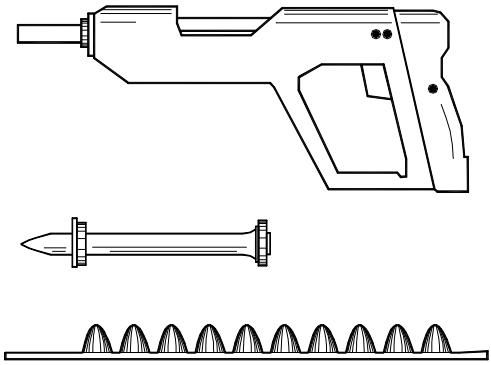
7.5 Anclajes

La estructura de acero debe estar debidamente anclada a las fundaciones. Como la mayoría de las fundaciones son de hormigón, los anclajes deben adaptarse a ser empotrados o fijados a las mismas. A continuación se mencionan los métodos de anclaje comúnmente mas utilizados.

7.5.1 Anclajes Temporarios

- Fijación con Clavos de Acero:

Para este tipo de fijación se utilizan clavos de acero disparados por una pistola que impulsa un perno por medio de un cartucho de pólvora .Este método de fijación se utiliza, principalmente, para la ejecución de anclajes temporarios de muros exteriores e interiores y no se considera al momento de analizar las cargas impuestas por la acción del viento y de sismos. En tabiques interiores se utilizan para evitar el desplazamiento lateral por fuera de la línea de la pared.



7.5.2 Anclajes Permanentes

La elección del tipo de anclaje, entre los diversos anclajes para uso permanente que existen, dependerá de ciertos factores de diseño y estructurales (zonas climáticas, cargas, etc.) y de la tipología de fundación adoptada.

Haremos referencia a dos tipologías, definidas por su colocación en el hormigón, según sea antes o después del colado del mismo, mencionando los anclajes más utilizados.

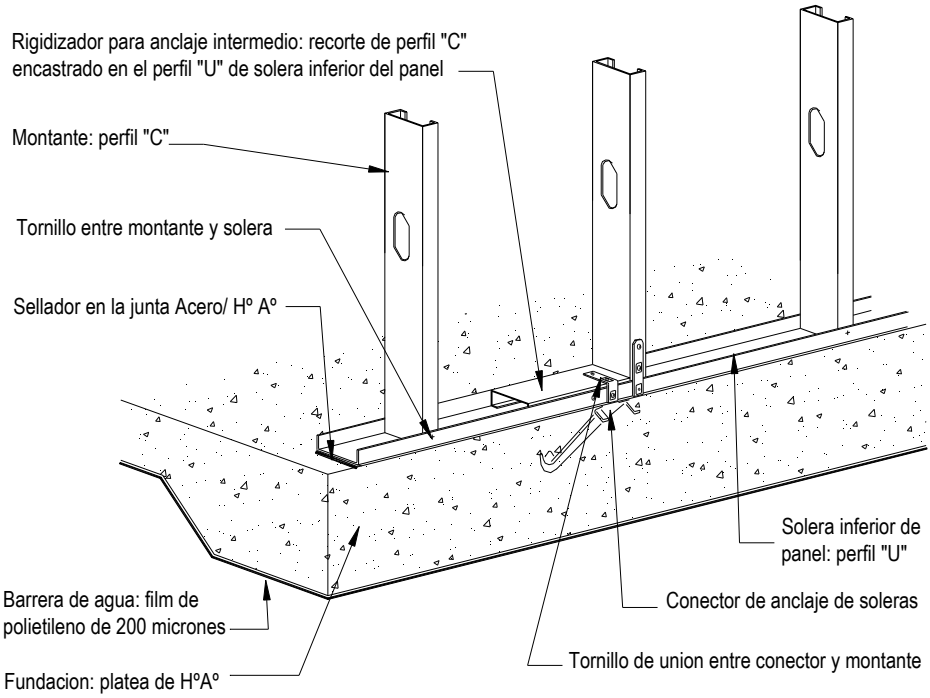
- **Colocados antes del colado del Hormigón**

Las varillas de anclaje empotradas en las fundaciones deben ser colocadas en su lugar antes del colado del hormigón. Para este tipo de anclajes se utilizan posicionadores que mantengan las varillas fijas en su lugar mientras el hormigón es colado. Estas piezas generalmente son escuadras de acero o perfiles agujereados, que suelen fijarse al encofrado para mantener las varillas en la posición correcta.

Los anclajes de este tipo que más se utilizan son:

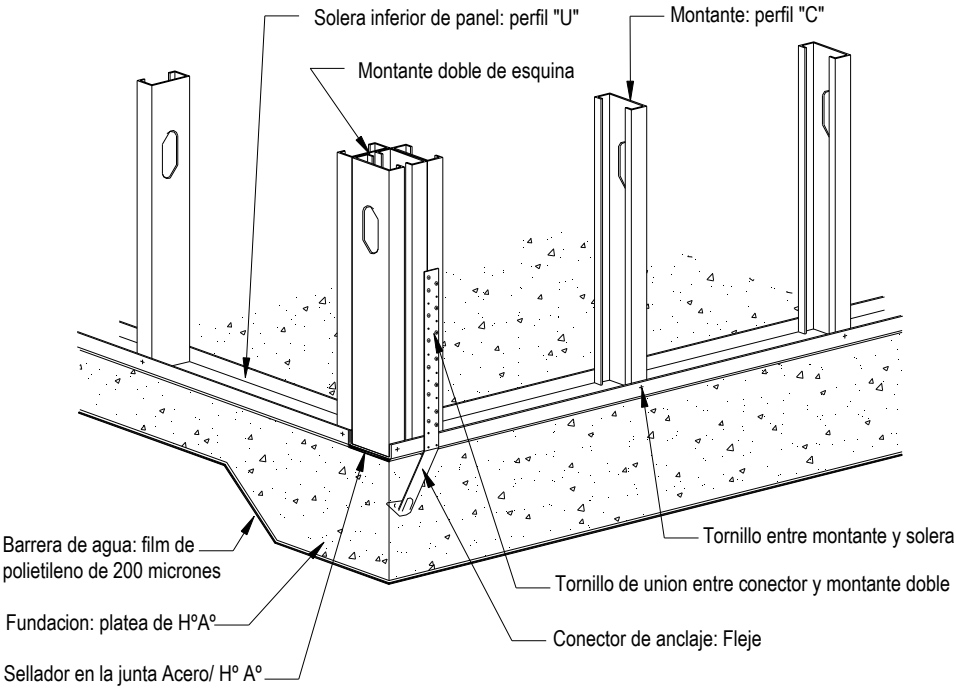
- Anclaje de Soleras:

Son piezas de acero fabricadas ad-hoc que se fijan al encofrado por un extremo; el otro extremo queda suelto por encima, para luego abrazar la solera. Dentro de la solera se coloca un recorte de perfil C, para aumentar la resistencia en la zona de anclaje. Las piezas se doblan por encima de la solera y se fijan con cuatro tornillos Nº10.



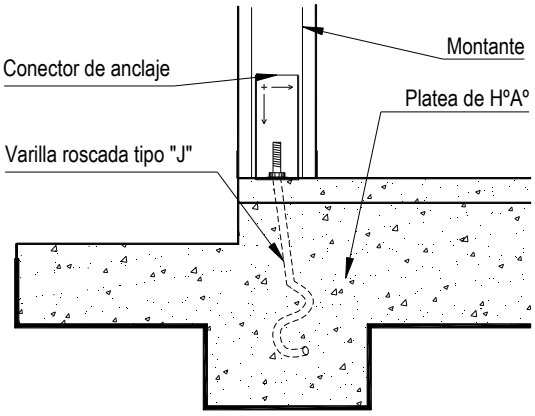
- <u>Flejes para Anclaje:</u>

Son piezas de acero fabricadas ad-hoc, con un extremo fijado al encofrado, que quedara empotrado al hormigón y el otro extremo, suelto en un principio, que se fijara a la estructura. Los flejes se doblan y se atornillan a los montantes, una vez retirado el encofrado del hormigón. Los flejes de anclaje no deberán ser fijados a "cripples" (perfiles cortos, ubicados por debajo de los vanos).



- <u>Varillas Roscadas Tipo "J":</u>

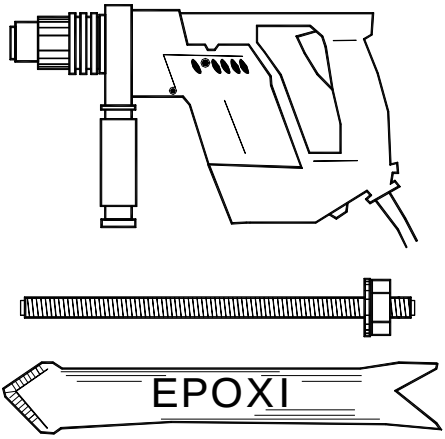
Son varillas curvadas con forma de "S". La curvatura inferior de la varilla le da a la misma el anclaje en el Hormigón.

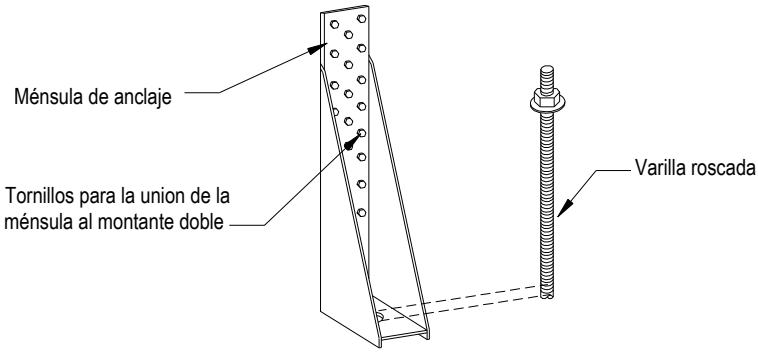


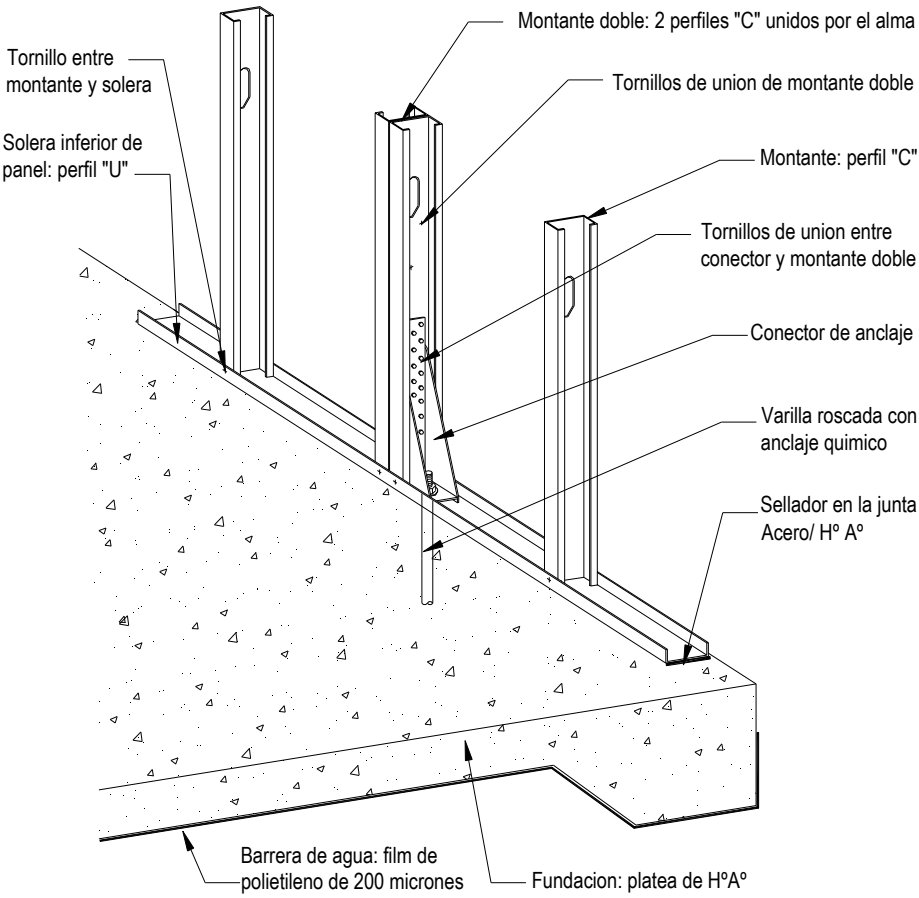
- **Colocados después de colado el Hormigón**

  - Varillas Roscadas Fijadas con Epoxi:

Las varillas de anclaje también pueden ser colocadas utilizando resinas Epoxi para su fijación al hormigón. Se ejecuta una perforación en el hormigón, se la limpia y se inyecta el Epoxi, luego de lo cual se inserta la varilla roscada en la perforación llena de Epoxi, que seca rápidamente formando una interfase resistente con el hormigón. Si un anclaje empotrado resulta incorrectamente ubicado una vez que el hormigón a fraguado, puede ser reemplazado por una varilla fijada con Epoxi.







7.6 Herramientas

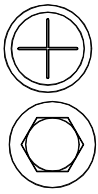
7.6.1 Atornilladora

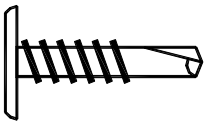
La atornilladora es la herramienta mas utilizada en el armado y montaje de una construcción con Steel Framing. Se utiliza para colocar los tornillos que conectan piezas de acero entre si, y para fijar las placas interiores y exteriores a la estructura de acero.

Una de las características fundamentales de la atornilladora es que su eje gira únicamente cuando su extremo recibe presión. Esto permite ubicar el próximo tornillo en la atornilladora, mientras la misma sigue en funcionamiento, permitiendo una mayor eficiencia en la instalación.

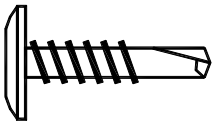
La boquilla es una pieza metálica ubicada en el extremo de la atornilladora que sirve para sostener el tornillo durante su colocación. El tipo de cabeza del tornillo y las ranuras que tiene en la misma, determinan el tipo de punta y/o boquilla que se deberá utilizar en la atornilladora para su colocación. Entre las muchas que existen, en el Steel Framing se utilizan básicamente dos :

- Ranura para punta tipo Phillips
- Capuchón para cabeza Hexagonal





Cabeza Pancake

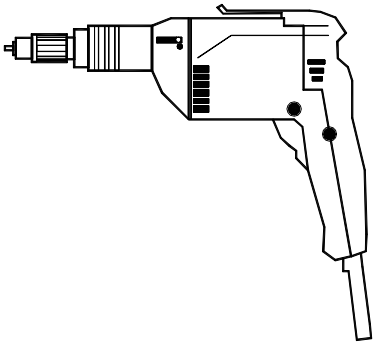


Cabeza extra Flat

Para una correcta colocación del tornillo se debe utilizar una atornilladora de velocidad variable y marcha reversible. En la tabla de abajo se puede apreciar como para un espesor de acero mayor, se recomienda una menor cantidad de revoluciones. Esto se debe a que las puntas autoperforantes de los tornillos tienden a quemarse si se les aplica un exceso de revoluciones. La velocidad variable de la atornilladora, y un poco de práctica, permiten adecuar las r.p.m al tipo de tornillo que se utiliza muy fácilmente. Las atornilladoras vienen con un sistema de embrague de manera que cuando se logra la fijación del tornillo, ésta desembraga.

Es por estos motivos que no se debe utilizar taladros para atornillar, dado que es difícil graduar la velocidad y el torque que se le quiere imprimir al atornillado.

Diámetro Nro.	R.P.M.
D # 6	1000 / 2500
D # 8	1000 / 2500
D # 10	1000 / 2500
D # 12	1000 / 1800
D # 14	1000 / 1800



Una buena manera de saber que se esta utilizando el largo de tornillo correcto, es comprobar que luego de atornillados los elementos a fijar, haya por lo menos 3 hilos de rosca que sobresalgan.

Se necesita cierta delicadeza y presión para lograr que el tornillo atraviese las capas de acero sin quemar ni deteriorar su punta mecha. Si la atornilladora funciona a una alta velocidad, la rosca del tornillo y/o la punta mecha puede quemarse antes de penetrar en el acero. Por ello, se recomienda lo siguiente:

- Comenzar el atornillado lentamente y una vez que el tornillo atraviese el material, aumentar la velocidad
- Antes que el tornillo se encuentre firmemente asentado, disminuir nuevamente la velocidad para finalizar el atornillado lentamente, de manera de no descabezar el tornillo. Una vez que el tornillo se asienta, la atornilladora desembraga automáticamente para prevenir que la fijación se arruine.
- Aplicar presión sobre la atornilladora desde el brazo en forma recta y extendida.
- No sujetar la atornilladora por la base del mango, ya que de esta manera la herramienta resulta inestable y su muñeca se cansa mas fácilmente.

- **Atornilladora con Torque Regulable**

La atornilladora mas recomendada para uniones entre piezas de acero es la que posee un torque ajustable con un rango de velocidad máximo entre 0-2,500 rpm.

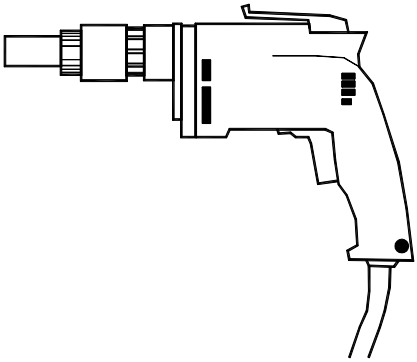
Al fijarse dos piezas de acero entre si, se debe evitar que el tornillo siga girando una vez que ya esté asentado, para prevenir que la rosca del tornillo se queme. Si la rosca se quema, el tornillo puede girar libremente en el agujero y de esta manera no asume las cargas para las que fue diseñado.

El torque regulable desembraga la atornilladora una vez que el tornillo esta correctamente asentado.

Esta atornilladora posee sentido de giro reversible para remover aquellos tornillos utilizados como fijaciones temporarias, o los que hayan sido incorrectamente instalados.

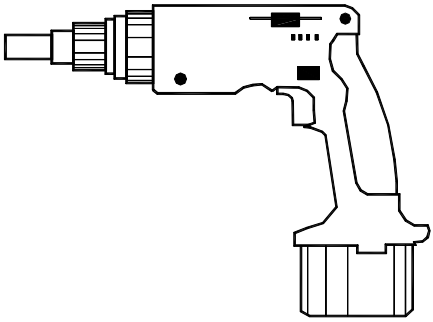
- **Atornilladora para Placas de Roca de Yeso**

Para el atornillado de Placas de Roca de Yeso puede utilizarse una atornilladora que trabaje a una alta velocidad, y por ello, en este caso no será necesario un embrague regulable.



La atornilladora para placas debe tener la posibilidad de ser reversible y una pieza removible sensible a la profundidad de la placa. Dicha pieza controla la profundidad del tornillo deteniendo su giro una vez que el mismo haya alcanzado la profundidad predeterminada. De esta manera se evita que el tornillo “lastime” la superficie de la placa.

- **Atornilladora a Batería**



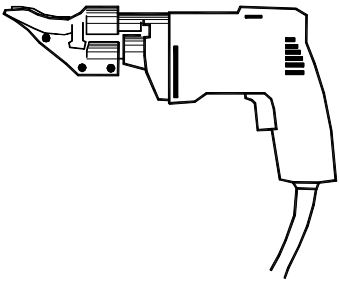
Las atornilladoras a batería son muy útiles para lugares de difícil alcance en los cuales la extensión del cable es un problema En sectores en los que el operario tiene que trepar por la estructura , por ejemplo, la posibilidad de utilizar una herramienta a batería, tiene como ventaja evitar un cable que se enreda, entorpeciendo el trabajo.

Sin embargo, este tipo de atornilladoras presentan ciertas desventajas:

- La batería necesita ser constantemente recargada, por lo tanto es importante tener una batería extra y un recargador disponibles.
- Trabajan a velocidades mas lentas.

7.6.2 Herramientas para Corte

- Tijera Eléctrica

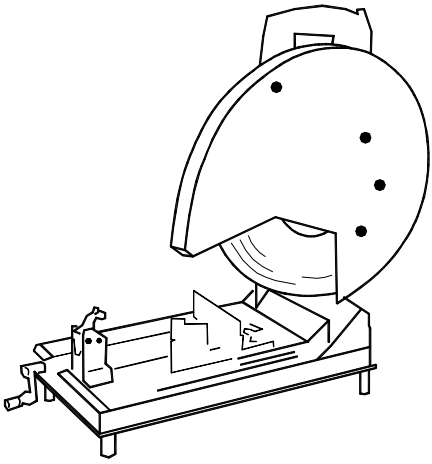


La tijera eléctrica es una herramienta que ejecuta cortes lisos sin crear bordes desparejos, utilizando energía eléctrica. Es fácilmente transportable y puede cortar espesores de chapa importantes.

- Tijera de Aviación

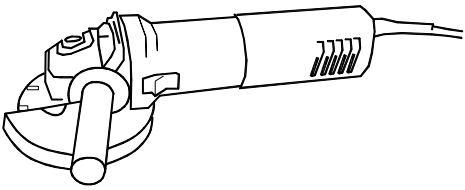
La tijera de aviación es una herramienta manual especialmente útil para ejecutar cortes en las alas de los perfiles o cualquier otro tipo de cortes pequeños similares. Las tijeras de aviación se encuentran disponibles en tres modelos diferentes de acuerdo a las necesidades especificas de los usuarios: hay un modelo para diestros, otro para zurdos y un tercero para cortes rectos.

- Cortadora Sensitiva



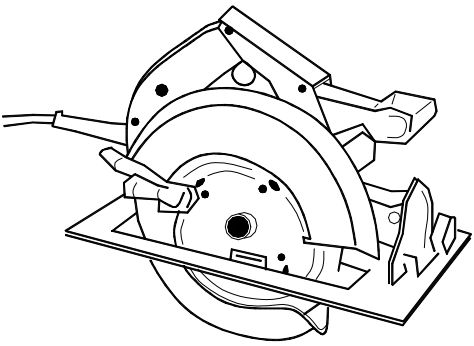
La cortadora sensitiva es una herramienta "de mesa" que se utiliza en la tarea del panelizado cortando los perfiles para el armado de piezas y paneles.
Esta herramienta utiliza un filo abrasivo que corta el acero de una manera fácil y rápida. A pesar de ser muy efectiva para cortes rectos, los cortes ejecutados con esta herramienta dejan bordes irregulares con puntas filosas en el acero, que probablemente deban ser revestidos con una cobertura metálica. Es muy ruidosa y produce chispas.

- Amoladora de mano



La amoladora es una herramienta de mano que sirve para tareas de corte de menor envergadura. Se utiliza en general en la obra, por ejemplo, cuando haya que recortar un sobrante de un perfil ya montado.

- Sierra Circular de Mano



Esta herramienta se utiliza para el corte de placas de madera, tipo multilaminado fenólico o placas OSB, por ejemplo.

7.6.3 Otras Herramientas

- Sargento

Esta herramienta se utiliza para mantener dos o mas piezas de acero juntas durante su fijación. Cuando se atornillan dos capas de acero, una vez que el tornillo penetra la primer capa, tiende a empujar la segunda capa antes de atravesarla, produciéndose la separación entre las piezas. El sargento previene esta separación manteniendo todas las piezas juntas y permitiendo que el tornillo atraviese todas las capas de acero.

El sargento mas comúnmente utilizado es el Tipo C, que se encuentra disponible en diversos tamaños o tipos de abertura.

7.7 Otras Consideraciones

7.7.1 Seguridad

Además de cumplir con las normas vigentes en el orden nacional, se efectúan las siguientes recomendaciones en cuanto al tema Seguridad:

A. Utilización de guantes: la utilización de guantes protege las manos de cortes o quemaduras, producto de las amoladoras y sensitivas.

B. Utilización de orejeras: cuando se trabaja en la tarea de corte de perfiles es muy importante proteger los oídos.

C. Utilización de antiparras: al igual que en el punto anterior la tarea del corte de perfiles e peligrosa debido a los desprendimientos de material que se produce al cortar. También en el atornillado pueden desprenderse pequeños trozos de metal que lastimen los ojos si éstos no están protegidos con antiparras o anteojos especiales convenientemente.

D. Precauciones en la electricidad de obra: dado que el acero es un gran conductor deberá tenerse especial cuidado con los cables y realizarse una instalación de puesta a tierra. Colocar llaves térmicas de corte.

8 MONTAJE

8.1 Conceptos Generales

8.1.1 Métodos para el armado de una Estructura

- **Stick-Building ("*uno a uno*")**

Los perfiles llegan a la obra en distintos largos, donde son ajustadas a la medida necesaria. Este método de armado "in-situ", utilizado sobre todo en la construcción de viviendas "a medida", se basa en colocar **uno por uno** los montantes y soleras que conforman la estructura. Al utilizar este método se requiere una gran habilidad y experiencia por parte de los armadores, ya que éstos deben saber trabajar en tres dimensiones teniendo la suficiente imaginación para entender la interacción de cada uno de los elementos "no rígidos", hasta el momento en que comienzan a actuar conjuntamente. Este método fue muy común en los E.E.U.U. hasta hace algún tiempo, donde la dificultad de desarrollar los planos de ingeniería de paneles sin la asistencia de Computadoras (CAD), era compensada por la Mano de Obra altamente especializada y accesible que existía en ese momento.

- **Sistema de Panelizado**

Consiste en prefabricar los componentes de la estructura (paredes y techos) en tramos o secciones (paneles y cabriadas). Esta tarea puede ser realizada en un taller o en la obra, dependiendo de varios factores tales como la disponibilidad en las cercanías de una Planta de Panelizado, o las condiciones de plazo y Mano de Obra disponible para esa Obra. Para montar una estructura con paneles es necesario contar con los planos de cada uno de los paneles y cabriadas, ya que quien lo arma, solo interpreta lo que esta en el plano, sin tener necesidad de conocer la configuración total de la estructura terminada.

El panelizado permite ahorrar tiempo de montaje, y utilizar mano de obra no tan especializada, lo cual redunda en una reducción de costos. Los niveles de producción que se pueden lograr con un proceso de panelizado en planta, permite alcanzar niveles de calidad y precio imposibles de igualar con el método del Stick Building. También es cierto que para que esto sea posible la Planta de Panelizado tiene razón de existir si hay un volumen de actividad que le permita prorratear los costos fijos de su operación.

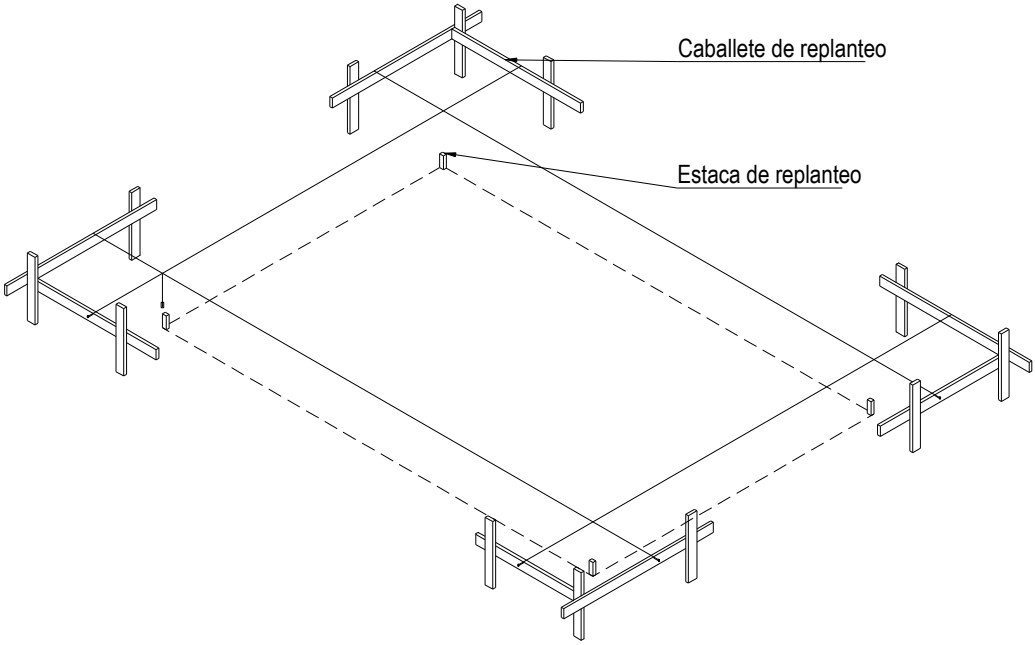
El panelizado en planta es realizado por medio de líneas o mesas de panelizado semiautomáticas, donde el objetivo principal es darle escuadra y medias precisas al conjunto de perfiles que componen el panel. En obra es posible armar una mesa de panelizado rudimentaria, donde la característica mas importante es que el Operario trabaje parado, y donde la escuadra de los paneles este replanteada sobra la misma una única vez. El montaje de estructuras con este método es muy rápido, siendo de aproximadamente 1/6 del tiempo empleado con Stick-Building.

Cada obra tiene sus características propias que definirán la conveniencia de utilizar un panelizado en planta o un panelizado en obra, pero sí es posible afirmar que en muy pocos casos conviene hacerlo "uno a uno".

8.2 Tareas Previas al Montaje

8.2.1 Preparación del Terreno

Al iniciar una obra se realiza un **primer replanteo**, mediante el cual se determina la posición de la construcción dentro del terreno, para poder ejecutar los *movimientos del suelo* correspondientes, de acuerdo a los planos de movimiento de suelo y fundaciones.



El movimiento de suelo destinado a una fundación tipo platea, comprende el retiro del suelo vegetal y su reemplazo por un suelo de tosca compactada y nivelada. Esto se debe a que el suelo vegetal tiene gran capacidad de absorción de agua, por lo cual debe ser reemplazado por un suelo seleccionado para la ejecución de la platea de fundación. La tosca permite ser compactada a niveles aceptables y por ello es óptima para ser utilizada como base y encofrado de la platea de HºAº.

Por otro lado, la tierra vegetal tiene a posteriori otro uso: el de completar el relleno para nivelado del terreno, evitando así la compra adicional de tierra.

8.2.2 Fundación

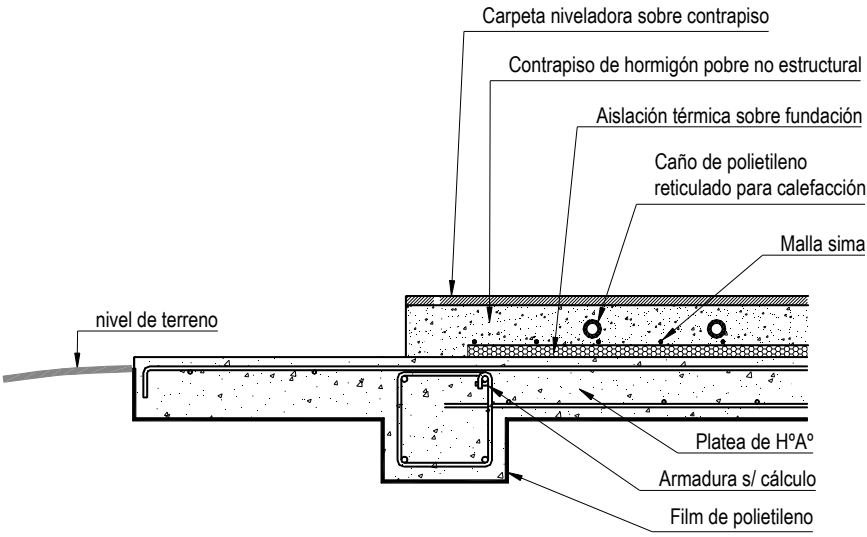
Una vez completo el proceso de movimiento de suelo, se realiza un **segundo replanteo** para determinar la ubicación precisa del *encofrado tipo marco* que delimitará la platea de fundación. El mismo deberá ser debidamente nivelado durante su colocación.

Ver 3.2 El **armado de la platea de fundación** comprende la siguiente secuencia:

- Sobre el marco se colocan las *marcas de replanteo de las vigas de refuerzo* -si las hubiera- mediante hilos que determinan la posición de las mismas.
- Se realiza el proceso de *excavación de vigas*.
- Se ubican las armaduras de las vigas.
- Se efectúa un *replanteo de ubicación de desagües cloacales*, y se procede a la colocación de los mismos.
- Se ubica la armadura de la platea.
- Se procede al llenado de la platea.
- Dependiendo del tipo de proyecto y las terminaciones a utilizar, se puede efectuar una nivelación de la propia platea mediante fratachos mecánicos o ejecutar una carpeta de nivelación hidrófuga.

En el caso en que la construcción haya sido prevista con **calefacción por piso radiante** se procede de la siguiente manera:

- Se ejecuta un nuevo *replanteo para determinar la ubicación de los paneles*, marcando la posición de los mismos sobre la carpeta, con hilo y tiza.
- Se coloca la *aislación térmica* (EPS).
- Se coloca *una malla sima Æ4.2* que recibirá por encima *el tendido de la cañería de calefacción* en sus distintos circuitos. También se preverá la ubicación de los *colectores de calefacción* sobre los paneles.
- Realizada esta distribución de calefacción en PB se procede al llenado del contrapiso que tendrá como límite extremo la línea exterior de los paneles perimetrales.
- Se realiza una carpeta de nivelación definitiva, sobre la cual se efectuará el montaje de los paneles.



8.2.3 Cortes y Mesas de Panelizado

Las tareas de corte de los perfiles y de panelizado podrán ejecutarse en un taller de modo que los paneles y cabriadas lleguen a la obra "listos" para el montaje.

Como otra alternativa, los perfiles pueden ser directamente transportados a la obra, realizándose ahí mismo el corte y armado de paneles y cabriadas; este procedimiento es el que describiremos a continuación.

A partir del listado de corte, que surge de la Ingeniería de Proyecto, y una vez llegados los perfiles a la obra, se podrá comenzar con el corte de las piezas que luego conformarán los paneles: montantes, piezas para encuentros (dobles, triples, cuádruples), piezas para vanos (dinteles, kings, cripples) y soleras.

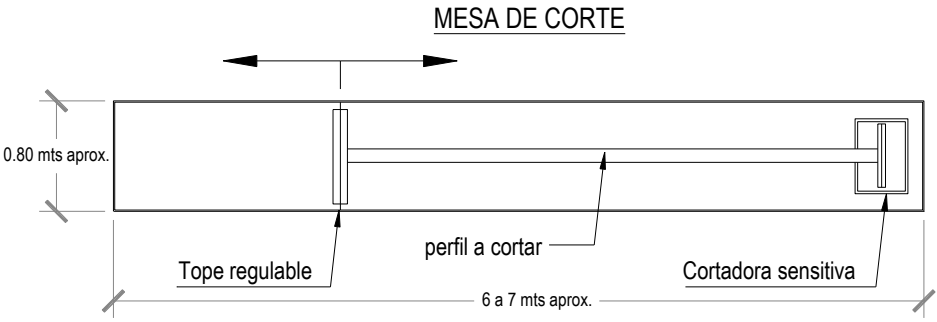
Los cortes se ejecutan, habitualmente, en el siguiente orden:

1. los montantes que se ubican solos y los que forman parte de una pieza dentro de un panel

2. los perfiles para dinteles

3. las soleras de dintel, las soleras de vano y las soleras de panel.

El trabajo de corte se realiza sobre una mesa hecha in situ de unos 80cm de ancho por 6/7 mts. de largo. En un extremo de la mesa se ubica la cortadora sensitiva y en el otro un tope regulable que se fija marcando el largo a cortar.

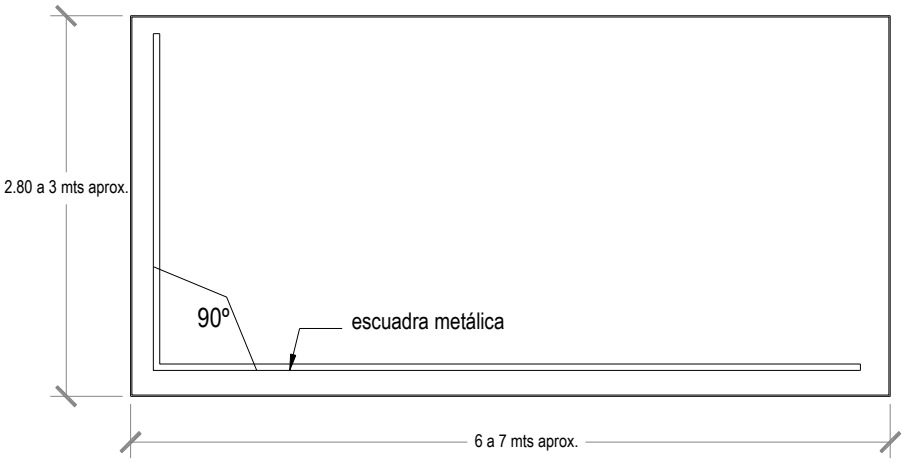


Una vez cortados, los perfiles se acopian según su medida.

En general, las tareas de corte y panelizado de sincronizan de modo que ambas puedan llevarse a cabo simultáneamente y de la forma más rápida. Por ello, mientras el operario que ejecuta los cortes está cortando los dinteles, una cuadrilla chica (de 2 o 3 personas) trabaja en el armado de las piezas para paneles con los montantes que han sido previamente recortados. Luego, cuando la etapa de corte de soleras se está produciendo los mismos "armadores" comienzan con la confección de los paneles.

Los paneles se ejecutan en una mesa confeccionada en el lugar de un ancho de 2,8/ 3mts. y un largo de 5/ 6mts. En una de las esquinas de la misma se fijará una escuadra metálica con un ángulo de 90º que es la que da origen a los paneles y los mantiene en escuadra.

MESA DE PANELIZADO

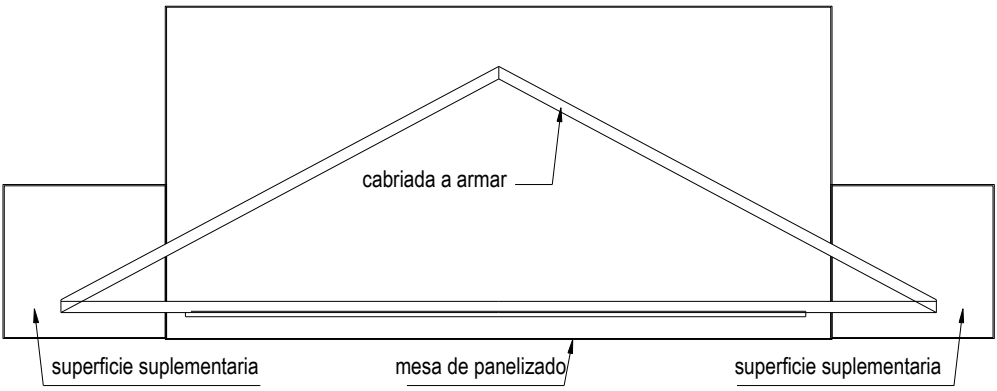


Al finalizar la ejecución del panel y antes de darlo vuelta para atornillar del "reverso" se le colocará el diafragma de rigidización lateral (fenólico) o las cruces de San Andrés para evitar que se deforme y pierda la escuadra.

El operario encargado del corte continúa su labor con vigas de entrepiso o posteriormente con los perfiles para cabriadas.

En general, debido al tamaño de las cabriadas habrá que "suplementar" las mesas de corte y las de panelizado por el largo de los perfiles y por el tamaño de la cabriada.

MESA DE ARMADO DE CABRIADAS

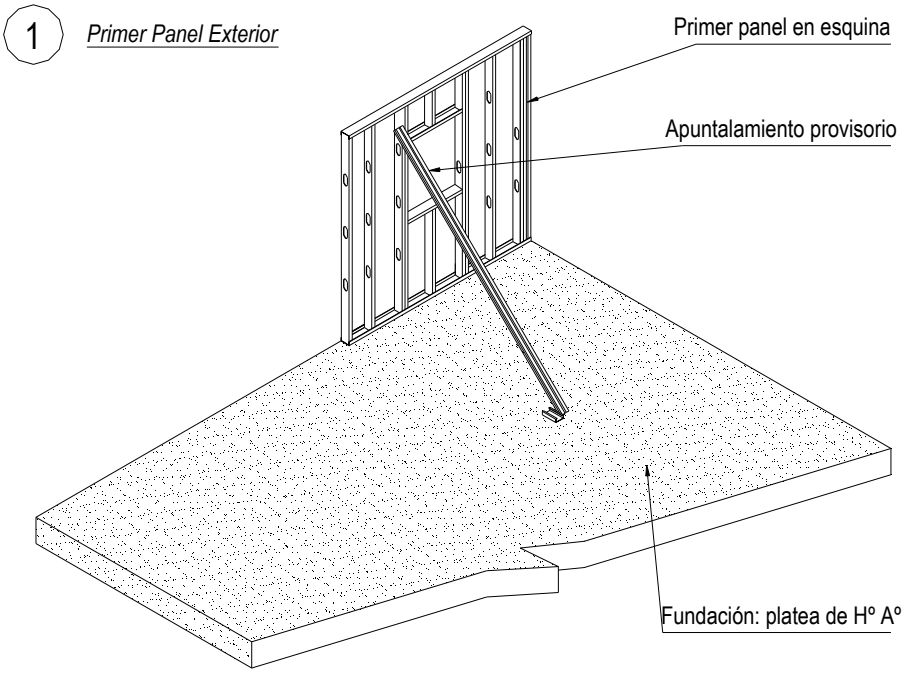


8.3 Montaje de Paneles en Planta Baja

Antes de comenzar con la tarea de montaje de la estructura se deberán tener en cuenta las siguientes pautas:

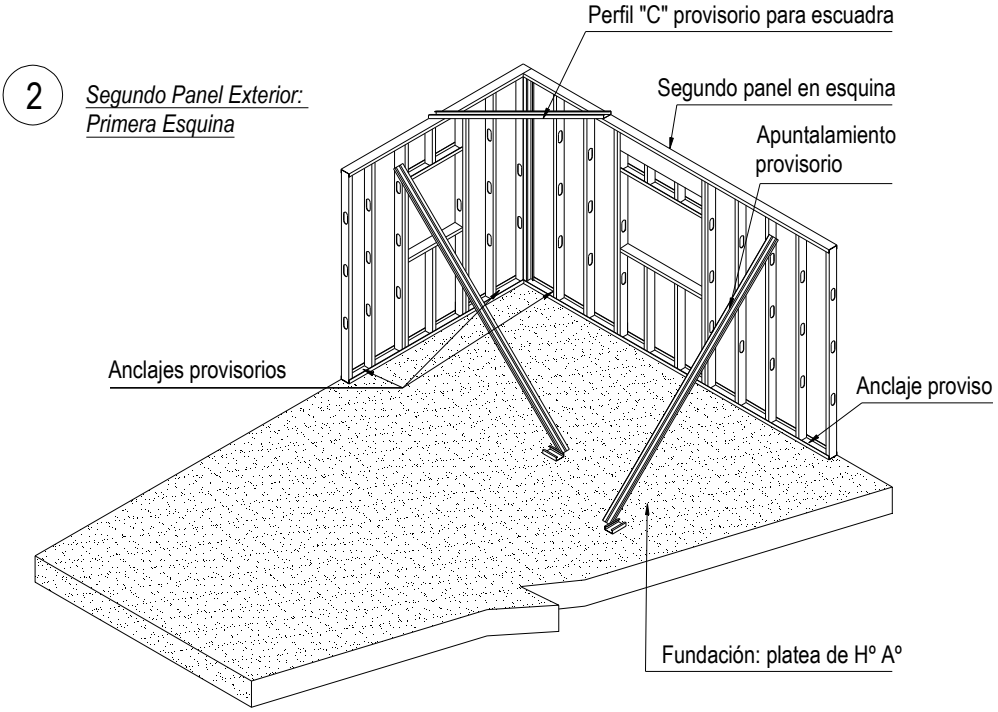
- Contar con todas las herramientas requeridas y con algunos perfiles "extra" y recortes de soleras, que harán las veces de puntales para mantener en posición vertical (plomo, escuadra y nivel) a los paneles.
- Procurar que la superficie para la colocación de los paneles esté perfectamente nivelada y escuadrada.
- Revisar que las superficies de contacto, tanto de la carpeta como de la solera del panel, estén perfectamente limpias.
- Aplicar de sellador (*cocking)* mediante dos "líneas" sinuosas y paralelas en los tercios del ancho de la solera del panel y sobre la carpeta en todo el largo que el panel en cuestión tenga.

El **montaje** se inicia con la colocación del *primer panel exterior* (PEX01) en una esquina. Al colocar el PEX01 en posición se realiza el *apuntalamiento provisorio*, a fin de ajustar escuadra y nivel.

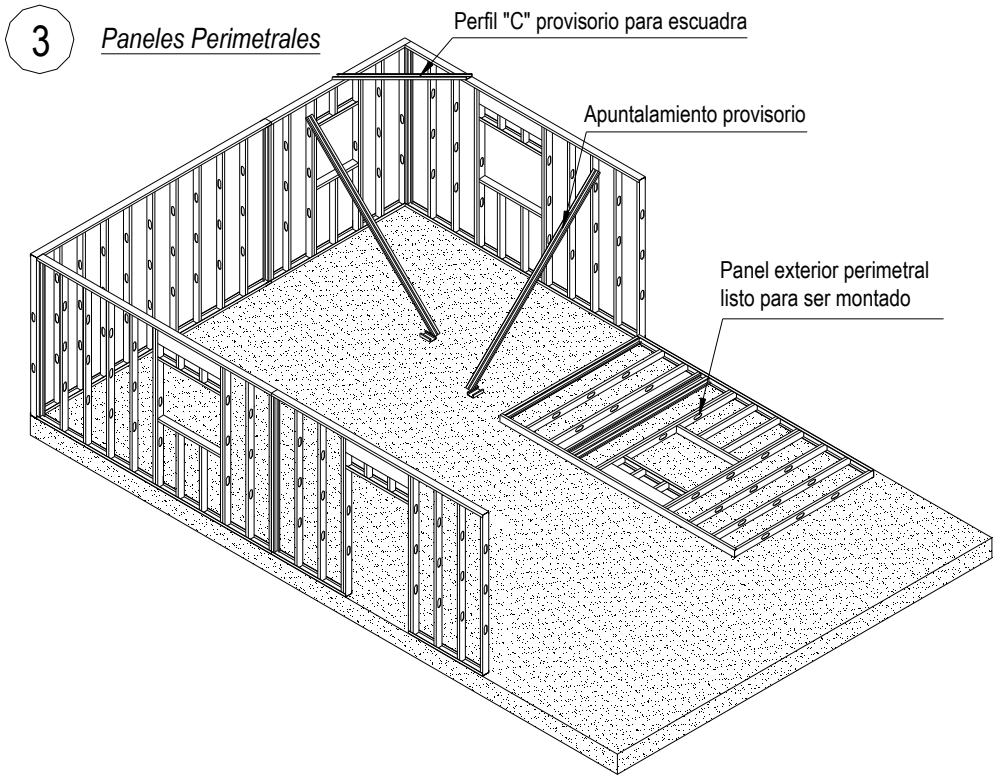


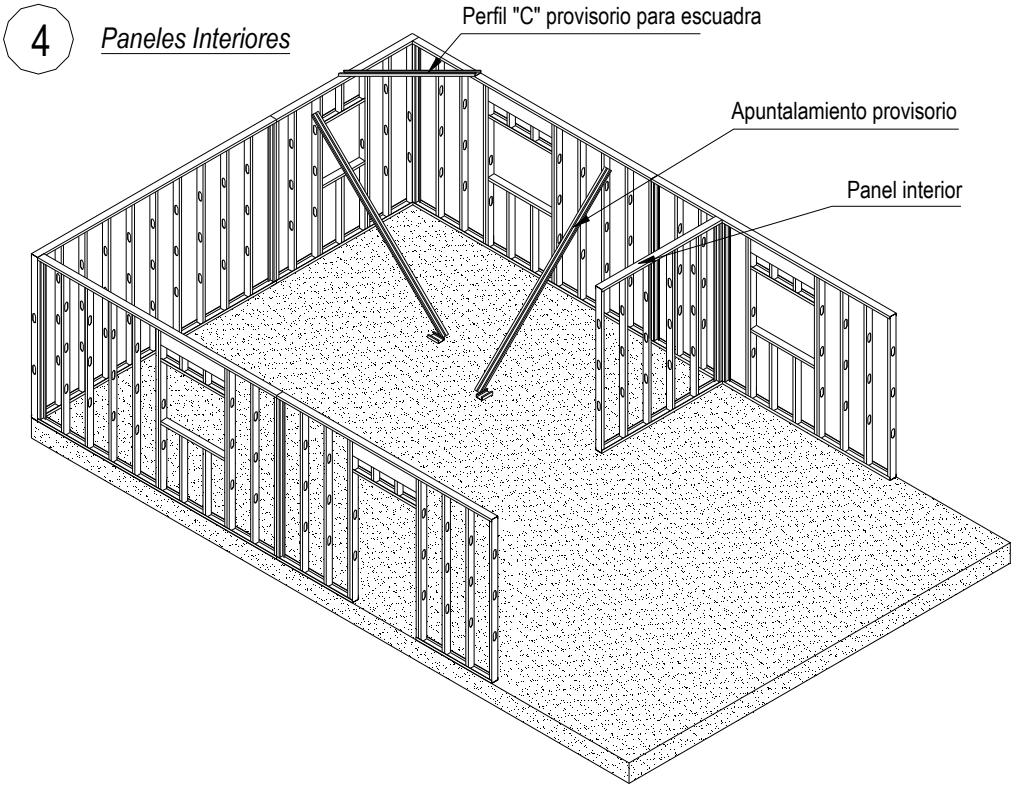
De modo de mantener los paneles en posición durante el montaje se los fijará a la fundación mediante anclajes provisorios de clavos de acero, verificando que la posición de los mismos no coincida con los anclajes definitivos que serán colocados posteriormente.

Luego se coloca el *segundo panel exterior* que cierra a 90º con el PEX01, materializándose así la *primera esquina* en la que se verificará escuadra y nivel.

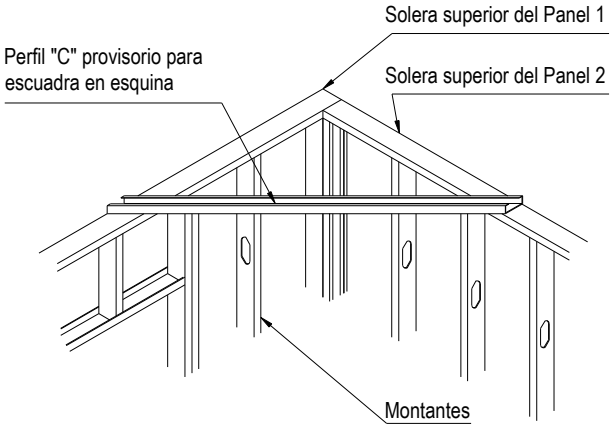


Este momento es clave, ya que a partir de este punto de inicio, se continúa con la colocación de los *paneles perimetrales* y se irán, a su vez, colocando los *paneles interiores* que sirvan para mantener escuadra, plomo y nivel y para otorgar mayor rigidez.

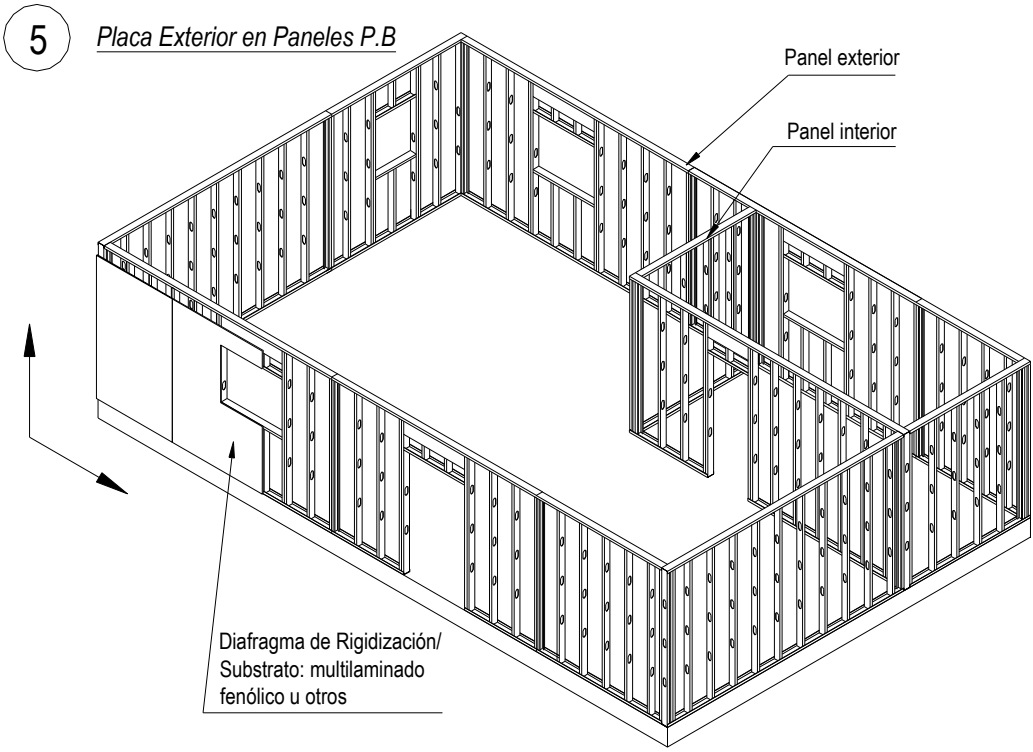




Es muy importante ir identificando las escuadras de los ambientes mediante la medición de las diagonales del mismo y una vez verificadas, colocar un *perfil "C" en diagonal* por sobre la solera superior de los paneles. Asegurada así la escuadra, se procede a la colocación de *los anclajes provisorios*.

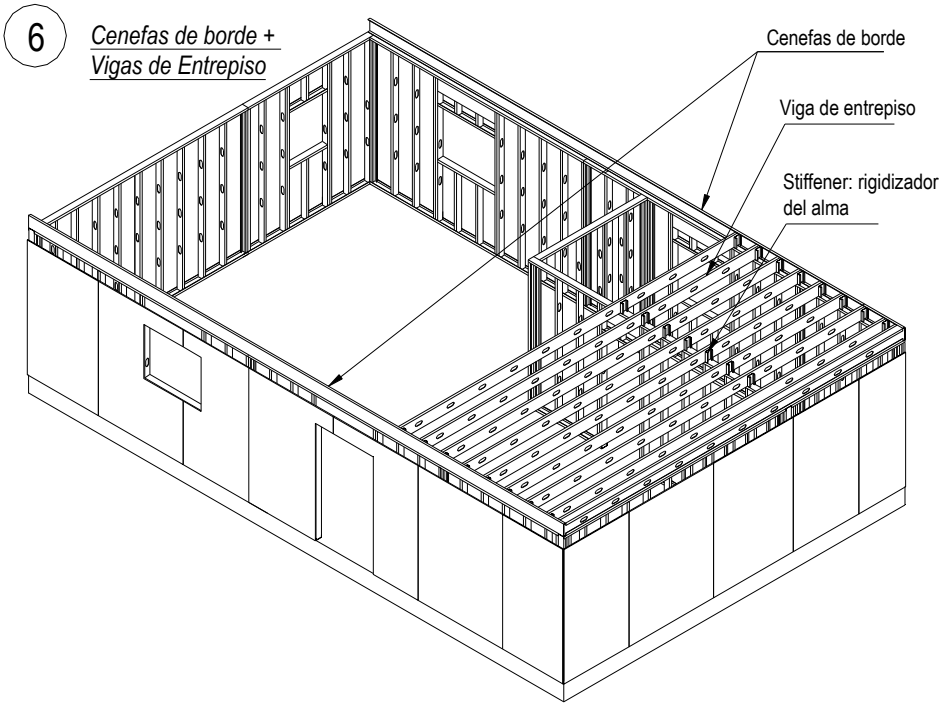


8.3.1 Emplacado Exterior de Paneles en P.B.

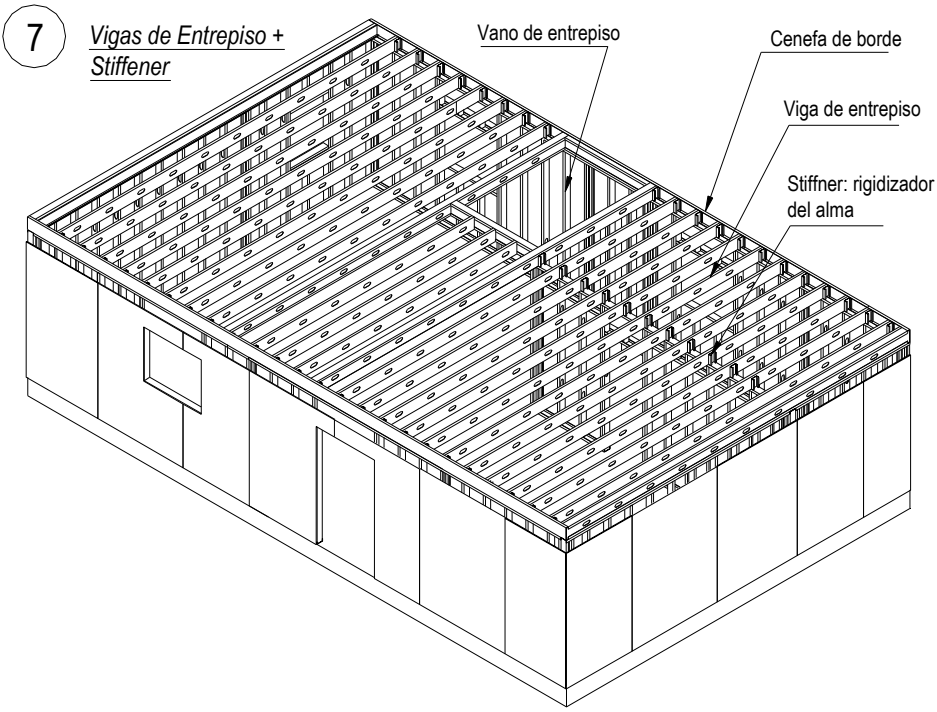


8.4 Montaje del Entrepiso

Se preparan las vigas de entrepiso según su medida verificando también que la distancia total, entre paneles exteriores opuestos coincida con la medida de los planos. Se procede al corte de las mismas a la medida requerida. Así mismo se preparan los rigidizadores y los perfiles "L" que se utilizarán para la correspondiente fijación de la viga al panel. Primero se colocarán las soleras de cierre y posteriormente las vigas de entrepiso. Es muy importante recordar la colocación de los stiffeners en los apoyos de las vigas y bajo muros de carga, para evitar el abollamiento del alma.



Deberán preverse los espacios destinados a vanos en el entrepiso.



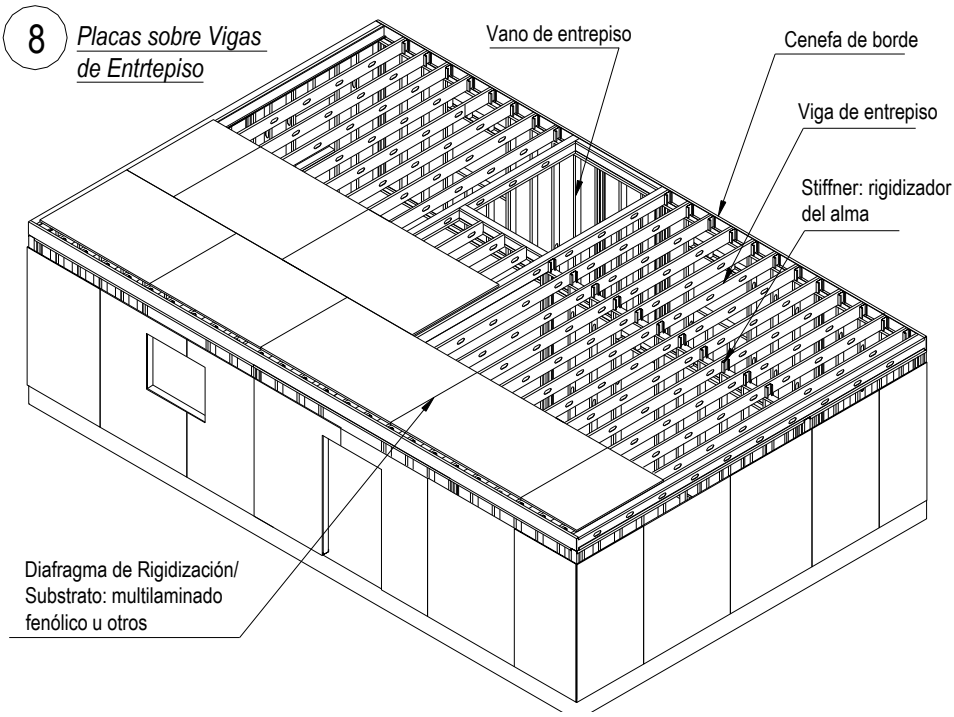
8.4.1 Emplacado sobre Vigas de E.P.

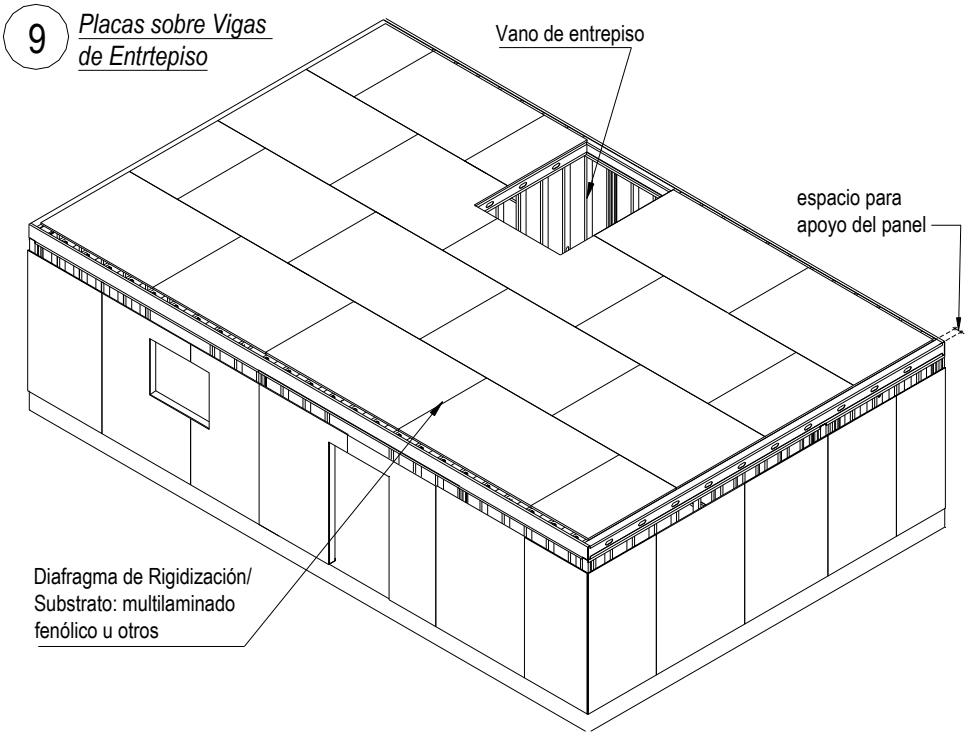
Como se ha visto anteriormente en el capítulo de entrepisos, el mismo puede resolverse de dos maneras distintas:

Ver 5.4.1
- Entrepiso húmedo

Ver 5.4.2
- Entrepiso seco

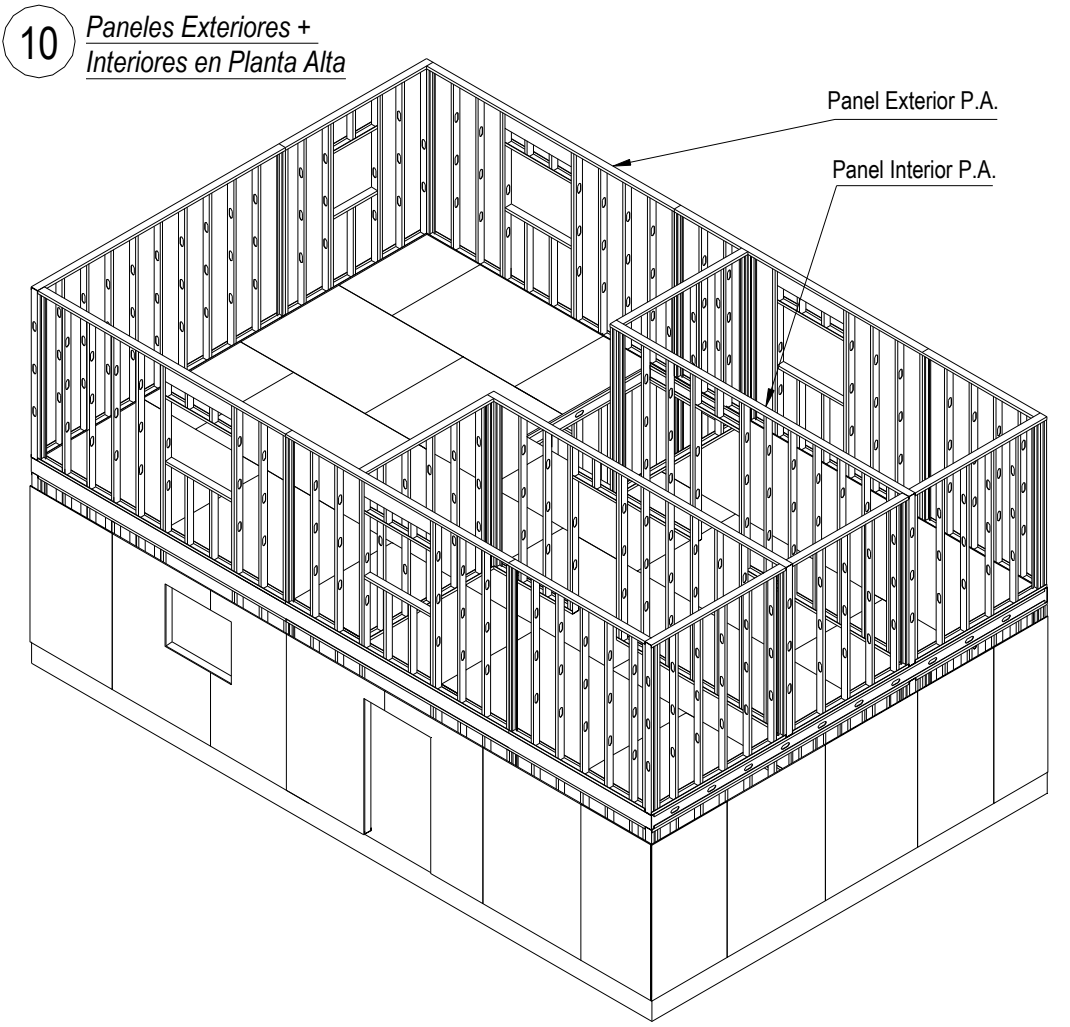
Esta decisión se toma previamente en la ejecución del proyecto por lo cual al momento del panelizado, se habrán tomado las medidas correspondientes. Cuando se trate de un Entrepiso seco, el próximo paso a seguir será la colocación del diafragma de rigidización y substrato sobre las vigas de entrepiso.





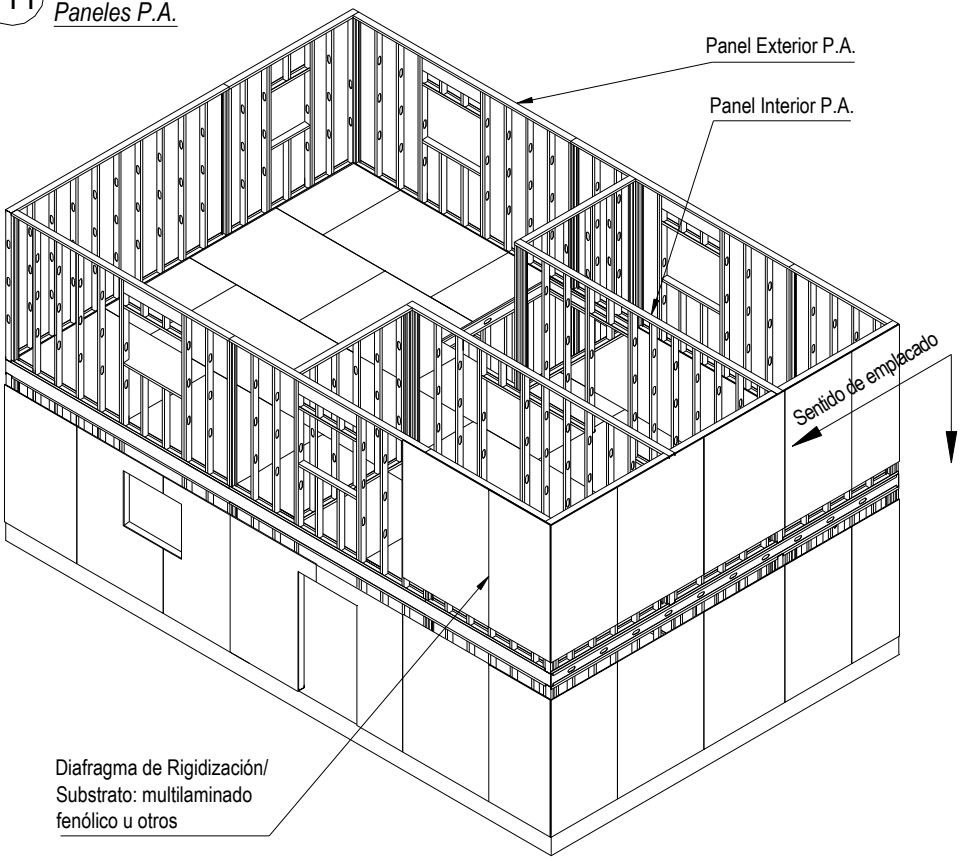
8.5 Montaje de Paneles en Planta Alta

El procedimiento es el mismo que para los paneles en planta baja.

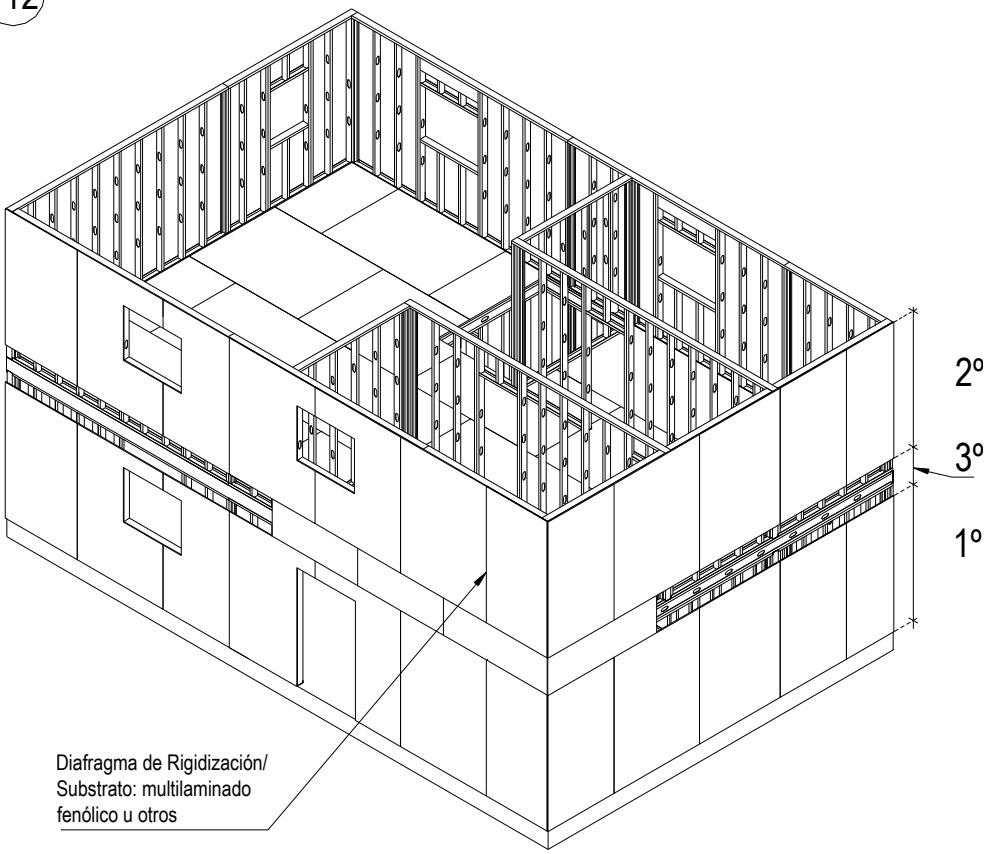


8.5.1 Emplacado Exterior de Paneles en P.A.

11 *Placas Exterior en Paneles P.A.*

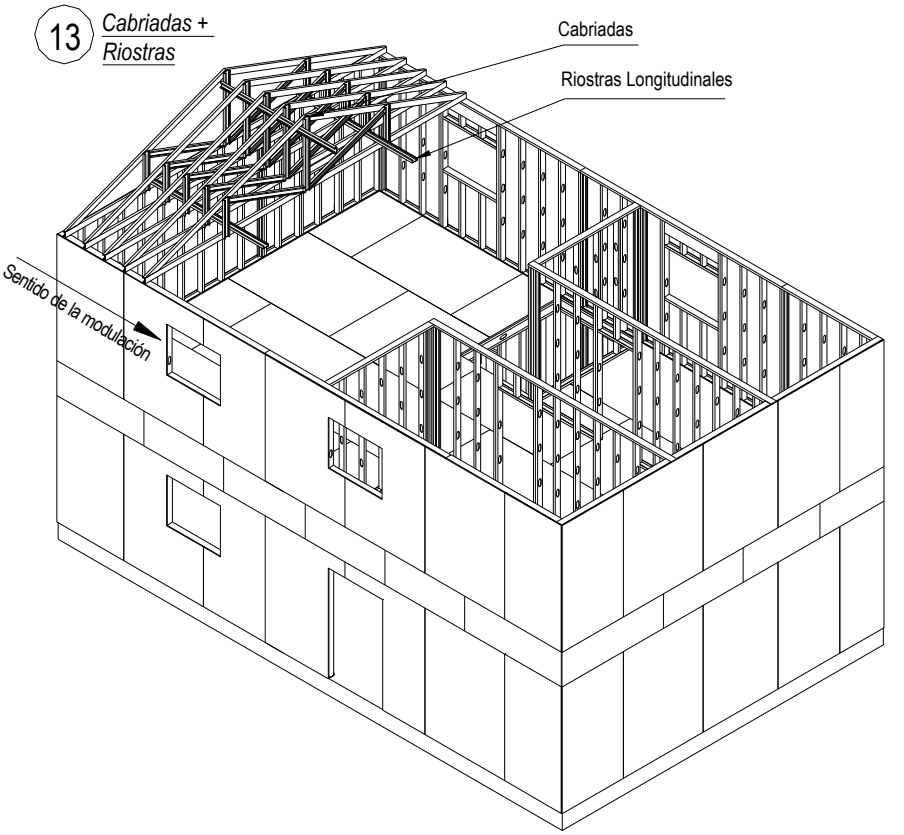


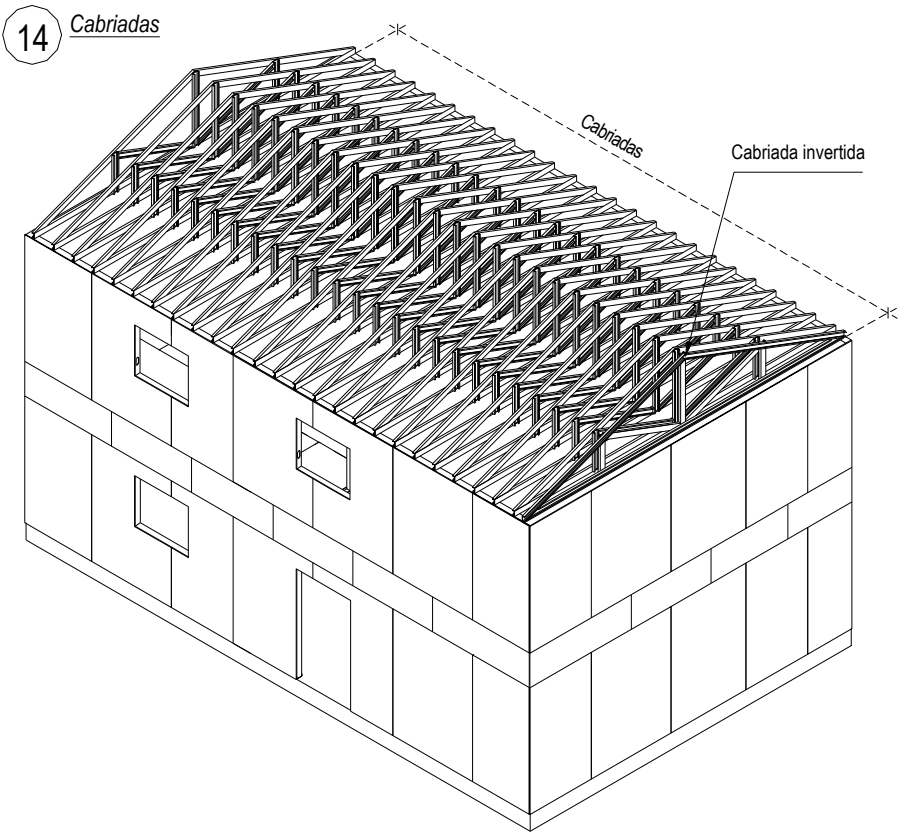
12 *Placas Exteriores*



8.6 Montaje de la Estructura de Techos

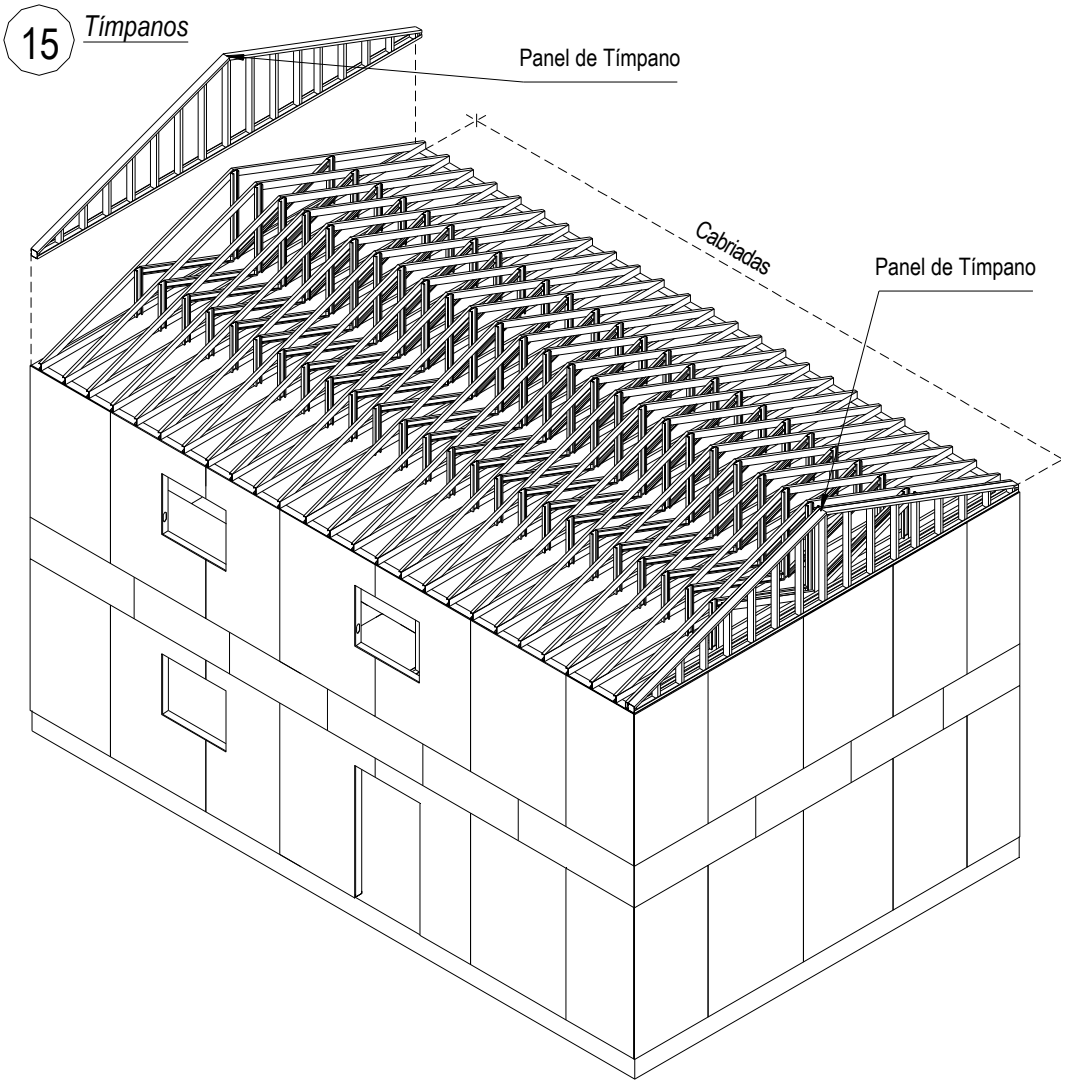
Al igual que las vigas de entrepiso, las cabriadas se preparan con sus rigidizadores y perfiles “L”. Una vez listas, se las iza manualmente en forma de conjunto para luego redistribuirlas de acuerdo a su ubicación definitiva.





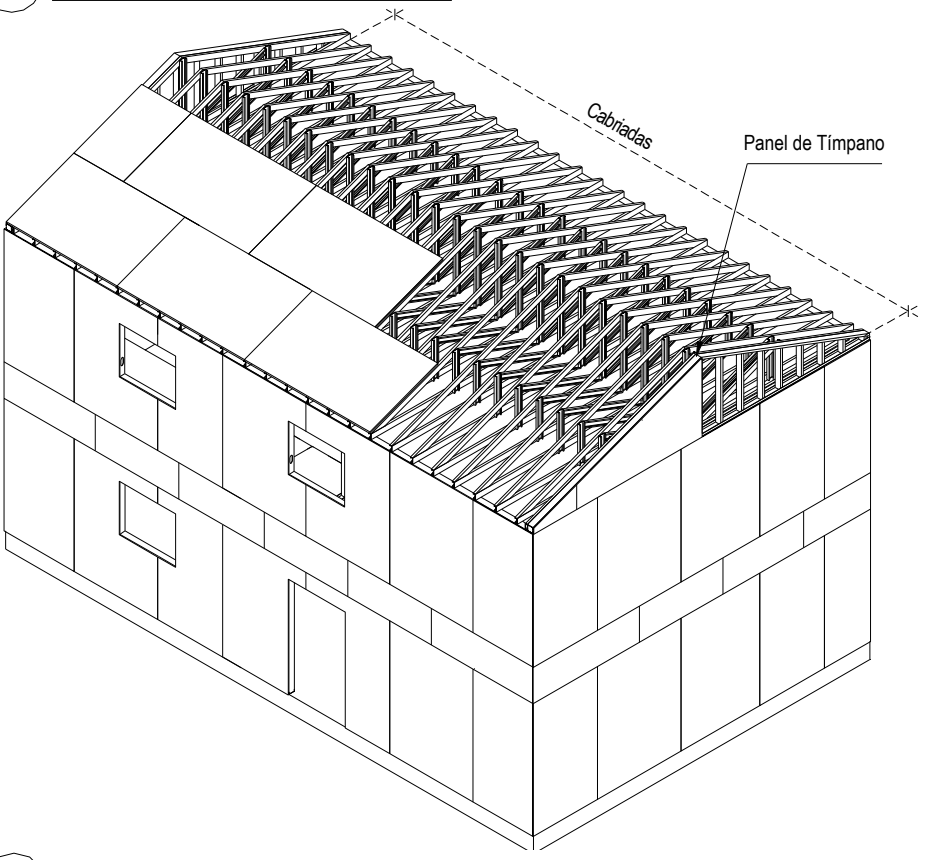
Ver 6.5.3

En el caso de cubiertas con “cola de pato” se debe efectuar un nuevo replanteo para verificar las conversas y cabios.

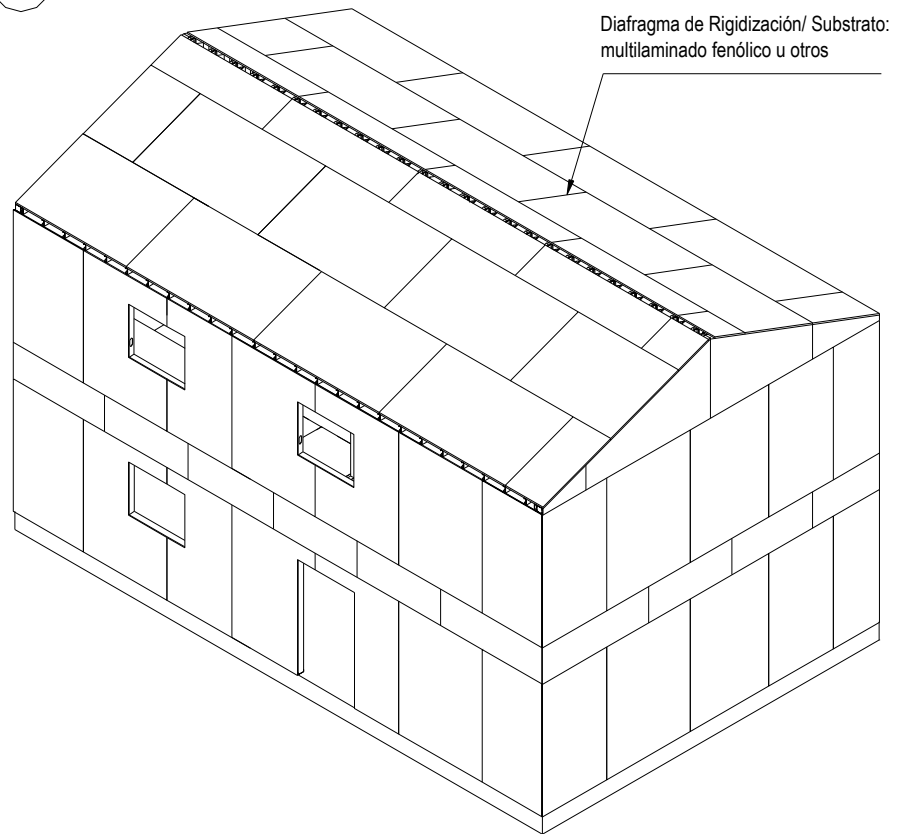


8.6.1 Emplacado Exterior de Techos

16 *Placa Exterior sobre Cabriadas y Tímpanos*



17 *Placa Exterior sobre Cabriadas y Tímpanos*



9 AISLACIONES

9.1 Conceptos Generales

Antiguamente, los principios de aislación en las construcciones se basaban en el uso de materiales con gran masa y con grandes espesores. Sin embargo, los avances de la técnica, y la consecuente evolución de los sistemas constructivos, conducen a un inevitable cambio conceptual y tecnológico de las aislaciones en un edificio.

Ante el tradicional concepto de "aislación por masa" aparece ahora un nuevo concepto de "aislación multicapa", mediante el cual el subsistema de aislación se compone de distintos materiales, y su correcto funcionamiento depende de la disposición y características de los mismos.

Otro factor que determina el desarrollo de las aislaciones es la importancia de la actual crisis energética y sus costos, que obligan a considerar seriamente las posibilidades de ahorro de la energía. Sin embargo, no parece posible una reducción drástica e indiscriminada del consumo energético, ya que esto afectaría gravemente la calidad de vida, y el confort de la vivienda. No se trata por tanto de no consumir energía, sino de consumirla mejor, mediante la adopción de técnicas que permitan gastar menos para el mismo fin. El ahorro en costo de mantenimiento, observado en forma anual, muestra claramente la conveniencia de la utilización de estos conceptos. ¿Cómo se puede actuar para conseguir una economía de energía en la vivienda? De varias formas:

- Evitando las infiltraciones de viento, lluvia y nieve.
- Evitando la penetración y formación de humedad.
- Procurando la circulación de aire necesaria dentro de la vivienda.
- Reduciendo las pérdidas de calor de la vivienda hacia el exterior (en invierno).
- Reduciendo la entrada de calor del exterior al interior de la vivienda (en verano).

Para ello se recurrirá a la utilización de los siguientes sistemas de aislación:

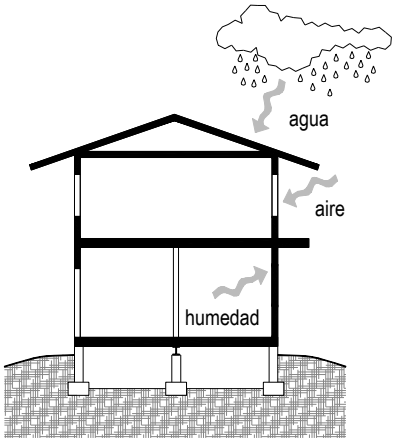
- Barrera de Agua y Viento
- Aislación Térmica
- Barrera de Vapor
- Acondicionamiento Acústico
- Áticos Ventilados
- Selladores

Todos estos sistemas serán desarrollados en el siguiente capítulo, en especial en lo que se refiera a la aplicación en estructuras de Steel Framing.

Respecto de las aislaciones hidrófugas en partes del edificio ejecutadas con un sistema constructivo húmedo, por ejemplo en cimientos, la resolución es la misma que para cualquier sistema tradicional, por lo tanto no lo desarrollaremos en este capítulo.

9.2 Barrera de Agua y Viento

9.2.1 Conceptos Básicos



El flujo de aire es uno de los principales factores que determinan las pérdidas de energía de una vivienda, permitiendo la infiltración de humedad dentro de la cámara de aire del cerramiento perimetral (paredes exteriores y techos) de la misma. Por lo tanto, si se desea obtener una construcción energéticamente eficiente es esencial la colocación de una membrana que envuelva la vivienda, funcionando como barrera de agua y viento. Dicha membrana debe cumplir las siguientes funciones:

- Reducir el flujo de aire a través de la paredes exteriores
- Prevenir la formación de humedad en la cavidad de la pared exterior, dejando "respirar" a la pared desde adentro hacia fuera
- Proveer resistencia a la penetración de agua desde el exterior al interior de la pared
- Proteger la estructura y los otros materiales de las inclemencias del tiempo durante el periodo de construcción.

- **Control del Aire y la Humedad**

Ver 9.3

El aire atrapado en un medio determinado es un excelente aislante, siempre y cuando se encuentre en estado estacionario ("estado ideal"). La aislación térmica de las paredes cumple dicha función al atrapar dentro de si una determinada masa de aire. Mientras que el aire retenido dentro de la aislación permanezca quieto y seco, la aislación trabajará a su valor "R" especificado ("R"=resistencia térmica) y como resultado proveerá una vivienda confortable.

Sin embargo, los materiales aislantes deben ser protegidos de la intemperie, dado que el aire exterior, agresivo por su carga de humedad, puede en determinadas circunstancias condensar sobre la aislación térmica, humedeciéndola y reduciendo su propiedad aislante. Si consideramos que en una casa de 230 m^2 existen más de 800 metros cuadrados de superficie de paredes y techos con posibles fisuras y hendiduras que permiten la entrada de aire y agua dentro de las paredes, la aislación térmica dentro de las mismas puede verse seriamente afectada. Aunque el viento sople tenuemente (en Argentina el promedio anual es aproximadamente 10 a 25 km/h), el aire exterior es forzado dentro de la vivienda. Por ello, se requiere una barrera de aire que:

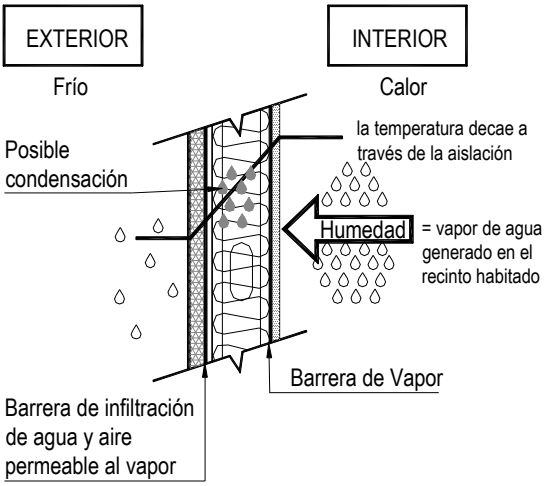
- Mantenga quieto el aire atrapado en las paredes
- Retenga el agua por fuera de la pared
- Permita escapar los excesos de humedad ambiente hacia el exterior

Controlar el aire que ingresa en las paredes y en los techos, es mas efectivo que agregar espesores adicionales de aislación, y mas eficiente que aumentar el gasto de calefacción o refrigeración para mantener una vivienda confortable.

La barrera de agua y viento debe proteger a la aislación térmica de la intemperie, y otorgar al sistema una gran capacidad de secado en caso de producirse puntos de rocío por vapor migrante del ambiente.

Para ello, debe cumplir con las siguientes condiciones:

- Resistir la penetración de agua.
- Resistir la penetración de aire.
- "Respirar", permitiendo el escape de humedad (permeable al vapor).



Por lo tanto, la barrera de agua y viento, reduce la infiltración de aire externo dentro de la casa y, a su vez, protege la estructura contra el agua que pueda infiltrarse por detrás de la fachada (revestimiento exterior) dentro de las paredes o bajo la cubierta.

La membrana también "respira"; esto significa que si se generase humedad de condensación dentro de las paredes (construidas por el medio seco), la barrera permitirá su eliminación hacia el exterior. Así, evitando la entrada de aire o agua y permitiendo que la humedad ambiente escape al exterior, soluciona el problema de condensación en la estructura (capacidad de secado).

9.2.2 Materiales y Características

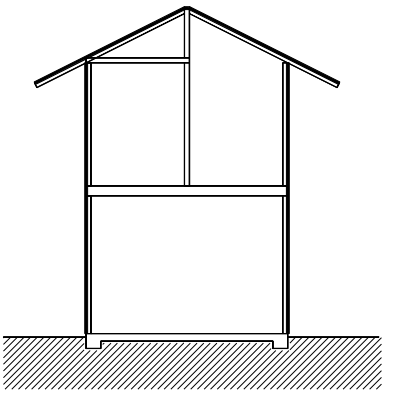
La barrera de viento es una membrana flexible de estructura no tejida, constituida por fibras continuas de polietileno de alta densidad, que se encuentran aglomeradas por presión y calor. La misma cuenta con las siguientes características:

- Permeable al vapor.
- Alta resistencia mecánica.
- Bajo peso.
- Alta durabilidad.
- Reciclable.
- Facilidad y rapidez de instalación.
- No es atacado por insectos ni roedores y no se torna quebradizo una vez protegido de los rayos UV.

9.2.3 Ubicación habitual

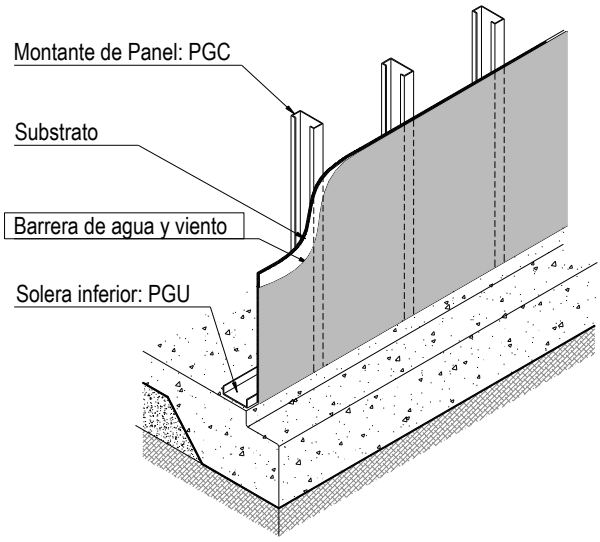
La barrera de agua y viento debe envolver la totalidad del exterior de la vivienda en forma continua: tanto paredes de cerramiento exterior como techos.

Dependiendo del tipo de terminación exterior, tanto para las paredes como para la cubierta, la barrera se instalará de dos modos distintos:

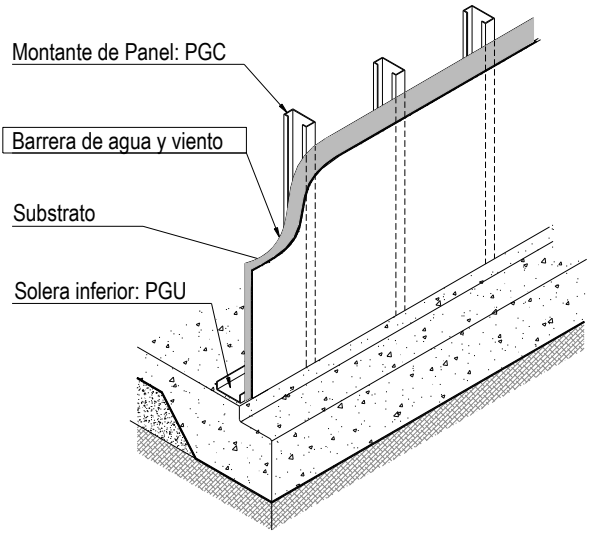


Ubicación habitual de la BARRERA DE AGUA Y VIENTO

- **sobre el diafragma/ substrato exterior:** se instala sobre el emplacado exterior inmediatamente después de la colocación del mismo, de manera de proveer una protección a las inclemencias climáticas durante la construcción.

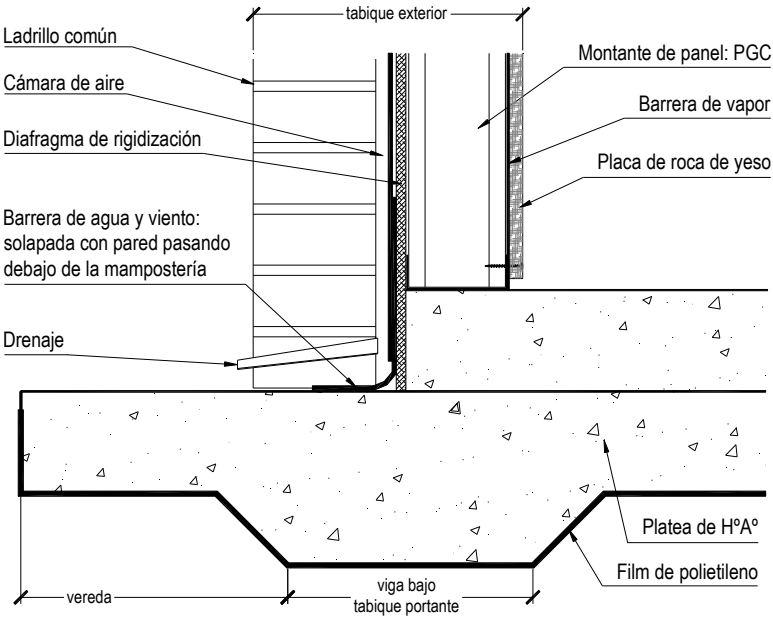


- **directamente sobre los perfiles de la estructura**, antes del diafragma o substrato. En algunos casos, deberá colocarse directamente sobre la estructura, por ejemplo cuando no se utilice ningún tipo de substrato para la terminación exterior o en aquellos casos de terminación exterior tipo EIFS en los que la colocación del EPS sea mediante adhesivo.



Debe solaparse, entre 15 a 30 cm, en todas sus juntas para crear una superficie continua y efectiva que minimice las infiltraciones de aire. Una vez colocada la totalidad de la barrera se encintará en todos los solapes horizontales o verticales, como así también eventuales discontinuidades provocadas por roturas accidentales durante la aplicación.

En ciertas zonas críticas deberá preverse el solapado y/o prolongación de la barrera de modo de asegurar su correcto funcionamiento. En paredes exteriores orientadas en forma desfavorable al agua y al viento, terminadas en ladrillo común, por ejemplo, podría filtrarse agua dentro de la cámara dada la porosidad del material. En estos casos, la barrera se solapa con la pared, pasando por debajo de la mampostería, como se ve en la siguiente figura:



9.3 Aislación Térmica

9.3.1 Conceptos Básicos

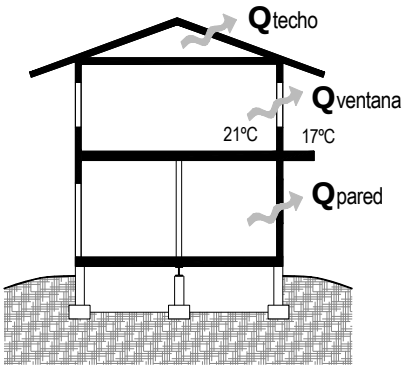
El propósito básico de la aislación térmica en un edificio es controlar las pérdidas de calor en invierno y las ganancias de calor en verano. Este concepto puede reducir drásticamente la cantidad de energía requerida para acondicionar los edificios respetando los parámetros de confort de las personas que lo habitan. Obviamente esto también repercute en el dimensionamiento de los equipos de acondicionamiento, reflejándose en la reducción de los costos y en la disminución de la contaminación ambiental.

Realizar un Balance Térmico nos dará pautas para la correcta elección de los materiales a utilizar. Así mismo, la correcta ubicación e instalación de los mismos contribuirá a obtener la mejor ecuación respecto de los conceptos anteriormente mencionados.

En cualquier instante, un edificio tiene simultáneamente ganancias y pérdidas de calor. Las ganancias de energía solar se producen principalmente a través de la cubierta, paramentos y aberturas. Cuando está más frío el exterior, se invierte el proceso, y las ventanas, paredes, techos y pisos son lugares de pérdidas de calor, que se completan con las infiltraciones de aire y pérdidas por la envolvente del edificio.

Al acondicionar térmicamente una vivienda, aumenta la diferencia de temperatura entre el ambiente interior y el exterior, produciéndose transmisión de calor desde el ambiente más caliente hacia el ambiente más frío, de dos formas distintas:

- A través de las paredes, techos, y suelos no aislados.
- Por renovación del aire (ventilación e infiltración a través de las rendijas de puertas, ventanas, etc.).



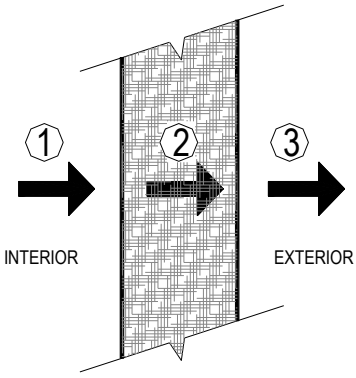
- **Modos de transmisión del calor**

Cuando una pared opaca y homogénea se coloca entre dos ambientes a diferente temperatura, se produce una transferencia de calor de la cara caliente a la cara fría.

Dicha transmisión se produce en varias fases:

1. Del aire interior (ambiente más caliente/ invierno) a la cara interna de la pared.
2. A través de la pared.
3. De la cara externa de la pared al aire exterior (ambiente más frío/ invierno).

La transmisión a través de la fase 2 se produce por conducción y en las fases 1 y 3, por convección y radiación.



- **Régimen Estacionario del Flujo de Calor (Valor R)**

El Coeficiente de Resistencia Térmica, o valor-R, indica la oposición al paso de flujos calóricos por efecto de un grado de diferencia de temperatura a ambos lados de un material, por unidad de superficie y durante una unidad de tiempo:

$$R = e/\lambda$$

Donde:

- "e" = espesor del material al cual se le está midiendo su valor R
- λ = Coeficiente de Conductividad Térmica característico de ese material, incluyendo la densidad del mismo, cuyas unidades son (kcal/ mhºC).

Por lo tanto, y de acuerdo a la definición anterior, las unidades en que se mide el valor R son (m2hºC/kcal) y mientras mayor sea su valor, mayor es la capacidad de aislación térmica del material.

El valor-R no indica la "resistencia R total" de la pared o del techo, sino que es la resistencia térmica del material .Combinándose varias capas de valor-R distinto, la Resistencia total (Rt) de dicha configuración será la suma del valor-R de cada una de las capas. Entre las capas mencionadas se incluyen las cámaras de aire, las terminaciones y las capas límite de aire exterior e interior.

Ver 2.3

Sin embargo, la resistencia real de la pared o techo puede ser inferior cuando existen elementos de metal en la conformación del componente. En otros términos, estos elementos constituyen **puentes térmicos** que disminuyen la resistencia al paso del flujo de calor.

La densidad es un factor intrínseco a cada material, incluido en el Coeficiente de Conductividad Térmica λ, siendo que una mayor densidad implica una mayor resistencia al paso del calor.

9.3.2 Materiales y Características

Existen distintos tipo de materiales que, dadas sus características, son aptos para la aislación térmica. Los más comúnmente utilizados son los siguientes:

- Poliestireno Expandido (EPS)
- Lana de Vidrio en Rollo
- Lana de Vidrio Proyectable
- Espumas Celulósicas Proyectables
- Espumas Poliuretánicas Proyectables

Cada uno de estos materiales posee ventajas y desventajas distintas respecto de los otros, diferenciándose a partir de ello en el tipo de uso y aplicación.

El valor-R y la densidad del material a adoptar para cada aplicación específica estará determinado en función del Balance Térmico.

MATERIALES DE AISLACIÓN TÉRMICA	Espesor e mm	Coeficiente de conductividad l Kcal/hmºC	Densidad d Kg/m3
Poliestireno Expandido	S/r	0.049	15/24
Lana de Vidrio en Rollo	S/r	0.038	14/24
Lana de Vidrio Proyectada	S/r	0.029	31.69
Espumas Celulósicas	S/r	0.027	45/60
Espumas Poliuretánicas	S/r	0.02	40/60

*S/r =según requerimento

- **Poliestireno Expandido**

La base del Poliestireno es el estireno, un líquido cuyas moléculas se polimerizan, dando origen a las macromoléculas de poliestireno. El estireno se mezcla íntimamente con agua y un agente de expansión.

- Conductividad Térmica: El poliestireno expandido, contiene hasta un 98,5% de su volumen en aire, por lo tanto siendo que la densidad de la espuma es muy baja tiene muy poco peso. El aire en reposo dentro de las células cerradas es resistente al flujo del calor. Ello, junto a la baja conductividad térmica del material básico, da un coeficiente de conductividad térmica muy bajo para el conjunto.

- Efectos de la humedad: Dada su estructura celular cerradas el poliestireno expandido absorbe solo cantidades minúsculas de agua líquida y posee una elevada resistencia a la difusión de vapor de agua. Dicha resistencia disminuye la posibilidad de daños debidos a la condensación intersticial de vapor de agua, bajo condiciones normales.

- Comportamiento ante el Fuego: El poliestireno expandido estacionado no puede ser inflamado por chispas o escorias candentes. Solamente llamas ajenas al material en sí, y aplicadas sobre el mismo, pueden llegar a encenderlo.
  El aire contenido en la estructura celular del poliestireno expandido no posee suficiente oxígeno para la combustión, siquiera incompleta del material ya que para ello la necesidad de aire es 130 veces mayor, en volumen, que el que ocupa el material. Ello significa que no puede haber combustión del material, cuando el mismo se halla protegido por un elemento constructivo, como la placa exterior de roca de yeso, que impida la llegada de oxígeno, aun cuando una llama externa (por ejemplo un cortocircuito) sea aplicada al mismo.

Ver 9.5

- Absorción Acústica

- Tipologías utilizadas habitualmente:

- **Poliestireno Expandible Standard:** Tipo básico utilizando en todas las ramas de la construcción.

- **Poliestireno Expandible Difícilmente Inflamable:** También denominado "autoextinguible". Responde a materia prima para material clasificado como "difícilmente inflamable" según normas DIN 4102 o como RE2 de "muy baja propagación superficial de llamas" según normas IRAM 11575-1.

Las planchas con bajo peso específico aparente (15/20 kg/m^3), tienen menor resistencia a la compresión y se emplean preferentemente en casos de solicitaciones pequeñas, por ejemplo, bajo techos o cubiertas y entre elementos constructivos diversos. En casos de mayores solicitaciones, sobre todo en la aislación térmica de techos planos, se deben emplear las densidades de 20 y 25 kg/m^3.

- **Lana de Vidrio**

La lana de vidrio está compuesta básicamente por arena y vidrio mezclados con un proceso especial de modo de obtener fibras tipo lanosas.

- Conductividad Térmica: Las pequeñas bolsas de aire atrapadas en la lana de vidrio, resisten el paso del calor, la pérdida de calor en el invierno y el ingreso de calor en el verano.

- Efectos de la Humedad: La aislación perderá su capacidad aislante o valor-R cuando se moje. La lana de vidrio no es un material absorbente, por lo tanto en caso de verse expuesta a la humedad, no retendrá el agua. Se secará manteniendo su valor-R, siempre que recupere el espesor requerido por el diseño.

- Comportamiento ante el Fuego: La lana de vidrio en si misma es inorgánica, y por lo tanto, incombustible. Sin embargo, la mayoría de los revestimientos que funcionan como barrera de vapor son inflamables. Por esta razón, se deberá evitar la exposición de aislantes con revestimiento, siendo necesaria la colocación de un material de terminación no inflamable inmediatamente después de la instalación de la aislación (placa de yeso).

Ver 9.5

- Absorción Acústica

- Tipologías utilizadas habitualmente:

- **Lana de Vidrio Inyectada:** aplicada en forma de espuma mediante un mecanismo que mezcla las fibras aislantes comunes con aire comprimido y un adhesivo para crear una crema espuma. Las burbujas actúan primero como transporte y luego encapsulan la fibra. Una vez secas, éstas adhieren entre sí a su entorno, constituyendo una superficie aislante hecha a medida.

- **Lana de Vidrio en rollo**: Los rollos de lana de vidrio pueden incluir una membrana que cumple la función de barrera de vapor. Dicha membrana puede ser de papel kraft o de aluminio, y su propósito es resistir el movimiento de la humedad hacia superficies frías donde pudiera condensarse.

- **Espumas Celulósicas Proyectadas (ACP)**

Está compuesta por fibras de celulosa con tratamiento ignífugo combinados con un adhesivo especial. Es un material autoportante que, al combinarse con agua y adhesivo, se adhiere firmemente a la superficie proyectada requiriendo aproximadamente 48 horas de espera para que el producto este completamente seco.

Entre las principales características de la ACP está su *forma de aplicación proyectada*, que le permite mediante un proceso rápido y seguro cubrir el 100% de la superficie a aislar sin cortes, hasta en lugares difíciles de acceder como rincones, etc. Cumple con las normas ASTM de los Estados Unidos certificado por UL Underwriters Laboratories.

- Conductividad Térmica: Su estructura es de celdas cerradas que no dejan pasar el aire y su método de aplicación proyectada garantiza el cubrimiento del 100% de la superficie. Térmicamente trabaja no solo en conducción, sino también en radiación y en convección. Tiene una gran densidad, que varía según la distancia de proyectado.

- Efectos de la Humedad: Actúa como control de condensación. En la mayoría de los casos, no requiere una barrera de vapor adicional.

- Comportamiento ante el Fuego: La celulosa es un material orgánico derivado de la madera con agregados químicos, tales como el Bórax, que lo convierten desde el momento mismo de su fabricación en un material resistente al fuego. Sus celdas cerradas evitan el paso del aire y la oxigenación del fuego, impidiendo así que los muros y/o techos aislados se conviertan en un conducto por el cual se efectúe la propagación del fuego. La ACP es considerada como material "CLASE 1". Para que se pueda calificar así debe, según las normas ASTM E-84, tener un *desarrollo de llama* menor a 25. La celulosa tiene un desarrollo de llama de sólo 10 y su *desarrollo de humo* es nulo.

Ver 9.5

- Absorción Acústica

- Tipologías utilizadas habitualmente: Su aplicación puede ser "a la vista", "no a la vista" o en el interior de tabiques. Se puede aplicar sobre cualquier superficie limpia, nueva o existente, que pueda ser pintada con pintura látex.

9.3.3 Ubicación habitual

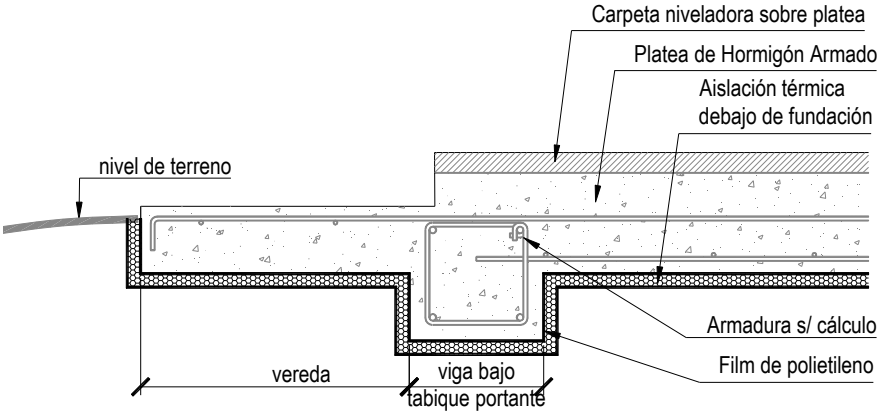
Como pauta básica la aislación térmica deberá colocarse en el perímetro del edificio, en todas aquellas zonas que separan un espacio interior acondicionado de uno no acondicionado o del exterior.

- **Fundaciones:**

  - Platea

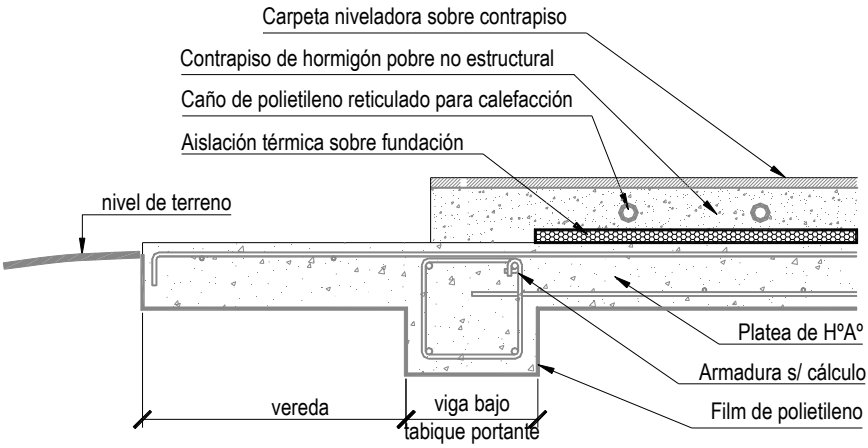
Ver 3.2

Como ya se ha visto anteriormente en *Fundaciones*, para la platea de hormigón armado, la ubicación de la aislación estará determinada por la presencia o no de calefacción por piso radiante.



En el caso de una platea sin calefacción, la aislación se coloca antes del colado del hormigón de modo de quedar por debajo de la platea, protegiendo la totalidad del perímetro inferior de la misma.

En una platea con calefacción por piso radiante, la ejecución de un contrapiso para el pase de las cañerías, posibilita la colocación del material aislante entre la platea y el contrapiso.



En ambos casos el material más comúnmente utilizado para la aislación térmica es el **poliestireno expandido** en planchas.

- Zapata Corrida

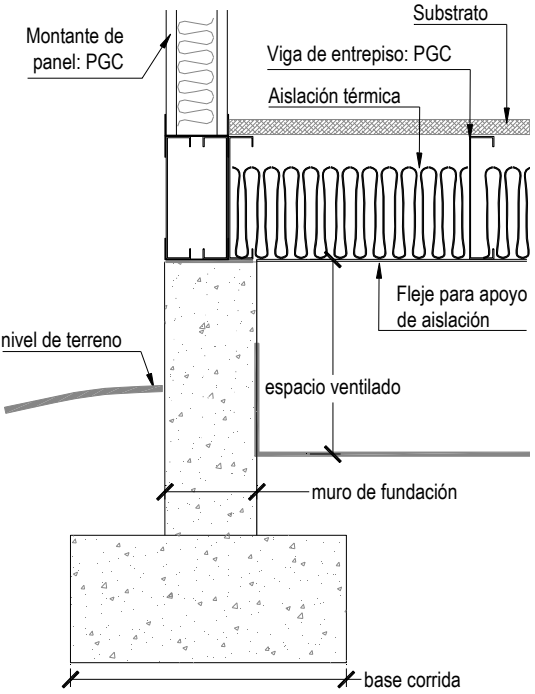
Ver 3.3

Como ya se ha visto anteriormente, la aislación en este tipo de fundación se coloca entre las vigas de entrepiso.

El material más comúnmente utilizado es la **lana de vidrio en rollo**, siendo el más apto debido al modo de instalación.

Para permitir el apoyo de los rollos de lana de vidrio, deberán colocarse unos flejes en el ala inferior de las vigas y transversalmente a las mismas.

El volumen de aire que circula por debajo del entrepiso contribuye a un mejor rendimiento de la lana de vidrio.



- **Paredes**

Una de las características fundamentales del Steel Framing es el complemento entre los diferentes subsistemas que hacen al funcionamiento del sistema en su totalidad. En el caso de las aislaciones de paredes exteriores, al igual que el entrepiso, se aprovecha la cámara de aire generada por la propia estructura para la colocación del material aislante.

Los materiales más aptos para la aislación de paredes son: **lana de vidrio** (en rollo o proyectada) y **espuma celulósica proyectada**.

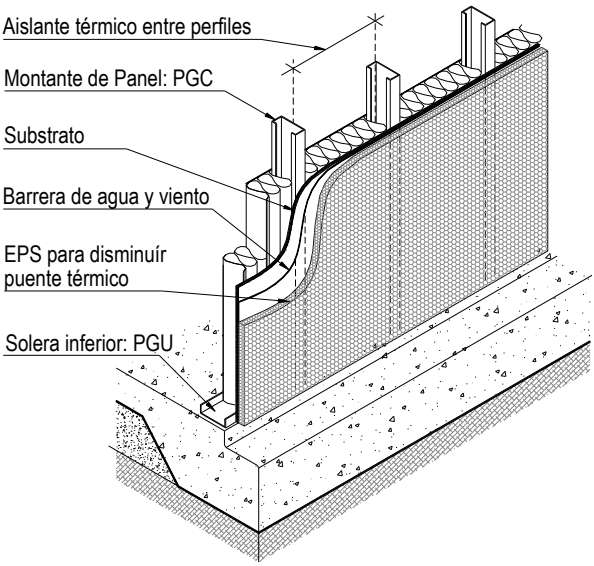
El mayor problema con el que se encuentra este sistema es la discontinuidad de la aislación. Dado que el material aislante se coloca entre los montantes, inevitablemente será interrumpido por los perfiles, siendo el acero un material altamente conductor.

Ver 2.3

De modo de reducir el puente térmico, y así aumentar la eficiencia de la aislación, deberá colocarse otro material aislante por fuera de la estructura.

Para tal fin, se recurrirá a la colocación de planchas de **poliestireno expandido (EPS)** en la cara externa de las paredes exteriores. La colocación del EPS sobre el substrato dependerá del tipo de terminación exterior.

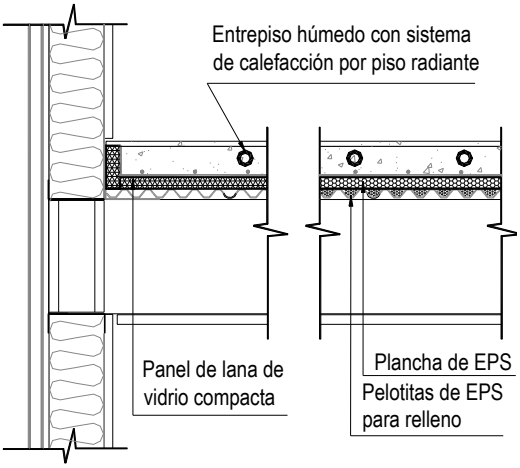
Ver 11



- **Entrepisos**

La utilización de un material que cumpla la función de aislante térmico en un entrepiso será necesaria en aquellos entrepisos húmedos que cuenten con un sistema de calefacción por piso radiante. En éstos casos, la colocación de un material aislante por debajo del contrapiso por el que pasan las cañerías de la instalación, disminuye las posibles pérdidas de calor a través del propio piso flotante.

De todos modos, como ya se ha visto en el capítulo de *entrepisos,* el material aislante en la conformación del multicapa de un piso flotante, cumple además la función de barrera de sonido. Por ello, aunque el entrepiso no cuente con un sistema de calefacción por piso radiante, la aislación no será omitida.



Los materiales más comúnmente utilizados para tal fin son el **poliestireno expandido** y la **lana de vidrio compacta**.

El modo de aplicación específico de cada uno de estos materiales ya se ha desarrollado en el capítulo de *entrepisos*.

Ver 5.4.1

La colocación de un material aislante entre las vigas de entrepiso, cuya función específica es la de acondicionamiento acústico, también contribuirá al control de la transmisión de calor de un espacio a otro.

- **Cubiertas**

Siendo la cubierta la zona de mayor pérdida y/o ganancia de calor para un edificio, es muy importante regirse por el Balance Térmico para la elección del tipo y cualidad de los materiales de aislación más adecuados.

El sistema de aislación térmica adoptado puede surgir de la combinación de varios materiales y sus ubicaciones, dependiendo básicamente de la estructura de techos y del tipo de terminación exterior de la misma.

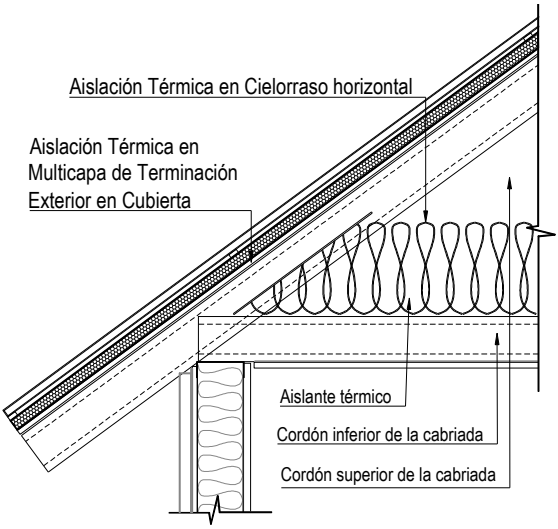
- Cielorraso horizontal

La estructura de techos conformada por cabriadas cuenta con una gran ventaja: la posibilidad de generar un ático ventilado por el cual circule un volumen de aire, contribuyendo así a un mejor rendimiento de la aislación en el edificio.

Ver 9.6

Dado que el ático ventilado es un espacio no acondicionado, deberá aislarse la zona que separa el ático del espacio interior, aprovechándose el plano horizontal generado por el cordón inferior de las cabriadas, para la colocación del material aislante.

La **lana de vidrio en rollo** se coloca generalmente "apoyada" por sobre los cordones inferiores de las cabriadas, en sentido transversal a las mismas.



Para evitar el paso del calor que se produce dada la discontinuidad del material, entre rollo y rollo podrá optarse por:

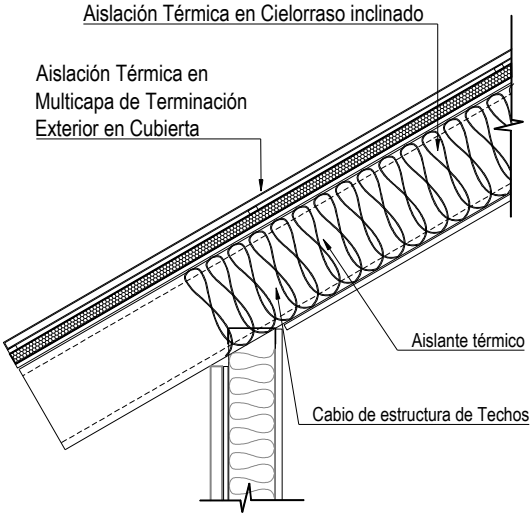
- disponer una segunda capa de rollos sobre la primera y en sentido perpendicular a la misma
- generar continuidad mediante un material del tipo proyectable colocado sobre los rollos.

Otras precaución a tener en cuenta es que la aislación térmica, un vez colocada, permita el paso de aire para ventilar el ático.

Los materiales del tipo **lana de vidrio inyectada** y **espuma celulósica proyectada** podrán utilizarse siempre y cuando se materialice previamente una superficie por encima de los cordones inferiores de las cabriadas sobre la cual aplicarlos.

- Cielorraso con pendiente

En el caso de ser un cielorraso inclinado no visto, la aislación, tanto del tipo **rollo** como **proyectado**, se puede colocar entre los perfiles de la estructura de techos.



Siempre que el cielorraso sea visto, como de madera por ejemplo, la aislación inevitablemente deberá colocarse por encima de la estructura.

- Sobre cubierta

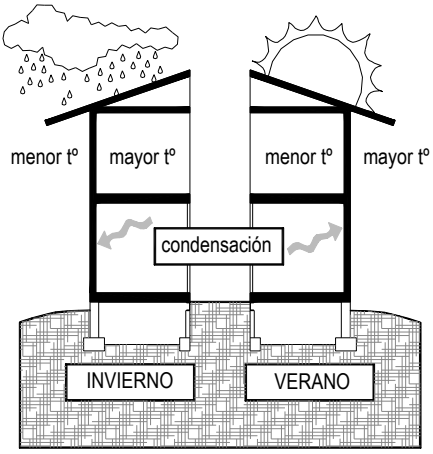
Ver 11

La aislación sobre el techo está ligada a la conformación exterior de la cubierta, dependiendo de los materiales de terminación utilizados.

9.4 Barrera de Vapor

9.4.1 Conceptos Básicos

Las diferencias de temperatura entre los ambientes interiores y los exteriores pueden generar condensación en los cerramientos que separan dichos ambientes, dándose las mayores condensaciones en invierno, debido al aumento de la diferencia entre las temperaturas.



A su vez, a través de las penetraciones de la envolvente exterior de una construcción, por ejemplo de cañerías, conductos, cajas eléctricas, etc., se producen importantes infiltraciones de aire. La presencia de aire húmedo aumenta la probabilidad de condensación.

Se denomina **humedad relativa** (HR), a la humedad contenida en una cierta cantidad de aire comparado a la máxima cantidad de humedad que el aire puede contener, a la misma temperatura.

El **punto de rocío** es aquella temperatura en donde el vapor de agua comienza a condensarse y se determina a partir de una temperatura dada y de la humedad relativa.

El aire ambiental contiene siempre un porcentaje de vapor de agua en equilibrio gaseoso con el aire, dando lugar a una presión parcial de vapor de agua representada en gramos de agua por kilogramo de aire seco.

La cantidad de vapor de agua máxima admisible en el aire, depende de la temperatura, y es creciente con ella: a medida que el aire se calienta, aumenta su capacidad de contener mayor cantidad de vapor de agua; por el contrario, a medida que se enfría, la capacidad del aire de retener humedad disminuye.

Cuando el aire contenga una cantidad de vapor de agua menor que el máximo admisible, se mantendrá en equilibrio indefinidamente. Sin embargo, si la cantidad de vapor tendiera a ser mayor que la admisible, el exceso no puede mantenerse en equilibrio y se condensa.

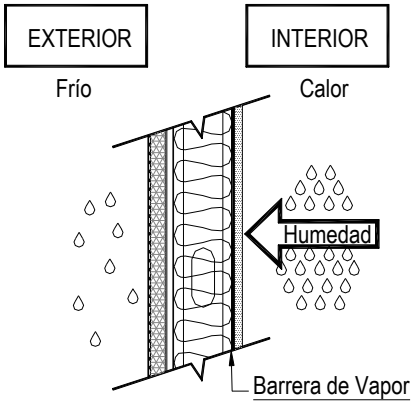
- **Condensaciones en el Interior de Cerramientos**

Dado que la cantidad de vapor de agua contenida en el ambiente de mayor temperatura, es más elevada que la contenida en el ambiente más frío existe una diferencia de presiones de vapor.

Éstas tratan de equilibrarse mediante la difusión a través de las porosidades del cerramiento, en el sentido de la zona de presión de vapor más elevada hacia la de menor presión de vapor, es decir del lado caliente al lado frío.

El vapor de agua condensará en la primera superficie fría que encuentre. Si dicha superficie se encuentra dentro de la cavidad de un muro exterior, hay una gran posibilidad de que:

- se humedezca la aislación térmica en el mismo, perdiendo así su capacidad aislante
- se deteriore de la estructura.



Debe tenerse en cuenta que todos los materiales, ofrecen una resistencia al paso del vapor de agua, por lo que la cantidad de vapor que pasa a través de cada elemento del cerramiento, es menor que la incidente.

La característica que mide la resistencia al paso del vapor de agua, es la «resistividad al vapor». Los materiales porosos son de resistividad es baja; mientras que los materiales impermeabilizantes tienen una resistividad elevada, y constituyen las «barreras de vapor».

9.4.2 Materiales y Características

Las barreras de vapor son membranas o revestimientos que reducen el nivel y el volumen de difusión de vapor de agua a través del cielorraso, paredes y pisos de una construcción.

Aquellos materiales como la aislación térmica rígida, los plásticos reforzados, el aluminio y el acero inoxidable son relativamente resistentes a la difusión del vapor de agua. La mayoría de estos tipos de barreras de vapor se fijan mecánicamente; al sellar las juntas, restringen efectivamente la infiltración de aire.

Las membranas son de un material delgado y flexible. Generalmente vienen en rollos o integradas a la aislación térmica, como por ejemplo el aluminio o papel Kraft que reviste una cara de la lana de vidrio en rollo.

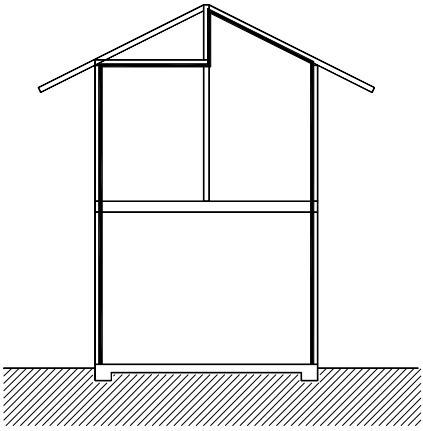
El polietileno es un material muy apropiado para la resistencia a la difusión de vapor de agua. Las pinturas u otros revestimientos, también pueden retardar la difusión del vapor cuando son aplicadas a una pared o cielorraso terminado.

9.4.3 Ubicación habitual

La barrera de vapor debe ser aplicada de manera completa y continua en toda la envoltura exterior del edificio.

Para su mejor rendimiento, la barrera debe estar en la cara de mayor temperatura del cerramiento.

Siendo que en general las mayores condensaciones se dan en invierno, en aquellos casos la barrera se coloca en la cara interior. En climas cálidos, en cambio, puede ser omitida.



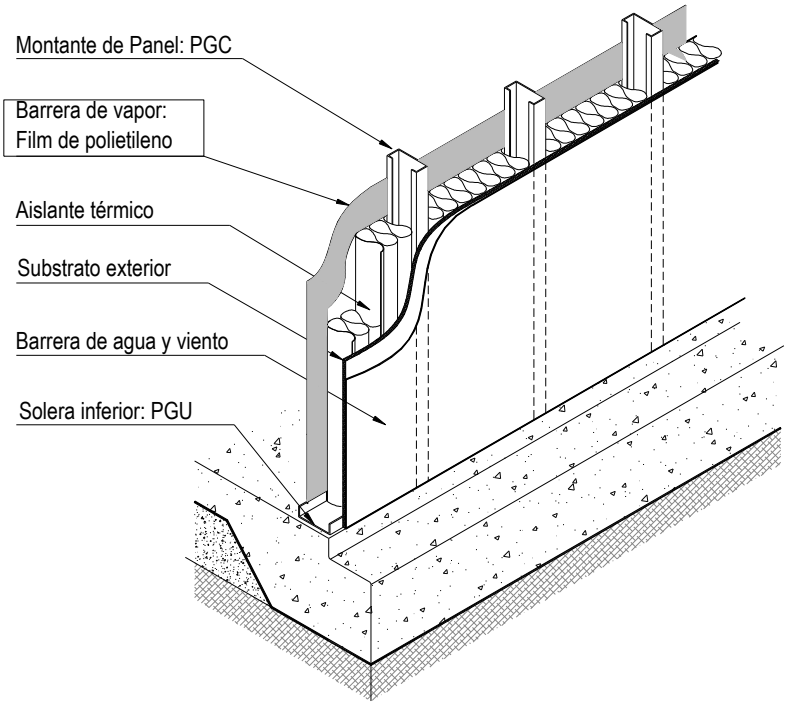
Ubicación habitual de la BARRERA DE VAPOR

La ubicación habitual de la barrera de vapor es la siguiente:

- cielorrasos bajo cubierta, inclinados u horizontales
- paredes exteriores
- entrepisos sobre espacios abiertos y sobre fundaciones de zapata corrida sobreelevada ventilada.

En todos los casos, como barrera se utiliza un **film de polietileno** que se coloca sobre la estructura, una vez instalada la aislación térmica. El film se fija provisoriamente al ala de los perfiles mediante tornillos que son retirados al colocarse la placa de terminación interior. Para crear una superficie continua y efectiva que evite el paso del vapor de agua, deberá solaparse entre 15cm y 20cm en todas sus juntas.

Cuando se utilice como aislación térmica lana de vidrio en rollo, la misma podrá incluir en una de sus caras un revestimiento de papel kraft o aluminio que funcione como barrera de vapor. Sin embargo, siendo que este material se ve interrumpido por la estructura, ésta no podrá ser adoptada como única solución. Podrá utilizarse siempre que se combine con el film de polietileno, material que asegura la continuidad de la barrera, contribuyendo a aumentar la resistencia al paso del vapor.

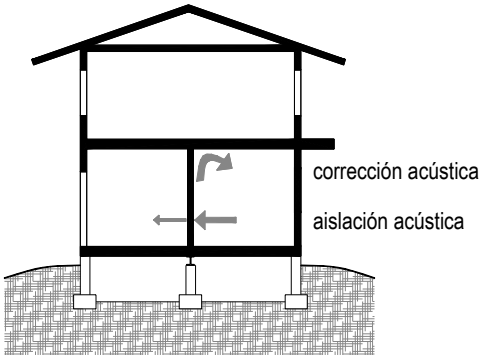


9.5 Acondicionamiento Acústico

9.5.1 Conceptos Básicos

El acondicionamiento acústico consiste en impedir la propagación del sonido desde una fuente sonora hasta el oyente. Si el emisor sonoro y el oyente se encuentran en el mismo local, ello se logra por absorción del sonido. Si están en distintos locales, se consigue por aislación acústica.

En el acondicionamiento acústico se distingue, según sea el tipo de ruido, la aislación del sonido aéreo y la aislación del sonido de impactos. La condición para vivir confortablemente en una vivienda, radica en que exista un acondicionamiento acústico suficiente contra los ruidos producidos por los vecinos, las instalaciones domésticas y los de la calle.



- Nivel de presión sonora

El nivel de la intensidad sonora percibido por el oído, se da en decibeles (dB). El ruido excesivo percibido por el hombre puede ser causa de daños mediatos o inmediatos para la salud. El oído humano normal es capaz de percibir sonidos entre 0 y 130 dB. Una intensidad sonora menor de 20 a 40 dB es bien tolerada y se percibe, en general, una sensación de confort; los valores que corresponden al habla se sitúan entre los 30 a 60 dB. Los niveles de ruido mayores a 60 dB provocan normalmente la interrupción del reposo, con los perjuicios mediatos que se derivan de ello.

- Frecuencia

El espectro de frecuencia que capta el hombre va de 20 a 20000Hz. En las documentaciones técnicas se toma un rango intermedio que va aproximadamente de 125 a 4000 Hz. Las frecuencias más bajas (de 125 a 500 Hz) corresponden a los sonidos graves, las medias (de 500 a 1600 Hz) a los sonidos medios y a partir de esta última las frecuencias altas, sonidos agudos.

- **Propagación Directa en Elementos Constructivos**

La propagación del sonido a través de elementos constructivos se compone de los siguientes fenómenos físicos:

- Sonido por el aire: Es la vibración transmitida por el aire que intenta poner en vibración la pared, el piso o el techo. Al tratar de vencer la llamada resistencia a la excitación, una parte del sonido es rechazada. La pared excitada vibra transversalmente, el sonido se convierte ahora en sólido incorporado a la pared. La pared irradia este sonido hacia el interior del local vecino. Además, el sonido llega al oyente a través de recorridos secundarios.

- Sonido a través de Sólidos: El elemento se excita directamente, sin capa de aire interpuesta. Así, para la misma energía de excitación, se produce en el elemento mucho más ruido.

- **Aislación del Sonido transmitido por el Aire**

El sonido transmitido por el aire es lo que normalmente se llama **ruido aéreo**. El aislamiento a ruidos aéreos se mide por la diferencia entre el nivel de ruido del local de emisión y el de recepción. El índice de reducción acústica R es dado en decibeles, y cuanto mayor sea el R mejor será el aislamiento del cerramiento.

Si colocamos una barrera entre dos locales para conseguir un aislamiento al ruido aéreo, la transmisión del ruido de un local a otro se puede realizar por distintos caminos:

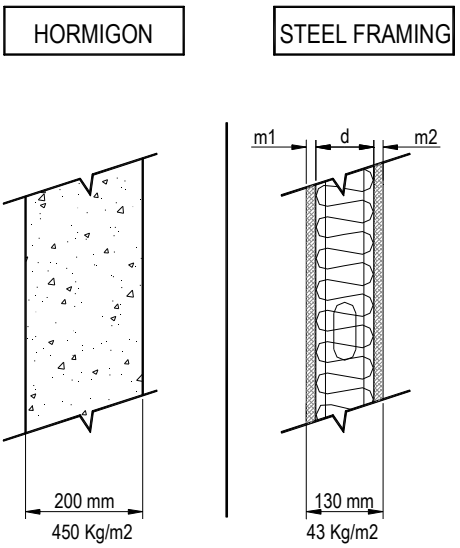
- Por vía directa , que se puede descomponer en dos causas principales.
  1) La porosidad a través de fisuras e intersticios.
  2) El efecto de diafragma, es decir, flexión bajo el efecto de la presión sonora, como en una membrana.

- Por vías indirectas, como conductos y paredes adyacentes.

- Efecto masa- resorte- masa

Si a una pared de masa «m» la dividimos en dos hojas de masas $m_1 + m_2 = m$ y las separamos una distancia «d», el conjunto ofrece una aislación acústica superior al de la pared simple de masa (m) equivalente.

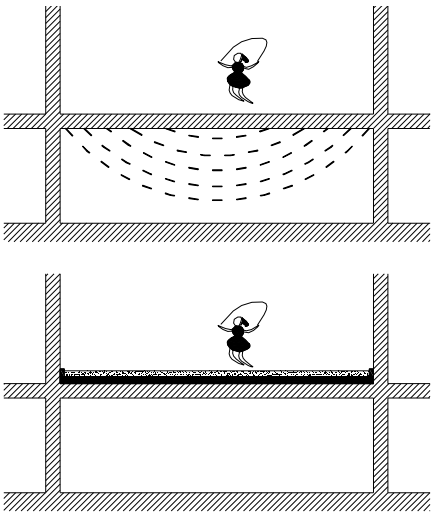
Este sistema de **masa-resorte-masa**, basado en la no solidarización de los paramentos, se compone de un conjunto de masas m_1 y m_2, unidas resorte de rigidez K con la capacidad de vibrar, que posee una frecuencia de resonancia propia.



Para suprimir las ondas estacionarias que tienden a acoplar los dos paramentos, es necesario colocar un aislante elástico que juegue el papel de resorte (elasticidad dinámica). El efecto del elemento absorbente en el interior de la cámara de aire, es conseguir un desacople de ambas hojas y una absorción de la energía acústica que se transmite de la hoja excitada por la vibración sonora, hacia la segunda.

- **Aislación del Sonido transmitido por Cuerpos Sólidos**

En el sonido transmitido por cuerpos sólidos, fundamentalmente se habla de **sonido de impactos**, que se propagan por la estructura del edificio y llegan al oído mediante ondas aéreas.



Otro tipo de transmisión es el de las vibraciones, que se propaga y se transmite por la estructura.

Entre los sonidos de impacto, uno de los de mayor importancia en la vivienda es el provocado por el caminar de las personas, comúnmente llamado ruidos de paso.

Para evitar la propagación de estos ruidos de choque e impedir así, su recepción por vía aérea en otros recintos distintos del de emisión, se debe realizar un «corte elástico» entre el revestimiento del suelo y la estructura del piso, mediante una capa resistente o amortiguadora de sonido.

- **Absorción o Corrección Acústica**

El comportamiento de los ruidos dentro de un ambiente depende de la porosidad de cada una de las superficies. Las ondas sonoras serán absorbidas o reflejadas según sea el coeficiente de absorción.

Cada material tiene un coeficiente de absorción α que va de 0 a1. Un material = 0 es totalmente reflejante mientras que un material = 1 es totalmente absorbente. La corrección acústica consiste en reducir el tiempo de reverberación del local.

9.5.2 Materiales y Características

Ver 9.3.2

- Lana de Vidrio para paredes interiores y pisos flotantes. La lana de vidrio, constituida por fibras finas y largas, responde perfectamente a las exigencias de amortiguación acústica elevada y de gran elasticidad solicitadas en estas aplicaciones.

- Poliestireno Expandido para pisos flotantes. Es importante especificar la utilización de poliestireno expandido elastificado, con módulo de rigidez dinámica bajo, y no utilizar el poliestireno expandido común, ya que el modulo de rigidez dinámica de éste, es elevado, oscilando entre 6 y 20 kgf/cm3, según su espesor.

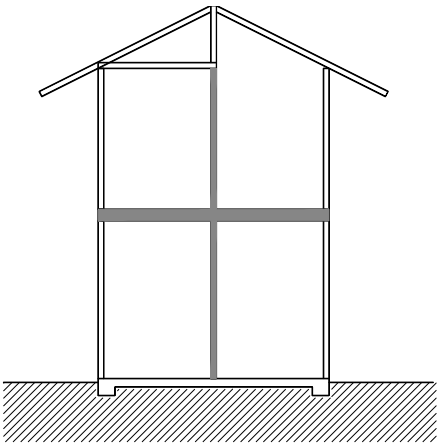
- Espumas celulósicas: dadas sus características y su modo de aplicación, este material recubre por completo los perfiles de la estructura y las instalaciones, otorgándoles rigidez y un mayor control de las vibraciones. Además, la ACP no se desmorona con el tiempo evitando los posibles puentes acústicos generados por la degradación de material de aislación. Siendo que por donde pase el aire, el sonido va a pasar, el control de la infiltración de aire es un factor importante a tener en cuenta para el acondicionamiento acústico. La espuma celulósica proyectada funciona como un eficaz sellador.

- Espumas Poliuretánicas: La espuma de poliuretano se proyecta en estado cremoso y expande de 2 a 3 veces su volumen inicial en el caso de los monocomponentes y 6 a 8 veces el volumen de aplicación para los bicomponentes. Por lo tanto, al igual que la espuma celulósica, este material se adhiere a la estructura y rellena cavidades, reduciendo así las vibraciones, el puente acústico, y las zonas de infiltración de aire y sonido.

9.5.3 Ubicación habitual

En lo que al sonido refiere, el modo de lograr un nivel de confort requerido en un ambiente, éste deberá estar aislado acústicamente en todo su perímetro. En el caso de aquellos cerramiento que limitan el exterior y sean aislados térmicamente, el mismo material cumplirá una doble función: termo-acústica.

Por lo tanto, el acondicionamiento acústico referirá específicamente a la aislación de paredes y entrepisos que delimiten ambientes interiores contiguos.

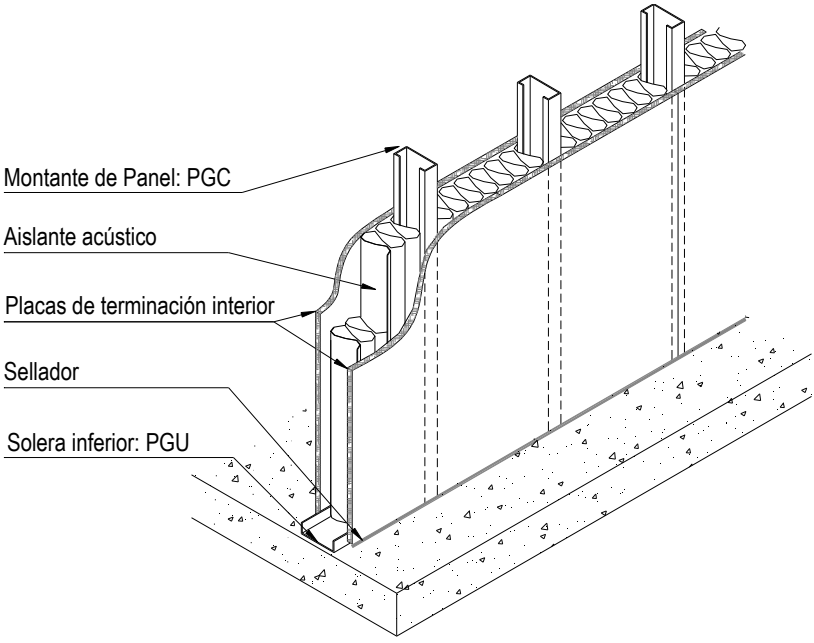


Ubicación habitual de la AISLACIÓN ACÚSTICA

- **Paredes Interiores**

Ver 9.5.1

De modo de obtener el efecto *masa- resorte- masa* en las paredes interiores, se colocará en la cavidad entre los montantes un material flexible, en general **lana de vidrio** (en rollo o proyectada) o **espuma celulósica**.

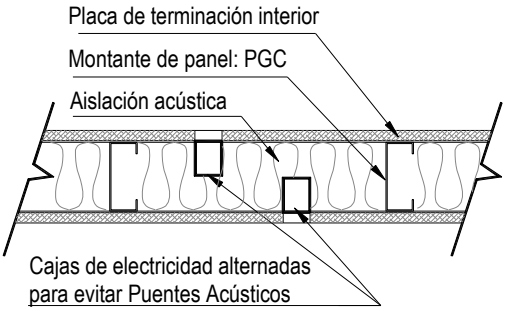


La instalación de la lana de vidrio en rollo debe ejecutarse previamente a la fijación de las placas de terminación interior. En el caso de los materiales proyectables, en cambio, será necesario colocar las placas de una de las caras de la pared para obtener una superficie sobre la cual proyectar.

Ver 10.3

Una vez colocadas las placas interiores se aplicará una junta de sellador, por ejemplo del tipo espuma poliuretánica, en la junta inferior entre placa y piso.

En cuanto a las instalaciones que pasan por el interior de la pared, deberá evitarse la formación de "puentes térmicos". Esto se logra alternando la ubicación en la pared los distintos elementos de las instalaciones, por ejemplo las cajas de electricidad, de modo que nunca estén en coincidencia, como se muestra en la figura de la derecha.



- **Entrepisos**

Para lograr el acondicionamiento acústico de un entrepiso será necesario, además de la aislación a los sonidos transmitidos por el aire, amortiguar los sonidos de impacto.

Para la absorción del ruido aéreo se colocará, al igual que en los paneles, un material flexible entre los perfiles de la estructura, en este caso las vigas de entrepiso. Los materiales que se utilizan habitualmente para tal fin son **la lana de vidrio** (en rollo o proyectada) y la **espuma celulósica**.

Como ya se ha mencionado anteriormente, para el control del sonido por impacto deberá aislarse la superficie transitable del entrepiso. El modo en que se materializa dicha aislación dependerá del tipo de terminación del entrepiso, sea éste húmedo o seco, como se explica a continuación.

- Húmedos: Pisos Flotantes

Como ya se ha visto anteriormente, el contrapiso no debe apoyar directamente sobre la estructura si se desea disminuir la transmisión del sonido de impacto.

Una solución adecuada para la aislación de los ruidos de paso en un entrepiso húmedo es la ejecución de un piso flotante que apoye sobre una capa amortiguadora, conformada por un material acústicamente aislante.

Los materiales más comúnmente utilizados para tal fin son el **poliestireno expandido** y la **lana de vidrio compacta** y su solución constructiva ha sido explicada en el capítulo de *Entrepisos*.

Ver 5.4.1

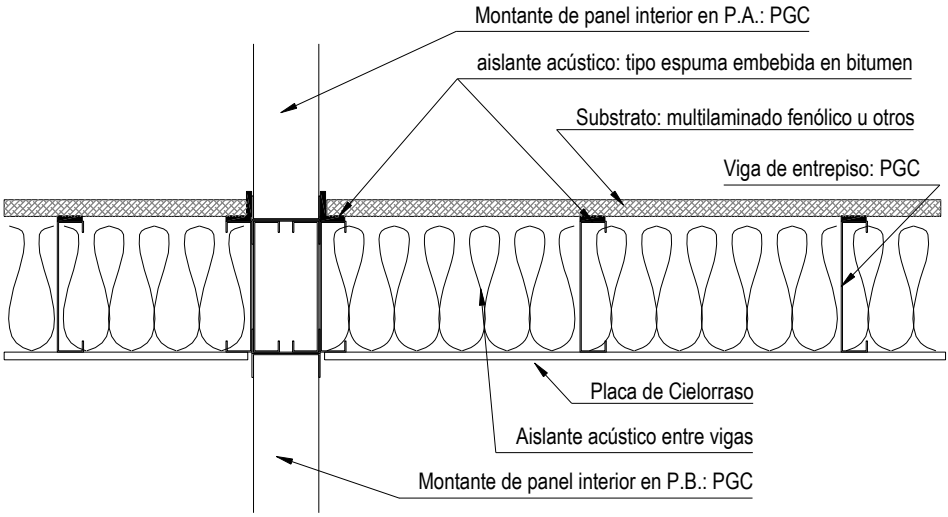
Además, para evitarse los "puentes acústicos" a través de la capa elástica, generalmente producidas al colarse el mortero, se colocará un film de polietileno, entre la capa aislante y el contrapiso.

Igualmente, es necesario evitar que el contorno del contrapiso esté en contacto con los muros, para que el sonido no se propague a través de éstos. Para ello se colocan a la altura del contrapiso, tiras del mismo material también aisladas mediante un film.

- Secos

En el caso de los entrepisos secos también será conveniente interponer un material aislante entre la estructura y el diafragma de rigidización. El material habitualmente utilizado es a base de **espuma poliuretánica impregnada con bitumen** que se coloca sobre el ala superior de las vigas de entrepiso.

Del mismo modo que en el entrepiso húmedo, para evitar el contacto directo entre diafragma y pared, se colocarán tiras verticales del mismo material.



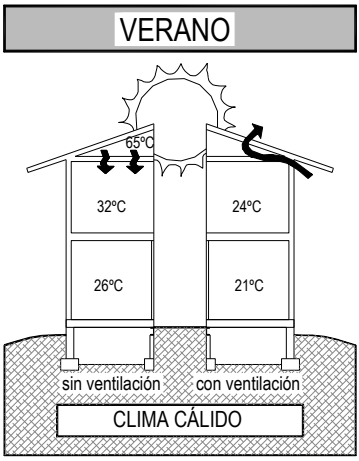
Cuando la terminación superficial del entrepiso se realiza con alfombra, puede colocarse un material “bajo alfombra” que colabora con la absorción del sonido de impacto.

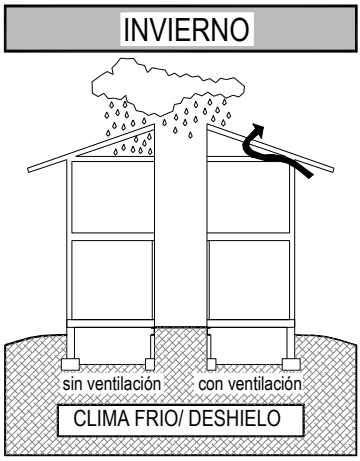
9.6 Áticos Ventilados

9.6.1 Conceptos Básicos

Cuando una vivienda esta adecuadamente ventilada, se crea un flujo de aire positivo que permite que la vivienda respire y ayuda a impedir que se acumule la humedad.

En climas cálidos, la ventilación adecuada del ático evita que se transmita el calor desde el cielorraso del ático (incluso si el ático esta aislado) hasta las habitaciones. En climas fríos, la ventilación adecuada impide que la humedad se condense en la aislación, en la estructura y en la cubierta del techo.

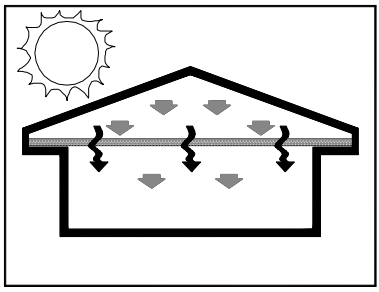




- **Conducción del Calor a través de los áticos**

La radiación solar, especialmente en verano, aumenta la temperatura de la superficie del techo. Éste, a su vez, lo irradia dentro del espacio del ático generándose así una acumulación de calor dentro de ese ambiente.

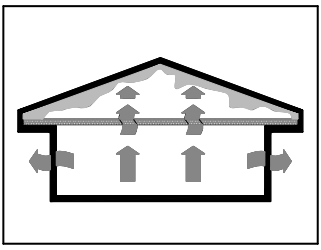
Sin una ventilación adecuada, la aislación térmica del cielorraso absorbe y retiene la mayoría del calor acumulado en el ático durante el día, dificultando la posibilidad de su liberación al aire nocturno. El calor residual se ira concentrando durante un periodo de días calurosos, elevando la temperatura de la aislación térmica y aumentando la radiación de calor hacia los ambientes inferiores.



Por lo tanto, para prevenir el aumento de temperatura en los ambientes inferiores es necesaria una ventilación en el ático que prevea la circulación de un volumen suficiente de aire a través del espacio del ático, teniendo en cuenta las condiciones variables de intensidades y direcciones de los vientos que actúan sobre el edificio.

Además, el aire de la ventilación deberá moverse de manera uniforme a lo largo de toda la superficie inferior del techo, evitando áreas discontinuas no ventiladas que acumulen calor.

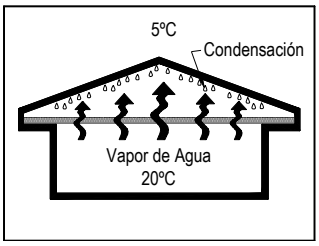
- **Transmisión de Humedad y Condensación dentro del ático**



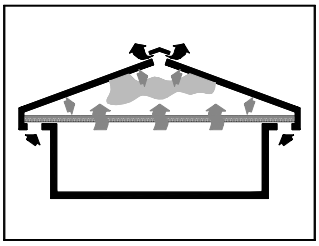
En invierno, el aire del interior de una vivienda es mas cálido y transporta mas vapor de agua que el aire frío y seco dentro del ático. Hay una fuerza natural, denominada presión del vapor, que determina la migración del vapor de agua desde zonas o materiales con alto porcentaje de humedad hacia otros donde la concentración de humedad en el aire es menor.

El vapor de agua puede atravesar cielorrasos y materiales aislantes (e incluso barreras de vapor) y llegar al ático, donde se condensa rápidamente en los elementos estructurales mas fríos.

El volumen de vapor de agua transmitido al ático (espacio interior mas frío en invierno) puede ser tal, que al condensar en los elementos estructurales del techo, no sólo conduzca al deterioro de los mismos, sino que además gotee sobre la aislación térmica, humedeciéndola. Al humedecerse, la aislación se comprime, reduciendo su capacidad aislante.

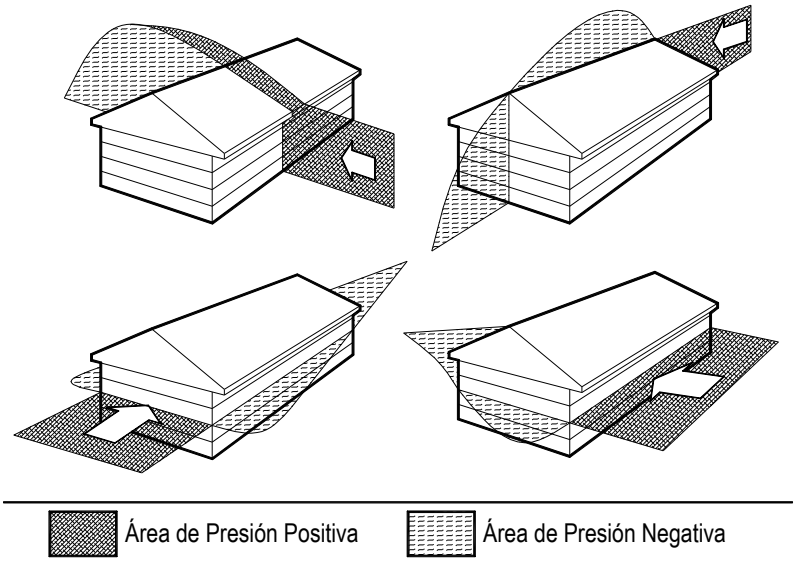


El problema de la condensación se resuelve con una adecuada ventilación del ático. El sistema mas efectivo será aquel que haga circular el mayor volumen de aire a través del ático, generando un flujo que atraviese uniformemente toda la superficie inferior del fenólico. Esto se debe a que dicha superficie es la mas fría en el ático y la principal localización de condensación.



- **Efectos del Viento**

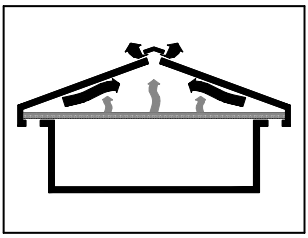
Existen dos fuerzas naturales que pueden transportar el aire a través del ático. Estas son, por un lado, la presión generada por el efecto de las fuerzas del viento sobre la vivienda y otra, el efecto térmico del aire cálido que se eleva hacia la cumbrera del ático.



De estas fuerzas, el viento es la mas constante y generalmente la mas fuerte. A medida que se mueve alrededor y contra la estructura perimetral de la vivienda, se crean áreas de presión positiva y negativa. Cuando se conocen estas presiones, es posible colocar ventilaciones para la toma de aire en áreas de presión positiva y ventilaciones para la salida de aire en áreas de presión negativa asegurando un flujo de aire continuo.

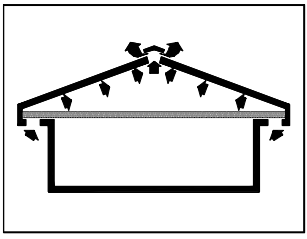
- **Efecto Térmico**

Además del movimiento del viento, existe otra fuerza natural que afecta la ventilación en un ático; es el efecto térmico, causado por el bien conocido principio de que el aire caliente asciende. El aire dentro del ático es generalmente mas cálido que el aire en el exterior –durante el día- y tiende a ascender y salir por la cumbrera si hay una ventilación que se lo permita.



Además, el aire dentro del ático circula por convección, el aire caliente asciende y el aire frío desciende al piso del ático. Una ventilación de salida en la cumbrera y otra de entrada en los aleros, facilitan este movimiento natural.

Sin embargo, el efecto térmico no es una fuerza mayor en un sistema natural de ventilación. El efecto del viento es mayor, por lejos, incluso una pequeña brisa provee mas movimiento de aire a través de un ático correctamente ventilado que el efecto térmico.



- **La Inercia del Aire**

Un factor extremadamente importante en el mantenimiento de una buena ventilación, es la inercia del aire. El aire en movimiento adquiere un momentum, parecido al del agua o cualquier otro objeto en movimiento, que tiende a mantenerlo moviéndose en la misma dirección.

Si el sistema de ventilación en el ático esta correctamente diseñado, mantiene el movimiento del aire en la misma dirección. Esto permite el funcionamiento de la inercia del aire, que mantiene el flujo de aire constante, y provee mas ventilación con menos viento.

Por otro lado, el aire estático tiende a mantenerse asi; se requiere mas fuerza para iniciar el movimiento, que para mantenerlo una vez que ha empezado a moverse.

Si las ventilaciones están ubicadas de manera tal que, a medida que el viento cambia su dirección, el flujo de aire a través del ático es revertido, habrá muy poca ventilación resultante. Si cada pocos minutos una ventilación de entrada del aire se convierte en una de salida, y viceversa, no será posible un flujo de aire continuo y efectivo. La inercia del aire será mejor utilizada cuando las ventilaciones de entrada y las ventilaciones de salida de aire, mantienen su condición de salida o entrada, independientemente de la fuerza y dirección del viento.

- **Efectos sobre el diafragma del Techo**

La acumulación de calor se da por efecto de la radiación, desde el fenólico del techo hacia el piso del ático, o hacia la superficie de la aislación térmica. Por ello, el enfriamiento del fenólico anula este efecto, manteniendo una temperatura deseable dentro del ático.

El problema de la condensación también se resuelve ventilando la cara inferior del fenólico. El techo es la estructura mas fría dentro del ático, ya que se encuentra en contacto con el aire exterior, y el vapor de agua condensa allí muy fácilmente. Mediante una buena ventilación en la superficie inferior del techo, el vapor se combina con el aire frío y seco, que lo transporta fuera del ático antes de que se condense y cause problemas.

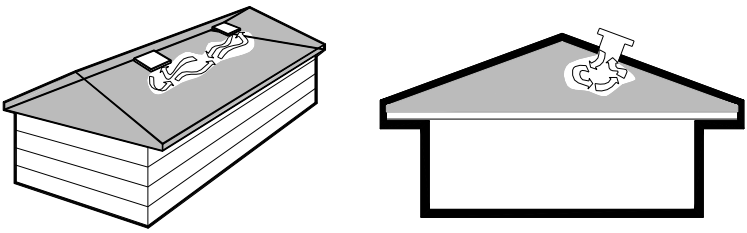
Un sistema de ventilación que transporte el aire a través del piso del ático o de la superficie de la aislación térmica del cielorraso y no lo haga a través del fenólico, no solo no prevendrá la condensación sino que, además, removerá el calor de la aislación térmica, aumentando las perdidas de calor de la vivienda. La aislación térmica deberá mantenerse a la mayor temperatura posible, mientras que el fenólico deberá estar lo mas frío posible, pero siempre bien ventilado.

9.6.2 Ubicación habitual

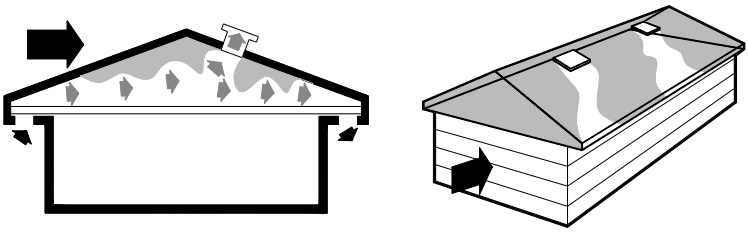
- **Ventilación de Techo**

La ventilación de techo, a pesar de que puede ser instalada cerca de la cumbrera y así proveer una salida para el aire caliente, posee ciertas desventajas:

- el área de circulación de aire es algo pequeña en relación al espacio que rodea inmediatamente la ventilación
- el aire entrará a través de algunas ventilaciones y saldrá por otras, dependiendo de las áreas de presión del viento en el techo.
- la infiltración de las condiciones climáticas del exterior puede ser un problema bajo estas circunstancias.



Ventilación de Techo



Ventilación de Techo combinada con Ventilación en los Aleros

Para obtener un mejor rendimiento de este sistema, la ventilación en el se utiliza junto con otro tipo de ventilaciones. La instalación mas típica, combina ventilaciones en el techo y en los aleros.

El alero es una excelente ubicación de toma de aire para ventilación, por estar poco expuesto a la lluvia y la nieve. Otra característica de los aleros es que la ventilación es paralela a la circulación del viento, independientemente de la dirección del mismo.

Sin embargo, el sistema que combina aleros y techo no logra un flujo de aire uniforme, quedando, por lo tanto, grandes porciones del fenólico del techo sin ventilar. Además, debido al área libre neta que provee cada ventilación de techo, es imposible tener una ventilación de techo suficiente para balancear la ventilación en los aleros. El aire generalmente entra por un alero y sale por el otro, y un porcentaje de aire sube y sale por la ventilación del techo.

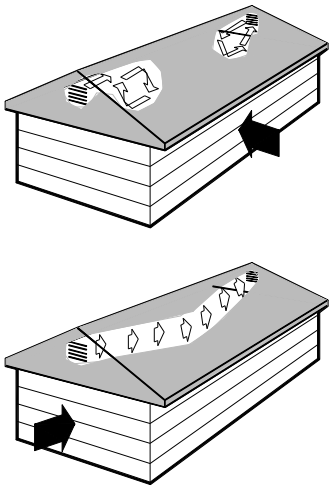
- **Ventilación en Tímpanos**

La ventilación en tímpanos ofrece un rango de ventilación tan limitado como el de una de techo, dependiendo en este caso el área ventilada de la dirección del viento.

Cuando el viento circula perpendicular a la cumbrera, cada rejilla de ventilación actúa como entrada y salida de aire. En este caso, los extremos del ático únicamente reciben ventilación.

Cuando el viento es paralelo a la cumbrera, el aire entra por una rejilla y sale por la otra, descendiendo hacia el piso del ático en el medio del recorrido. De esta manera, la mayor parte del fenólico queda prácticamente sin ventilar.

Si se utiliza, además de la ventilación de los tímpanos una ventilación en los aleros, el flujo del aire se transforma, permitiendo el movimiento del aire a través del piso del ático. Estos dos sistemas de ventilación, sin embargo, funcionan independientemente en vez de combinarse en un único sistema efectivo.



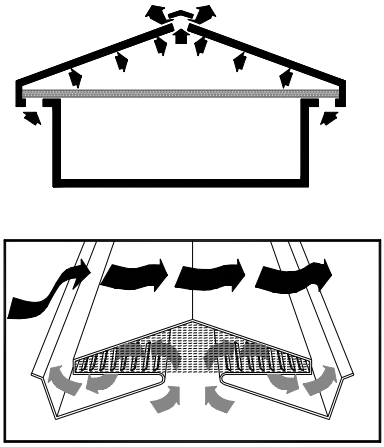
Ventilación en Tímpanos

- **Ventilación de Cumbrera**

Hay un sistema de ventilación para el ático que utiliza efectivamente las dos fuerzas naturales, la de la presión del viento y la del efecto térmico, para ventilar uniforme y continuamente toda la superficie inferior del fenólico del techo. Este sistema consta de la combinación de una ventilación de cumbrera continua y un área libre neta igual para la ventilación de los aleros, la mitad de la misma para cada lado de la estructura.

El aire que entra a través de los aleros, circula por el fenólico del techo, y sale por la cumbrera. Esto sucede independientemente de la dirección del viento. Debido a que el flujo de aire es siempre en la misma dirección, crea una inercia de movimiento de aire constante, que es la razón fundamental por la que este sistema es tan eficiente.

El viento que llega al extremo de la vivienda, salta sobre la cumbrera, generando un área de presión negativa. Por ello, sin importar la dirección del viento, la ventilación de cumbrera es siempre de presión negativa, actuando como ventilación de salida de aire.



Ventilación de Cumbrera con Ventilaciónen los Aleros

Cuando hay poco o nada de viento, el efecto térmico actúa para mantener la circulación del aire a través de la superficie inferior del fenólico del techo. El aire caliente se eleva hacia la cumbrera y sale a través de la ventilación, siendo reemplazada por aire mas frío que entra por los aleros. Ningún otro sistema de ventilación utiliza el efecto térmico tan efectivamente como el sistema de cumbrera. Ningún otro sistema genera un flujo de aire de este tipo.

9.7 Selladores

9.7.1 Conceptos Básicos

El desempeño efectivo del cerramiento exterior de una construcción se define frecuentemente por su habilidad para mantener al agua de la lluvia y demás elementos del ambiente exterior, fuera del edificio.

En toda zona de contacto entre dos materiales existe una **junta**, que es un punto crítico para las infiltraciones de agua y de aire que se producen a través del cerramiento. Por lo tanto, es fundamental el correcto desarrollo del sellado de las juntas para proveer a la envolvente exterior de la resistencia a las inclemencias climáticas.

El sellador de juntas es uno de los elementos necesarios para la integridad de una construcción, ya que brinda a la misma una protección duradera contra los factores climáticos del ambiente exterior y de esta manera permite el confort, tanto como el ahorro de la energía, dentro del edificio.

En este punto se explican los procedimientos posibles para el diseño y desarrollo de una junta correctamente sellada, con respecto a los tipos de selladores mas utilizados.

Fundamentalmente, los selladores tienen 2 funciones:

- Establecer una barrera para evitar el paso de agua, aire, polvo, sonido, etc.
- Unir dos soportes en movimiento, realizando así una unión elástica de gran estabilidad. Por lo tanto, este material debe garantizar la reversibilidad de sus deformaciones con el tiempo y en las diferentes y continuamente variables condiciones de temperatura.

9.7.2 Materiales y Características

Existen diversos productos de alto rendimiento para el sellado de las juntas. En base a las propiedades de cada sellador se selecciona el mas adecuado para cada aplicación especifica.

A continuación mencionamos algunos tipos de selladores y sus características principales, ejemplificando sus usos mas frecuentes:

- **Tipo Polisiloxano**

Los selladores del tipo polisiloxano, son conocidos más genéricamente con el nombre de Siliconas. Derivadas del cristal de roca de cuarzo, las siliconas son consideradas un producto inorgánico, y por lo tanto, tienen como una de sus características principales, un vida útil mínima de 10 años.

Las siliconas presentan alta repelencia al agua, resistencia a la radiación ultravioleta, al ozono, y a la exposición a altas y bajas temperaturas; y por lo tanto a la acción de la intemperie.

Las características fundamentales de estos selladores son:

- Alta Versatilidad: Excelente adherencia sobre la gran mayoría de los materiales porosos así como sobre aluminio, acero y metales.

- Estabilidad: Una vez curado, el sellador de siliconas permanece flexible bajo variadas temperaturas sin rajarse o volverse quebradizo.

- Reacción: Estos selladores reaccionan con la humedad ambiente formando un elastómero de siliconas.

Las siliconas se clasifican, según el tipo de cura y el módulo, de la siguiente manera:

- Tipos de Cura:

La cura puede ser **Acética** o **Neutra**, y estará determinada en cada caso por el tipo de substrato. El sellador de Cura Ácida se aplicará para superficies lisas mientras que el de Cura Neutra para superficies prosas.

- Módulo:

El módulo es la capacidad de sellamiento de los selladores de siliconas. Pueden ser clasificados como selladores de **alto** (+-25%). **medio** (+-50%) o **bajo** módulo (+100%, -50%).

- **Tipo Poliuretano**

La espuma de poliuretano es un complejo polímero químico y según sean la cantidad de componentes, los selladores poliuretánicos se clasifican en:

- Selladores mono- componente: Son los selladores listos para su empleo y en caso necesario con la imprimación requerida. No tiene características como resistencia a raspaduras, velocidad de reacción o económicas optimas.

- Selladores bi- componentes: Son los selladores suministrados en forma de varios componentes, que deben mezclarse, de acuerdo con las instrucciones del fabricante, antes de su colocación en obra.

Dado que la espuma de poliuretano es combustible es necesario considerar su forma de utilización, sabiendo que no debe estar expuesto a temperaturas por sobre los 95ºC.

Su utilización es ideal para eliminar los puentes térmicos y acústicos, ya que tiene excelentes características como aislante y sellador de infiltraciones de aire. Por lo tanto, es un material apto para rellenar cavidades de aberturas, exteriores e interiores, y zonas de puente acústico bajo zócalos entre habitaciones.

Las características fundamentales de las espumas poliuretánicas son:

- Gran eficiencia de aislación por unidad de espesor
- Estabilidad dimensional
- Resistencia a la humedad
- Gran adherencia
- Ductibilidad de trabajo
- No requiere ventilación
- Buena barrera para las infiltraciones de aire.

9.7.3 Ubicación habitual

Para el sistema de Steel Framing se puede dividir el uso de selladores globalmente en dos diferentes ubicaciones de aplicación:

- encuentro del sistema con otros materiales
- discontinuidades dentro del sistema
- juntas de dilatación

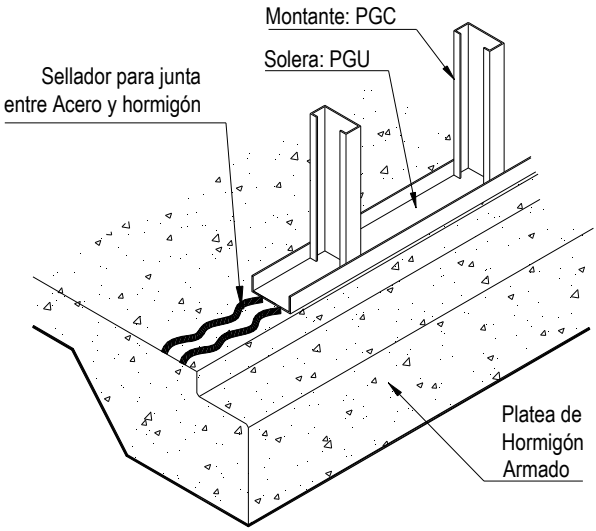
Previo a la aplicación del sellador la superficie debe ser limpiada y, en algunos casos, tratada con una imprimación.

- **Platea de hormigón**

Ver 8.3

Previo al montaje de los paneles sobre la platea se colocará un sellador para la junta Acero- hormigón.

El sellador del tipo **silicona** se aplica mediante dos "líneas" sinuosas y paralelas (cocking) sobre la platea, en los tercios del ancho de la solera del panel y en todo el largo que el panel en cuestión tenga.

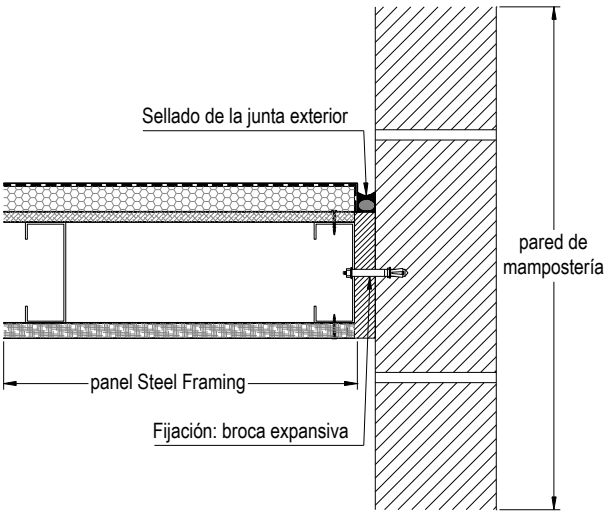


También puede utilizarse como sellador un material a base de **espuma poliretánica impregnada con bitumen**.

- **Pared de mampostería**

El encuentro entre un panel exterior resuelto con Steel Framing y una pared de mampostería se resuelve como la figura de la derecha.

Deberá preverse que la superficie de apoyo lateral del panel se la más lisa posible. Para ello, podrá aplicarse sobre la pared de mampostería una faja vertical de revoque del ancho del panel de modo de absorber las posibles irregularidades de la pared.



El sellador del tipo **silicona** se aplica hacia el lado exterior y, dependiendo del tamaño de la junta, requiere de una masilla de estanqueidad.

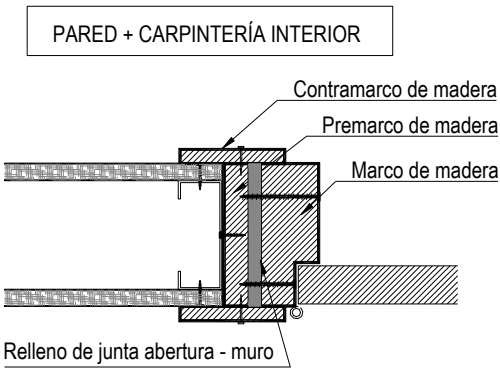
- **Carpinterías**

Hay dos fases en el sellado de la carpintería colocada.

- Relleno de la junta abertura – muro.

Entre la carpintería y los paredes de Steel Framing existe un hueco alrededor, que necesite rellenar.

Uno de los materiales más adecuados y utilizados en el relleno de la junta entre ventana y muro por sus buenas prestaciones es la **espuma de poliuretano**. Debido a su importancia damos una breve explicación de su aplicación en la fase de sellado.

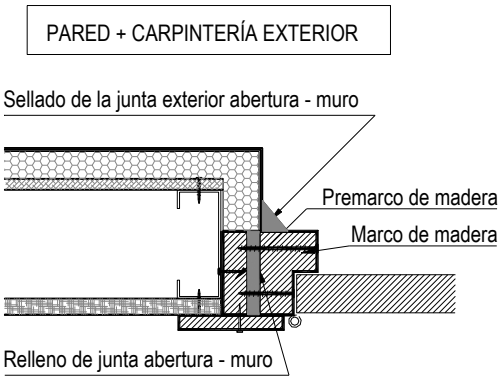


- Las superficies deben estar limpias y exentas de grasa.
- Para conseguir una buena adherencia se debe humedecer las superficies con agua.
- En cuanto a la cantidad de producto a aplicar, basta con rellenar de 1/3 a 1/2 del hueco. Una vez se endurezca el producto se recorta el sobrante.
- Para huecos superiores a 10 cm. de profundidad, conviene aplicar por capas de 5 cm. de espesor humedeciendo ligeramente entre capas. Con esto, se consigue una mayor expansión y rendimiento del producto.
- Acabado del producto: una vez endurecido (40 minutos aprox.) el producto se puede cortar, lijar, emplastecer o pintar. En las aplicaciones en el exterior, dado que la resistencia del poliuretano a los rayos UV es limitada, conviene protegerla por medio de tapetas, zócalos, pintura o sellantes de silicona.

La espuma de poliuretano aporta una insonorización considerable. No debe apelmazarse en exceso para evitar uniones rígidas entre marco y fábrica. No es correcto rellenar la junta a base de morteros porque se crea una unión rígida que termina por agrietarse a medida que se abre y cierra la ventana.

- Sellado de la junta exterior abertura – muro.

En la parte exterior de la carpintería y del muro debe evitarse el paso de la humedad al interior de la vivienda. Este sellado es siempre imprescindible y tiene una gran importancia, ya que, con un buen sellado conseguimos una igualación de los movimientos y tolerancias entre la ventana y el muro, impidiendo que tanto la humedad como el aire puedan penetrar en el interior.



El material más comúnmente utilizado para esta aplicación es la **silicona**, que deberá ser compatible con los substratos.

- **Juntas de Dilatación**

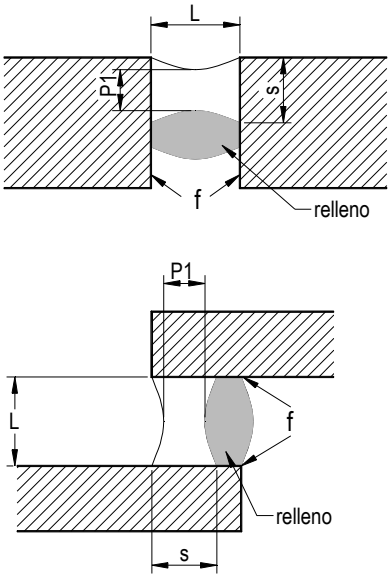
Las causas del movimiento pueden resumirse de la siguiente manera:

- Dilataciones térmicas:
  - Diferenciales (soportes de naturaleza distinta).
  - Periódicas (día – noche, verano – invierno)
- Solicitaciones mecánicas:
  - Empuje del viento.
  - Vibraciones (ondas sonoras).
  - Movimientos suelo (asentamiento, ondas sísmicas).
  - Uso (apertura y cierre de las hojas)

Para poder realizar este sistema de sellado, es preciso disponer de un material que pueda aplicarse en forma fluida y que, posteriormente a su aplicación, pueda vulcanizarse en un material que reúna las siguientes condiciones:

- Trabajar alternativamente a tracción y a compresión, resistiendo la fatiga a esta deformación alternante, durante un número de ciclos.
- Resistir el envejecimiento producido por la intemperie y los rayos solares, también por un tiempo determinado de ciclos, teniendo en cuenta que este envejecimiento es más crítico por el hecho de estar sometido el material de fatiga, por el esfuerzo alternativo.
- Poseer adherencia suficiente sobre todos los elemento de la construcción que puedan servir de soporte.

Las juntas pueden ser frontales o de recubrimiento y se dimensionarán con relación al trabajo que tiene que soportar.



L= ancho de la junta
P1= Profundidad de la junta
s= Superficie de adherencia
f= Flancos de la junta

10 TERMINACION INTERIOR

10.1 Conceptos Generales

Dadas las características propias del material y su facilidad de aplicación, las **placas de roca de yeso** son el material más comúnmente utilizado para la terminación interior en paredes y cielorrasos de un edificio ejecutado con Steel Framing.

El yeso es uno de los materiales de construcción más antiguos que existen y por sus características ofrece importantes ventajas en lo que se refiere a la protección contra incendio, el aislamiento acústico y el aislamiento térmico. Fundamentalmente, la característica principal de este material es su alta resistencia al fuego. Además, es un material estable, no tóxico y químicamente neutro. Su efecto regulador de humedad crea ambientes cálidos y comfortables.

Las placas se producen en fábrica en línea continua de producción, proceso que comprende desde la molienda y calcinación del yeso hasta el corte de las placas y el embalaje.

Las placas son de aplicación aprobada en tabiques, cielorrasos y revestimientos y permitan obtener superficies lisas con juntas tomadas. De esta manera se obtiene una base perfecta para la posterior aplicación de pinturas, papel, revestimientos cerámicos y de otros tipos.

Dado que este material está listo para ser montado, se reducen los tiempos de construcción como así también los costos. Las placas se montan fácil y rápidamente, lo que optimiza el trabajo del instalador.

Ver 7.4

La placas se atornillan sobre la estructura metálica, conformando la terminación interior de paredes y cielorrasos. Se utilizan tornillos tipo parker con cabeza Phillips, chatos, fresados, autorroscantes, galvanizados.

En síntesis, la utilización de placas de roca de yeso para la terminación interior de una construcción ejecutada en Steel Framing tiene las siguientes ventajas:

- Racionalidad constructiva con eliminación de las mezclas húmedas.
- Resistencia al fuego.
- Programabilidad para mayor aislación térmica y acústica.
- Reducción del plazo de obra.
- Facilidad en el pasaje de instalaciones.
- Costo final inferior a la construcción tradicional.

10.1.1 Características de las Placas

- **Resistencia a los esfuerzos**

  Los ensayos pertinentes han sido realizados en el Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI). La natural dureza de la roca de yeso, unida a la resistencia de la celulosa de las láminas de recubrimiento (que actúa como una verdadera armadura de tracción), confiere a las placas una particular solidez.

- **Aislación Térmica**

  Presenta un coeficiente de conductibilidad térmica = 0,38 Kcal/m hºC. La aislación térmica total estará dada por la composición del multicapa de pared.

- **Aislación Acústica**

  El control del ruido es el primer medio para lograr un ambiente acústico satisfactorio. Este puede ser controlado por absorción del sonido y por aislación del mismo. La aislación propiamente dicha, es función de los elementos separatorios. Es aquí, donde les paredes de roca de yeso muestran un excelente comportamiento acústico comparado con otros materiales tradicionales, teniendo en cuenta su reducido peso.

  Le incorporación de aislantes como lana de vidrio o láminas de plomo, permite obtener las variantes de reducción acústica que se desean.

- **Resistencia a la combustión**

Ver 7.4

  Las placas de roca de yeso son incombustibles porque su núcleo de yeso bihidratado retarda la acción del fuego a causa de las dos moléculas de agua de su composición cristalográfica.

  Al estar expuesta a la llama, el agua comienza a desprenderse lentamente. Durante el proceso de evaporación, que se verifica del lado opuesto a la llama, se mantiene una baja temperatura.

  De acuerdo a las normas ASTM 119 en las variantes de paredes divisorias, cielorrasos y revestimientos de paramentos se obtienen resistencias de una hora y media, dos horas y aún mayores con respecto el fuego.

10.2 Tipos de Placas

Se fabrican placas comunes y placas especiales.

A. Placas comunes: son las utilizadas en locales secos. La placa está formada por un núcleo de roca de yeso bihidratado (Ca 004 + 2 H50), cuyas caras están revestidas con papel de celulosa especial. Al núcleo de yeso se le adhieren láminas de papel de fibra resistente de un espesor de 0,6 mm y de un gramaje aproximado de 300 grs.1m2. La unión de yeso y celulosa se produce como "amalgama" de moléculas de sulfato de calcio que fraguan, penetrando en el papel especial durante el proceso de fragüe en el tren formador.

Espesor mm	Ancho m	Largo m
12,5	1,20	2,40
12,5	1,20	2,60
12,5	1,20	3,00
15	1,20	2,40
15	1,20	2,60
15	1,20	3,00

B. Placas Resistentes a la Humedad: también llamadas comúnmente "placas verdes" por el color característico del papel que las recubre. Se usan en locales con humedad (baños y cocina). La placa de roca de yeso se comporta correctamente en los locales con grado higrométrico elevada, tales como cocinas, baños, lavaderos, etc.
Para aumentar aún más la resistencia a la humedad de la placa que se colocará en estos ambientes húmedos, se fabrica una placa especial. Para combatir la penetración de humedad, el papel multicapa de ambas caras está químicamente tratado y la mezcla de yeso presenta un agregado de componentes siliconados. La placa es fácilmente reconocible porque el color del papel es verde. Ofrece una excelente base para la aplicación de cerámica, azulejos y revestimientos plásticos. No se recomienda usarla en cielorrasos.

Espesor mm	Ancho m	Largo m
12,5	1,20	2,40
12,5	1,20	2,60
12,5	1,20	3,00
15	1,20	2,40
15	1,20	2,60
15	1,20	3,00

C. Pacas Resistentes al Agua: se recurre a este tipo de placas en lugares con gran contenido de humedad y/o agua (duchas, bañeras, lavatorios, etc.). Las placas que cumplen con este requisito son placas del tipo cementicia o placas que por su composición interna y externa no absorben la humedad ni el agua. Su núcleo está formado por un compuesto resistente al agua, revestido por fibras de vidrio y/o cobertura plástica (no de papel), que son, al igual que el núcleo, incombustibles. Por sus características puede ser utilizada en locales con gran contenido de humedad y también como substrato exterior no estructural.

Espesor mm	Ancho m	Largo m	
13	1,22	2,44	8´
13	1,22	2,74	9´
13	1,22	3,05	10´
16	1,22	2,44	8´
16	1,22	2,74	9´
16	1,22	3,05	10´

D. Placas Resistentes al Fuego: Combina todas las ventajas de le placa de roca de yeso standard con lo resistencia al fuego adicional, ya que contiene en la mezcla aditivos especiales y mayor cantidad de fibra de vidrio que cuidan la integridad de la placa bajo la acción del fuego.
Cumple con las normas ASTM 36 y ASTM 119. Su uso está indicado para sectores especificados como de alta resistencia al fuego, tales como revestimientos de escaleras, palieres de edificios, divisorios de unidades funcionales, cielorrasos, etc.
Las medidas de las placas son iguales a las de A.

E. Placas Resistentes a la Humedad y al Fuego: combinan B+D. Las medidas de las placas son iguales a las de B.

F. Placas Resistentes al Agua y al Fuego: combinan C+D. Las medidas de las placas son iguales a las de C.

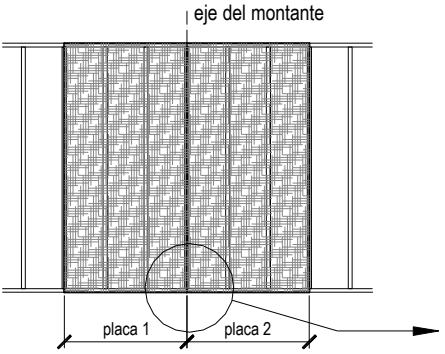
10.3 Pautas básicas para la Instalación

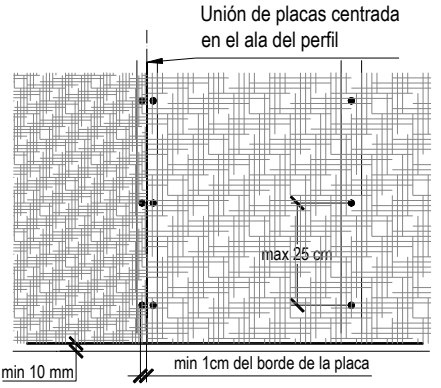
10.3.1 Emplacado

- **Pared Placa Simple**

  - Las placas se deben cortar de manera tal, que entren fácilmente, sin forzar, en el lugar asignado. Si bien el corte puede hacerse con medios mecánicos, lo usual es hacerlo con trincheta.

  - Las placas se colocan generalmente en sentido vertical. Los extremos de las placas deben coincidir con ejes de los montantes. La unión entre una placa y otra que sean adyacentes debe efectuarse sobre el ala de un montante, compartiendo la mitad de la misma entre cada una de las placas.



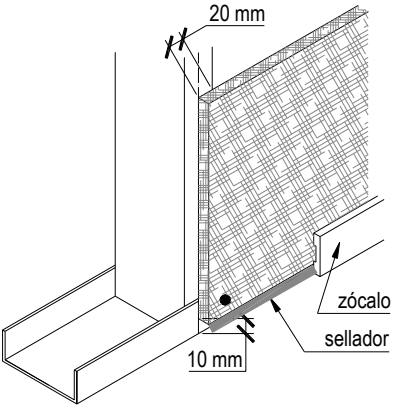


  - En el encuentro con el piso debe preverse una separación de 10 é 15 mm, para evitar la absorción del agua por capilaridad. Generalmente, este espacio se rellena con un sellador del tipo espuma poliuretánica para evitar el puente acústico. La posterior colocación del zócalo asegura una correcta terminación.

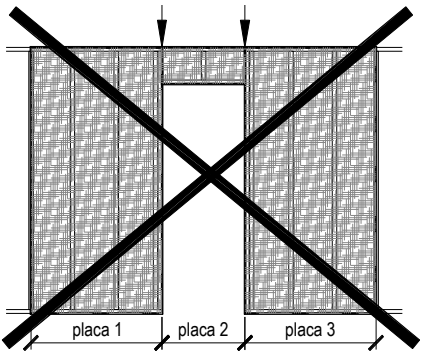
Ver 9.7

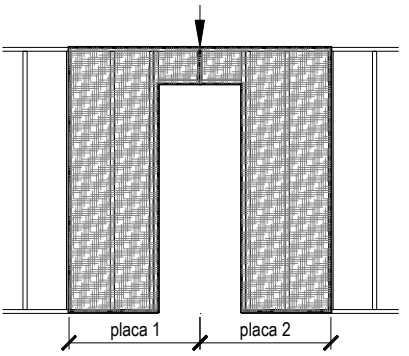
  - La placa se fija a la estructura con tornillos T2 separados cada 25cm como máximo y dispuestos como mínimo a 1cm del borde de la placa.

Ver 7.4

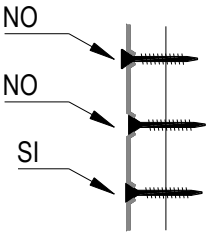


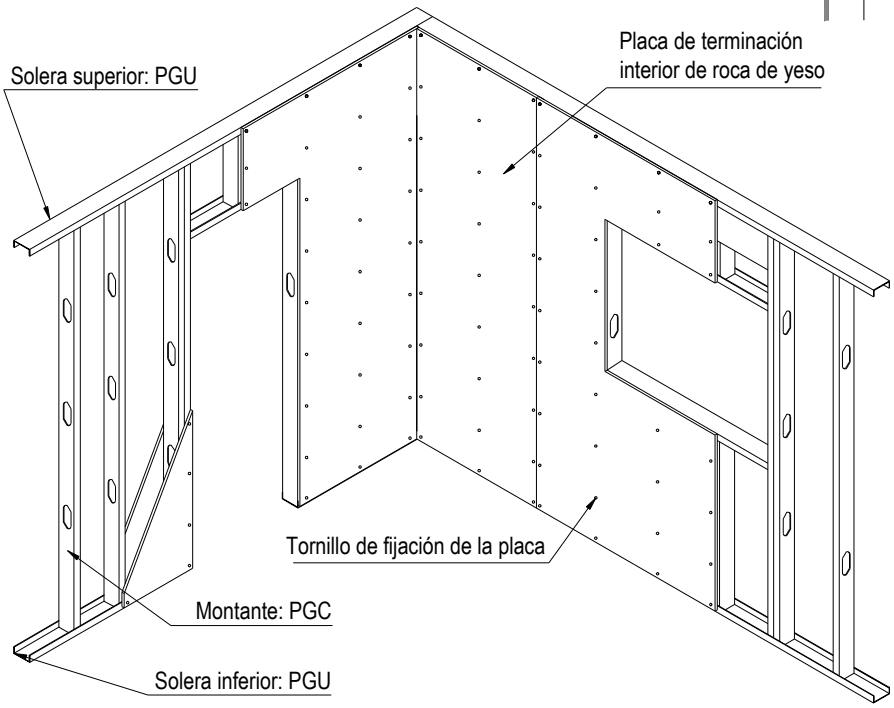
  - No debe haber uniones de placas en coincidencia con los vértices de los vanos, sino que se deben cortar en forma de “C” o “L”.





- El tornillo debe quedar rehundido, sin torcerse ni romper el papel. De no ser así, se lo debe retirar y colocar otro a centímetros de éste, nunca en el mismo orificio.



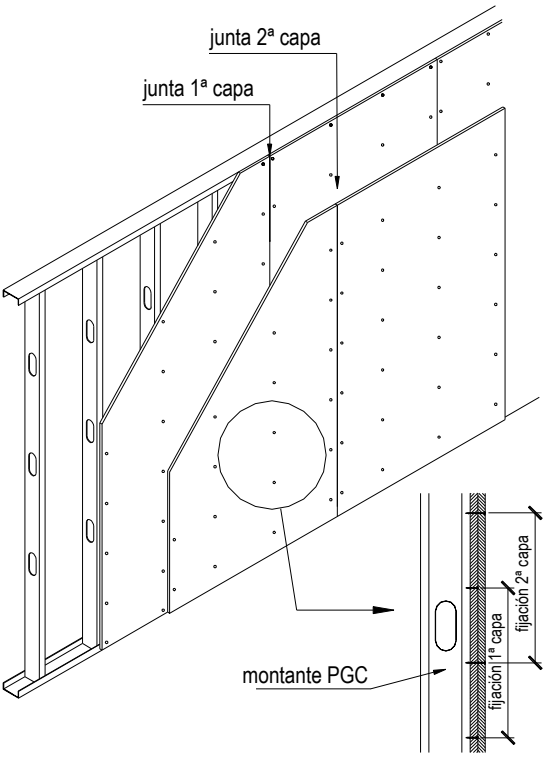


- **Pared Doble Placa**

En el caso que se requiera mayor aislación acústica o mayor resistencia mecánica, como así también mayor aislamiento ignífugo (por ejemplo paredes divisorias de unidades funcionales o en medios exigidos de salida) podrá recurrirse a la utilización de doble placa para la terminación interior. La primer capa de placas se fijará a la estructura según las pautas vistas anteriormente.

Al fijarse la segunda capa deberá preverse que las juntas entre placas no coincidan con las de la primera.

Así mismo, los tornillos de la segunda capa de placas deberán desfasarse respecto de la primera.

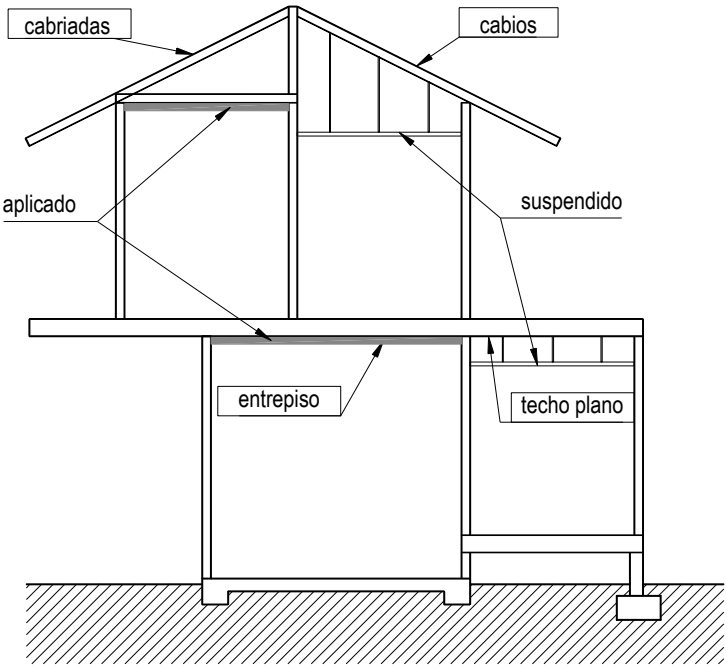


- **Cielorraso**

El sistema de placas admite para cielorrasos dos variantes:

- Aplicado: las placas se fijan sobre la estructura de Steel Framing. Esta solución se adopta habitualmente para cielorrasos de entrepisos o para una estructura de techos conformada por cabriadas. Las placas se fijan a las vigas o al cordón inferior en el caso de las cabriadas según las pautas vistas anteriormente para paredes.

- Suspendido: se utiliza en los casos en los que es necesaria una estructura secundaria para la fijación de las placas. En un techo plano, por ejemplo, la gran dilatación a la que se ven sometidas las vigas afectaría a las placas fijadas a las mismas. Por ello, para un techo plano nunca podrá emplearse un cielorraso aplicado, siendo necesario generar una cámara de aire entre las placas y las vigas de modo de evitar las posibles fisuras en las juntas. La estructura secundaria también se utilizará cuando la propia estructura del edificio no otorgue una superficie de sujeción adecuada para las placas, como en el caso de requerirse un cielorraso horizontal para un techo de cabios o cuando se quiera bajar el nivel de cielorraso.



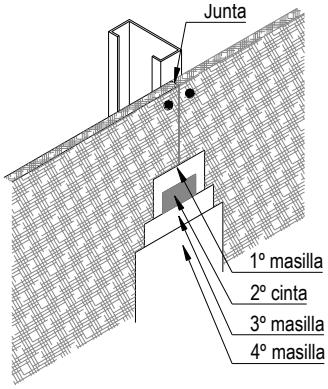
- **Revestimiento**

Ante la necesidad de dar una terminación de placas a una pared de construcción tradicional preexistente (por ejemplo, una medianera), en general, se procede al emplacado de la misma de dos modos posibles:

- fijando las placas mediante un adhesivo directamente sobre la pared

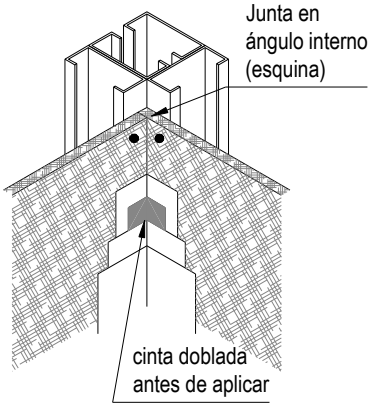
- disponiendo sobre la pared una estructura de perfiles omega que funcionan como clavadera para las placas.

10.3.2 Tomado de junta y masillado



- Se cubren las juntas y las improntas de los tornillos o clavos con una capa fina de masilla aplicada con espátula sacando el material sobrante.
- Se carga la junta con masilla, sobre la cual se pega la cinta de papel. El exceso de masilla se quita con espátula, procediendo del centro hacia los bordes. Dejar secar 24 hrs.
- Se cubre la cinta con masilla, usando una espátula ancha sin dejar material sobrante. Dejar secar 24 hrs.
- Se coloca una segunda capa de masilla, cubriendo una superficie mayor, usando una llana sin dejar material sobrante. Dejar secar 24 hrs.

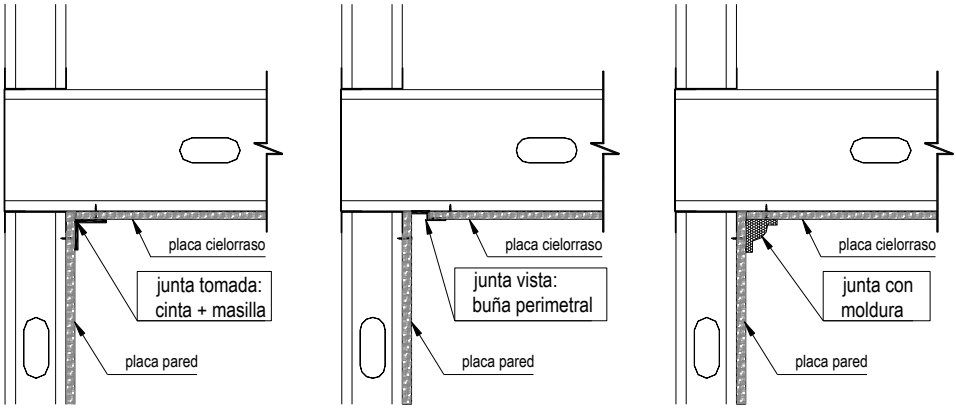
- **Ángulo interno**



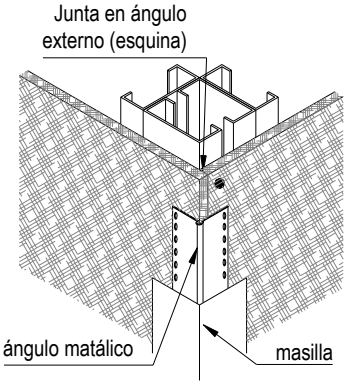
En los encuentros entrantes (pared-pared y pared-cielorraso), se procede aplicando la masilla sobre cada lado del ángulo. La cinta deberá doblarse antes de ser aplicada para tomar los dos planos del encuentro.

En el caso del encuentro entre pared y cielorraso, además de la junta tomada con cinta, hay otras dos maneras de resolver el encuentro:

- Junta vista, con buña perimetral metálica
- Junta con moldura (de madera o de EPS)



- **Ángulo externo**



Los cantos vivos o ángulos salientes deben ser protegidos por cintas armadas o ángulos metálicos, que una vez aplicados son comprimidos y recubiertos de masilla. La masilla se aplicará a cada lado del ángulo usando el canto del perfil como guía de la espátula.

10.3.3 Acabados Superficiales

- **Pintura**

  Se realiza de acuerdo a los métodos y normas tradicionales, siendo las superficies resultantes aptas para recibir cualquier tipo de pintura. Se recomienda la aplicación de una primera mano de sellador previa a la pintura.

  En el caso de utilizarse pinturas tipo epoxi, esmalte o similares, y/o si se prevé una iluminación rasante, se recomienda realizar un enduído total, a cargo del pintor. Este masillado no será necesario si se emplean pinturas látex.

- **Empapelado**

  Se procede igual que sobre superficies tradicionales.

- **Azulejado**

  El pagamento cementicio se aplica con una llana dentada directamente sobre la placa. El azulejado se realiza en la forma habitual, cuidando el empastinado de las juntas entre azulejos, broncería, etc.

10.4 Otras Consideraciones

10.4.1 Manipulación y Acopio de las placas

Las placas deben ser transportadas siempre en forma horizontal una a una o cuando vienen cintadas de dos en dos. De preferencia deben ser colocadas próximas a los locales de aplicación.

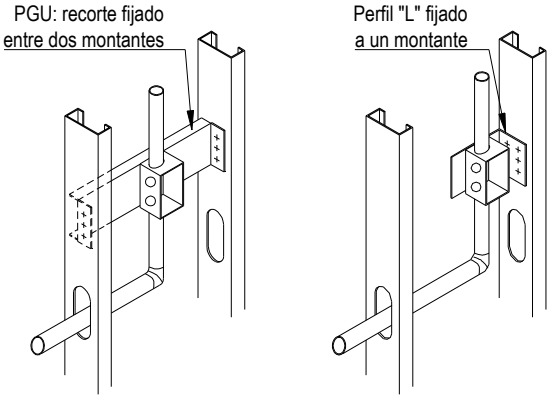
Las pilas de placas deben ser acopiadas en lugar techado, seco y en suelo plano. Las placas siempre deben colocarse sobre apoyos, con largo mínimo de 0.10m y espaciados cada 0.40m. En esas condiciones se pueden acopiar hasta 5 pilas de placas.

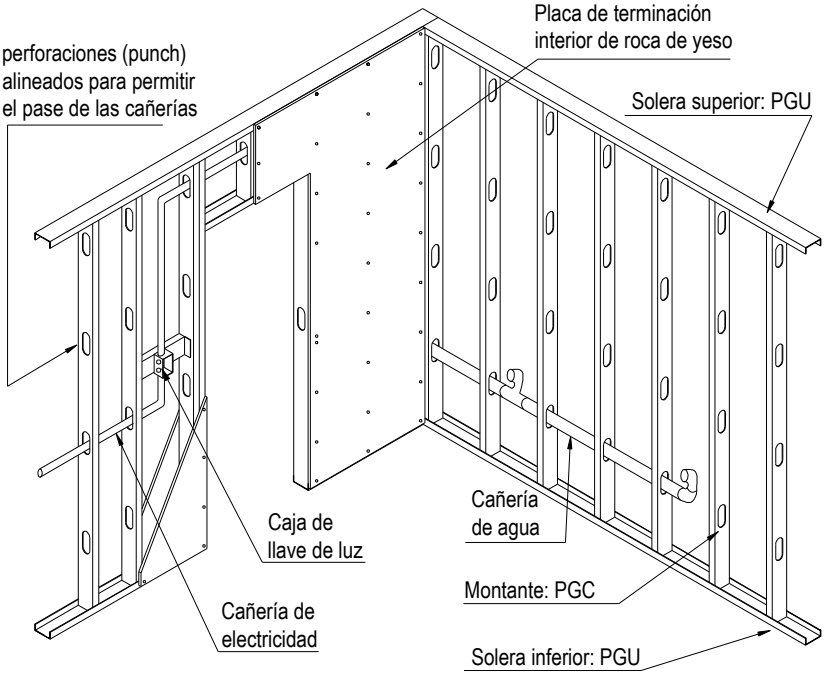
10.4.2 Instalaciones

Si la pared aloja cañerías de instalaciones, éstas deben preverse y colocarse antes del emplacado. Las cañerías corren a través de los orificios estampados en el alma de los montantes (*punch*). Para facilitar el pase de las cañerías, deberá preverse que los orificios de los montantes queden alineados a la misma altura.

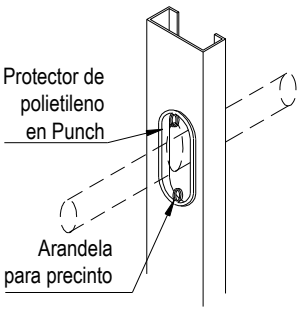
Luego de la fijación de las placas, con un sacabocado o serrucho de punta, se ejecutan los orificios en las mismas para las conexiones.

Deberán preverse refuerzos y estructura de sostén que permitan apoyar o colgar los distintos artefactos. Para una caja de luz o de toma, por ejemplo, se utilizan recortes de perfil PGU o perfiles tipo "L" que, fijados a los montantes, generan una superficie para el atornillado de la misma.





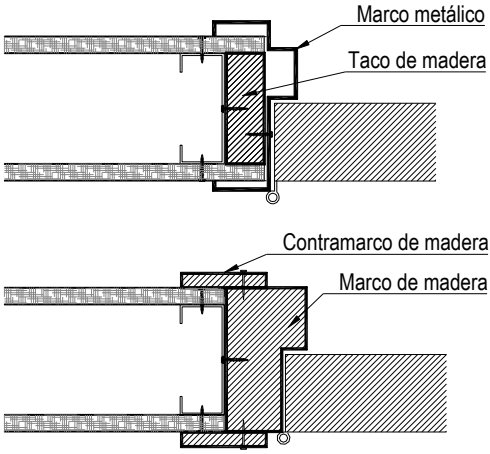
Para proteger de la abrasión los conductos de agua y calefacción en contacto con los bordes metálicos ("golpe de ariete"), podrá colocarse un protector de polietileno en el filo del *punch*. A su vez, esta pieza tiene una arandela secundaria que sirve para la colocación del precinto de modo que la cañería quede fija en ciertos puntos.



10.4.3 Carpinterías

En este punto nos referiremos a carpinterías de vanos para puertas en tabiques interiores.

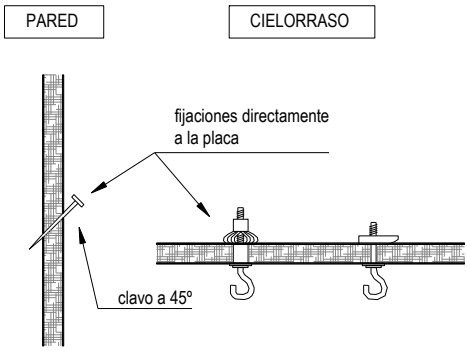
Los marcos pueden ser de madera o metálicos y deben ser fijados a los montantes laterales del vano como mínimo en tres puntos. La carpintería metálica debe colocarse antes del emplacado. Los marcos de madera se atornillan a la estructura después del emplacado, vinculándose a la pared con un contramarco de madera.



10.4.4 Soporte de cargas

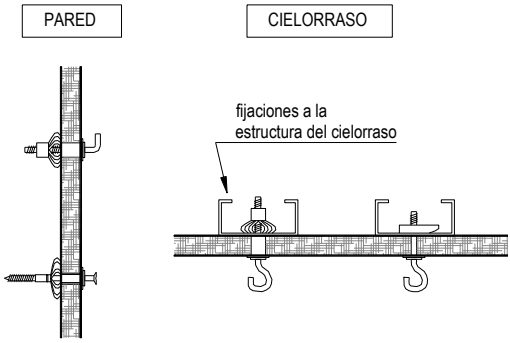
- **Pequeños pesos**

Para cargas pequeñas (hasta 3 o 5kg) se utilizarán fijaciones directamente a la placa. En las paredes, los clavos deberán ser aplicados a 45º en relación al plano de la placa.



- **Cargas medianas**

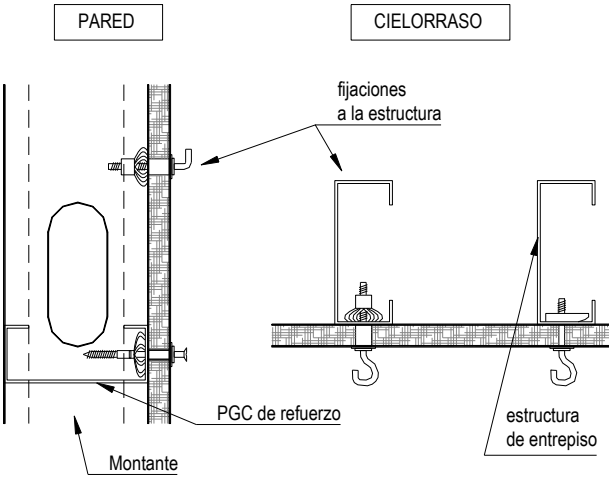
Se consideran cargas medianas hasta 30kg en paredes y no más de 15kg para cielorrasos como ser repisas, botiquines de baño, perchas comunes, etc.. En estos casos se utilizan fijaciones metálicas a expansión o basculantes. También sirven a los mismos fines, los soportes tipo ancla y tarugos plásticos.



En los cielorrasos suspendidos la fijación se debe colocar de modo que atraviese la estructura del cielorraso.

- **Cargas pesadas**

Para cargas pesadas (más de 30kg en paredes) como bibliotecas, alacenas, mesas de ménsula, etc., se debe buscar la ubicación de un montante de la estructura. Así localizado el montante vertical, se utilizan tornillos Parker para soportar las grampas del elemento que se desea colgar.



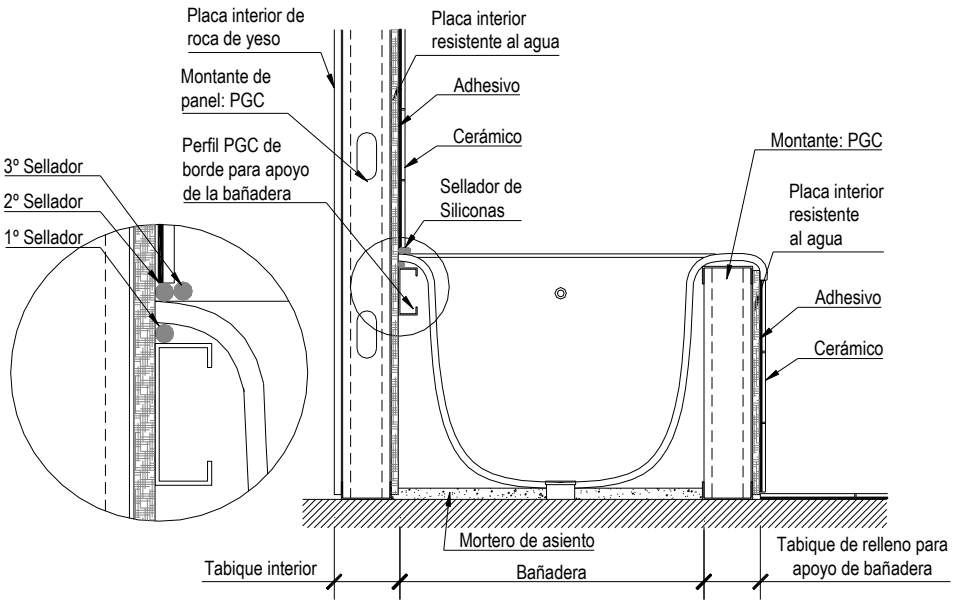
Las cargas de más de 15kg en cielorrasos deberán fijarse a la estructura de modo de no cargar directamente en la estructura de cielorraso.

Para cargas muy pesadas deben ser previstos refuerzos, que estén incorporados a la estructura de la pared y en el caso de que no hayan sido previstos siempre podrán incorporarse a posteriori. Para ello se procede de la siguiente manera: la placa de roca de yeso se “cala” según requerimiento de modo de permitir la colocación de un perfil PGC de refuerzo, con los labios orientados hacia el interior del tabique. Las alas del mismo se recortan en coincidencia con los montantes para posibilitar el encastre. Luego, se rellena el corte con una placa de menor espesor y se procede el tomado de la junta.

10.4.5 Colocación de Artefactos

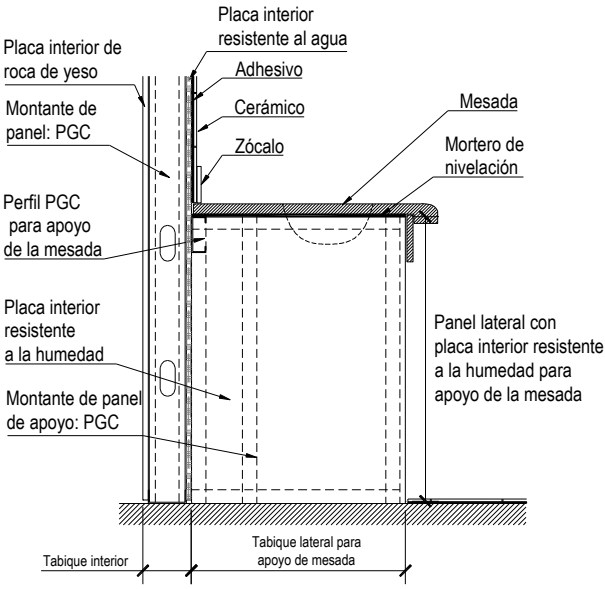
Una vez listo el emplacado interior del baño se puede proceder a la colocación de la bañadera siendo necesario generar un apoyo perimetral para el artefacto. En el caso más típico, la bañadera está delimitada por tabiques en tres de sus lados, a lo largo de los cuales se fija un perfil PGC con la altura correspondiente. En el borde libre, debe generarse un tabique de cierre y asiento, al igual que en cualquier sistema tradicional. Éste puede ser de mampostería o bien un panel terminado con placa resistente al agua y cerámico en su cara exterior.

Se debe tener especial cuidado con la correcta resolución de la junta entre la bañadera y el tabique que la delimita. Par ello, se procede al sellado en tres etapas: una primer y segundo sellado antes y después de la colocación del artefacto y un tercer sellador luego de la colocación del cerámico de revestimiento.



Otro caso típico en el que es necesario agregar un perfil PGC de refuerzo por fuera de la pared es para el apoyo de una mesada de baño o de cocina, por ejemplo.

Para el apoyo en los extremos pueden generarse paneles de la altura correspondiente, que irán recubiertos con placa interior.



10.4.6 Reparación de Placas

A pesar de le gran solidez de la placa de yeso, ésta puede sufrir un eventual daño, el que puede ser reparado de una manera fácil y sencilla. En función de le importancia del mismo, reparar de la siguiente manera:

- **Daño superficial del cartón da la placa**

  Levantar los restos de cartón que se separa y pulir las irregularidades. Acabar con masilla.

- **Daño local del yeso:**

  - Daños pequeños: Se rellenan con yeso y luego que éste se seque, se termina con masilla.

  - Daños mayores: Se rectifican los bordes con un serruchín o trincheta. Luego se atornilla en el lado interior del hueco, la estructura que servirá de sostén al nuevo trozo de placa de roca de yeso. Por último se recorta un trozo de placa de la medida del hueco. Esta se aplica en forma similar a la colocación de una tapa, atornillada a la estructura de sostén mencionada. Las juntas se masillan.
    Para realizar reparaciones en un tabique con instalación sanitaria, se corta la placa en la zona de trabajo. Una vez reparada la cañería, se obtura la parte removida con el criterio descripto anteriormente.

11 TERMINACIÓN EXTERIOR

11.1 Conceptos Generales

Una de las características que diferencia al Steel Framing respecto de otros sistemas constructivos es que las posibilidades de sus terminaciones exteriores son totalmente abiertas. El sistema admite cualquier tipo de envolvente exterior, no solo las tradicionales que utilizan a la mampostería y los revoques cementicios, sino también, otros sistemas de cerramiento exterior.

Fundamentalmente, una de las condiciones que debe cumplir un sistema de terminación exterior apto para el Steel Framing, es poseer gran capacidad de aislación térmica por fuera de la estructura, evitando los puentes térmicos que se podrían producir en el ala de los perfiles, para determinadas condiciones de temperatura. Aunque el interior de la pared perimetral habitualmente contiene algún tipo de aislación térmica, esta no aísla la cara exterior del perfil, por lo que se hace necesario colocar algún tipo de aislación *por fuera* de los mismos.

Ver 11.4

Ver 11.5

Los acabados mas comunes que resuelven este problema son : **Sidings** (cualquiera sea su tipo), *colocado por sobre planchas de EPS -figura 1-*, o una pared de **mampostería** separada por una cámara de aire de la pared metálica *–figura 2-*. Esta ultima podrá ser a la vista o revocada, con el inconveniente que para lograr la terminación de revoque se debe efectuar la base de mampostería (ladrillo común o cerámico). Si bien esta pared mixta no tiene grandes problemas de puentes térmicos para la mayor parte de los climas de nuestro País, esta no solo es una tarea "húmeda" sino que además es "pesada y lenta" comparada con los otros componentes habituales del Steel Framing.

Figura 1

Figura 2

Ver 11.3

Para aquellos Proyectos con acabados tipo revoque que por una razón u otra deban ser ejecutados en forma seca, liviana, rápida, con formas exteriores elaboradas y con posibilidad de tener grandes superficies sin juntas, la mejor opción a lo tradicional es el **EIFS** – *figura3-*. Esta "piel" que por sobre el E.P.S. conforman el Base Coat, la Malla y el Finish Coat, tiene la capacidad de resistir el paso del agua exterior, permitir el paso del vapor de agua a través de ella, y la capacidad de absorber las tensiones que por dilatación y contracción se producen en su plano, sin necesidad de juntas de trabajo y sin que aparezcan micro fisuras.

Figura 3

En cuanto a la terminación exterior de techos, al igual que en las paredes, el Steel Framing puede adaptarse a cualquier tipo de cubierta, admitiendo las mismas variantes que un sistema tradicional.

Teniendo en cuenta que los techos o cubiertas de techo son la primera línea de defensa contra el clima, los mismos cumplen un papel muy importante en la protección del interior del edificio contra lluvia, nieve, viento, sol y demás agentes climáticos. Así mismo, colaboran en la aislación térmica y el control de la condensación en el edificio, mediante la ventilación.

Siendo que el techo es la parte más expuesta del edificio a las condiciones climáticas, deberá tenerse especial cuidado en la materialización de la cubierta, sea cual sea el sistema adoptado.

Fundamentalmente, lo techos pueden ser clasificados en dos grupos: aquellos que tienen pendiente para escurrimiento rápido y los que tienen poca pendiente, comúnmente identificados como techos "planos". Según la solución adoptada, se presentarán diferencias básicamente del tipo constructivas y materiales.

En el caso de las cubiertas con pendiente, la propia inclinación de la cubierta genera una superficie en la que es poco probable que el viento y el agua traspasen hacia el interior. De todos modos, la eficacia de la cubierta dependerá de la correcta conformación del subsistema de multicapa. Los componentes del mismo, es decir, los materiales adoptados, sus características y disposición, podrán variar como en el caso de cualquier sistema tradicional. Otros factores a tener en cuenta son minimizar los efectos de expansión y contracción y generar en la misma cubierta un espacio para la ventilación de los materiales del multicapa.

Por otro lado, los techos de escasa pendiente o planos tienen drenaje de agua en forma relativamente lenta respecto de su superficie y por lo tanto las posibilidades de filtración del agua son mayores. En este caso, los movimientos de dilatación y contracción son sumamente relevantes pudiendo deteriorar los materiales hidrófugos, membranas y demás materiales y como consecuencia determinar un mal funcionamiento de la cubierta. Sin embargo, este tipo de techos poseen ciertas ventajas como la posibilidad de cubrir grandes superficies de un modo económico, o bien de generar superficies de cubiertas que además sean transitables.

Ver 6.1

Como ya se ha mencionado anteriormente en el capítulo de *Estructura de Techos*, la resolución de una cubierta plana con Steel Framing es básicamente igual a la del entrepiso húmedo.

Ver 11.6

Para los techos inclinados existen diversos materiales de terminación exterior y, a su vez, una gran variedad de formas de resolver el multicapa de cubierta. Por lo tanto, en este capítulo no desarrollaremos cada tipo de cubierta, cuya solución no difiere de la de cualquier sistema tradicional. De entre los materiales más comúnmente utilizados, chapa, tejas cerámicas y **tejas asfálticas**, nos dedicaremos a este último dado que es un material muy interesante y probablemente el menos conocido.

11.2 Placas Exteriores

A excepción del cerramiento de mampostería, los sistemas de terminación mencionados anteriormente requieren de un substrato que posibilite su aplicación sobre la estructura de acero.

Para tal fin, será necesario colocar placas exteriores por fuera de la estructura, pudiendo ser éstas :

Ver 11.2.1
- **placas estructurales**, que son aquellas que a su vez rigidizan la estructura.

Ver 11.2.2
- **placas no estructurales**, si sólo cumplen la función de substrato.

11.2.1 Placas Estructurales

Ver 4.4.2

En aquellos casos en los que la rigidización de la estructura se resuelva con un **Diafragma de Rigidización**, éste mismo cumplirá la función de substrato.

Los Diafragmas de Rigidización tienen grados o clasificaciones:

- Calificación de exposición al clima: contempla el grado de exposición a la intemperie y su durabilidad

  - Exterior: para aplicaciones en forma permanente al clima exterior.
  - Exposición 1: para aplicaciones de forma no permanente al clima (95% de los usos)
  - Exposición 2: para aplicaciones con protección al clima y que no estén expuestos a la humedad (poco uso)
  - Interior: para aplicaciones de interior.

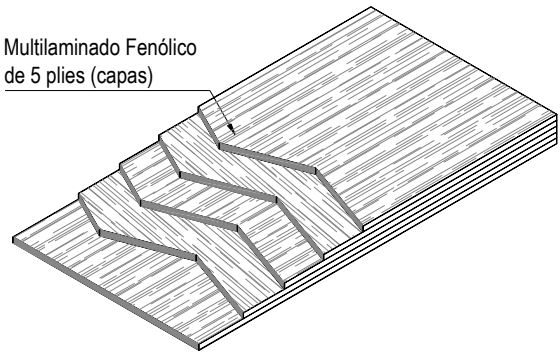
- Calificación de capacidad estructural: determina según el espesor, los plies y la separación de fijación su destino y capacidad estructural. al máximo de separación de los parantes del soporte del diafragma (ej.: 32/16", 48/24", etc.). (el.: A, B, C), que está impreso en cada lado. La calificación más alta es grado A y la más baja es grado C, para utilización en el exterior.

- Calificación del tipo de madera: sobre la tipología de madera :Grupo 1: la más dura, Grupo 2, etc.

Dentro de las placas estructurales se encuentran:

- **Multilaminado Fenólico (Plywood)**

Las placas de multilaminado fenólico están compuestas por delgadas láminas de madera denominadas "plies". Los plies o capas están dispuestos de forma alternada en cuanto a la orientación de las vetas de la madera, conformando el panel "multilaminado".



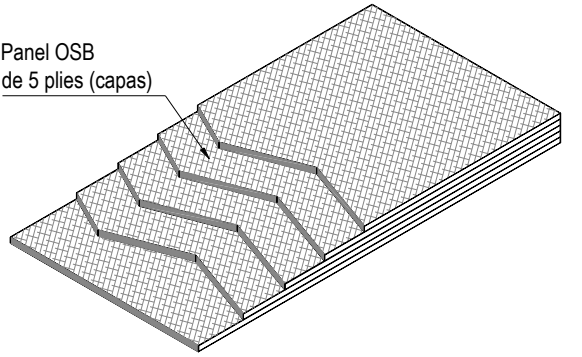
La conformación se efectúa mediante tratamientos de la madera para otorgarle las distintas características de resistencia, humedad, etc. Los plies se unen entre sí por un adhesivo fenólico totalmente resistente al agua.

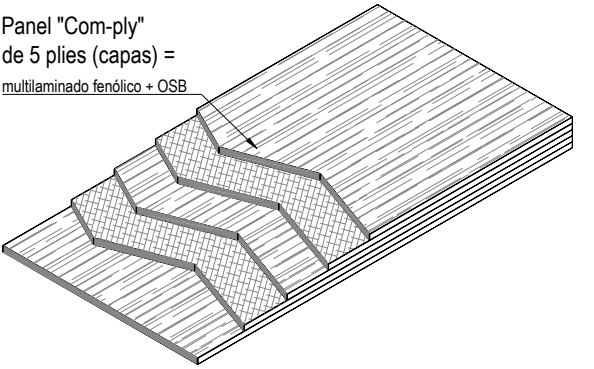
El Multilaminado Fenólico es la placa estructural original, es decir: la precursora. El primer multilaminado fenólico data de 1905 pero hasta 1930 no tenía características de resistencia al agua y se delaminaban fácilmente debido a la calidad de los adhesivos. Fue durante la segunda guerra mundial que comenzaron a utilizarse resinas sintéticas repelentes al agua. Las técnicas de unión comenzaron en 1950 y hacia 1960 con los avances tecnológicos en los productos adhesivos tomaron características definitivas.

- **Paneles OSB**

El Tablero de Virutas Orientadas, conocido como OSB (por sus siglas en inglés), es un panel estructural de madera, técnicamente elaborado y compuesto de virutas de madera rectangulares colocadas en capas que forman ángulos rectos unas con otras. Las virutas no son producto de desecho de otro proceso de fabricación de productos de madera; se crean específicamente para obtener el máximo rendimiento de la construcción del panel de OSB. Por lo tanto, como el tablero contrachapado, el OSB tiene las características de resistencia de la laminación cruzada de las capas.

El OSB se une con adhesivos totalmente resistentes al agua. La mayoría de los tableros también son tratados con un agente sellante en los bordes de los paneles para proteger contra la penetración de la humedad durante el transporte. Como una característica adicional, con frecuencia los paneles son texturados por lo menos en un lado para proporcionar una superficie antideslizante.





El primer intento de lo que hoy se conoce como OSB comenzó en 1963. Las primeras placas de OSB datan de 1983.

- **Com-ply**

El com-ply es una combinación de Plywood y OSB.

- **MDF hidroresistente (fibro fácil)**

El tipo de conformación y características de estas placas no difiere en gran medida del multilaminado fenólico.

El Fibro- Fácil es un tablero de fibra de madera de densidad media conocido como MDF, de composición homogénea a través de todo su espesor. Posee características de resistencia estructural, estabilidad y uniformidad de su superficie además de su condición de resistencia a la humedad.

11.2.2 Placas no Estructurales

La utilización de placas **no** estructurales en paneles exteriores será posible **sólo** cuando la rigidización de la estructura a las cargas laterales esté dada por otro elemento, como las **Cruces de San Andrés**. Las placas no estructurales que funcionan como substrato para exterior son:

Ver 4.4.1

- **Placa Cementicia**

Estas placas están conformadas mediante un proceso continuo de agregado de lechada de cemento con polímeros recubiertos, una malla de fibra de vidrio rodeando completamente los bordes y las dos caras.

Dado su comportamiento resistente al agua, las placas cementicias pueden utilizarse como substrato exterior o en locales húmedos. En el caso de utilizarse en el exterior, la fijación del EPS puede ser mediante adhesivo o fijación mecánica. Deberá preverse una pequeña separación (2mm) entre placa y placa para permitir la dilatación de las mismas sin dañar el material.

Ver 11.3.2

- **Placa Resistente al Agua**

Este tipo de placas están conformadas por una composición uniforme de yeso y fibras. Las caras externas de estas placas pueden terminar con el mismo material interno o bien con fibras. Por lo tanto, a diferencia de aquellas placas que tienen un papel como terminación, la placa resistente al agua no tiene delaminación, dada su conformación homogénea.

Dadas sus condiciones de buena resistencia al agua, es una placa apropiada para uso en exteriores y en locales húmedos, recordando que a pesar de utilizarse como substrato exterior de ningún modo cumple la función de diafragma de rigidización. En este caso, no será necesario prever un espacio entre las placas para la dilatación.

11.3 EIFS

11.3.1 Conceptos Básicos

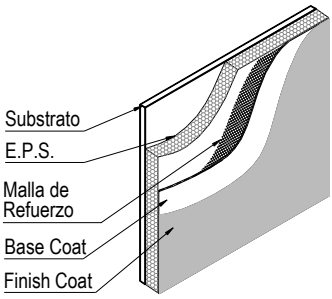
El significado de las siglas **E.I.F.S.** en ingles corresponden a : "Exterior Insulation and Finish System", que en una traducción libre al Castellano seria : *"Sistema de Aislación Exterior y Acabado Final".* El EIFS es un sistema multicapa que permite realizar cerramientos exteriores en construcciones nuevas, tanto como renovación de las existentes. El sistema se origina en Alemania después de la II Guerra Mundial, luego de la aparición en ese País de lo que hoy conocemos como **E.P.S.** (Expanded PoliStyrene) o "Poliestireno Expandido". Este material de características ideales para la Aislación Térmica, tiene como desventaja que no puede quedar expuesto como revestimiento exterior, dado que no tiene la resistencia mecánica, ni la textura requerida para ese uso. De ahí que se comenzara a buscar una *piel exterior* que le agregue al EPS estas características necesarias para cualquier cerramiento exterior de una construcción. Si bien en Europa se lo utilizo con distintos tipos de acabados desde esa época, recién en los años '70 en los EEUU el Sr. Frank Morsili, fundador de la Empresa DRYVIT, desarrolla el sistema tal como lo conocemos en la actualidad.

La denominación del sistema nos da una idea de sus características mas destacables : Aislación Exterior (cuanto mas afuera de la pared exterior se encuentre la aislación, mas eficiente será su performance), y Acabado exterior (piel con textura y color ilimitados, que agrega características mecánicas e hidrófugas). En general, la E.I.M.A (Exterior Insulation Manufacturers Association / Asociación de Fabricantes de EIFS de los EEUU), divide las pieles que revisten al EPS en dos tipos diferentes, según las características que se mencionan a continuación. Luego, desarrollaremos el **Sistema EIFS tipo PB**, al ser el más comúnmente utilizado.

Ver 11.3.2

- Sistemas tipo P.M. (Polymzer Modified)

- La capa de aislación generalmente es X.P.S. (Extruded PoliStyrene) o Poliestireno Extruído, con un proceso de fabricación, una densidad, y otras características que lo diferencian del E.P.S..



- La malla que se coloca en su capa de base para distribuir uniformemente las tensiones que se generan, es por lo general un tejido de alambre galvanizado, con trama hexagonal tipo gallinero.

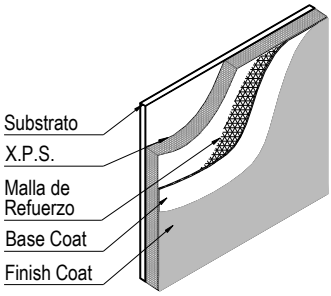
- El espesor de la capa de base y del revestimiento final es de por lo menos 20 mm, teniendo una gran resistencia mecánica al impacto y la abrasión.

- Tanto la capa de base como el revestimiento final son una mezcla de áridos con ligantes cementicios, a los que se los modifica con el agregado de un pequeño porcentaje de Polímeros Acrílicos. Su capacidad de absorber dilataciones y contracciones es pequeña, por lo que se hace necesario colocar juntas de dilatación.

- Dado su espesor y poca plasticidad, no es apropiado para la ejecución de molduras.

- Sistemas EIFS tipo P.B. (Polymer Based)

- La capa de aislación generalmente es E.P.S. (Expanded PoliStyrene) o Poliestireno Expandido, con un proceso de fabricación, una densidad, y otras características que lo diferencian del X.P.S. (Extruded Polistyrene o Poliestireno Extruído).



- La malla que se coloca en su capa de base para distribuir uniformemente las tensiones que se generan, es un tejido de fibra de vidrio, con trama ortogonal tipo mosquitero.

- El espesor de la capa de base y del revestimiento final es de unos 4 mm, teniendo muy poca masa y por lo tanto muy poca inercia térmica.

- La capa de base es una mezcla en partes iguales en peso de Polímeros Acrílicos con cemento Portland tipo I, resultando en una mezcla completamente hidrófuga y muy plástica para su aplicación. Su capacidad de absorber dilataciones y contracciones es importante, por lo que no se necesita colocar juntas de dilatación. Es esta capa de base la que le otorga al sistema la característica de hidrófugo tipo "barrera", dado que no es por masa u espesor que se impide el paso del agua, sino por la continuidad con se aplica esta capa, *envolviendo* toda la superficie del cerramiento exterior.

- El revestimiento final es una mezcla de áridos de distinto diámetro, que le dan la textura, con Polímeros Acrílicos, que le dan una gran elasticidad, y pigmentos que le otorgan el color.

- Dado su poco espesor y gran plasticidad, es apropiado para la ejecución de molduras, formas, etc..

- **Usos habituales:**

  - Renovación de fachadas :El sistema EIFS es especialmente eficiente para la renovación de fachadas existentes a las que se les deba modificar su estilo, forma, color y/o textura, o reparar su condición de impermeabilidad ante la aparición de rajaduras, grietas, revoques saltados, etc.. Todo esto podrá realizarse sin la necesidad de interrumpir las actividades que se desarrollen en el interior de esa construcción, y sin agregar carga por peso propio a la estructura resistente calculada originalmente para el cerramiento exterior existente. Esto es posible dado que no hace falta demoler el cerramiento existente, sino que el EIFS es una "piel" que se le aplica sobre este, con muy bajo peso propio.

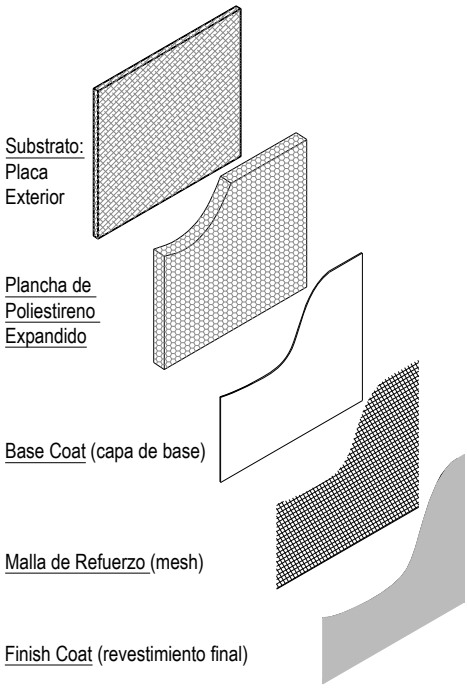
  - Cerramientos Exteriores :Para aquellas construcciones nuevas donde se necesite ejecutar un cerramiento exterior con una alta prestación en sus posibilidades estéticas, térmicas, y de bajo peso propio, el EIFS es un sistema muy apropiado. En el caso de las estructuras de Steel Framing donde los puentes térmicos son un problema importante a resolver, la utilización de este sistema resuelve este efecto no deseado debido a la aplicación de una capa continua de EPS por fuera de los perfiles, obteniéndose una aislación térmica continua. En otros métodos, en los que se aísla térmicamente la cavidad de la pared en el espacio que separa los perfiles, la aislación pierde la continuidad al llegar al alma de los mismos, sin cubrir su ala exterior.

11.3.2 Características del Sistema:

Los sistemas EIFS a base de polímeros (P.B) se los denomina "sistemas" porque están compuestos por un conjunto de elementos aplicados en varias capas, *no siempre todas necesarias* para los diferentes usos y aplicaciones que se les puede dar.

- Substrato
- E.P.S.(Poliestireno Expandido)
- Base Coat (Capa de Base)
- Malla de Refuerzo (Mesh)
- Finish Coat (Revestimiento Final)

Al conjunto de capas formado por el Base Coat, la Malla y el Finish Coat se lo denomina *"Piel".*



- **Substrato**

Es aquella superficie sobre la que se aplicaran las demás "capas" del sistema, debiendo este tener la suficiente capacidad estructural como para resistir los empujes laterales con una deflexión menor a L/240 (ej.: viento), y soportar sobre si, el peso propio del nuevo revestimiento.

Los substratos pueden ser de distinto tipo debiendo tener, cualesquiera sea el utilizado, además de la deflexión máxima ya mencionada, una superficie plana libre de imperfecciones y completamente monolítica.

- Deflexión Máxima: el sistema actúa correctamente siempre y cuando la deflexión máxima ortogonal a su plano sea menor que L/240. Esto se debe a que la "elasticidad" del mismo, si bien importante, es limitada. Valores mayores que los especificados pueden llegar a generar fisuras que traerán problemas estéticos, de resistencia al paso del agua, o inclusive de delaminación.

- Planitud: si el substrato no es lo suficientemente plano (máximo 5 mm en una superficie de diámetro 1 m), habrá problemas para adherirle la plancha de EPS, o esta "copiara" la protuberancia o depresión del mismo.

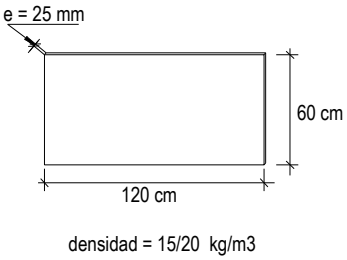
- Monolítico: si los distintos materiales que componen el substrato no se encuentran sólidamente unidos, es posible que existan problemas de delaminación del sistema, ya que este quedo adherido a una capa que se encuentra ya "despegada" del substrato.

- Tipos de substratos: los mas habituales sobre los que se aplica el sistema EIFS son : Mampostería (revocada o no), Hormigón, Chapa y Placas de exterior para cerramientos sobre estructuras de acero o madera.

- **E.P.S.**

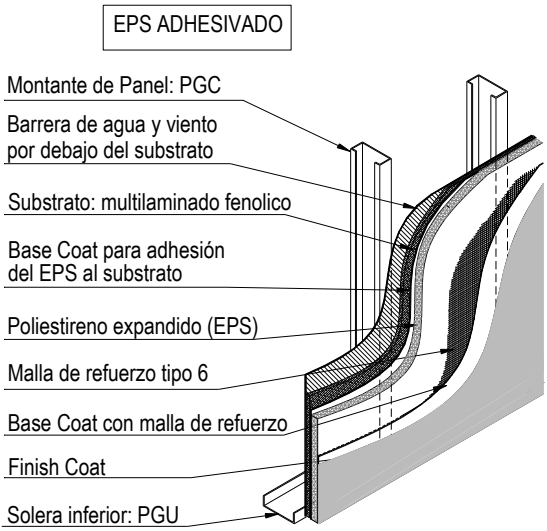
Son planchas de Poliestireno Expandido que se adhieren al substrato, para luego aplicar sobre estas el Base Coat y el Finish Coat.

Las planchas de Poliestireno Expandido utilizadas generalmente, son de 60 cm x 120 cm y 20 mm de espesor (mínimo), con una densidad de 15 o 20kg/m3 (fácilmente "lijable" y de mayor "resiliencia" que uno mas denso), tipo "F" (difícilmente inflamable según normas AAPE). Se pueden utilizar otras medidas de planchas aunque en obra éstas se hacen muy difíciles de manejar y generan un mayor desperdicio. Las planchas de mayor densidad tienen el inconveniente de ser más difíciles de lijar.

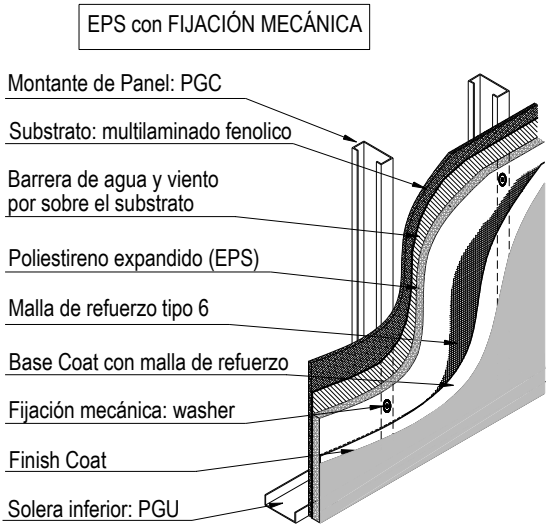


Según sea el tipo y el estado del substrato, la fijación del EPS se ejecuta por medio de un adhesivo o con sistemas de fijación mecánica (washer).

Según el tipo de fijación del EPS deberá preverse la correcta ubicación de la barrera de agua y viento, siendo que en el caso del EPS adhesivado, la misma debe colocarse por debajo del substrato.



El EPS es un componente *fundamental* en el sistema, dado que es el elemento que permite absorber (resiliencia) las tensiones que se crean en la piel por dilatación y contracción de la misma ante los cambios de temperatura. Se debe tener presente que la "Piel" del sistema es muy fina (de 4 a 7 mm), y por lo tanto, tiene muy poca masa y muy poca inercia térmica. Esto significa que pequeños cambios de temperatura serán "copiados" por la piel en forma casi instantánea produciéndose tensiones por contracción y dilatación. Dado que el EPS aísla térmicamente al substrato, este no sufre variaciones dimensionales, por lo que el EPS debe tener la capacidad (Resiliencia) de estar firmemente vinculado en una de sus caras al substrato sin



movimiento, y en la otra, la piel poder dilatarse y contraerse libremente.

Debido al proceso de fabricación de las planchas y a la necesidad de "replanar" hasta cierto punto el plano de un substrato, una vez colocado el EPS se lo deberá lijar. Para que no pierda su capacidad de "Resiliencia" al ser replanado, el espesor que debe tener el EPS como mínimo en cualquier parte de la superficie es de 20 mm.

- **Base Coat (capa de base)**

Es una mezcla en partes iguales (por peso) de Polímeros Acrílicos con Cemento Portland tipo I, que aplicados en forma continua sobre el EPS, forman una *barrera* contra el paso del agua a través del sistema. Sobre esta capa se aplica el Finish Coat o Revestimiento Final. En muchos casos este material es el mismo que se utiliza también como adhesivo del EPS al substrato.

Esta capa de 2 a 5 mm de espesor se compone de la mezcla (realizada en obra) de: el balde que viene de fabrica con Polímero Acrílicos y Cemento Portland tipo I (50% de cada uno en peso).

- Resistencia al paso de agua: si bien todas las capas que forman el sistema tienen características hidrofugas, es el Base Coat la verdadera y principal *barrera* contra el paso del agua a través del sistema.

- Resistencia al impacto: la componente de cemento y la malla de refuerzo que se encuentra embebida en la Capa de Base le otorgan una gran resistencia al impacto, dependiendo del espesor de malla utilizada, el espesor final y la resistencia de esta capa.

- Superficie Lisa: dada su gran plasticidad es posible lograr durante su aplicación una superficie continua y lisa sobre la que se aplicara el Finish Coat o Revestimiento Final.

- Adhesivo: esta misma mezcla de Polímeros acrílicos y cemento portland tipo I se utiliza también como adhesivo para fijar el EPS al substrato.

- **Malla de Refuerzo (Mesh)**

Tramado balanceado de fibras de vidrio que embebidas en el Base Coat le otorgan capacidad de absorber impactos, al mismo tiempo que distribuyen en toda la superficie las tensiones que se generan en ese plano.

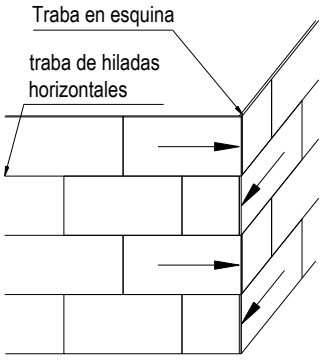
Estos tramados no anudados y con igual cantidad de fibras en ambas direcciones vienen en forma de rollo de distintos largos, brindando al sistema una resistencia al impacto según sea su peso por unidad de superficie.

- **Finish Coat (Revestimiento Final)**

Mezcla de áridos de distinto tipo y diámetro, pigmentos que le otorgan color, y Polímeros Acrílicos que actúan de ligantes. Las distintas combinaciones de áridos, pigmentos y formas de aplicación, brindan una gran variedad de texturas y colores a esta capa que, por ser la final, es la que queda a la vista. Si bien la mayoría de estos se aplica con llana de acrílico, existen algunos que se pueden aplicar con pistola de aire, deibiéndose poner especial atención a la cantidad de material proyectado por unidad de medida.

11.3.3 Reglas básicas para la Aplicación

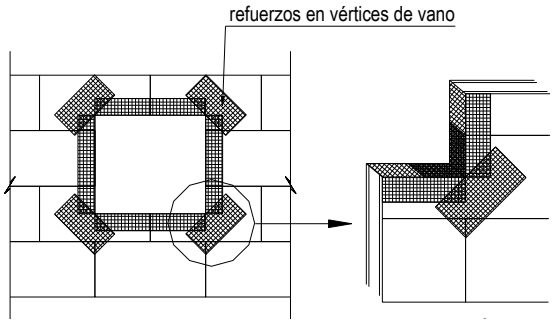
- Colocar las planchas de E.P.S. trabando las hiladas horizontales entre si, tanto en el plano de la pared como en las esquinas exteriores e interiores.



- Lijar el E.P.S. para evitar que el Base Coat y el Finish Coat "copien" las irregularidades del mismo. El lijado no debe ser excesivo y se realizará 24 horas después que las planchas se adhirieron al substrato con adhesivo, o en forma inmediata, si se utilizo fijación mecánica.

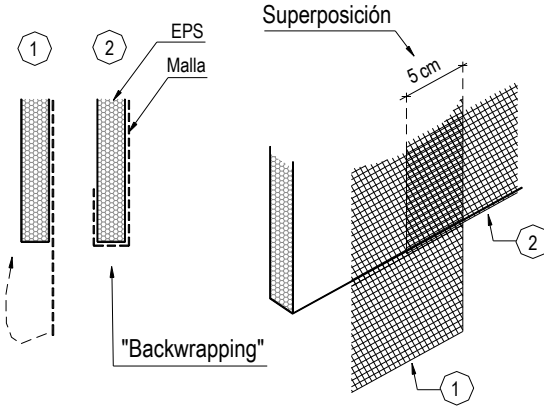
- Superponer los bordes de la Malla de refuerzo entre rollo y rollo.

- Colocar refuerzos de Malla en los vértices de los vanos para absorber las tensiones concentradas en los mismos).



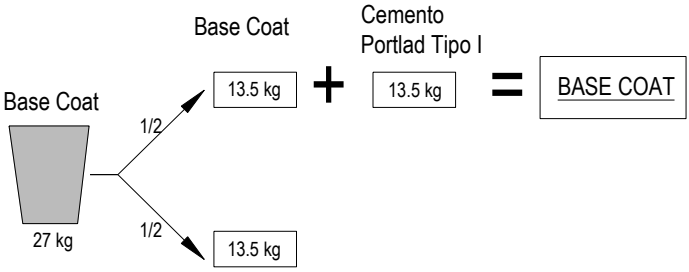
- Ejecutar el "Backwraping" o volcado sobre los bordes de terminación de las planchas de E.P.S.

- No dejar los baldes de Base Coat o Finish Coat expuestos a la intemperie con temperaturas por debajo de los 4° C. o por encima de los 35 ° C..



- No aplicar el Base Coat o el Finish Coat sobre una pared cuando esté expuesta al sol fuerte, para que no se altere el tiempo de fragüe necesario de los materiales.

- Respetar la proporción en peso de la mezcla de 50 % de Base Coat sacado del balde y 50 % de Cemento Portland tipo I.



- Mezclar correctamente el Base Coat, evitando el exceso o la falta de batido, con la paleta mezcladora adecuada.

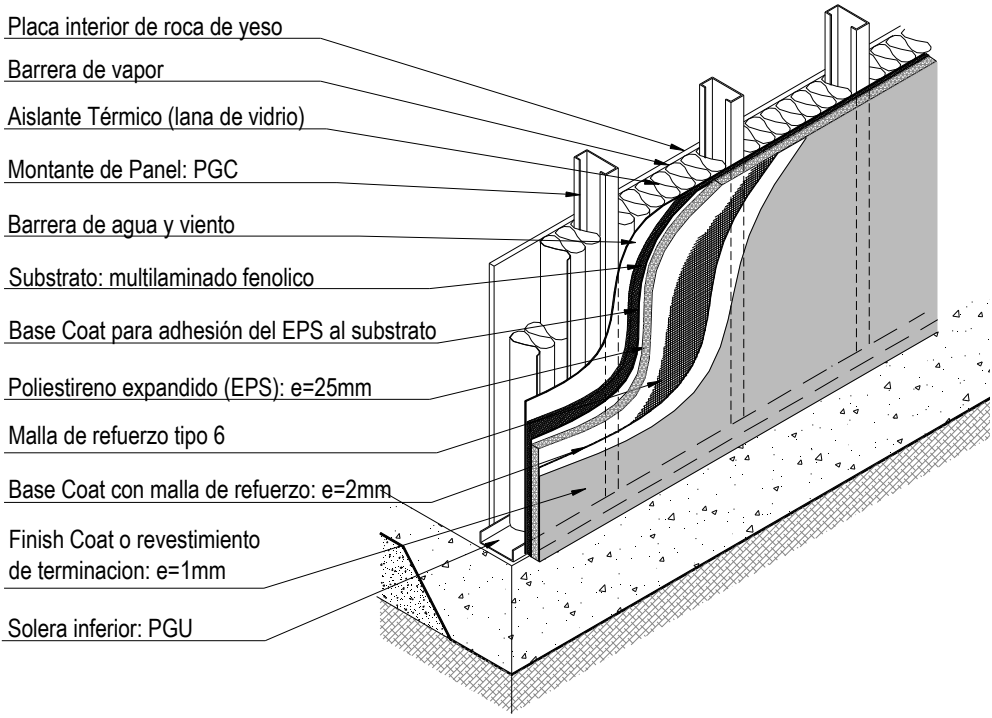
- No usar marcas distintas de Cemento en una misma aplicación, para evitar que el color del Base Coat tenga distintos tonos de gris, que luego se "mapearán" en un sobre tono del Finish Coat.

- No aplicar el Finish Coat sobre el Base Coat hasta que éste no haya secado completamente (24 hrs.), ni mientras llueva, aunque sea moderadamente.

- Si bien existen distintas maneras efectuar el fratazado del Finish Coat para igual o diferente textura a lograr, todos los operarios deben hacerlo con el mismo sentido.

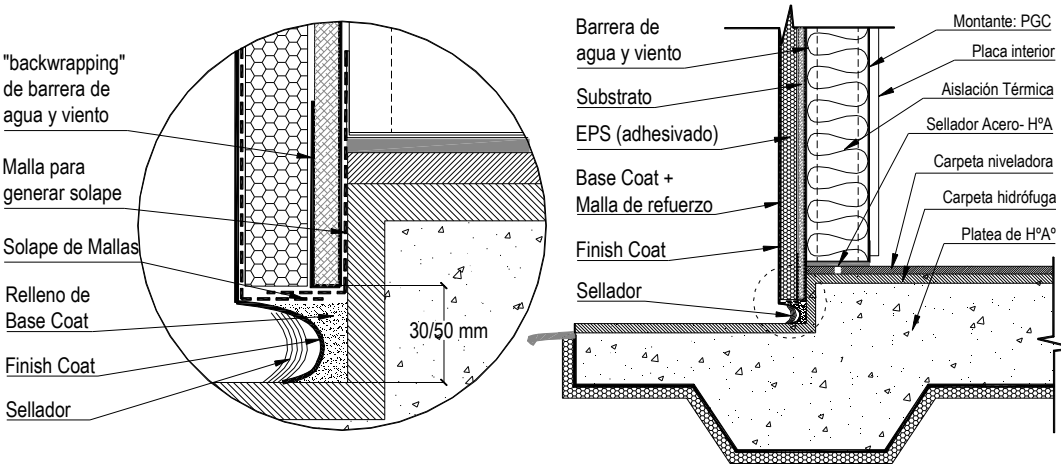
- Si bien el Finish Coat se aplica tal cual como viene en el balde, su estibado o transporte puede producir una decantación de los áridos que contiene el mismo, por lo que es necesario batirlo previamente a la aplicación.

- Nunca reemplazar la llana plástica por una llana metálica al fratazar el Finish Coat.

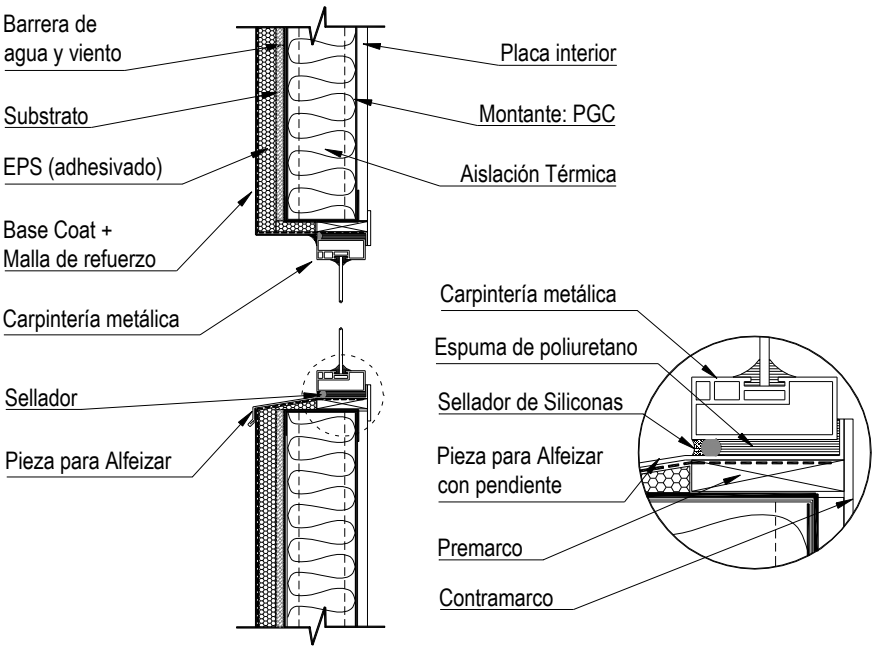


11.3.4 Detalles de Encuentros habituales

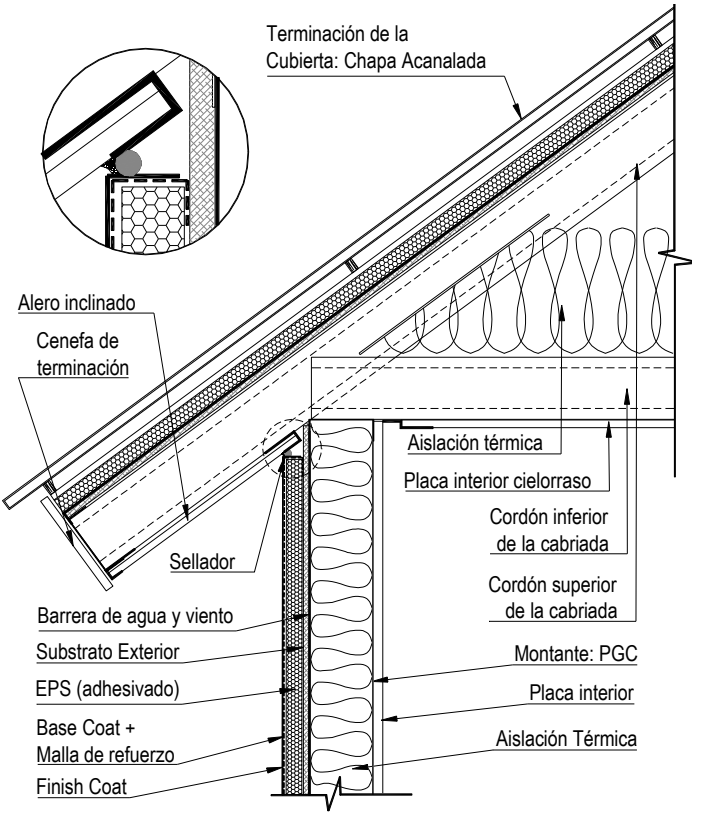
- **Fundación: Platea de HºAº**



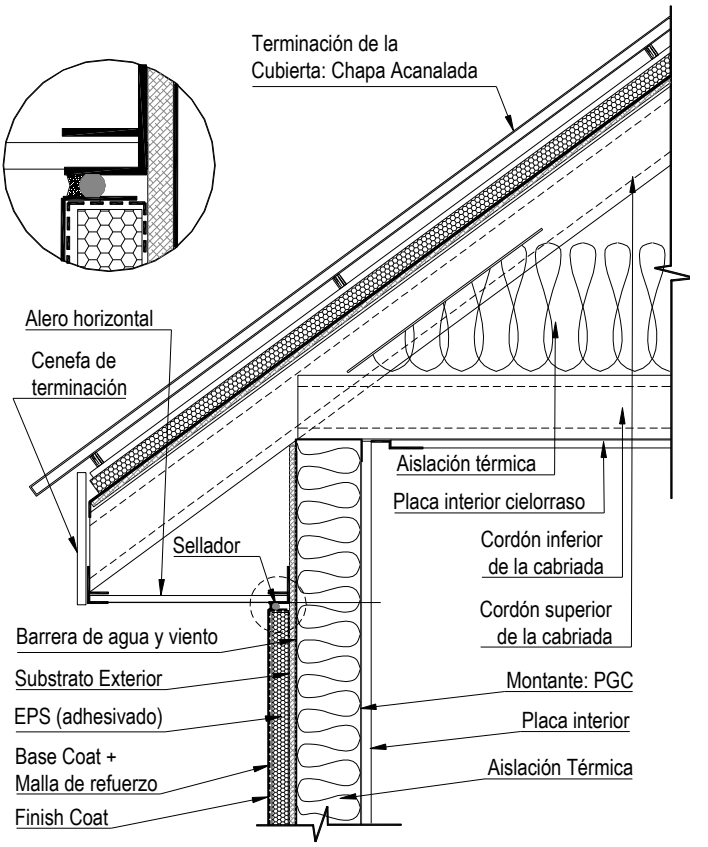
- **Carpintería**



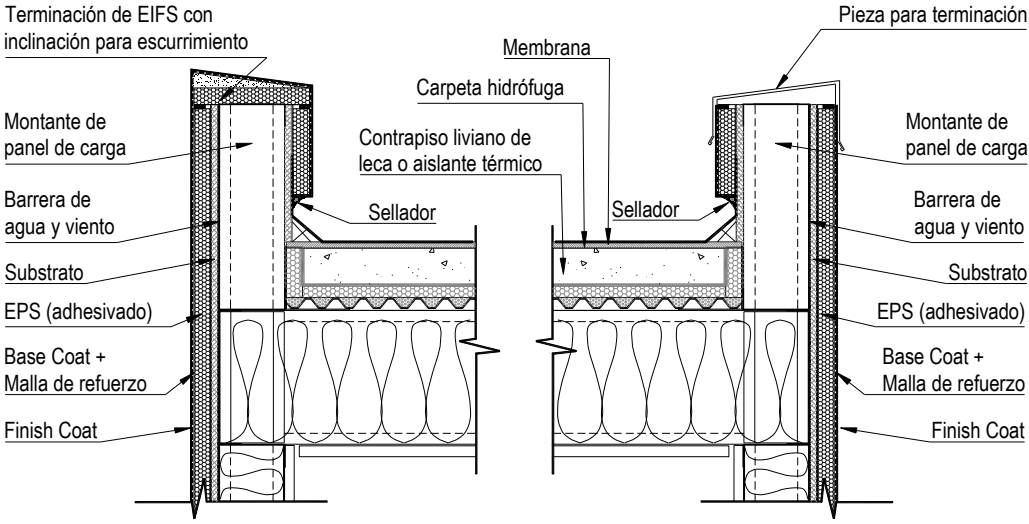
- **Cubierta Inclinada con Alero en pendiente**



- **Cubierta Inclinada con Alero horizontal**



- **Cubierta Plana**



11.4 Siding Vinílico

11.4.1 Conceptos Básicos

El Siding o tingladillo es un acabado exterior que fue muy utilizado en nuestro país durante los años 60, especialmente para la terminación de los tímpanos o mojinetes de las viviendas denominadas “chalets”. Este trabajo se ejecutaba combinado con el de revoque tradicional, siendo una tarea que requería mucho oficio y tiempo de ejecución.

Actualmente, existen varios tipos de Siding tales como el de madera maciza, el de madera compensada, el de fibra celulósica, el cementicio y el vinílico. Por cuestiones practicas nos referiremos únicamente a este ultimo.

El Siding Vinílico es una alternativa económica y de bajo mantenimiento, constituida por un material resistente y liviano que puede ser manipulado y cortado muy fácilmente, permitiendo una instalación sin mayores complicaciones. Debido a que toda la masa del material tiene un mismo color, el Siding Vinílico no requiere ser pintado al instalarse, ni tampoco a lo largo del tiempo.

11.4.2 Características del Sistema

- Facilidad de Mantenimiento: las bondades del material permiten su lavado con agua y detergente, con el consiguiente en pinturas y/o tratamientos exteriores.

- Durabilidad: buena resistencia a los rayos ultravioleta.

- Expansión y Contracción: El vinilo es un material que se expande y se contrae con los cambios de temperatura provocados por el ambiente exterior al que esta expuesto. Para asegurar la eficiencia de la instalación del Siding Vinílico hay que colocar las tablillas de manera de no restringir dicho movimiento.
  Es conveniente tener en cuenta la temperatura ambiente al momento de la instalación del Siding para determinar el espacio requerido entre las tablillas y los accesorios de forma de permitir la dilatación del material.

- Comportamiento ante el Fuego: El Siding Vinílico esta constituido por materiales orgánicos que se queman muy fácilmente si se los expone al fuego, por lo tanto hay que tomar las precauciones necesarias, manteniendo a las fuentes generadoras de fuego lo mas alejadas posible.
  En contacto con el fuego el vinilo se ablanda, pierde su forma, se derrite o se quema, dejando expuestos los materiales que se encuentran por debajo del mismo. Sin embargo, es un material que no propaga la llama y se autoextingue cuando la misma desaparece.

- Facilidad de Corte: El Siding Vinílico se puede cortar muy fácilmente con tijera y trincheta. Los cortes mas precisos se ejecutan con una sierra circular sobre una mesa de corte.

- Facilidad de Instalación: las tablillas se clavan o atornillan sobre el substrato exterior.

La instalación del Siding es muy sencilla y se ejecuta en el siguiente orden:

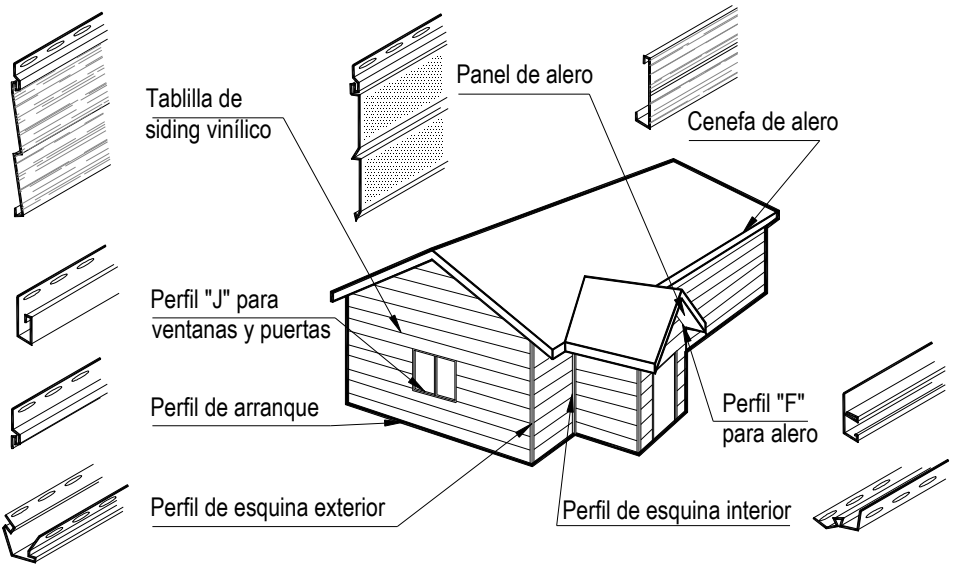
1) Aplicación del EPS sobre el substrato

2) Determinación de la Línea de Nivel Inferior

3) Instalación de los Accesorios

4) Instalación de las Tablillas

- **Piezas para Accesorios**



- Perfil de arranque: se usa para asegurar la primera hilera de tablillas sobre la pared.

- Perfil "J": se instala alrededor de puertas y ventanas y donde la pared se juntas con los aleros. Las tablillas se insertan en el canal para quedar aseguradas en su lugar.

- Perfil "F": los paneles del alero son insertados en un receptor en "F" y asegurados en su lugar.

- Perfil de esquina interior: las tablillas convergentes se insertan en el poste de esquina interior.

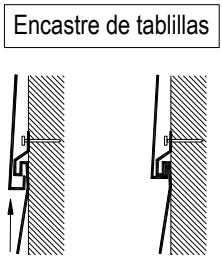
- Perfil de esquina exterior: el borde de la tablilla es insertado en los postes de esquina de dos paredes que convergen.

- Panel bajo alero: vienen con "respiraderos" para permitir la ventilación.

- Cenefa de alero: una tabla plana de acabado que se coloca a lo largo de toda la línea del techo.

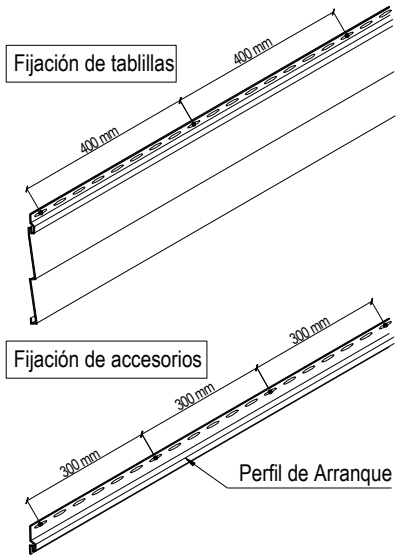
11.4.3 Reglas Básicas para la Instalación

- Las tablillas de Siding se fijan al substrato mediante clavos o tornillos galvanizados para no sufrir problemas de corrosión.



- Antes de la fijación del Siding la tablilla debe encastrarse correctamente en el perfil de arranque o en la tablilla inferior. Luego se la clava o atornilla empezando por el centro de la misma y continuando hacia sus extremos, para mantener mas fácilmente la línea de nivel.

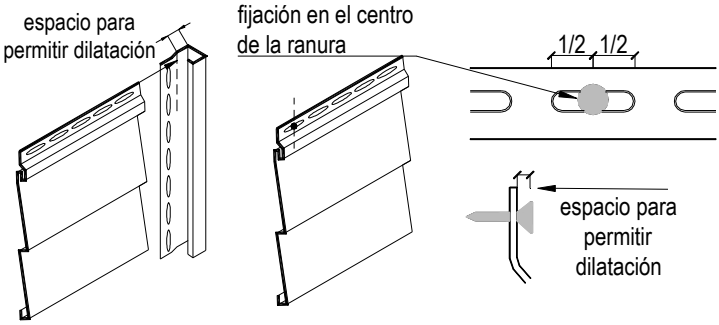
- Las tablillas se clavan cada 40 cm y los accesorios cada 25 o 30 cm.



- Se dejara aproximadamente 1mm entre la cabeza del clavo o tornillo y el vinilo permitiendo la expansión y la contracción de las tablas. Por la misma razón, es preferible que el clavo quede lo mas centrado como sea posible con respecto al agujero de clavado cuya forma es ovalada para permitir el desplazamiento de la tabla.

- Se debe procurar que los clavos o tornillos entren al substrato perpendicularmente para evitar que las tablas sufran deformaciones al ser encastradas unas con otras.

- Dejar espacios de 5 mm en los encuentros de las tablillas con perfiles o accesorios, para permitir la dilatación.

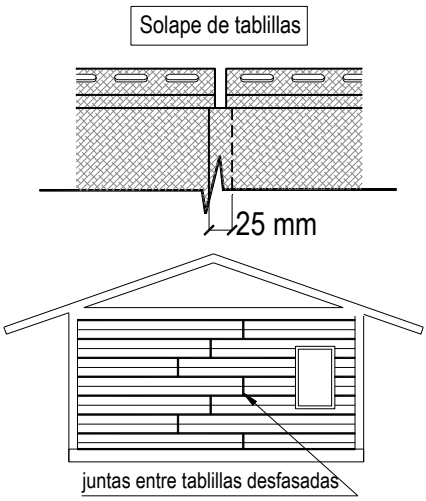


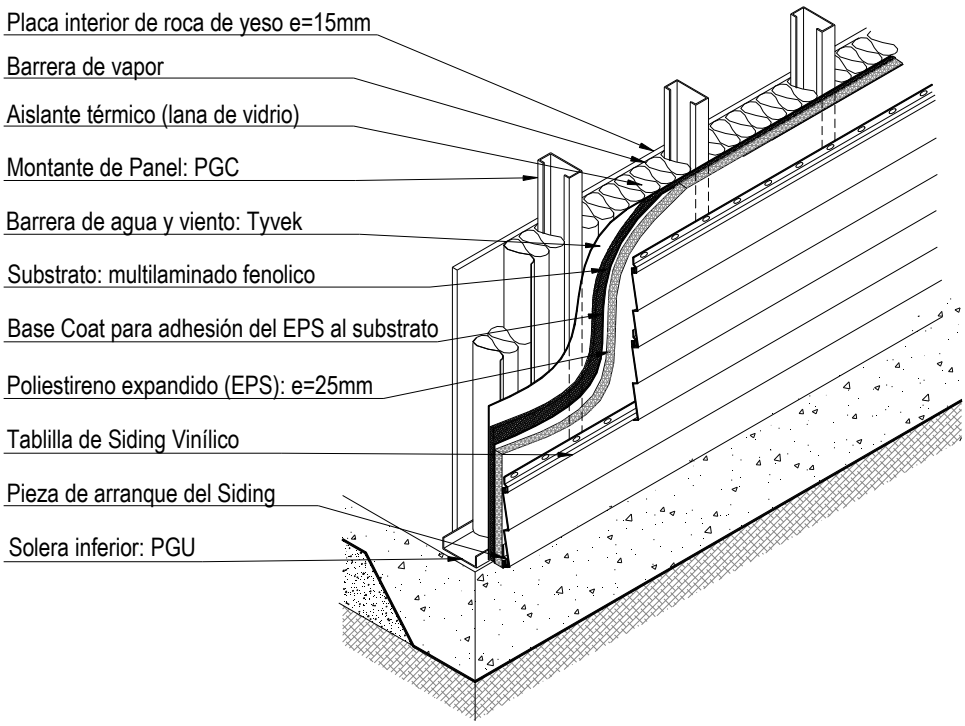
- Nunca se deberá clavar directamente sobre la tablilla. Al cortar la tabla en su borde superior, se remueve la tira de clavado de la misma. En esos casos, las tablillas debe calarse a 6mm por debajo del borde superior y a intervalos de 15 cm de manera de permitir su clavado.

- Luego de completar la primera hilera de Siding, se podrá continuar con la segunda y las subsiguientes, siempre trabajando de atrás hacia adelante de la vivienda y de abajo hacia arriba.

- Cuando el largo de una sola tablilla no sea suficiente para cubrir la luz que se requiere se dispondrán más de una tablilla. En estos casos, la junta entre tablillas deberán solaparse 25 mm.

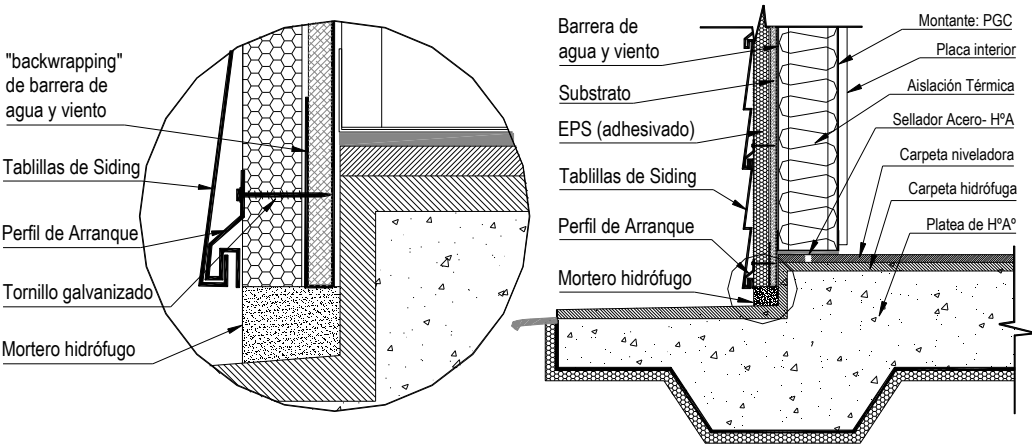
- Las juntas entre tablillas de una misma hilera deben estar desfasadas al menos 50mm, con respecto a la hilera siguiente. Para que las juntas no coincidan, se intercalan los largos de las tablas a medida que se avanza en la colocación hacia arriba.



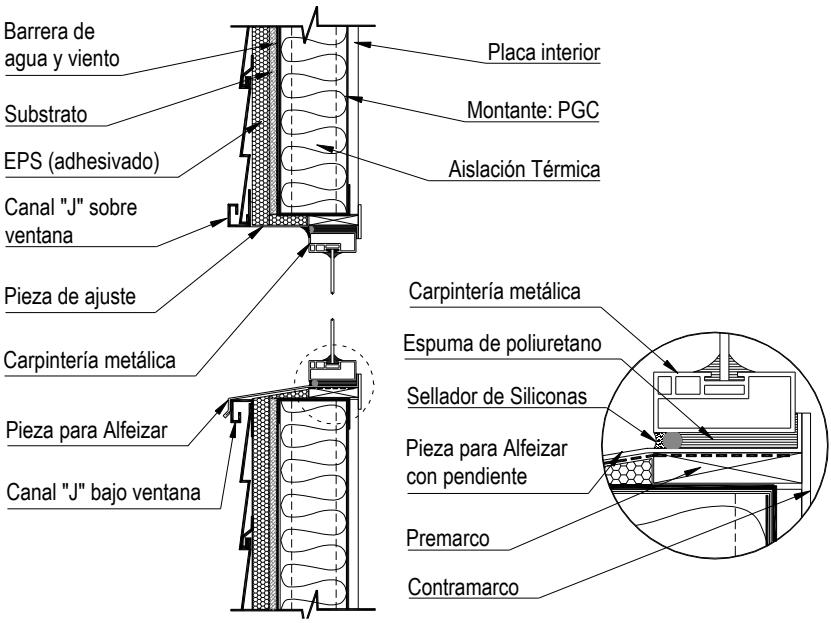


11.4.4 Detalles de Encuentros habituales

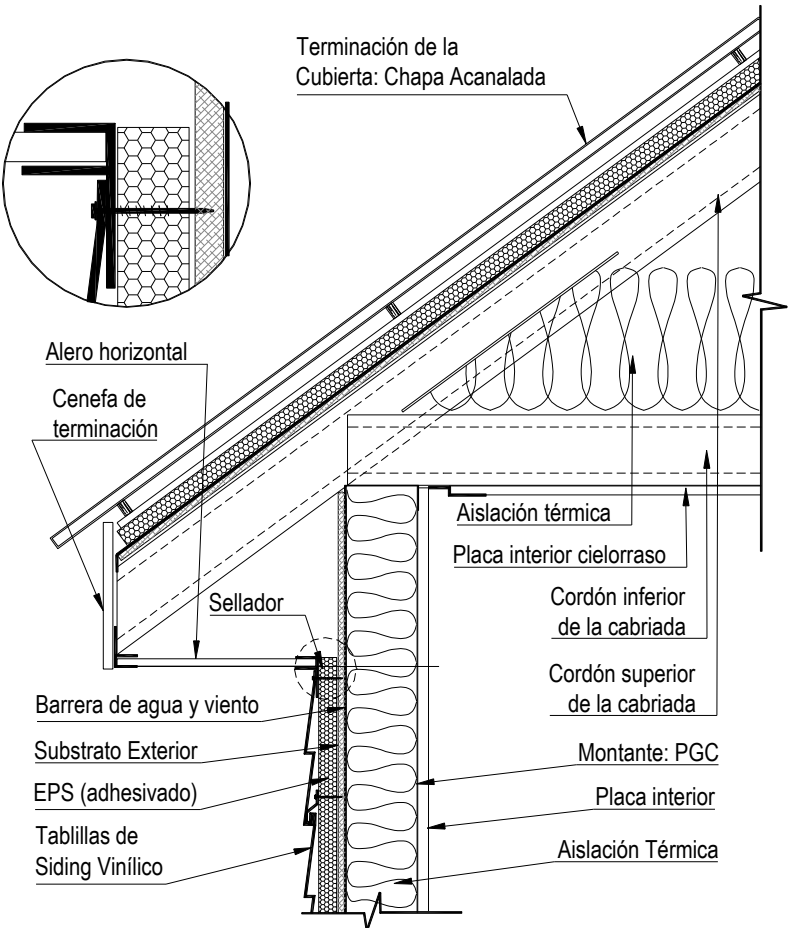
- **Fundación: Platea de HºAº**



- **Carpintería**



- **Cubierta Inclinada con Alero horizontal**



11.5 Mampostería

11.5.1 Conceptos Básicos

La terminación con mampostería cuenta con una diferencia fundamental respecto de los dos sistemas mencionados anteriormente, EIFS y Siding. Mientras que ambos sistemas necesitan de un substrato de aplicación que va fijado a la estructura, la mampostería, al tratarse de una pared “independiente”, la misma deberá vincularse al panel de Steel Framing en vez de aplicarse. En este caso ya no es necesario el substrato, lo cual de ningún modo implica la ausencia de un elemento de rigidización estructural, y por lo tanto podrá optarse por una rigidización del tipo Cruces de San Andrés

La ventaja de este sistema es la posibilidad de generar una cámara de aire entre el panel de estructura y la pared de terminación, con el fin de mejorar la aislación térmica y de reducir el puente térmico. La colocación de algún material aislante dentro de la cámara aumentará la efectividad de la misma.

11.5.2 Características del Sistema

Al igual que en una construcción tradicional la utilización de mampostería ofrece una serie de variantes de ladrillos o mampuestos, que se diferencian básicamente por el tipo de tratamiento final y su consecuente terminación superficial. Siendo que la elección del mismo determinará la apariencia exterior final del edificio, ésta será una decisión del tipo proyectual.

Las tres tipologías más comúnmente utilizadas son: ladrillo común, ladrillo hueco y bloques de cemento.

Respecto de la mampostería de ladrillos comunes su terminación final dependerá según una decisión de proyecto, si es ladrillo enrasado, ladrillo visto, el tipo de traba, etc.

La elección de ladrillos cerámicos huecos determinará el uso de un revoque para el acabado final de la pared. Si los revoques de terminación son cementicios se ejecutará un revoque grueso con mordiente (llaneado) para lograr su adhesividad. En cambio, en el caso de un revoque de terminación elastoplástico con color, el revoque grueso se ejecutará fratazado y sobre el mismo se aplicará una imprimación con color del tipo revoque final.

Finalmente, en la utilización de los bloques de cemento se tienen en cuenta las juntas de control que éstos requieren y debido a la variedad de bloques y sus terminaciones las decisiones también serán del tipo proyectual.

11.5.3 Reglas Básicas para la Instalación

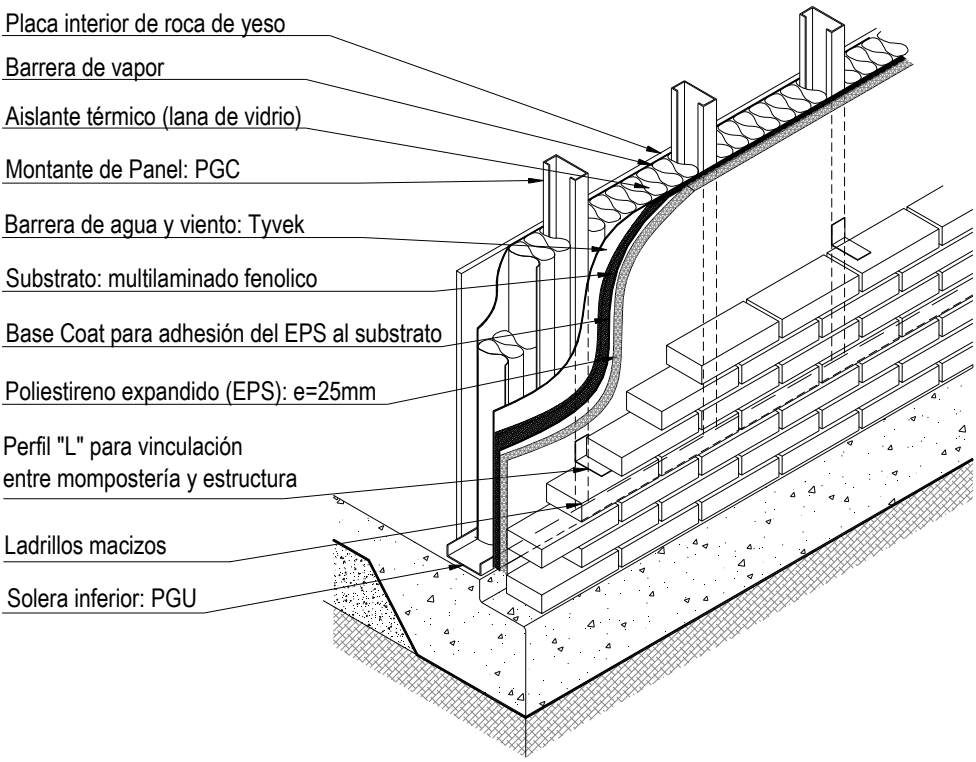
La reglas del arte y las especificaciones componen las reglas básicas para la ejecución de paredes de mampuestos pero respecto de la vinculación de éstos con la estructura de acero existen algunas recomendaciones que a continuación se desarrollan.

- Los elementos de vinculación deben disponerse de modo tal que coincidan con los montantes del panel, requiriéndose por cada dos de éstos una fijación. Por lo tanto, la separación entre las fijaciones en el sentido horizontal dependerá de la modulación de la estructura, siendo cada 80 o 120cm según sea una modulación de 40 o 60cm respectivamente.

- En cuanto a la modulación de las fijaciones en el sentido vertical, para bloques de cemento y ladrillo hueco será cada cuatro hiladas, es decir 0,80mts. y en ladrillo común cada 10 hiladas, es decir 0,70mts.

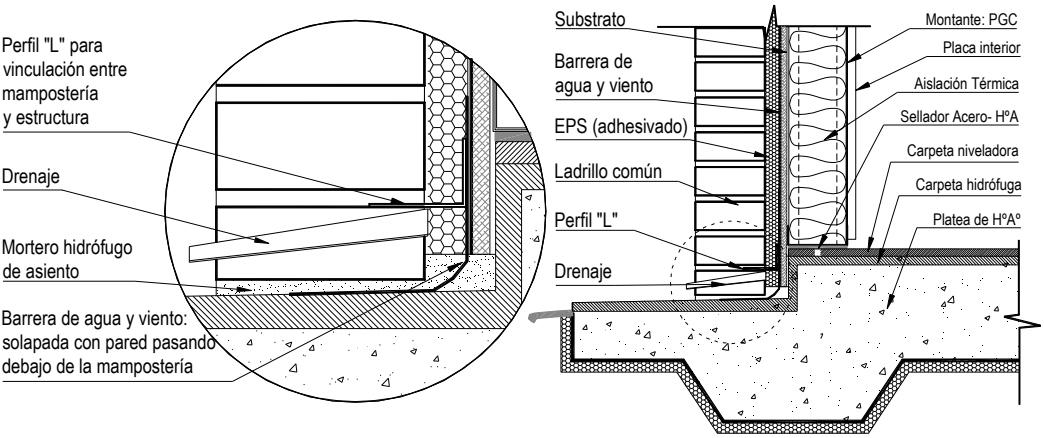
- Respecto de lo refuerzos de dinteles y de armaduras de refuerzo en las mamposterías los criterios son los que marcan las reglas del arte.

- Retomando un concepto ya visto en el capítulo de *Aislaciones* es recomendable, además de generar una cámara de aire entre paramentos de acero y mampostería, la colocación de placas de EPS o algún material aislante que garantice el corte del puente térmico y el efecto de “ghosting”.

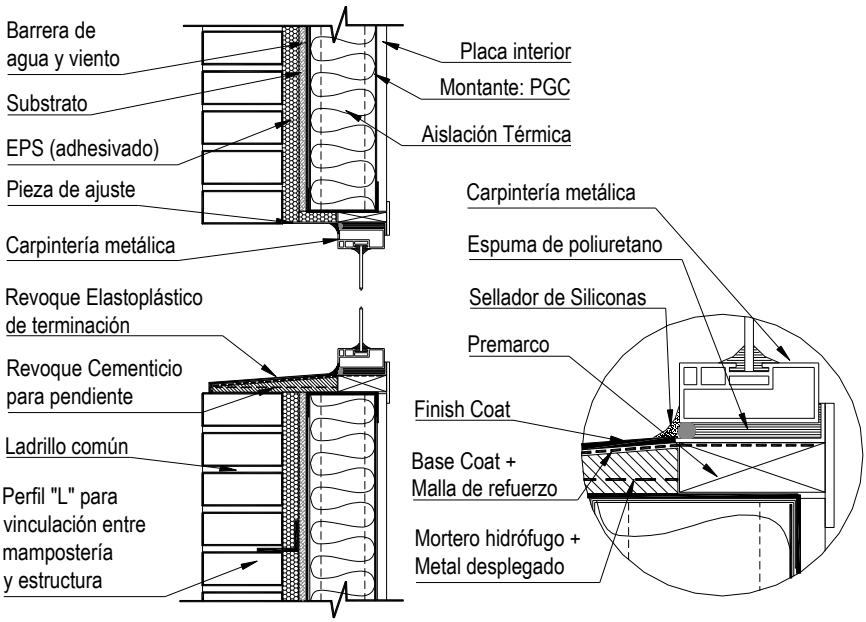


11.5.4 Detalles de Encuentros habituales

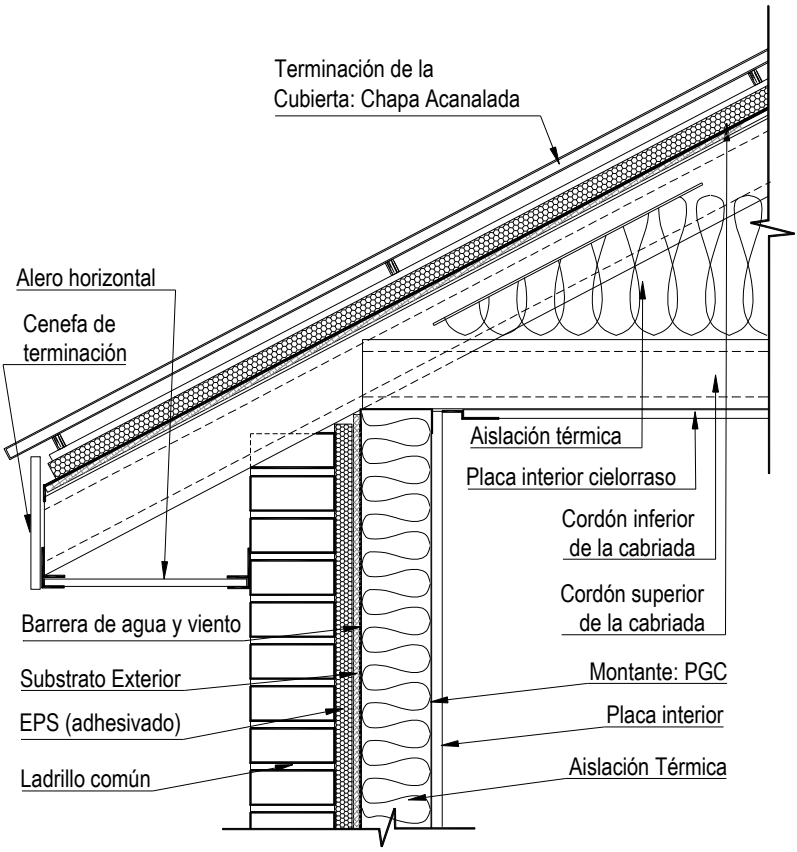
- **Fundación: Platea de HºAº**



- **Carpintería**

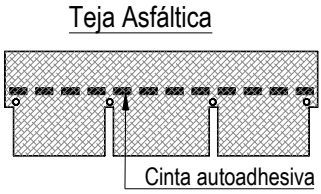


- **Cubierta Inclinada con Alero horizontal**



11.6 Tejas Asfálticas

11.6.1 Conceptos Básicos



La teja asfáltica es una alternativa económica y de bajo mantenimiento, constituida por un material resistente y liviano que puede ser manipulado y cortado muy fácilmente, permitiendo una instalación sin mayores complicaciones.

La teja asfáltica está compuesta por fibras orgánicas o inorgánicas saturadas con asfalto y recubiertas por material mineral de granulometría pequeña.

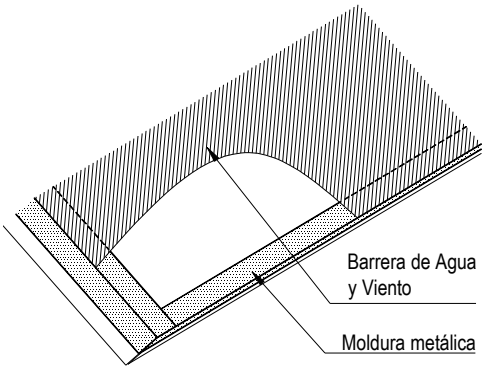
11.6.2 Componentes y Características del sistema

- Durabilidad: Durabilidad garantizada entre 20 y 40 años, dependiendo del tipo de tejas.
- Comportamiento ante el Fuego: Resistencia ante el fuego clase A.
- Facilidad de Corte
- Facilidad de Instalación: Liviana, fácil de transportar y colocar. Las tejas se clavan sobre el substrato exterior de la cubierta.
- Resistencia ante el viento: resistencia de hasta 60 mph.

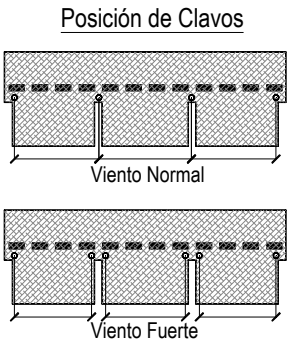
- **Componentes de las Tejas Asfálticas**
  - Lámina de fibra de vidrio/orgánica: protege las tejas de las inclemencias del clima brindándole mayor resistencia ante el fuego y mayor durabilidad.
  - Membrana asfáltica: contiene el granulado de la teja y funciona como barrera para el agua.
  - Granos minerales: de variados colores que ayudan a reflejar los rayos del sol además de brindar al techo una terminación estética.
  - Material adhesivo: activado mediante el calor; sella firmemente las tejas en una única unidad resistente al agua.

11.6.3 Reglas Básicas para la Instalación

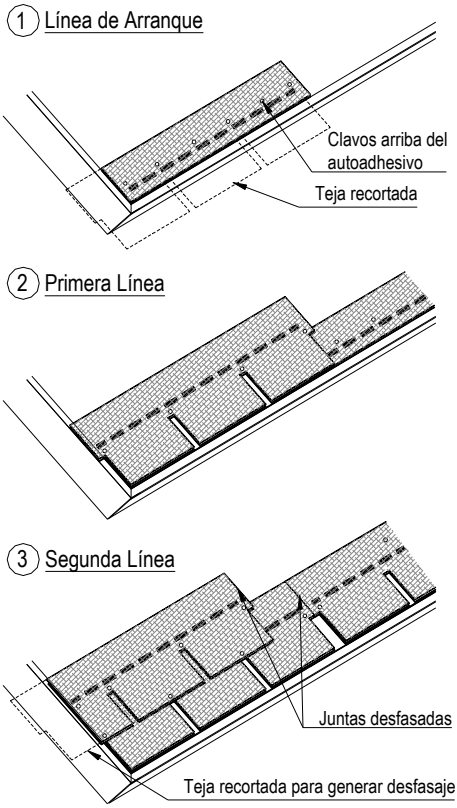
- Para su colocación es necesario contar con una superficie plana y ventilada.
- Las tejas no pueden ser utilizadas en pendientes menores a 7º.
- Para impedir el ingreso de agua al techo por los bordes, se debe colocar una moldura metálica en las orillas de los aleros antes de colocar la aislación hidrófuga sobre el multilaminado, impidiendo así posibles filtraciones. Las molduras metálicas no deben extenderse más de 7.5cm del borde del alero, y se clavan cada 20 o 25cm de la orilla.



- Para la fijación se utilizan clavos galvanizados de cabeza ancha (10mm de diámetro) y de largo proporcional al espesor de la superficie de apoyo.
- Se aplican 4 clavos por teja alineándolos por debajo de la cinta autoadhesiva. Los clavos laterales se fijan a 2.5cm de los bordes, quedando los otros dos en la misma línea de las caladuras. En zonas de fuertes vientos, o en pendientes superiores al 60% se colocan 6 clavos por teja. Cuando las pendientes exceden los 60% las tejas deben ser cementadas para prevenir su levantamiento.



- Antes de la colocación se marca con una tiza cada hilera para mantener una línea paralela con los aleros.
- La colocación comienza desde una esquina inferior del faldón.
- Línea de arranque: se recortarán la cantidad de tejas necesarias para cubrir el largo total del faldón. Es en la única línea de tejas que los clavos quedan arriba del autoadhesivo.
- Nunca clavar sobre la cinta autoadhesiva.
- Se comienza y continúa clavando las tejas enteras de la primera línea, cuidando de alinear la orilla con la línea de arranque.

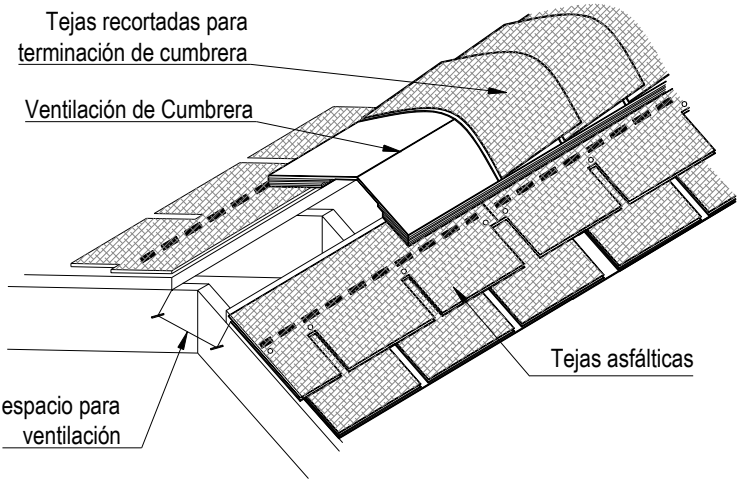


- Las tejas deben ir bien juntas, pero no encimadas.

- Las uniones entre tejas de una y otra hilera deben estar desfasadas con respecto a la hilera siguiente. Para que las juntas no coincidan, la primera teja de la segunda línea deberá cortarse, procediendo de igual forma en las filas alternadas.

- Al llegar a la línea de cumbrera se pliegan los sobrantes de las tejas sobre el faldón opuesto del techo. Se cortan por la caladura las tejas necesarias para cubrir la longitud de la cumbrera. Para colocarlas se doblan por la mitad y se montan sobre el quiebre del techo, clavándolas de cada lado 1 2.5cm de los bordes.

- En aquellos casos en los que se utiliza una ventilación de cumbrera, se procederá primero a la instalación de la misma y posteriormente, a la colocación de las tejas de cumbrera o de una pieza de terminación, de zinguería, por ejemplo.



- Para resolver las Limatesas se procede del mismo modo que en la cumbrera.

- El encuentro de un valle o Limahoya se puede resolver de dos modos: abierto o entretejido, debiendo preverse, en cualquiera de estos casos, un refuerzo de la aislación hidrófuga en el encuentro entre las dos pendientes. Éste podrá generarse agregándose un tira adicional de barrera de agua y viento o con la colocación de un material del tipo zinguería.

12 PREDIMENSIONADO

12.1 Conceptos Generales

El propósito de este capítulo es familiarizarse con el uso del Método Prescriptivo y aprender a seleccionar la sección de los perfiles a utilizar según la siguiente secuencia:

- Determinación de las cargas de succión según la zona
- Determinación de la sección de las vigas
- Determinación de la sección de los montantes
- Determinación del strapping y blocking necesario
- Determinación del tipo de arriostramiento lateral necesario
- Determinación de la estructura de techos

12.2 Verificación de Perfiles

El Steel Framing permite el predimensionado de los perfiles que conforman una estructura de manera muy sencilla , ya que no es necesario calcularlos, sino que, por estar normalizadas sus características físicas (IRAM-IAS U500-205), y tabuladas sus capacidades de carga (tablas del IAS - Instituto Argentino de Siderurgia), únicamente se verifican. Aun así, en todos los casos se recomienda contar con el asesoramiento de un Profesional idóneo.

- **Pasos a seguir:**

Ver 1.5

1. Determinar las solicitaciones que actúan sobre dicha construcción: En este proceso, se determinan las cargas y sobrecargas, estáticas y dinámicas, que actúan sobre la estructura, de acuerdo a condiciones tales como: ubicación geográfica (viento, nieve, sismo, etc), uso de la construcción (vivienda, oficina, deposito, etc), materiales, etc. Determinar correctamente estas solicitaciones es fundamental para diseñar una estructura resistente, eficiente, segura y económica.

2. Determinar las tablas a utilizar: El segundo paso es determinar si se utilizarán las tablas calculadas según la Recomendación del CIRSOC 303, o las del AISI (LRFD). No existe gran diferencia en los resultados entre una y otra, sino que difieren en la metodología, dado que en el caso del CIRSOC se ingresa a las tablas directamente con las solicitaciones determinadas en el punto anterior, y en el caso del AISI (LRFD), estas solicitaciones deben ser previamente factoreadas con una serie de coeficientes, para así obtener el valor de carga con el cual entrar a las tablas correspondientes.

3. Proponer los perfiles a verificar

12.2.1 Ejemplo a desarrollar

1. <u>Solicitaciones para una vivienda unifamiliar de dos plantas:</u>

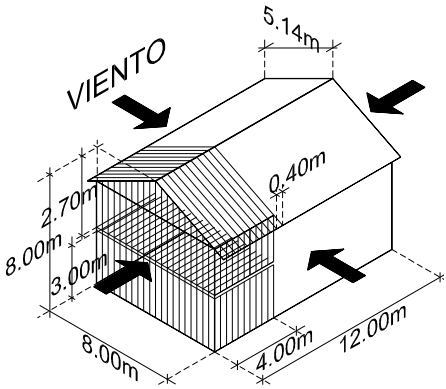
- <u>Cargas permanentes (según los pesos de los materiales a utilizar) :</u>

Techo :

Teja Francesa = 0,55 kN/m2
Fenólico 10 mm = 0,07 kN/m2
Cabriada = 0,43 kN/cabriada
Placa Cielorraso = 0,15 kN/m2

Entrepiso :

Piso Cerámico = 0,20 kN/m2
Contrapiso liviano = 1,08 kN/m2
Chapa sinusoidal = 0,10 kN/m2
Placa Cielorraso = 0,15 kN/m2
Peso propio Viga=no se considero



- <u>Sobrecargas (según Cirsoc 101) :</u>

Techo = 0,12 kN/m2 (pendiente 30º)
Entrepiso= 2,00 kN/m2 (dormitorios en P.A)

- <u>Carga de Viento</u> (según Cirsoc 102) :
  qsobre paredes = 0,75 kN/m2

2. <u>Tablas a utilizar</u>: Se opta por efectuar la verificación con las tablas según CIRSOC 303.

3. <u>Perfiles propuestos para verificar</u> :

- <u>Paredes</u> *:* PGC 100x0,89
- <u>Vigas de Entrepiso</u> : PGC 200x1,24

4. <u>Verificación de perfiles</u> :

- **A) Montantes de Planta Alta sobre los que apoyan cabriadas <u>:</u>**

<u>Cálculo de la carga que hay en este caso sobre un montante solamente :</u>

- Cubierta de techo (1/2 agua) =
  (0,55 + 0,07) kN/m2 x 0,40 m x 5,14 m = **1,27 kN**
- Peso propio de media cabriada =
  28,5 ml de PGC 100x0,89 x 1,51 kg/ml / 2 = 21kg,
  1kN = 100 kgf por lo que el peso propio de
  1/2 cabriada será de = **0,21 kN**
- Cielorraso placa de yeso (50% sup) =
  0,15 kN/m2 x 0,40 m x 8 m / 2 = **0,24 kN**
- Sobrecarga = 0,12 kN/m2 x 5,14 m = **0,25 kN**
- Carga axial sobre este montante =
  1,27 kN + 0,21 kN + 0,24 kN + 0,25 kN **=** **1,97 kN**

Carga axial máxima admisible sobre el perfil propuesto (PGC 100x0,89) :

De la tabla **2.5.a** se comprueba que la carga axial admisible es de hasta **8,37 kN** que es mayor que los **1,97 kN**, a los que se encontraría sometido este perfil .

Altura máxima de ese perfil para una condición de deformación de L/600 *:*

De la tabla **2.3.a** se comprueba que la altura máxima para el PGC 100x0,89 y para esa condición de deflexión, es de **2,93 m**, mayor a los **2,70 m** que pide el proyecto.

- **B) Montantes de Planta Alta sobre los que no apoyan cabriadas :**

Por razones de simplificación constructiva, y dado que estos montantes tienen una solicitación menor, carga axial por peso propio de valor despreciable e igual carga de viento, en este caso, también se utiliza el perfil verificado en el punto A.

- **C) Vigas de Entrepiso :**

Cálculo Carga total sobre una Viga de Entrepiso =

- Peso propio materiales + Sobrecarga =
  (0,20+1,08+0,10+0,15) kN/m2 + 2,00 kN/m2 **= 3,53 kN/m2**

Carga max admisible uniformemente distribuida sobre perfil propuesto (PGC 200x1,24) :

De la tabla **2.2** se comprueba que el perfil propuesto admite por **Resistencia** una carga máxima de **3,85 kN/m2**, mayor que **3,53 kN/m2**, y por **Deformación** para una condición de **L/360**, admite **3,74 kN/m2** que también es mayor que la carga total.

En este ejemplo, la condición de **Deformación** requerida para el entrepiso es de **L/500**, dado que se pretende una sensación de mayor rigidez al caminar sobre el, por lo que se deberá multiplicar los valores de Deformación de la tabla **2.2** por un coeficiente que resulta del cociente = **360/500= 0,72**. La tabla que sigue a la 2.2 detalla estos valores de Deformación para L/500, de donde se comprueba que la deformación máxima admisible para ese perfil es de **2,69 kN/m2** que es menor que **3,53 kN/m2**. Se prueba con el PGC 200x1,59 que tampoco verifica, por lo que se continua probando con el **PGC 200x2,00** que admite por **Deformación** hasta **4,17 kN/m2**, que es mayor que los **3,53 kN/m2** de la carga total del entrepiso.

- **D) Montantes en Planta Baja sobre los que apoyan Vigas del Entrepiso :**

Carga total por Viga de Entrepiso :

- 3,53 kN/m2 x 0,40 m x 4 m /2 = **2,82 kN**

Carga axial máxima admisible sobre el perfil propuesto (PGC 100x0,89) :

De la tabla **2.5.a** se comprueba que la carga axial admisible es de **6,95 kN** que es mayor que los **2,82 kN**, a los que se encontraría sometido este perfil .

Altura máxima de ese perfil para una condición de deformación de L/600 :

De la tabla **2.3.a** se comprueba que la altura máxima para ese perfil, y para esa condición de deflexión, es de **2,93 m** que es menor a los **3 m** que pide el proyecto. Se prueba con el PGC 100x1,24, y de tabla **2.5.a** se obtiene **14,16 kN** de carga axil admisible, mayor a los **2,82 kN**. De tabla **2.3.a** se comprueba que la altura máxima para este perfil es de **3,25 m** mayor a los **3 m** que pide el proyecto.

- **E) Montantes de Planta Baja sobre los que no apoyan Vigas de Entrepiso :**

  Carga axil=**1,72 kN** (viene de PA), que es menor a la de los montantes del punto D, con igual carga de viento. Se utilizara igual perfil en toda la PB (PGC 100x1,24)

  - Tablas utilizadas

Tabla 2.5.a **Carga axil admisible (kN), para montantes** PGC de 100 **mm de alma, arriostrados en toda la altura**

Viento	**0,75 kN/m2**		
Espesor de la Chapa	**0,89**	**1,24**	**1,59**
Altura (m)	**Separación 40 cm**		
2,40	9,77	19,04	27,53
2,60	8,85	17,45	25,49
2,70	8,37	16,63	24,42
3,00	6,95	14,16	21,14

Tabla 2.3.a **Altura máxima de montantes (cm), por deformacion debida al viento**

Viento	**0,75 kN/m2**		
Deformación Max.	**L/360**	**L/600**	**L/720**
Perfil PGC	**Separación 40 cm**		
100x0,89	348	293	276
100x1,24	385	325	305
100x1,59	415	350	329

Tabla 2.2 **Vigas / Cargas máximas admisibles uniformemente distribuidas (kN/m2) para condición de deformación L/360**

Perfil PGC	**Longitud Viga (m)**	4,00	
	Separación (cm)	40	60
200x1,24	**Resistencia** **Deformación**	3,85 3,74	2,57 2,49
200x1,59	**Resistencia** **Deformación**	5,09 4,73	3,39 3,16
200x2,00	**Resistencia** **Deformación**	6,47 5,79	4,31 3,86

Tabla propia. **Vigas / Cargas máximas admisibles uniformemente distribuidas (kN/m2) para condición de deformación L/500**

Perfil PGC	**Longitud Viga (m)**	4,00	
	Separación (cm)	40	60
200x1,24	**Deformación**	2,69	1,79
200x1,59	**Deformación**	3,41	2,28
200x2,00	**Deformación**	4,17	2,78

12.3 Selección de perfiles

12.3.1 Tablas de Predimensionado

Una de las ventajas del Steel Framing es la posibilidad de trabajar con ***perfiles normalizados***, que no es necesario calcular, sino que, por medio de las tablas de carga del I.A.S. (Instituto Argentino de Siderurgia), solo necesitan verificarse. **Aun así, en todos los casos se recomienda consultar a un Profesional idóneo**.

Ver 1.3

La norma IRAM-IAS U 500-205, partes 2, 3, 4, 5 y 6, prescribe los requisitos generales de los perfiles abiertos de chapa de acero galvanizada, conformados en frío, para uso en estructuras portantes de edificios, tales como tabiques de interior / exterior portantes, y muros cortina. Esta Norma NO es aplicable a los perfiles abiertos de chapa de acero galvanizada, conformados en frío, para tabiques divisorios de interior no portantes, o perfiles cerrados conformados en frío.

El valor de la masa de un perfil de acero galvanizado se determina en la Norma IRAM-IAS, asignándole convencionalmente una masa especifica de 7,85 Kg/dm3.

En la siguiente tabla se muestran algunas de las características de los perfiles PGC más comúnmente utilizados:

PGC	Alma	Ala	Labio	Esp.	Masa	Area
	mm	mm	mm	mm	Kg/m	cm2
90x1,24	90	40	17	1,24	1,95	2,41
90x1,59	90	40	17	1,59	2,46	3,07
100x0,89	100	40	17	0,89	1,50	1,84
100x1,24	100	40	17	1,24	2,05	2,54
100x1,59	100	40	17	1,59	2,59	3,23
150x0,89	150	40	17	0,89	1,87	2,29
150x1,24	150	40	17	1,24	2,55	3,16
150x1,59	150	40	17	1,59	3,23	4,03
200x1,24	200	44	17	1,24	3,13	3,87
200x1,59	200	44	17	1,59	3,97	4,96
200x2,00	200	44	17	2,00	4,90	6,14

12.3.2 Ejemplo a desarrollar

En un proyecto determinado se deben verificar los perfiles supuestos, según lo indicado en la tablas de carga del IAS (según la metodología del Cirsoc 303 o AISI LRFD), partiendo de un perfil de referencia que se debe suponer para iniciar el proceso de verificación. Pero, ¿qué es lo que sucede si este perfil supuesto excede o no alcanza las cargas impuestas?. ¿Cuál sería entonces un criterio para elegir el siguiente perfil a verificar?. ¿Qué variaciones tiene el precio de un perfil para una variación de capacidad de carga?. A continuación veremos las respuestas en forma de Tablas a estas preguntas.

Es interesante ver como varía la capacidad estructural y el precio de los diferentes perfiles, para los distintos tipos de solicitaciones y usos. La relación entre el *Momento de Inercia*, la *Masa* (directamente relacionada con el *Área*) y la *capacidad estructural* de cada perfil, NO es una relación ***lineal y/o proporcional***, debido a la variación de la esbeltez del alma con el espesor de la chapa, a los efectos de abolladura, y al tipo de solicitación a la que este sometido. Se debe destacar que un aumento en la dimensión del alma del perfil, no siempre implica un aumento proporcional en el precio del mismo, dado que el costo de un perfil está directamente relacionado a su masa y no tanto a las dimensiones de su forma. Por ejemplo un PGC 150x0,89 no cuesta el 50% mas que un PGC 100x0,89 ya que solo varía el alma del perfil, manteniéndose la misma ala y labio entre uno y otro. En las Tablas siguientes se muestran estas relaciones para los perfiles mas usados en paredes y entrepisos, partiendo de un perfil que se utiliza como base de comparación para los 3 siguientes que pudieran ser la alternativa buscada.

- **Perfiles para Paredes (Cirsoc 303)**
  - PGC = Perfil Galvanizado "C"
  - ? = variacion porcentual entre el perfil tomado como referencia y el perfil a comparar.
  - Jx = momento de inercia en el eje X
  - N1 = carga axil admisible a la compresión simple
  - N2= carga axil adm. a la flexo-compresión (Viento=1KN/m2)
  - Separación entre perfiles = 40 cm
  - Perfiles arriostrados en toda la longitud

PGC	Jx	Masa	? Jx	? Masa	? $	? N1	? N2
h= 2,70 m	cm4	Kg/m	%	%	%	%	%
100x0,89	28,71	1,50	Perfil tomado como referencia				
100x1,24	39,03	2,05	35,95	36,67	33,90	77,39	109,27
150x0,89	74,72	1,87	160,26	24,67	23,39	8,12	42,98
150x1,24	102,06	2,55	255,49	70,00	65,08	98,18	196,49
150x0,89	74,72	1,87	Perfil tomado como referencia				
100x1,24	39,03	2,05	-47,76	9,63	8,52	64,07	46,37
100x1,59	49,10	2,59	-34,29	38,50	38,46	125,47	120,14
150x1,24	102,06	2,55	36,59	36,36	33,79	83,30	107,37

En la tabla anterior se supuso iniciar la verificación de los perfiles que componen la estructura de paredes, partiendo de un PGC 100 x 0,89 que tiene una capacidad de carga máxima axil a la compresión simple de : 13,18 kN, y una carga máxima axil a la flexo-compresión de : 7,12 kN. En el caso que las solicitaciones de servicio de la estructura sean mayores, deberá optarse por otro perfil, considerando entre otras cosas, las limitaciones que pueda imponer el Proyecto de Arquitectura en cuanto a tamaños del alma. Si la magnitud del exceso de las solicitaciones de servicio de la estructura son menores al 8,12 % a la compresión simple, o al 42,98 % a la flexo-compresión, podría optarse por un PGC 150x0,89 que es solo un 23,39 % mas caro que el perfil PGC 100x0,89, siempre que el Proyecto permita ensanchar 5 cm la pared. Si esto no fuera posible, se deberá optar por un PGC 100x1,24 que es un 33,90% mas caro, y que además tiene un incremento del 77,39 % en su capacidad de carga axil a la compresión simple y de 109,27 % a la flexo-compresión respecto del perfil supuesto originalmente.

- **Perfiles para Vigas de Entrepiso (Cirsoc 303)**
  - Q = carga máxima admisible, se considero la menor de las cargas según cada caso, ya sea por Resistencia o por Deformación para una condición de L/360.

En el caso de las vigas donde los perfiles trabajan a la flexión únicamente, se puede apreciar como un PGC 200x1,24 cuesta 6,61 % menos que el PGC 150x1,59, y tiene además, un 66,96 % mas de carga máxima admisible.

PGC	Jx	Masa	? Jx	? Masa	? $	? Q
L= 4 m	cm4	Kg/m	%	%	%	%
150x1,59	128,99	3,23	Perfil tomado como referencia			
200x1,24	214,36	3,13	66,18	-3,10	-6,61	66,96
200x1,59	271,87	3,97	110,77	22,91	19,03	111,16
200x2,00	333,32	4,90	158,41	51,70	47,10	158,48
200x1,24	214,36	3,13	Perfil tomado como referencia			
200x1,59	271,87	3,97	26,83	26,84	27,46	26,47
200x2,00	333,32	4,90	55,50	56,55	57,51	54,81
250x1,59	469,71	4,62	119,12	47,60	47,68	75,94

12.4 Estimación de Cargas

La determinación de las cargas que actúan sobre la estructura de un edificio y, a partir de allí el cálculo de las solicitaciones a las que se ve sometida, es la base fundamental para lograr un diseño eficiente, seguro y económico. Por tal motivo, en todos los casos se recomienda contar con el asesoramiento de un Profesional idóneo.

A continuación se intentará simplificar la determinación de las cargas estáticas actuantes sobre una vivienda unifamiliar, tabulando algunos de los valores más relevantes y usuales, de manera de simplificar el predimensionamiento de las estructuras construidas con Steel Framing.

- **Pasos a seguir:**

1. Definir el paquete de materiales a utilizar. En este punto deberán elegirse los materiales a utilizar para la construcción de la estructura.

2. Proponer estructura posible. Este es un proceso de iteración, ya que propondremos un perfil para la estimación del propio peso del entrepiso, pero que deberá verificarse luego para el total de las cargas actuantes.

3. Determinar sobrecargas de uso y/o servicio: En la mayoría de los casos, es la componente con mayor incidencia sobre la carga total que se considerará para la verificación.

12.4.1 Ejemplo a desarrollar

A continuación, desarrollaremos un ejemplo, de manera de aclarar el modo de uso de las tablas que aparecen abajo.

En las Tablas que siguen, se presentan las cargas totales por peso propio para diferentes tipologías de resolución de entrepisos, en función de los pesos unitarios promedio correspondientes a los distintos materiales que componen los paquetes estructurales más usuales. Además, se detalla un breve resumen de las sobrecargas útiles indicadas en el Reglamento CIRSOC 101: Cargas y Sobrecargas Gravitatorias para el Cálculo de Estructuras de Edificios.

Cabe aclarar en este punto, que deberá prestarse especial atención a las situaciones particulares, de manera de considerar sobrecargas acordes con la real utilización de la estructura, más allá de los valores generales indicados.

Deberán también considerarse aquellas cargas no contempladas en el presente resumen como equipamiento especial, cargas de viento, sismo, nieve, etc.

1. <u>Paquete de materiales a utilizar:</u>

Supongamos tener que predimensionar un entrepiso seco, cuyo destino será un dormitorio. Se propone resolverlo con perfilería galvanizada liviana, con un piso de madera de 2 cm de espesor, sobre multilaminado fenólico de 25 mm. Entre las vigas se colocará lana de vidrio de 10 cm como aislante acústico y también estará soportando el cielorraso de la planta baja, resuelto con placas de roca de yeso de 12.5 mm de espesor.

- **Tabla 1:** <u>Cargas por Peso Propio</u>

Entrepiso #	1	2	3
Cerámico 1 cm	16		16
Alfombra			
Piso Madera 2 cm		20	
Carpeta nivelación 2 cm	40		
Contrapiso Hº pobre 6 cm	108		
Panel Acústico 1,5 cm	1.2		
Chapa # 24 encofrado	5.4		
Fenólico 2,5 cm		16.5	
Placa Cementicia 1,25 cm			19.8
Fenólico 1,2 cm			8.1
Lana Vidrio 10 cm	1.4	1.4	1.4
Placa Yeso 1,25 cm	11.3	11.3	11.3
Peso Propio Entrepiso (sin estructura) [Kg./m2]	182.10	49.20	56.60

La composición descripta responde al entrepiso #2, tal como se indica en la tabla 1: “Cargas por Peso Propio” (sin estructura). Según la misma, el peso propio de este conjunto de materiales es de 49.20 Kg./m2, primer componente de la carga total actuante sobre la estructura a verificar.

2. Prefiles propuestos para la estructura:

Como primera aproximación, proponemos resolver la estructura del entrepiso con perfiles PGC 200 x 1,59 separados cada 40 cm. Esto implica que la propia perfilería introducirá una carga de 11.64 Kg./m2, según la tabla 2. En general, para estructuras resultas con Steel Framing, esta segunda componente de la carga total es la que tiene menor incidencia sobre el total.

- **Tabla 2:** Peso propio de la Estructura

Vigas	Masa unitaria[Kg./ml]	Carga [Kg./m2]	
Separación		40 cm	60 cm
PGC 200x1,24	3.14	9.16	6.54
PGC 200x1,59	3.99	11.64	8.31
PGC 200x2,00	4.92	14.35	10.25
PGC 250x1,59	4.63	13.50	9.65
PGC 250x2,00	5.72	16.68	11.92

3. Sobrecargas de uso y/o servicio:

En función del uso al que está destinado el entrepiso, y según la Reglamentación Vigente, debe considerarse en el cálculo de la estructura una sobrecarga de servicio. En el caso de dormitorios, la misma es de 200 Kg./m2, tal como aparece en la tabla 3.

- **Tabla 3:** Sobrecargas Reglamentarias (Resumen)

Denominación del local	Sobrecarga Reglamentaria (Kg/m2)
Dormitorio	200
Baño	200
Pasillo y corredores	300
Oficina	250

Por lo tanto, la carga total a considerar en la verificación de las vigas de entrepiso vale:

Q= 49.20 Kg./m2 + 11.64 Kg./m2 + 200 Kg./m2

Q= 260.84 Kg./m2

13 ANEXO: CÓMPUTO MÉTRICO

13.1 Conceptos Generales

Este capítulo anexo tiene como finalidad establecer un método simple, que facilite el cómputo métrico de los materiales a utilizar en un construcción ejecutada con Steel Framing.

Existen tres instancias en cuanto a la precisión en el cómputo de la perfilería para la ejecución de un proyecto dado.

- La primera aproximación puede realizarse en base a documentación de anteproyecto, sin necesidad de "transformar" los planos de arquitectura tradicionales.

- Como segunda instancia, un cómputo mas preciso puede ejecutarse a partir del panelizado en planta.

- Por último, el cómputo exacto o "listado de cortes" que surge de la ejecución de la ingeniería del proyecto.

A continuación desarrollaremos, a modo de ejemplo, el cómputo métrico de una vivienda utilizando el primero de los métodos, el aproximado, y también el cómputo exacto, a fin de que los resultados puedan ser comparados. Finalmente podrá observarse que el margen de error entre uno y otro, no es de mayor importancia.

13.2 Método Aproximativo al Cómputo Exacto de la Estructura

En primer lugar deberá establecerse la modulación a adoptar, tanto en paneles como en entrepisos y techos.

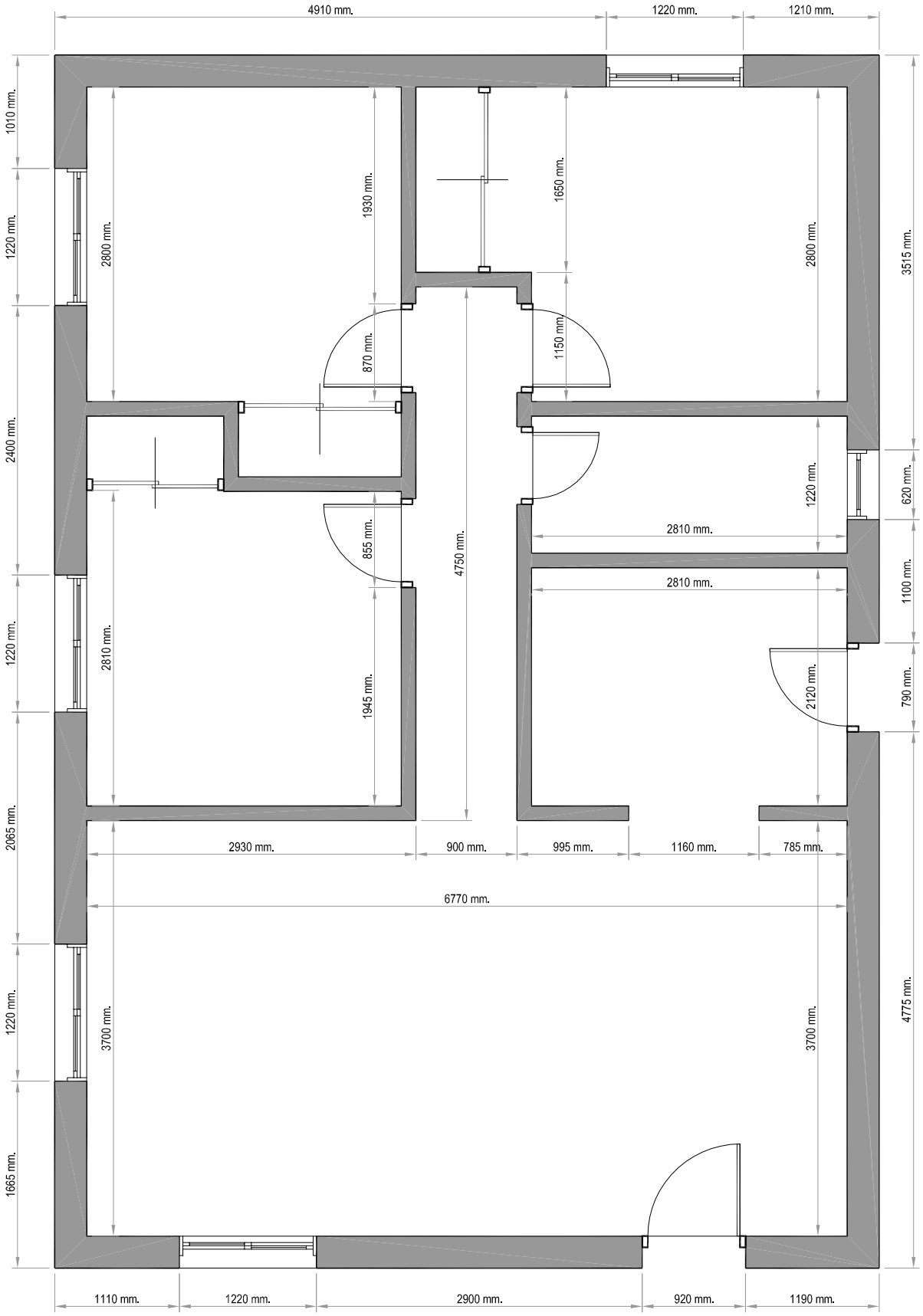
Deberá prestarse especial atención a los coeficientes de mayoración a emplear en cada caso ya que varían en función de las características del proyecto en particular.

Este coeficiente de mayoración en el cómputo de montantes contempla todas aquellas piezas que son constructivas y/o estructuralmente necesarias y que no coinciden con el diseño de la grilla básica. Ejemplos de éstos son montantes de inicio y/o final de panel, kings para puertas y ventanas, triples para intersección de paneles perpendiculares, etc.

En el caso del coeficiente para el cómputo de soleras, éste está directamente asociado a los vanos que deben abrirse en los paneles. Como ejemplo, en l caso de computar perfilería para la ejecución de paneles sin ningún vano, el coeficiente a aplicar al cómputo de perfiles PGU es 1.

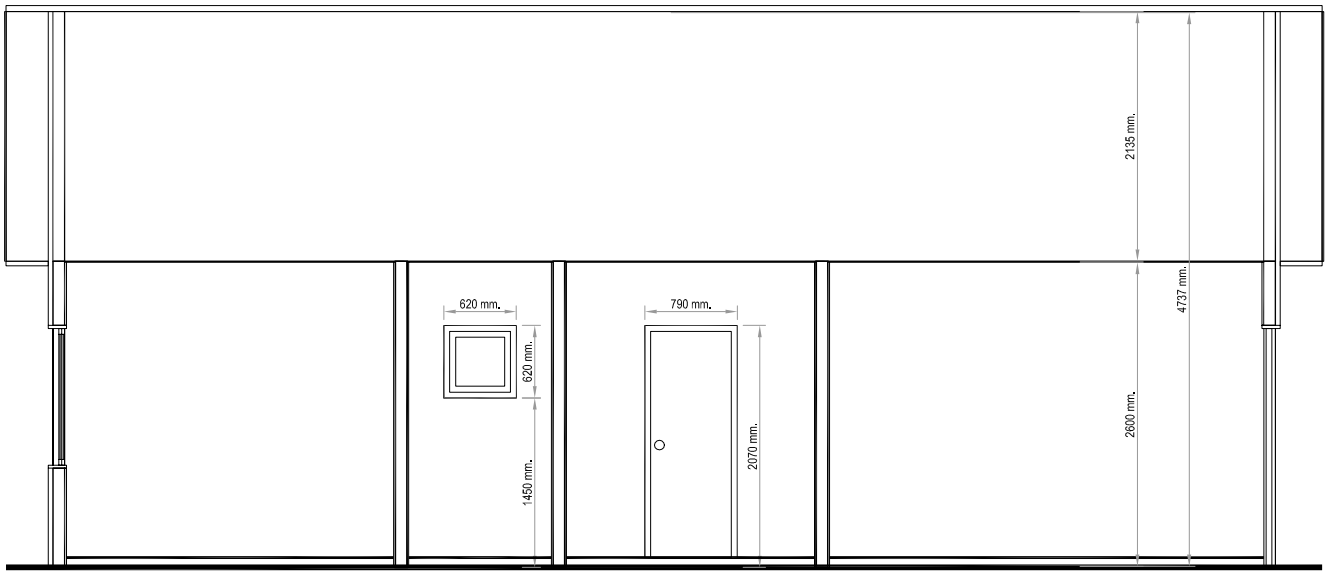
En las dos hojas siguientes se presenta el proyecto que será utilizado como modelo para la ejecución del cómputo. La documentación básica necesaria consta de todas las plantas de arquitectura, además de un corte y una vista, como mínimo, aunque, esto depende directamente de la complejidad del proyecto.

PLANTA DE ARQUITECTURA

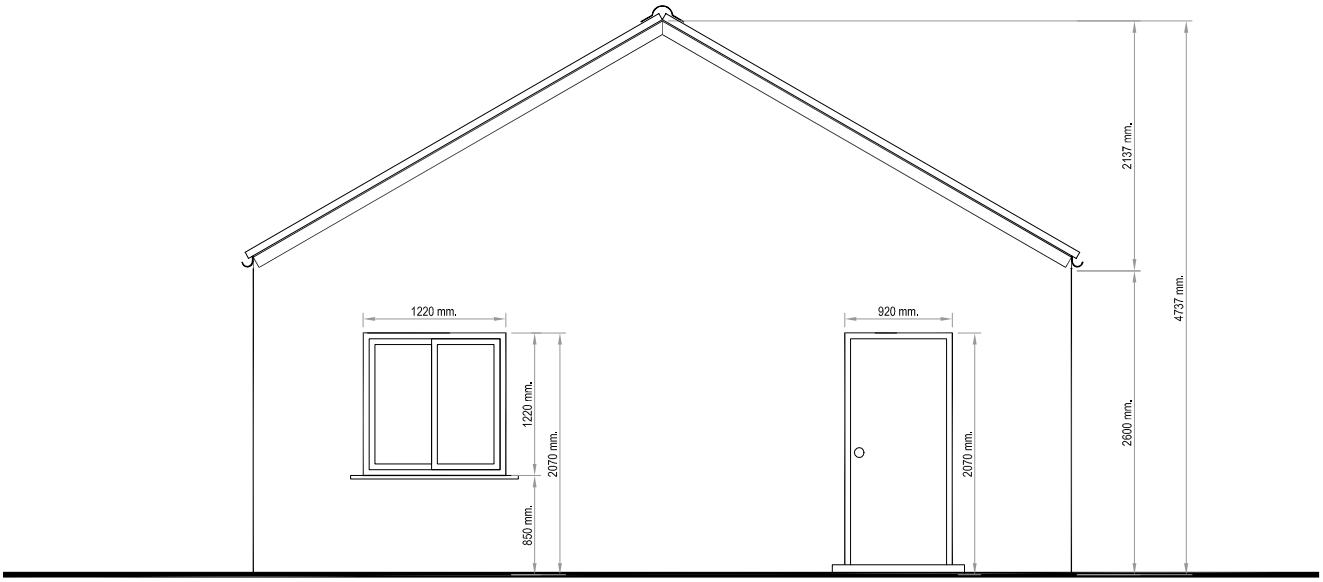


CORTE LONGITUDINAL

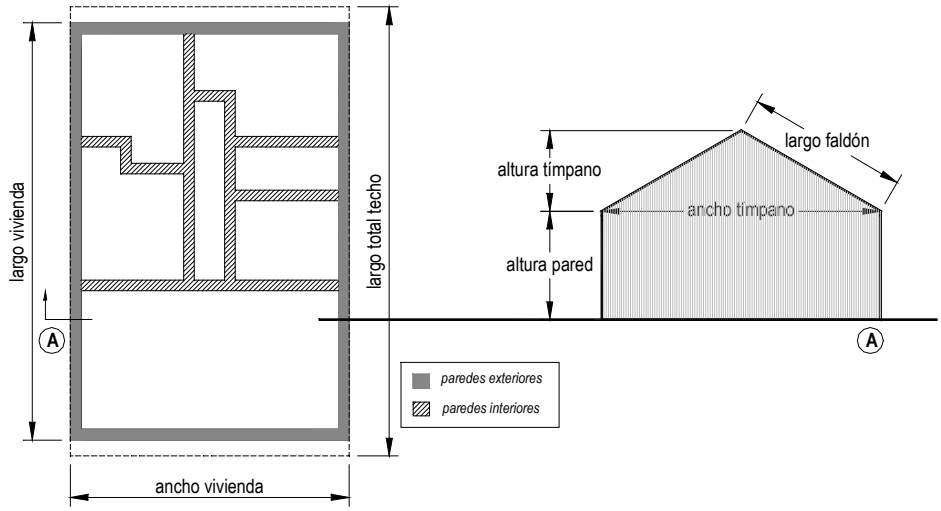
Nota: Dibujos esquemáticos



VISTA DE FRENTE



• **Datos a obtener de los planos de Arquitectura tradicionales**



Metros lineales de pared exterior	**48,52 ml**
Metros lineales de pared interior	**28,09 ml**
Largo total del techo	**11,26 ml**
Ancho de la vivienda	**7 mts**
Largo de la vivienda	**10,46 mts**
Altura de la pared	**2,6 mts**
Ancho de tímpanos	**7 mts**
Altura de tímpanos	**2,13 mts**
Largo de un faldón de techo	**4,1 mts**

• **Datos a obtener a partir de la información anterior**

Perfiles **PGC 100 x 0,89**

Paneles Exteriores

$$\frac{\text{long. PEX * altura PEX * factor de mayoración}}{\text{modulación}}$$

48,52ml / 0,40ml = 121,3 módulos (cant. de perfiles modulados c/ 0,40 mts)
121,3 perfiles * 2,6 mts/ perfil = 315,38 ml de perfil
315,38ml * 1,3 = **410 ml PGC** (mayorado x piezas de union y encuentros)

Tímpanos

$$\frac{\text{Superficie del tímpano}}{\text{modulación}} * \text{cantidad de tímpanos}$$

(7 mts * 2,13 mts) / 2 = 7,45 mts2
7,45 mts2 / 0,40ml = 18,62 ml de perfil
18,62ml * 2 tímpanos = **38 ml PGC**

Paneles Interiores

$$\frac{\text{long. PIN * altura PIN * factor de mayoración}}{\text{modulación}}$$

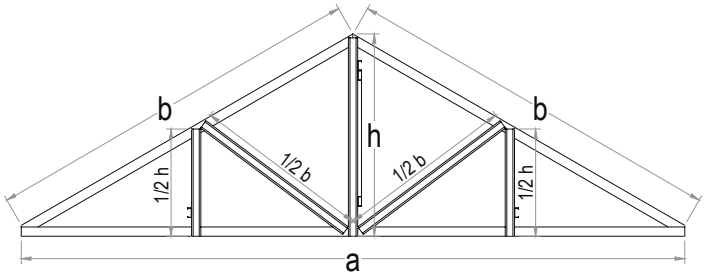
28,09ml / 0,40ml = 70,22 módulos (cant. de perfiles modulados c/ 0,40 mts)
70,22 perfiles * 2,6 mts/ perfil = 182,58 ml de perfil
182,58ml * 1,3 = **237 ml PGC** (mayorado x piezas de unión y encuentros)

*Total **PGC 100 x 0,89** para **paneles*** **685 ml**

Techo

Cant. de cabriadas * perfiles por cabriada * factor de mayoración

Cantidad de Cabriadas
(10,46ml - 0,20)/ 0,40ml + 1 (extra por arranque/fin) = **27 cabriadas**



a = 7mts
b = 4,041mts
h = 2,136 mts

Perfiles por Cabriada
(a + 3b + 2h)
(7mts + 3 * 4,041mts + 2 * 2,136mts) = 24 ml/ cabriada

24ml/cabriada * 27cabriadas * 1,1 (mayorado x riostras) = **713 ml PGC**

*Total **PGC 100 x 0,89** para **techos*** **713 ml**

Total Perfiles PGC 100 x 0,89 **1398 ml**

Perfiles **PGU 100 x 0,89**

Paneles Exteriores

long. PEX * 2 soleras (superior + inferior) * factor de mayoración

48,52ml * 2 = 97,04ml de perfil
97,04ml * 1,3 = **126 ml PGU** (mayorado por soleras de vano)

Tímpanos

Perímetro de tímpano * cantidad de tímpanos

7 mts + 2 * (4,041) = 15 ml
15ml * 2 tímpanos = **30 ml PGU**

Paneles Interiores

long. PIN * 2 soleras (superior + inferior) * factor de mayoración

28,09ml * 2 = 56,18 ml de perfil
56,18ml * 1,3 = **73 ml PGU** (mayorado por soleras de vano)

Total Perfiles PGU 100 x 0,89	**229 ml**

Perfiles **PGC 200 x 1,24**

Dinteles

long. de Vanos en paneles portantes * 2 (perfiles por dintel)

0,7ml + 0,87ml + (1,38ml * 3) = 5,71ml de perfil
5,71ml * 2 = **11 ml PGC**

Total Perfiles PGC 200 x 1,24	**11 ml**

13.3 Cómputo Exacto de la Estructura

A continuación se presentan los planos necesarios para el panelizado de la estructura. A partir de esta documentación y del listado de corte se puede obtener un cómputo exacto de las piezas de acero requeridas para un proyecto específico.

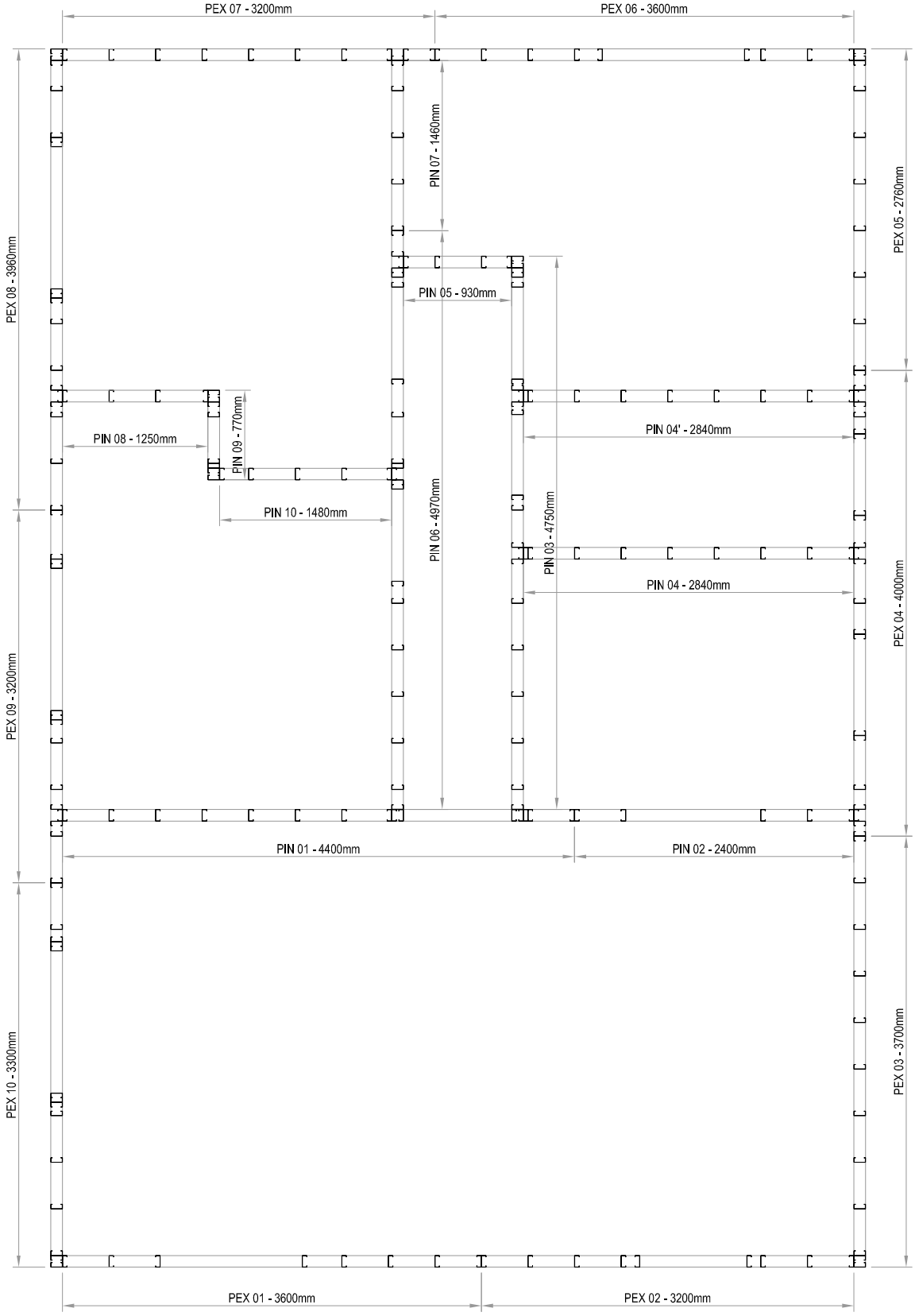
Los planos aparecen en el siguiente orden:

- Planta de Estructura (Paneles)
- Planta de Estructura de Techos
- Vistas Generales de la Estructura
  - Vista Lateral
  - Vista de Frente
- Vistas de Paneles Exteriores (PEX)
  - PEX 01
  - PEX 02
  - PEX 03
  - PEX 04
  - PEX 05
  - PEX 06
  - PEX 07
  - PEX 08
  - PEX 09
  - PEX 10
- Vistas de Paneles Interiores (PIN)
  - PIN 01
  - PIN 02
  - PIN 03
  - PIN 04
  - PIN 04'
  - PIN 05
  - PIN 06
  - PIN 07
  - PIN 08
  - PIN 09
  - PIN 10
- Vista de Tímpano Exterior (TIM)
- Vista de Cabriada
- Vista de Alero

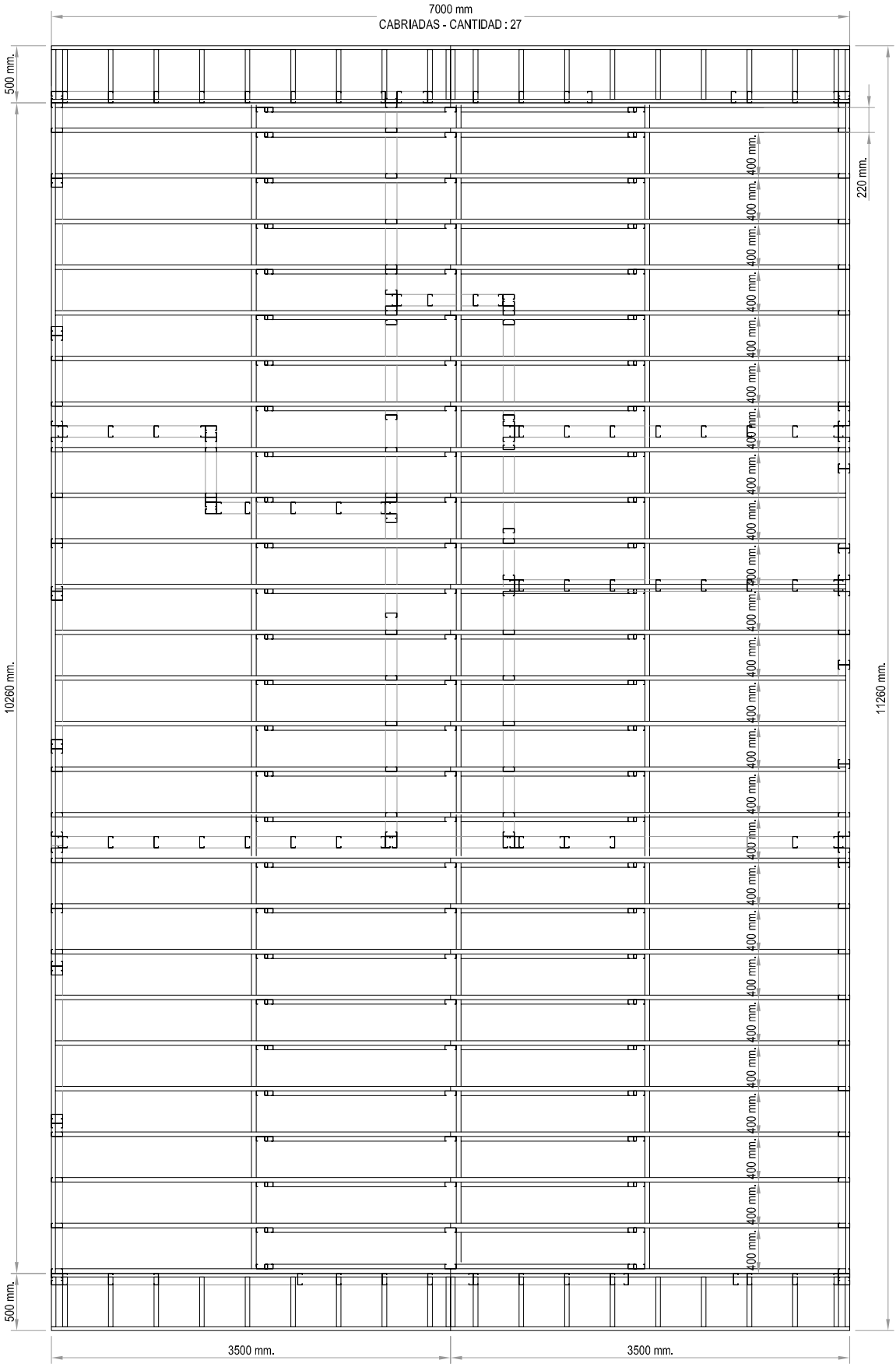
Junto con las vistas de paneles, tímpano, cabriada y alero están los listados de corte respectivos y a continuación, las tablas de resumen que computan la totalidad de los perfiles, en el siguiente orden:

- Tabla1: Resumen de Paneles Exteriores y los Perfiles que los componen
- Tabla 2: Resumen de Paneles Interiores y los Perfiles que los componen
- Tabla 3: Resumen de Cabriadas y Perfiles en Estructura de Techos

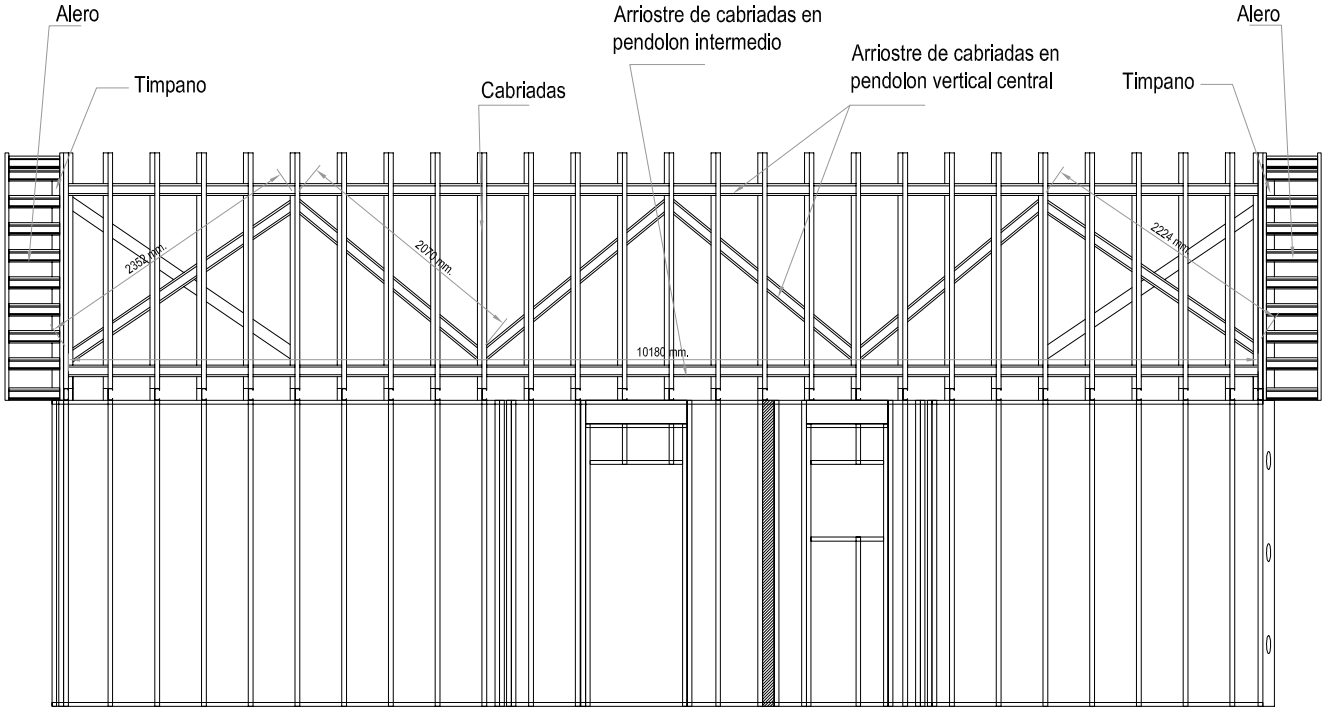
PLANTA DE ESTRUCTURA (PANELES)



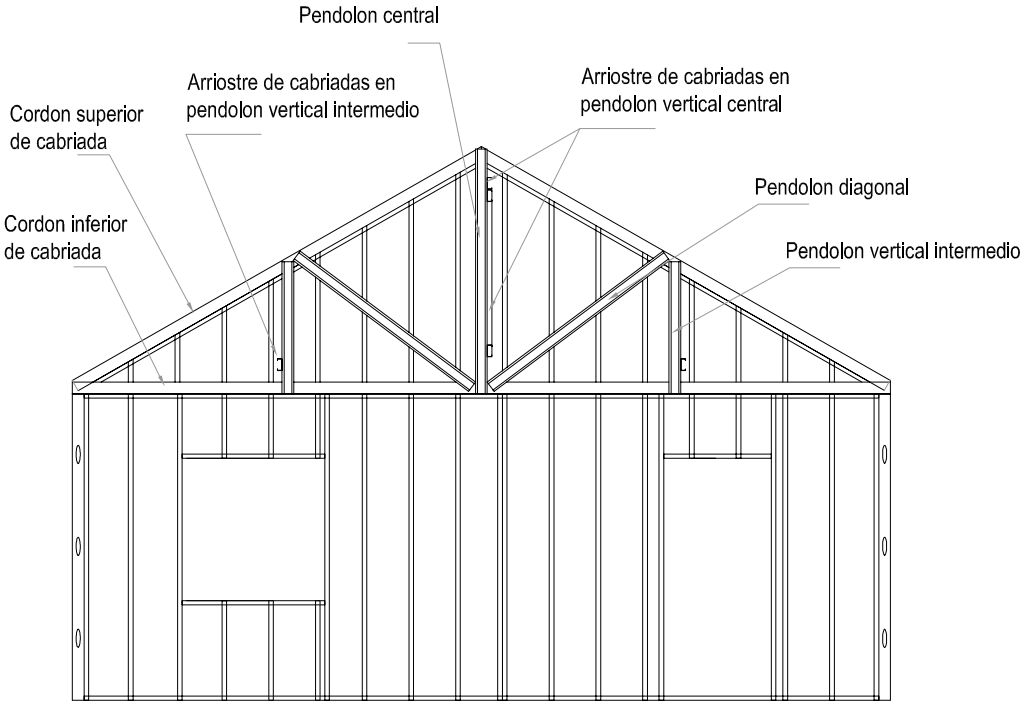
PLANTA DE ESTRUCTURA DE TECHOS



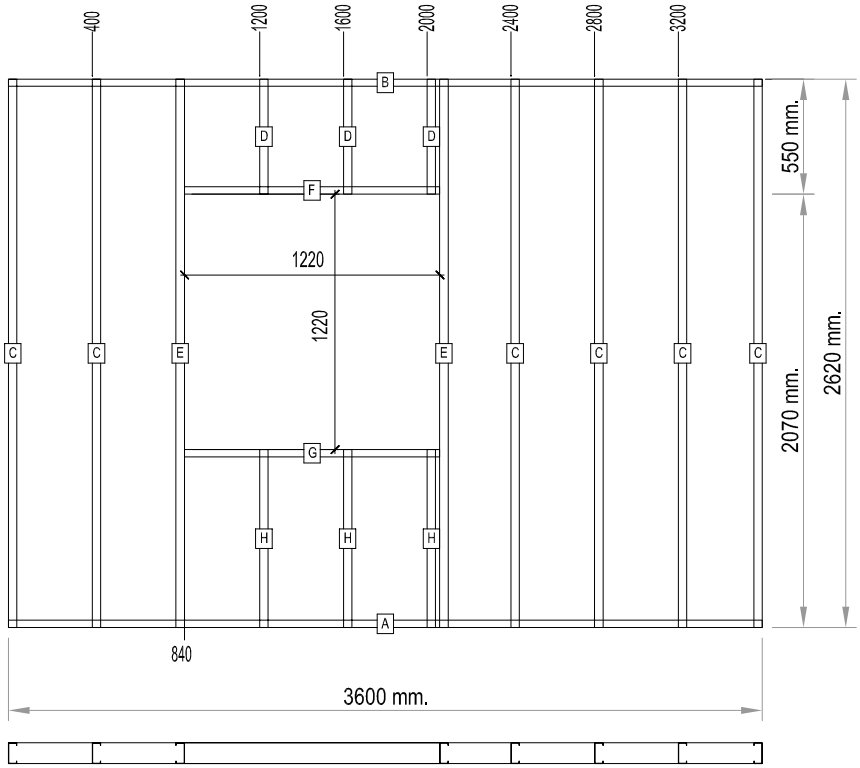
VISTA LATERAL DE LA ESTRUCTURA: Arriostramiento Longitudinal de Cabriadas



VISTA DE FRENTE DE LA ESTRUCTURA: Vista de la Cabriada

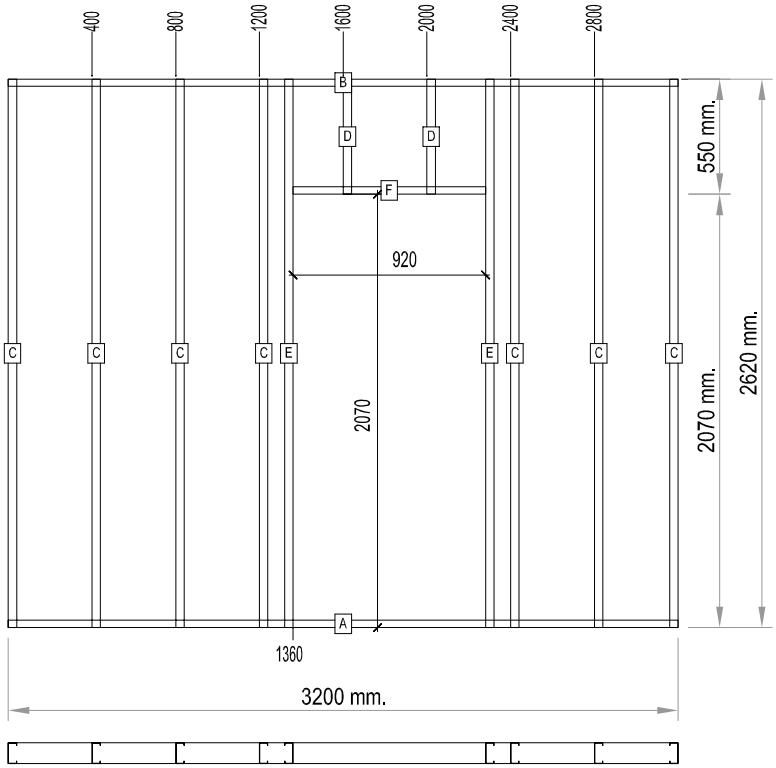


PANEL EXTERIOR: PEX 01



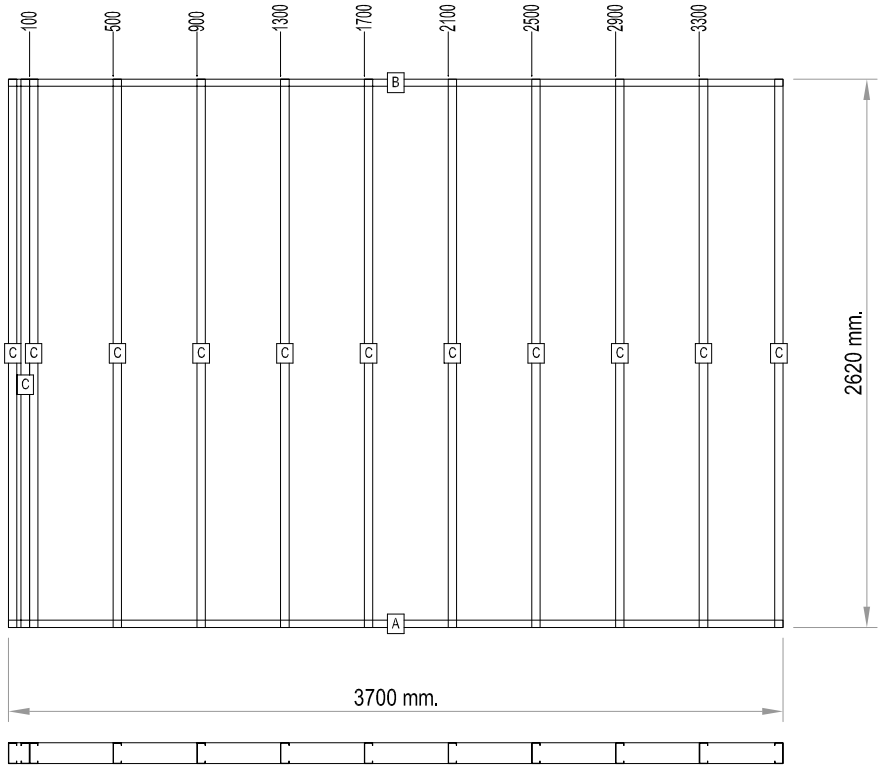
PANEL EXTERIOR: PEX 01				
Ref.	**Unidad**	**Perfil**	**Cantidad**	**Pieza**
A	1	PGU 100x 0,89	3600mm	Solera Inferior de Panel
B	1	PGU 100x 0,89	3600mm	Solera Superior de Panel
C	6	PGC 100x 0,89	2620mm	Montante
D	3	PGC 100x 0,89	550mm	Cripple Superior
E	2	PGC 100x 0,89	2620mm	Montante para King
F	1	PGU 100x 0,89	1420mm	Solera Sup. de Vano c/"Corte de 10"
G	1	PGU 100x 0,89	1420mm	Solera Inf. de Vano c/"Corte de 10"
H	3	PGC 100x 0,89	850mm	Cripple Inferior

PANEL EXTERIOR: PEX 02



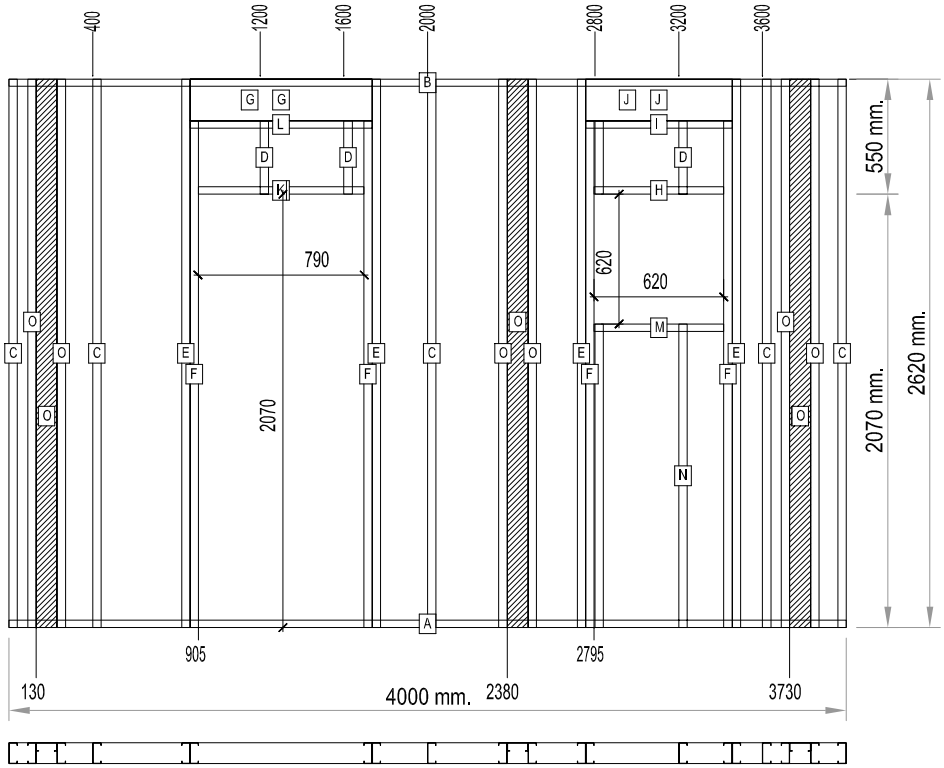
PANEL EXTERIOR: PEX 02				
Ref.	**Unidad**	**Perfil**	**Cantidad**	**Pieza**
A	1	PGU 100x0,89	3200mm	Solera Inferior de Panel
B	1	PGU 100x0,89	3200mm	Solera Superior de Panel
C	7	PGC 100x0,89	2620mm	Montante
D	2	PGC 100x0,89	550mm	Cripple Superior
E	2	PGC 100x0,89	2620mm	Montante para King
F	1	PGU 100x0,89	1120mm	Solera Sup. de Vano c/"Corte de 10"

PANEL EXTERIOR: PEX 03



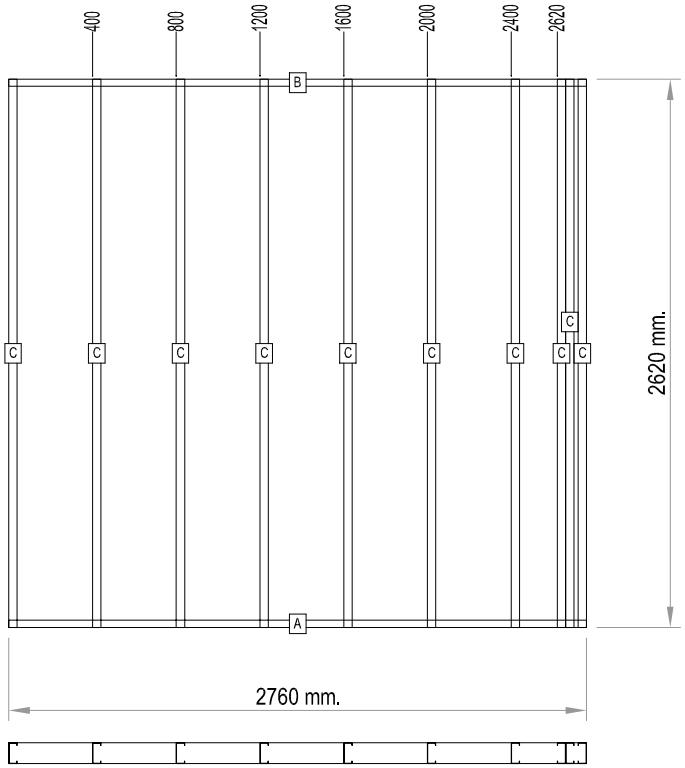
PANEL EXTERIOR: PEX 03				
Ref.	**Unidad**	**Perfil**	**Cantidad**	**Pieza**
A	1	PGU 100x 0,89	3700mm	Solera Inferior de Panel
B	1	PGU 100x 0,89	3700mm	Solera Superior de Panel
C	12	PGC 100x 0,89	2620mm	Montante

PANEL EXTERIOR: PEX 04



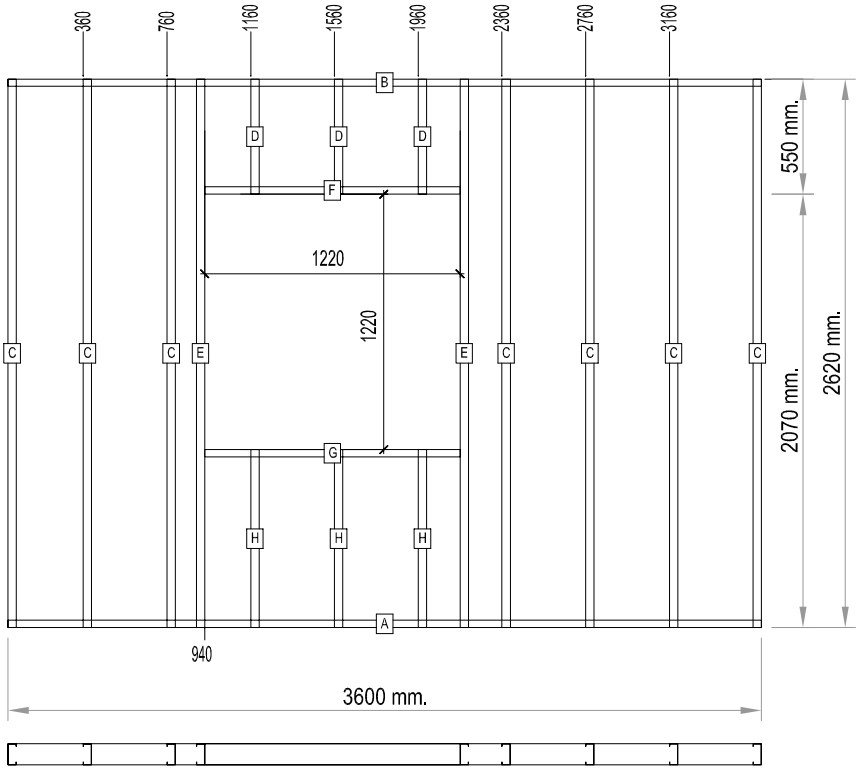
PANEL EXTERIOR: PEX 04				
Ref.	**Unidad**	**Perfil**	**Cantidad**	**Pieza**
A	1	PGU 100x0,89	4000mm	Solera Inferior de Panel
B	1	PGU 100x0,89	4000mm	Solera Superior de Panel
C	5	PGC 100x0,89	2620mm	Montante
D	4	PGC 100x0,89	350mm	Cripple Superior
E	4	PGC 100x0,89	2620mm	Montante para King
F	4	PGC 100x0,89	2420mm	Jack
G	2	PGC 200x1,6	870mm	Viga para Dintel
H	1	PGU 100x0,89	820mm	Solera Sup. de Vano c/"Corte de 10"
I	1	PGU 100x0,89	700mm	Solera Inferior de Dintel
J	2	PGC 200x1,6	700mm	Viga para Dintel
K	1	PGU 100x0,89	990mm	Solera Sup. de Vano c/"Corte de 10"
L	1	PGU 100x0,89	870mm	Solera Inferior de Dintel
M	1	PGU 100x0,89	820mm	Solera Inf. de Vano c/"Corte de 10"
N	2	PGC 100x0,89	1450mm	Cripple Inferior
O	9	PGC 100x0,89	2620mm	Montante para Triple

PANEL EXTERIOR: PEX 05



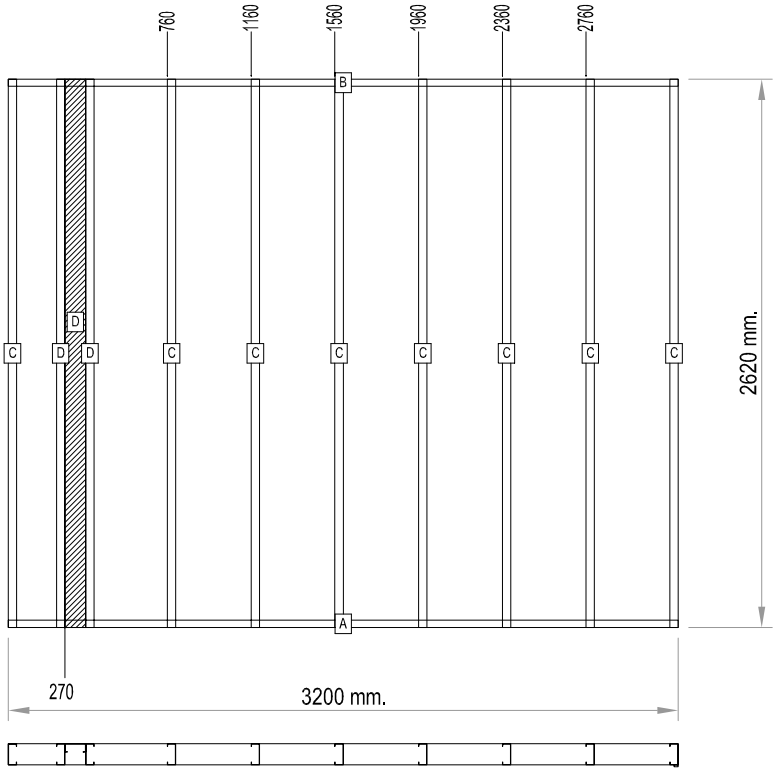
PANEL EXTERIOR: PEX 05				
Ref.	**Unidad**	**Perfil**	**Cantidad**	**Pieza**
A	1	PGU 100x 0,89	2760mm	Solera Inferior de Panel
B	1	PGU 100x 0,89	2760mm	Solera Superior de Panel
C	10	PGC 100x 0,89	2620mm	Montante

PANEL EXTERIOR: PEX 06



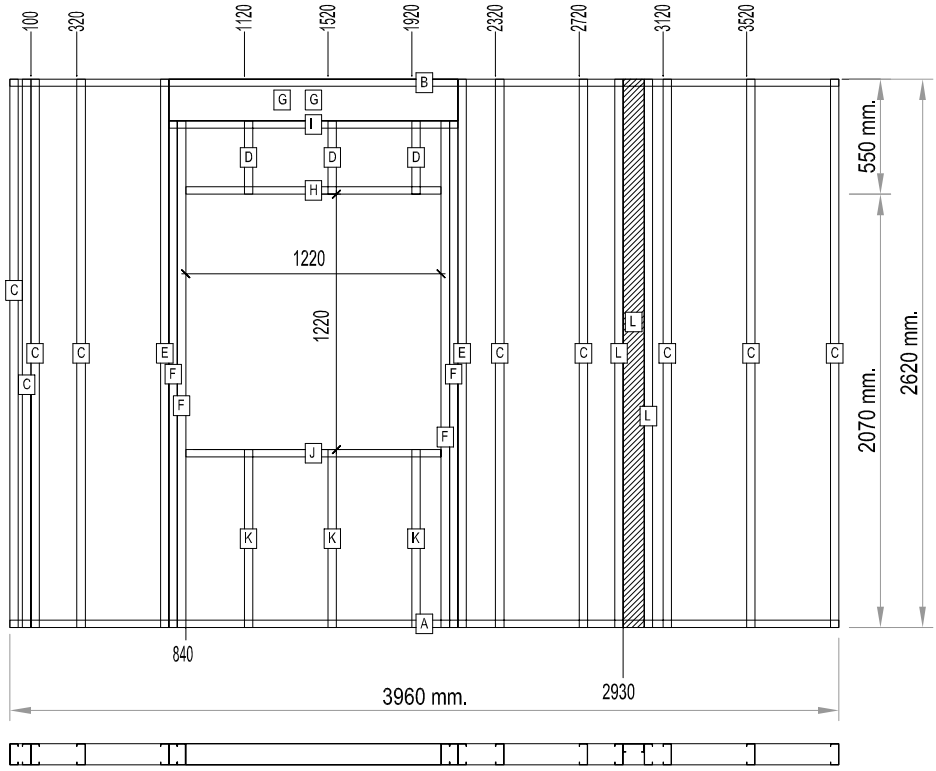
PANEL EXTERIOR: PEX 06				
Ref.	**Unidad**	**Perfil**	**Cantidad**	**Pieza**
A	1	PGU 100x0,89	3600mm	Solera Inferior de Panel
B	1	PGU 100x0,89	3600mm	Solera Superior de Panel
C	7	PGC 100x0,89	2620mm	Montante
D	3	PGC 100x0,89	550mm	Cripple Superior
E	2	PGC 100x0,89	2620mm	Montante para King
F	1	PGU 100x0,89	1420mm	Solera Sup. de Vano c/"Corte de 10"
G	1	PGU 100x0,89	1420mm	Solera Inf. de Vano c/"Corte de 10"
H	3	PGC 100x0,89	850mm	Cripple Inferior

PANEL EXTERIOR: PEX 07



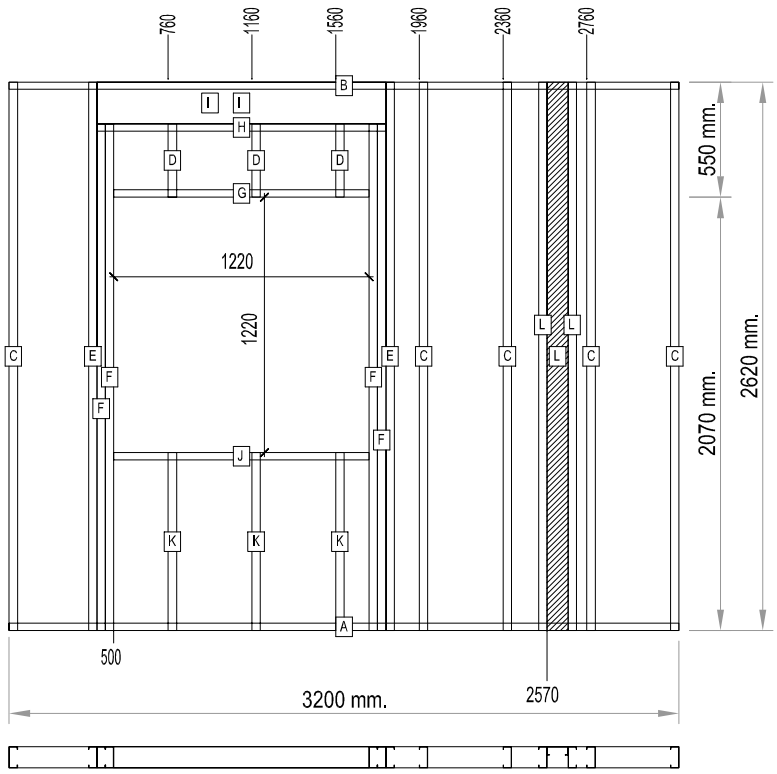
PANEL EXTERIOR: PEX 07				
Ref.	**Unidad**	**Perfil**	**Cantidad**	**Pieza**
A	1	PGU 100x 0,89	3200mm	Solera Inferior de Panel
B	1	PGU 100x 0,89	3200mm	Solera Superior de Panel
C	8	PGC 100x 0,89	2620mm	Montante
D	3	PGC 100x 0,89	2620mm	Montante para Triple

PANEL EXTERIOR: PEX 08



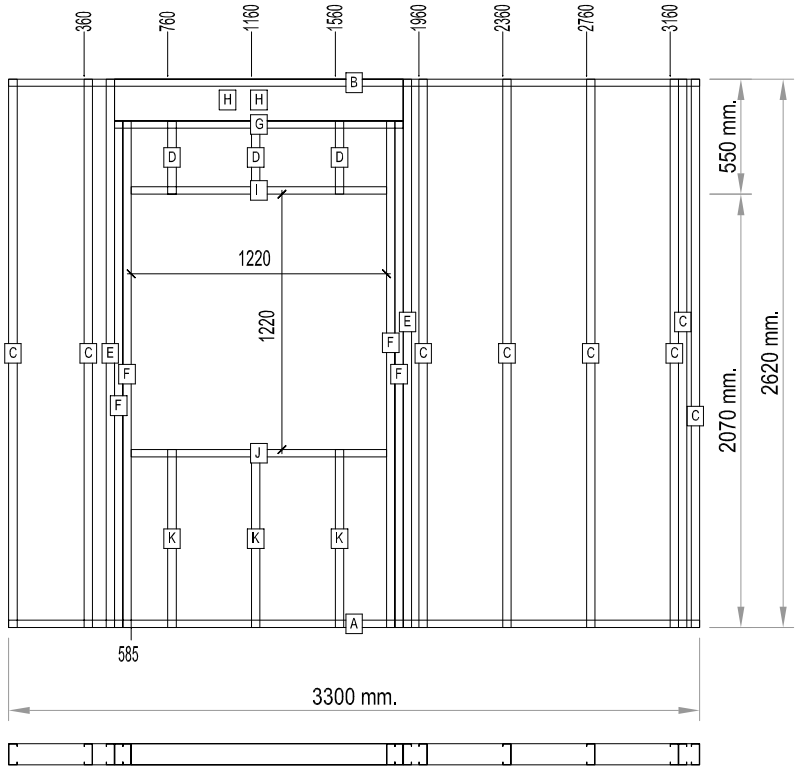
PANEL EXTERIOR: PEX 08				
Ref.	**Unidad**	**Perfil**	**Cantidad**	**Pieza**
A	1	PGU 100x0,89	3960mm	Solera Inferior de Panel
B	1	PGU 100x0,89	3960mm	Solera Superior de Panel
C	9	PGC 100x0,89	2620mm	Montante
D	3	PGC 100x0,89	350mm	Cripple Superior
E	2	PGC 100x0,89	2620mm	Montante para King
F	4	PGC 100x0,89	2420mm	Jack
G	2	PGC 200x1,6	1380mm	Viga para Dintel
H	1	PGU 100x0,89	1420mm	Solera Sup. de Vano c/"Corte de 10"
I	1	PGU 100x0,89	1380mm	Solera Inferior de Dintel
J	1	PGU 100x0,89	1420mm	Solera Inf. de Vano c/"Corte de 10"
K	3	PGC 100x0,89	850mm	Cripple Inferior
L	3	PGC 100x0,89	2620mm	Montante para Triple

PANEL EXTERIOR: PEX 09



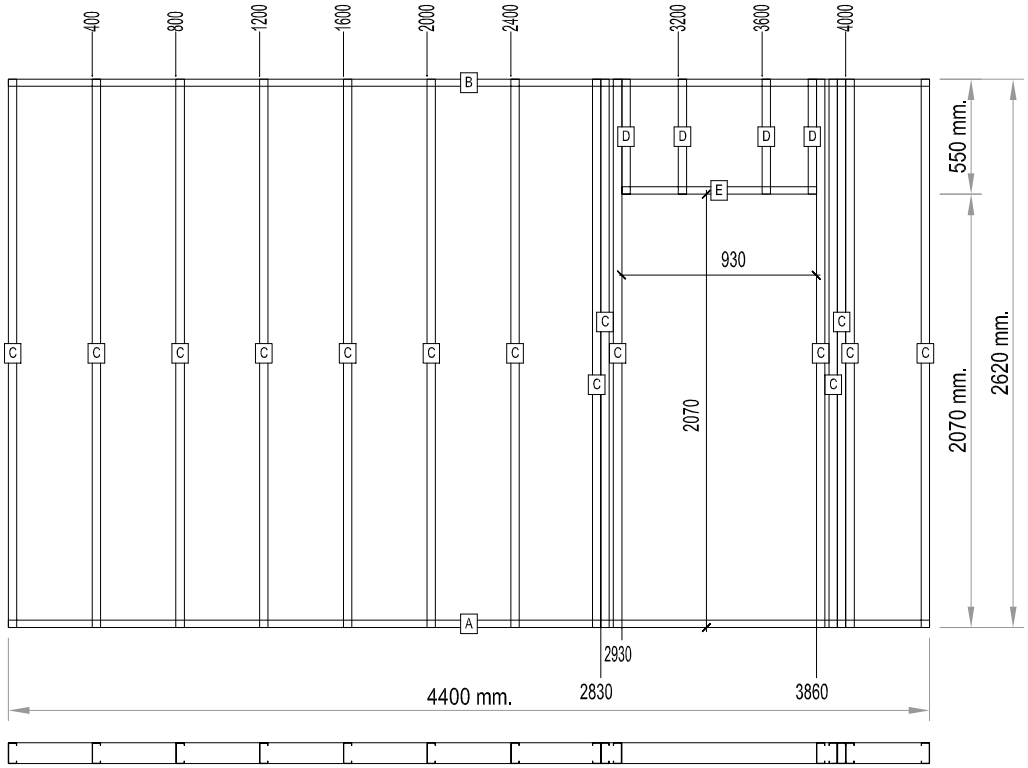
PANEL EXTERIOR: PEX 09				
Ref.	**Unidad**	**Perfil**	**Cantidad**	**Pieza**
A	1	PGU 100x 0,89	3200mm	Solera Inferior de Panel
B	1	PGU 100x 0,89	3200mm	Solera Superior de Panel
C	5	PGC 100x 0,89	2620mm	Montante
D	3	PGC 100x 0,89	350mm	Cripple Superior
E	2	PGC 100x 0,89	2620mm	Montante para King
F	4	PGC 100x 0,89	2420mm	Jack
G	1	PGU 100x 0,89	1420mm	Solera Sup. de Vano c/"Corte de 10"
H	1	PGU 100x 0,89	1380mm	Solera Inferior de Dintel
I	2	PGC 200x 1,6	1380mm	Viga para Dintel
J	1	PGU 100x 0,89	1420mm	Solera Inf. de Vano c/"Corte de 10"
K	3	PGC 100x 0,89	850mm	Cripple Inferior
L	3	PGC 100x 0,89	2620mm	Montante para Triple

PANEL EXTERIOR: PEX 10



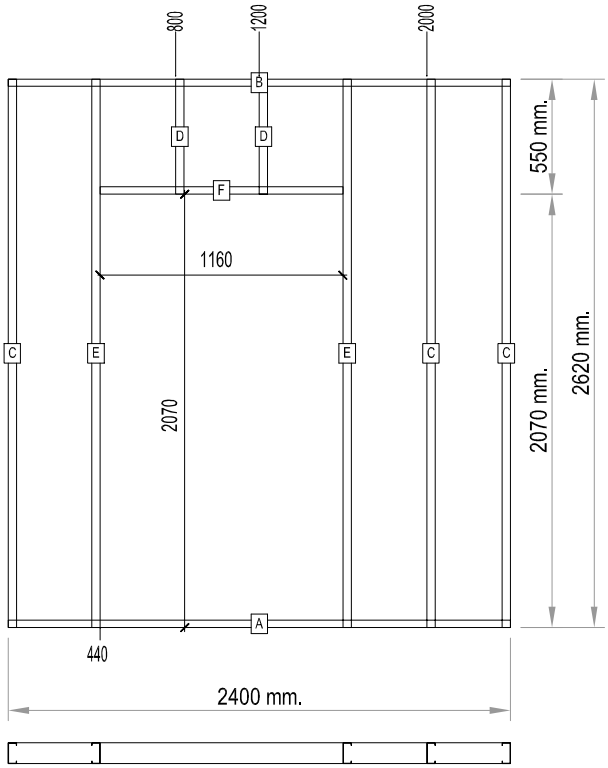
PANEL EXTERIOR: PEX 10				
Ref.	**Unidad**	**Perfil**	**Cantidad**	**Pieza**
A	1	PGU 100x 0,89	3300mm	Solera Inferior de Panel
B	1	PGU 100x 0,89	3300mm	Solera Superior de Panel
C	8	PGC 100x 0,89	2620mm	Montante
D	3	PGC 100x 0,89	350mm	Cripple Superior
E	2	PGC 100x 0,89	2620mm	Montante para King
F	4	PGC 100x 0,89	2420mm	Jack
G	1	PGU 100x 0,89	1380mm	Solera Inferior de Dintel
H	2	PGC 200x 1,6	1380mm	Viga para Dintel
I	1	PGU 100x 0,89	1420mm	Solera Sup. de Vano c/"Corte de 10"
J	1	PGU 100x 0,89	1420mm	Solera Inf. de Vano c/"Corte de 10"
K	3	PGC 100x 0,89	850mm	Cripple Inferior

PANEL INTERIOR: PIN 01



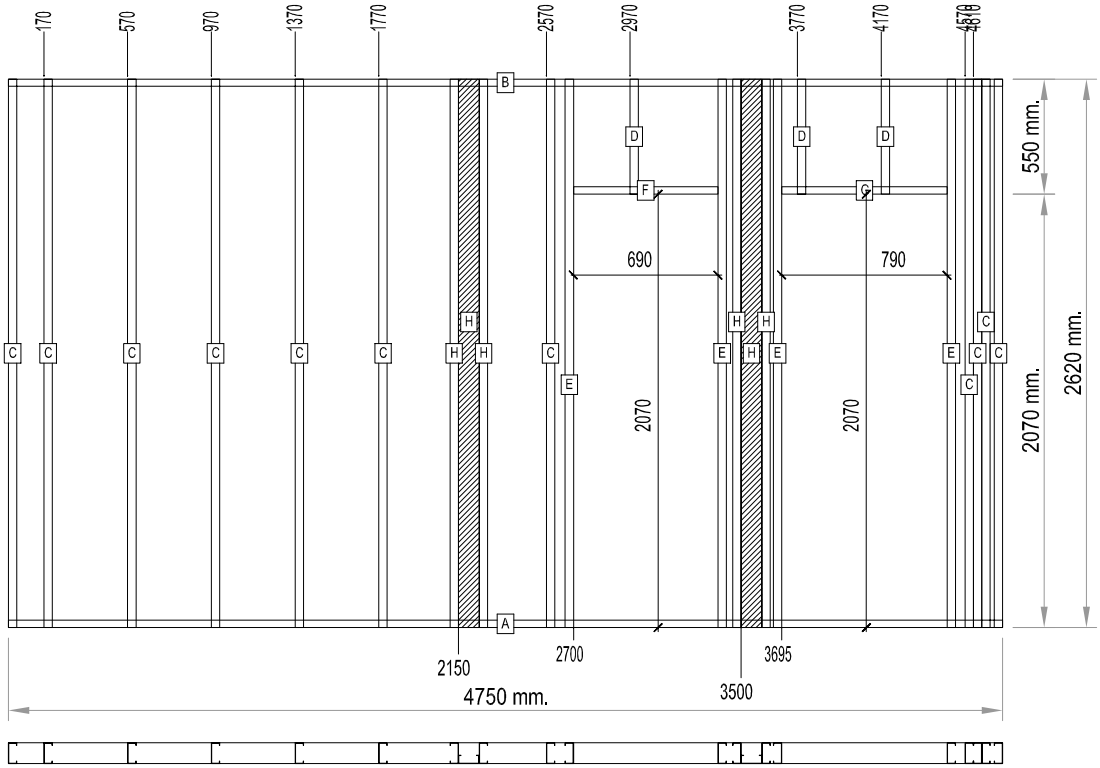
PANEL INTERIOR: PIN 01				
Ref.	**Unidad**	**Perfil**	**Cantidad**	**Pieza**
A	1	PGU 100x 0,89	4400mm	Solera Inferior de Panel
B	1	PGU 100x 0,89	4400mm	Solera Superior de Panel
C	15	PGC 100x 0,89	2620mm	Montante
D	4	PGC 100x 0,89	550mm	Cripple Superior
E	1	PGU 100x 0,89	1130mm	Solera Sup. de Vano c/"Corte de 10"

PANEL INTERIOR: PIN 02



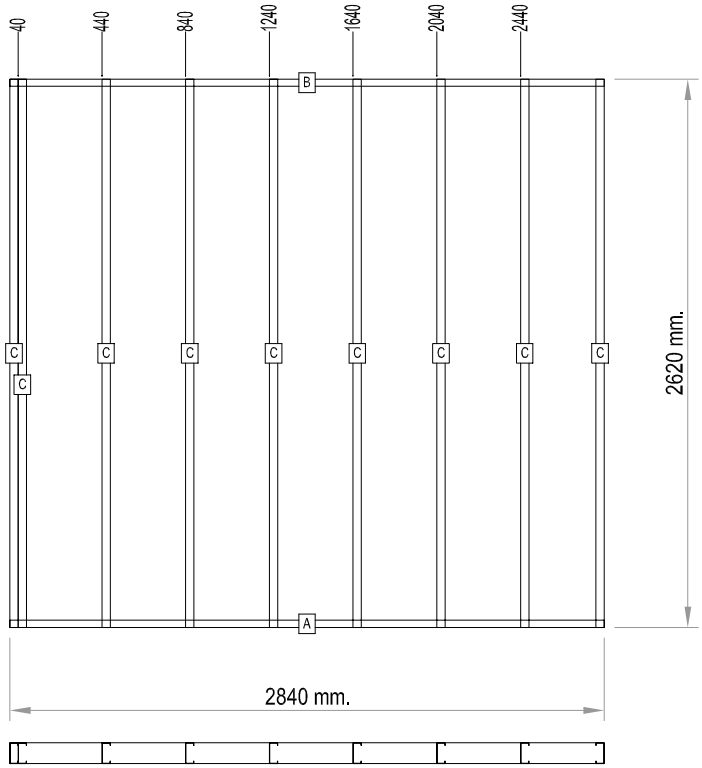
PANEL INTERIOR: PIN 02				
Ref.	**Unidad**	**Perfil**	**Cantidad**	**Pieza**
A	1	PGU 100x 0,89	2400mm	Solera Inferior de Panel
B	1	PGU 100x 0,89	2400mm	Solera Superior de Panel
C	3	PGC 100x 0,89	2620mm	Montante
D	2	PGC 100x 0,89	550mm	Cripple Superior
E	2	PGC 100x 0,89	2620mm	Montante para King
G	1	PGU 100x 0,89	1360mm	Solera Sup. de Vano c/"Corte de 10"

PANEL INTERIOR: PIN 03



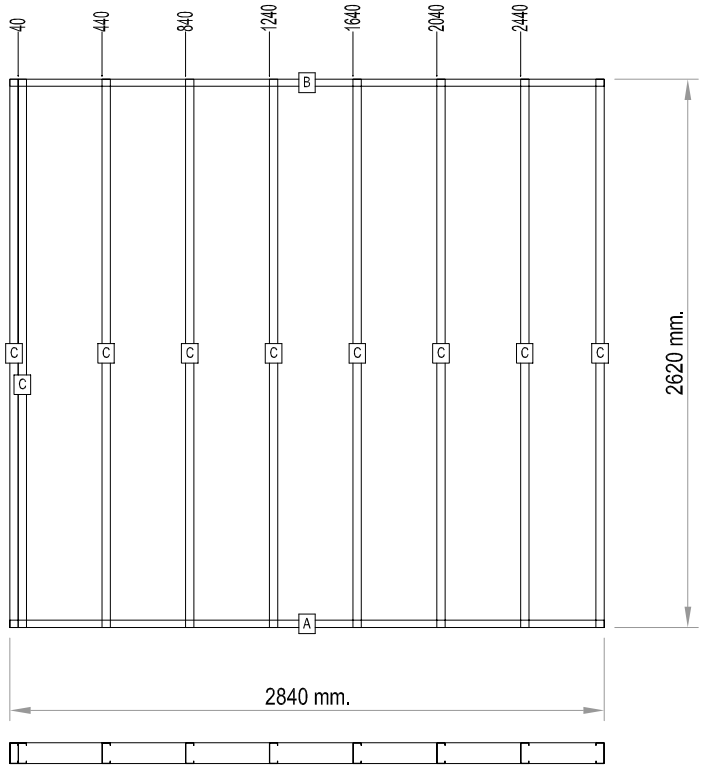
PANEL INTERIOR: PIN 03				
Ref.	**Unidad**	**Perfil**	**Cantidad**	**Pieza**
A	1	PGU 100x 0,89	4750mm	Solera Inferior de Panel
B	1	PGU 100x 0,89	4750mm	Solera Superior de Panel
C	11	PGC 100x 0,89	2620mm	Montante
D	3	PGC 100x 0,89	550mm	Cripple Superior
E	4	PGC 100x 0,89	2620mm	Montante para King
F	1	PGU 100x 0,89	890mm	Solera Sup. de Vano c/"Corte de 10"
G	1	PGU 100x 0,89	990mm	Solera Sup. de Vano c/"Corte de 10"
H	6	PGC 100x 0,89	2620mm	Montante para Triple

PANEL INTERIOR: PIN 04



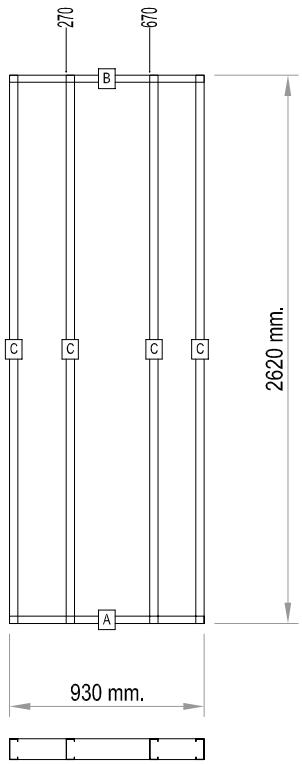
PANEL INTERIOR: PIN 04				
Ref.	**Unidad**	**Perfil**	**Cantidad**	**Pieza**
A	1	PGU 100x 0,89	2840mm	Solera Inferior de Panel
B	1	PGU 100x 0,89	2840mm	Solera Superior de Panel
C	9	PGC 100x 0,89	2620mm	Montante

PANEL INTERIOR: PIN 04'



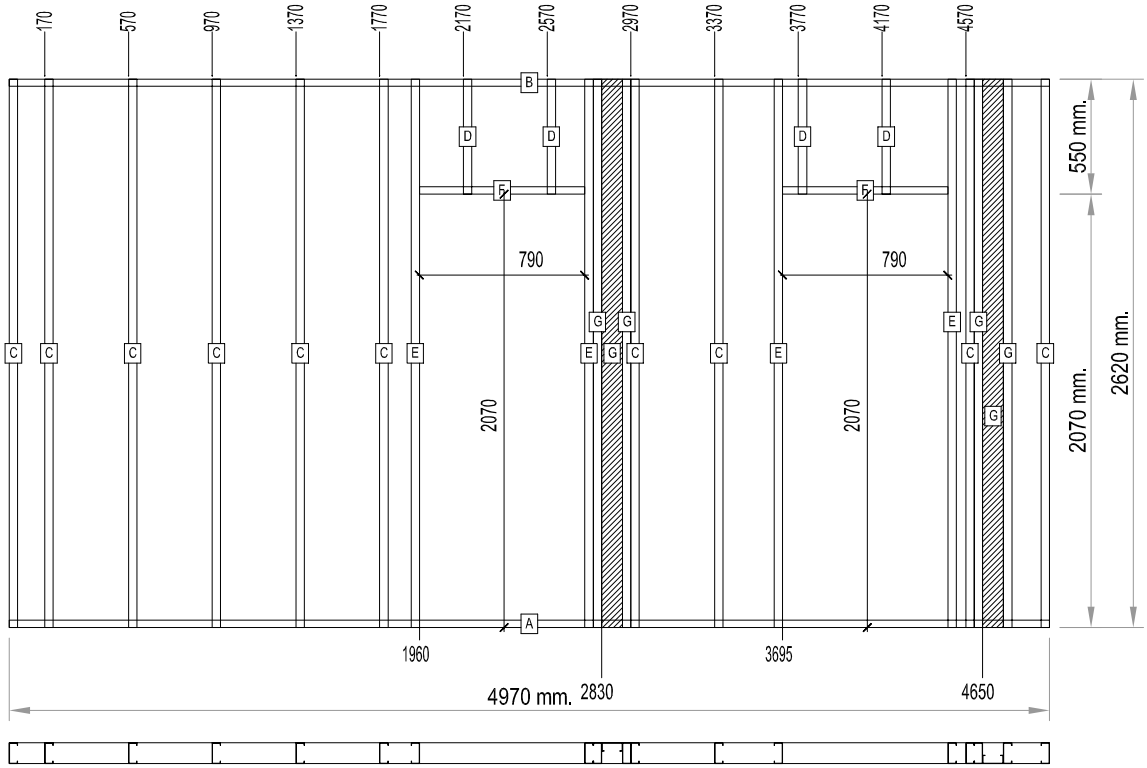
PANEL INTERIOR: PIN 04'				
Ref.	**Unidad**	**Perfil**	**Cantidad**	**Pieza**
A	1	PGU 100x 0,89	2840mm	Solera Inferior de Panel
B	1	PGU 100x 0,89	2840mm	Solera Superior de Panel
C	9	PGC 100x 0,89	2620mm	Montante

PANEL INTERIOR: PIN 05



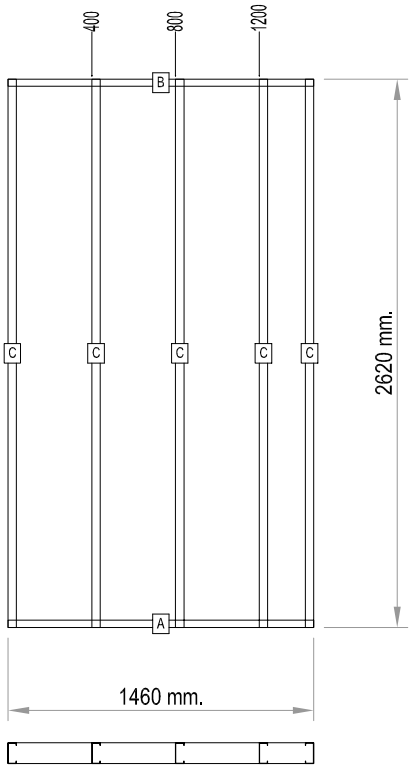
PANEL INTERIOR: PIN 05				
Ref.	**Unidad**	**Perfil**	**Cantidad**	**Pieza**
A	1	PGU 100x 0,89	930mm	Solera Inferior de Panel
B	1	PGU 100x 0,89	930mm	Solera Superior de Panel
C	4	PGC 100x 0,89	2620mm	Montante

PANEL INTERIOR: PIN 06



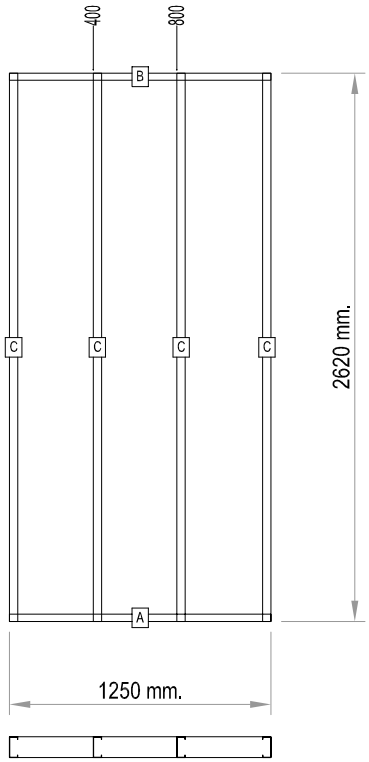
PANEL INTERIOR: PIN 06				
Ref.	**Unidad**	**Perfil**	**Cantidad**	**Pieza**
A	1	PGU 100x0,89	4970mm	Solera Inferior de Panel
B	1	PGU 100x0,89	4970mm	Solera Superior de Panel
C	10	PGC 100x0,89	2620mm	Montante
D	4	PGC 100x0,89	550mm	Cripple Superior
E	4	PGC 100x0,89	2620mm	Montante para King
F	2	PGU 100x0,89	990mm	Solera Sup. de Vano c/"Corte de 10"
G	6	PGC 100x0,89	2620mm	Montante para Triple

PANEL INTERIOR: PIN 07



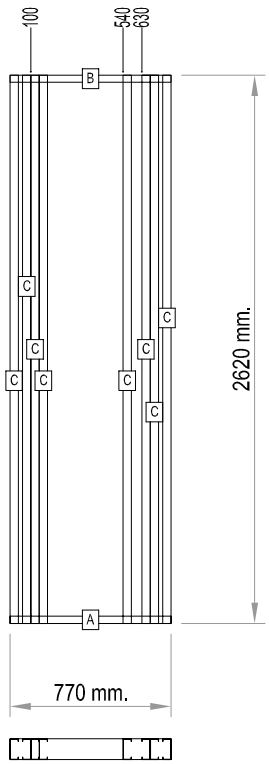
PANEL INTERIOR: PIN 07				
Ref.	**Unidad**	**Perfil**	**Cantidad**	**Pieza**
A	1	PGU 100x 0,89	1460mm	Solera Inferior de Panel
B	1	PGU 100x 0,89	1460mm	Solera Superior de Panel
C	5	PGC 100x 0,89	2620mm	Montante

PANEL INTERIOR: PIN 08



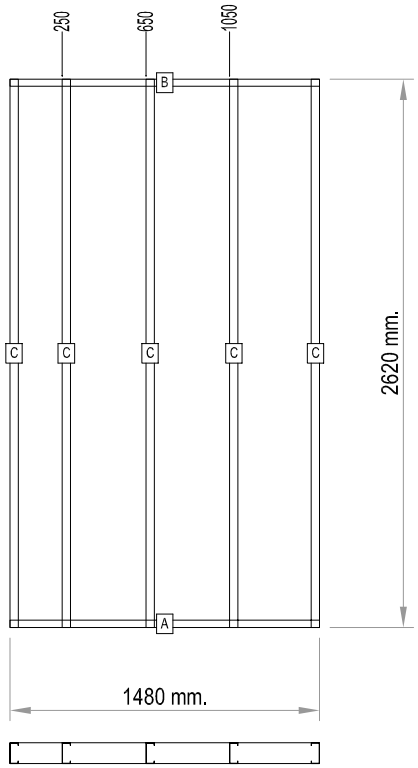
PANEL INTERIOR: PIN 08				
Ref.	**Unidad**	**Perfil**	**Cantidad**	**Pieza**
A	1	PGU 100x 0,89	1250mm	Solera Inferior de Panel
B	1	PGU 100x 0,89	1250mm	Solera Superior de Panel
C	4	PGC 100x 0,89	2620mm	Montante

PANEL INTERIOR: PIN 09



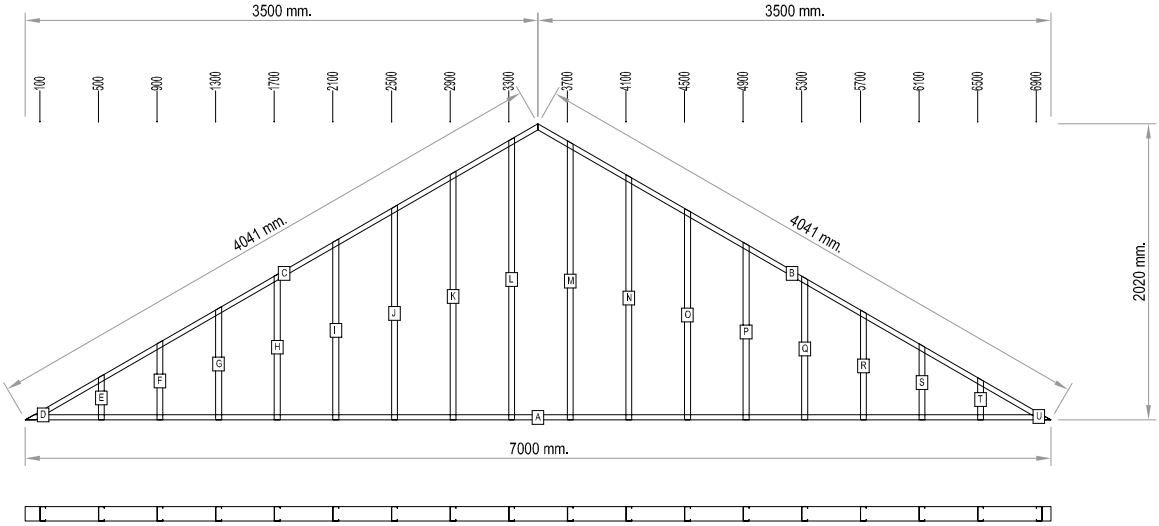
PANEL INTERIOR: PIN 09				
Ref.	**Unidad**	**Perfil**	**Cantidad**	**Pieza**
A	1	PGU 100x 0,89	770mm	Solera Inferior de Panel
B	1	PGU 100x 0,89	770mm	Solera Superior de Panel
C	8	PGC 100x 0,89	2620mm	Montante

PANEL INTERIOR: PIN 10



PANEL INTERIOR: PIN 10				
Ref.	**Unidad**	**Perfil**	**Cantidad**	**Pieza**
A	1	PGU 100x 0,89	1480mm	Solera Inferior de Panel
B	1	PGU 100x 0,89	1480mm	Solera Superior de Panel
C	5	PGC 100x 0,89	2620mm	Montante

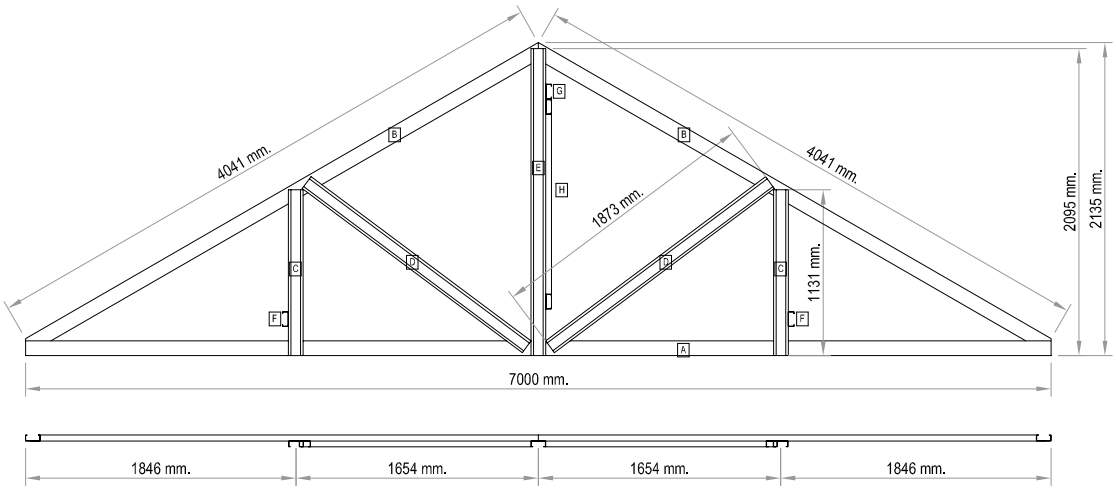
TÍMPANO EXTERIOR: Cantidad = 2



TIMPANO EXTERIOR: TIM 01 (Cant.=2)				
Ref.	**Unidad**	**Perfil**	**Cantidad**	**Pieza**
A	1	PGU 100x 0,89	7000mm	Solera Inferior de Timpano
B	1	PGU 100x 0,89	4041mm	Solera Superior de Timpano
C	1	PGU 100x 0,89	4041mm	Solera Superior de Timpano
D	1	PGC 100x 0,89	81mm	Montante
E	1	PGC 100x 0,89	312mm	Montante
F	1	PGC 100x 0,89	543mm	Montante
G	1	PGC 100x 0,89	773mm	Montante
H	1	PGC 100x 0,89	1004mm	Montante
I	1	PGC 100x 0,89	1235mm	Montante
J	1	PGC 100x 0,89	1466mm	Montante
K	1	PGC 100x 0,89	1697mm	Montante
L	1	PGC 100x 0,89	1928mm	Montante
M	1	PGC 100x 0,89	1905mm	Montante
N	1	PGC 100x 0,89	1674mm	Montante
O	1	PGC 100x 0,89	1443mm	Montante
P	1	PGC 100x 0,89	1212mm	Montante
Q	1	PGC 100x 0,89	981mm	Montante
R	1	PGC 100x 0,89	750mm	Montante
S	1	PGC 100x 0,89	519mm	Montante
T	1	PGC 100x 0,89	289mm	Montante
U	1	PGC 100x 0,89	58mm	Montante

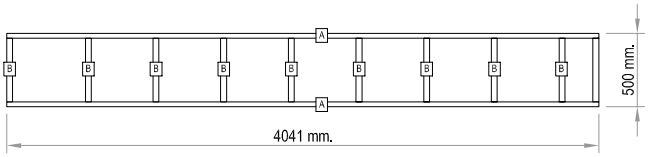
PGC 100x0,89	*17870mm*	*TOTAL MONTANTES*

CABRIADA: Cantidad = 27



CABRIADA 01: CAB 01 (Cant.=27)				
Ref.	**Unidad**	**Perfil**	**Cantidad**	**Pieza**
A	1	PGC 100x0,89	7000mm	Cordon Inferior
B	2	PGC 100x0,89	4041mnn	Cordon Superior
C	2	PGC 100x0,89	1131mm	Pendolon Vertical Intermedio
D	2	PGC 100x0,89	1874mm	Pendolon Diagonal
E	1	PGC 100x0,89	2095mm	Pendolon Vertical Central
ARRIOSTRES DE CABRIADAS				
F	2	PGC 100x0,89	10180mm	A. Horizontal en Pendolon Intermedio
G	1	PGC 100x0,89	10180mm	A. Horizontal en Pendolon Central
H	1	PGC 100x0,89	16618mm	A. Diagonal en Pendolon Central

ALERO: Cantidad = 4



ALERO 01 (Cant.=4)				
Ref.	**Unidad**	**Perfil**	**Cantidad**	**Pieza**
A	2	PGU 100x0,89	4041mm	Solera de Borde de Alero
B	10	PGC 100x0,89	500mm	Montante

Tabla 1: Resumen de Paneles Exteriores y los Perfiles que los componen

		PGU 100						PGC 100							PGC 200		
		SOLERA PANEL			SOLERA VANO/ DINTEL			MONTANTE h=2620		JACK h=2420		CRIPPLE			DINTEL		
ITEM	Panelizado	Cant.	Long.	Subtotal	Cant.	Long.	Subtotal	Cant.	Subtotal	Cant.	Subtotal	Cant.	Long.	Subtotal	Cant.	Long.	Subtotal
	mts.	un.	mm.	mts	un.	mm.	mts.	un.	mts	un.	mts.	un.	mm.	mts	un.	mm.	mts.
PEX01	3,6	2	3600	7,2	2	1420	2,84	8	20,96			3	550	1,65			
												3	850	2,55			
PEX02	3,2	2	3200	6,4	1	1120	1,12	9	23,58			2	550	1,1			
PEX03	3,7	2	3700	7,4				12	31,44								
PEX04	4	2	4000	8	1	990	0,99	18	47,16	4	9,68	2	1450	2,9	2	700	1,4
					2	820	1,64					4	350	1,4	2	870	1,74
					1	870	0,87										
					1	700	0,7										
PEX05	2,76	2	2760	5,52				10	26,2								
PEX06	3,6	2	3600	7,2	2	1420	2,84	9	23,58			3	550	1,65			
												3	850	2,55			
PEX07	3,2	2	3200	6,4				11	28,82								
PEX08	3,96	2	3960	7,92	2	1420	2,84	14	36,68	4	9,68	3	350	1,05	2	1380	2,76
					1	1380	1,38					3	850	2,55			
PEX09	3,2	2	3200	6,4	2	1420	2,84	10	26,2	4	9,68	3	350	1,05	2	1380	2,76
					1	1380	1,38					3	850	2,55			
PEX10	3,3	2	3300	6,6	2	1420	2,84	10	26,2	4	9,68	3	350	1,05	2	1380	2,76
					1	1380	1,38					3	850	2,55			
TIM01	7	1	7000	7								1	17870 *	17,87			
		2	4041	8,082													
TIM01'	7	1	7000	7								1	17870 *	17,87			
		2	4041	8,082													
TOTALES	48,52			99,204			23,66	111	290,82	16	38,72			60,34			11,42
		TOTAL "U 100"= 122,864						TOTAL "C 100"= 389,88							TOTAL "C 200"= 11,42		

Total de Montantes en Tímpano. Ver piezas en "Tabla de Corte" para* **TIMPANO EXTERIOR: TIM 01

Tabla 2: Resumen de Paneles Interiores y los Perfiles que los componen

		PGU 100						PGC 100				
		SOLERA PANEL			SOLERA VANO/ DINTEL			MONTANTE h=2620		CRIPPLE		
ITEM	Panelizado	Cant.	Long.	Subtotal	Cant.	Long.	Subtotal	Cant.	Subtotal	Cant.	Long.	Subtotal
	mts.	un.	mm.	mts	un.	mm.	mts.	un.	mts	un.	mm.	mts
PIN01	4,4	2	4400	8,8	1	1130	1,13	15	39,3	4	550	2,2
PIN02	2,4	2	2400	4,8	1	1360	1,36	5	13,1	2	550	1,1
PIN03	4,75	2	4750	9,5	1	890	0,89	21	55,02	3	550	1,65
					1	990	0,99					
PIN04	2,84	2	2840	5,68				9	23,58			
PIN04'	2,84	2	2840	5,68				9	23,58			
PIN05	0,93	2	930	1,86				4	10,48			
PIN06	4,97	2	4970	9,94	2	990	1,98	20	52,4	4	550	2,2
PIN07	1,46	2	1460	2,92				5	13,1			
PIN08	1,25	2	1250	2,5				4	10,48			
PIN09	0,77	2	770	1,54				8	20,96			
PIN10	1,48	2	1480	2,96				5	13,1			
TOTALES	28,09			56,18			6,35	105	275,1			7,15
		TOTAL "U 100"= 62,53						TOTAL "C 100"= 282,25				

Tabla 3: Resumen de Cabriadas y Perfiles en Estructura de Techos

			PGC 100			PGU 100		
ITEM	PIEZAS	Piezas x unidad	Cantidad Total	Longitud mm.	Subtotal mts	Cantidad Total	Longitud mm.	Subtotal mts
CABRIADAS Cant. = 27	Cordon Inferior	1	27	7000	189			
	Cordon Superior	2	54	4041	218,214			
	Pendolon Central	1	27	2095	56,565			
	Pendolon Intermedio	2	54	1131	61,074			
	Pendolon Diagonal	2	54	1874	101,196			
					626,049			
ALEROS Cant. = 4	Montante	10	40	500	20			
	Solera de Alero	2				8	4032	32,256
ARRIOSTRES	Horizontal en Pendolon		2	10180	20,36			
	Horizontal en Pendolon Central		1	10180	10,18			
	Diagonal en Pendolon Central		4	2070	8,28			
			2	2352	4,704			
			2	2224	4,448			
					47,972			
			TOTAL "C 100"=		694,021	TOTAL "U 100"=		32,256

- **Datos a obtener a partir de la información anterior**

Longitud total de Paneles Exteriores	**48,52 ml**
Longitud total de Paneles Interiores	**28,09 ml**
Cantidad de Cabriadas	**27 un.**

Perfiles **PGC 100 x 0,89**		
Paneles Exteriores		
111 Montantes de 2,62 mts.	290,820 ml	
16 Jack de 2,42 mts.	38,720 ml	
Cripples variable	60,340 ml	
Subtotal 1		389,880 ml
Paneles Interiores		
105 Montantes de 2,62 mts.	275,100 ml	
Cripples variable	7,150 ml	
Subtotal 2		282,250 ml
*Total **PGC 100 x 0,89** para **paneles***		**672,130 ml**
Techo		
Cabriadas	626,049 ml	
Aleros	20,000 ml	
Arriostres	47,972 ml	
*Total **PGC 100 x 0,89** para **techos***		**694,021 ml**
Total Perfiles PGC 100 x 0,89		**1366,151 ml**

Perfiles **PGU 100 x 0,89**		

Paneles Exteriores		
Solera de Panel	99,204 ml	
Solera de Vano/ Dintel	23,660 ml	
Subtotal 1		122,864 ml

Paneles Interiores		
Solera de Panel	56,180 ml	
Solera de Vano/ Dintel	6,350 ml	
Subtotal 2		62,530 ml
*Total **PGU 100 x 0,89** para **paneles***		**185,394 ml**

Techo	
Solera de Alero	32,256 ml
*Total **PGU 100 x 0,89** para **techos***	**32,256 ml**

Total Perfiles PGU 100 x 0,89	**217,650 ml**

Perfiles **PGC 200 x 1,24**	

Dinteles	11,420 ml

Total Perfiles PGC 200 x 1,24	**11,420 ml**

13.4 Tabla de Comparación

La siguiente tabla es un resumen de los resultados finales obtenidos mediante cada uno de los métodos, el aproximado y el exacto. La comparación demuestra que el margen de error es relativamente pequeño.

	PGC 100 x 0,89	PGU 100 x 0,89	PGC 200 x 1,24
CÓMPUTO APROXIMADO	1398 ml	229 ml	11 ml
CÓMPUTO EXACTO	1366 ml	218 ml	11,5 ml

13.5 Cómputo de los Materiales de Terminación y Aislación

El cómputo del resto de los materiales asociados al proyecto, se realiza en la forma tradicional aplicando, en general, el concepto de "vacío por lleno", los coeficientes de mayoración por desperdicios u otros factores, según corresponda a cada material.

En el caso de proyectos de gran envergadura en los que el análisis de rendimientos y desperdicios implica una importante reducción del consumo de material, suelen generarse planos de emplacado, tanto exterior como interior, para la optimización del uso de recursos.

- **Datos a obtener de los planos de Arquitectura tradicionales**

*Sup. total PEX = longitud de Paneles Exteriores * altura de panel*
*Sup. total PIN = longitud de Paneles Interiores * altura de panel*
*Sup. total TIM = (ancho de timpano * altura de tímpano/ 2) * Nº tímpanos*
*Sup. total Techo = (largo del techo * largo de faldón) * Nº faldones*
*Sup. total Cielorraso = largo vivienda * ancho vivienda*

- **Datos a obtener a partir de la información anterior**

Emplacado diafragma / substrato exterior

(Sup. total PEX + Sup. Total TIM) * factor de mayoración
(48,52ml * 2,60mts + ((7,00ml * 2,13mts/2)* 2)) * 1,15 = **162 m2**

Emplacado substrato cubierta de techo

Sup. total Techo * factor de mayoración
((11,26ml * 4,10mts) * 2) * 1,15 = **106 m2**

Barrera de Agua y Viento para paredes exteriores (Tyvek)

(Sup. total PEX + Sup. Total TIM) * factor de mayoración
(48,52ml * 2,6mts + (7,00ml * 2,13mts / 2)* 2) * 1,15 = **162 m2**

Barrera de Agua y Viento para techos (Tyvek de techo)

Sup. total Techo * factor de mayoración
((11,26ml * 4,10mts) * 2) * 1,15 = **106 m2**

Aislación Térmica para paredes exteriores

Sup. total PEX * factor de mayoración
48,52ml * 2,6mts * 1,15 = **145 m2**

Aislación Térmica para cielorraso

Sup. total cielorraso * factor de mayoración
10,46mts * 7mts * 1,15 = **84 m2**

Aislación Acústica para paredes interiores

Sup. total PIN * factor de mayoración 28,09ml * 2,6mts * 1,15 =	**84 m2**

Barrera de Vapor para paredes exteriores

Sup. total PEX * factor de mayoración (48,52ml * 2,6mts) * 1,15 =	**145 m2**

Barrera de Vapor para techos (en cielorraso)

Sup. total cielorraso * factor de mayoración 10,46mts * 7mts * 1,15 =	**84 m2**

Placa de yeso para paredes

(Sup. total PEX + (Sup. Total PIN * 2)) * factor de mayoración ((48,52ml * 2,6mts) + (28,09ml * 2,6mts * 2)) * 1,15 =	**313 m2**

Placa de yeso para cielorrasos

Sup. total cielorraso * factor de mayoración 10,46mts * 7mts * 1,15 =	**84 m2**

Revestimiento Exterior

(Sup. total PEX + Sup. Total TIM) * factor de mayoración (48,52ml * 2,6mts + ((7,00ml * 2,13mts/2) * 2)) * 1,15=	**162 m2**

Nota: *1,15 = factor de mayoración a verificar para cada material y proyecto en particular*