



Universidad Austral de Chile

**Facultad de Ciencias de la Ingeniería
Escuela de Construcción Civil**

APLICACIÓN DE LAS PLACAS DE POLICARBONATO EN OBRAS CIVILES.

Tesis para optar al título de:
Constructor Civil
Profesor Patrocinante:
Sr. Elías Carrasco Maira.
Profesor Asociado.
Ingeniero Naval.

**LORENA ANDREA PIZARRO ESPINOZA
VALDIVIA 2002**

DEDICATORIA

A mis padres y hermanas, por su amor, su apoyo y paciencia, elementos fundamentales de mis ganas de salir adelante, les dedico este gran logro.

AGRADECIMIENTOS

A mis padres, hermanas, a mi profesor guía, a mis amigos, gracias por su generosa amistad que hizo posible el término de esta importante etapa.

ÍNDICE DE MATERIAS

CAPÍTULO	TÍTULO	PÁGINA
	DEDICATORIA.	I
	AGRADECIMIENTOS.	II
	ÍNDICE DE MATERIAS.	III
	ÍNDICE DE FIGURAS.	VII
	ÍNDICE DE TABLAS.	XII
	RESUMEN.	XIII
	SUMMARY.	XIV
	INTRODUCCIÓN.	1
Capítulo I:	NATURALEZA Y FABRICACIÓN DE LAS PLACAS DE POLICARBONATO.	2
1.1	GENERALIDADES.	2
1.2	SÍNTESIS QUÍMICA DEL POLICARBONATO.	3
1.3	FABRICACIÓN DE LAS PLACAS DE POLICARBONATO.	8
1.3.1	Proceso de extrusión.	8
Capítulo II:	CARACTERÍSTICAS FÍSICAS.	10
2.1	TRANSPARENCIA.	10
2.1.1	Duración de la transparencia.	11
2.2	TRANSMISIÓN LUMINOSA.	14
2.2.1	Aprovechamiento y control solar.	16
2.3	COMPORTAMIENTO AL FUEGO.	17
2.4	RESISTENCIA A LOS AGENTES QUÍMICOS.	19
2.5	AISLAMIENTO TÉRMICO.	20
2.6	RESISTENCIA TÉRMICA.	21
2.7	DILATACIÓN TÉRMICA.	21

2.7.1	Profundidad de galce.	21
2.7.2	Ejemplo de cálculo de la profundidad del galce.	22
2.8	AHORRO ENERGÉTICO.	24
2.8.1	Ejemplo de cálculo.	26
Capítulo III: RESISTENCIA MECÁNICAS.		29
3.1	SOLICITACIONES.	29
3.1.1	Cargas debida al viento.	29
3.1.2	Cargas debida a la nieve.	29
3.2	DEFORMACIONES BAJO CARGA.	30
3.2.1	Encogimiento virtual durante la inflexión por carga.	33
3.3	Cálculo de espaciamiento y carga para diferentes métodos de instalación de placas de policarbonato.	37
3.4	PLACAS CURVADAS EN FRÍO.	42
3.4.1	Cargas admisible para placas curvadas en frío.	43
3.4.1.1	Ejemplo de cálculo.	44
Capítulo IV POLICARBONATO EN PLACAS Y EJEMPLOS DE USO.		47
4.1	TIPOS DE PLACAS.	47
4.1.1	Placas de policarbonato alveolar.	47
4.1.2	Placas de policarbonato compacto.	48
4.1.3	Placas de policarbonato ondulado.	49
4.2	DIMENSIONES Y COLORES.	50
4.2.1	Placas de policarbonato alveolar.	50
4.2.2	Placas de policarbonato compacto.	51
4.2.3	Placas de policarbonato ondulado.	51
4.3	APLICACIONES Y USOS.	52
4.3.1	Placas de policarbonato alveolar.	52
4.3.2	Placas de policarbonato compacto.	53
4.3.3	Placas de policarbonato ondulado.	53

4.4	EJEMPLOS DE APLICACIÓN DE PLACAS DE POLICARBONATO.	54
Capítulo V	TRANSPORTE, ALMACENAMIENTO Y TECNOLOGÍA.	59
5.1	TRANSPORTE.	59
5.2	ALMACENAMIENTO.	60
5.3	INSTALACIÓN.	61
5.3.1	Instalación de las placas de policarbonato alveolar.	61
5.3.1.1	Sistema modular de policarbonato alveolar.	72
5.3.2	Instalación de placas de policarbonato compacto.	75
5.3.3	Instalación de placas de policarbonato ondulado.	77
5.4	LIMPIEZA Y MANTENCIÓN.	82
5.5	CONSECUENCIAS DE UNA MALA INSTALACIÓN.	83
Capítulo VI	VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL POLICARBONATO FRENTE A OTROS MATERIALES.	86
6.1	VENTAJAS DE LAS PLACAS DE POLICARBONATO.	86
6.2	DESVENTAJAS DE LAS PLACAS DE POLICARBONATO.	90
Capítulo VII	APLICACIÓN DE LAS PLACAS DE POLICARBONATO A UN INVERNADERO TIPO.	92
7.1	DISEÑO DE UNA ESTRUCTURA TIPO INVERNADERO CON PLACAS DE POLICARBONATO.	92
7.1.1	Requerimientos de diseño.	92
7.2	CARGAS Y SOBRECARGAS DE USO.	97
7.2.1	Cálculos estructurales.	98
7.2.2	Cálculo de fundaciones.	101
7.3	DETALLES CONSTRUCTIVOS.	103
7.3.1	Detalles constructivos de la elevación frontal.	103
7.3.2	Detalles constructivos de la elevación lateral.	105

7.3.3	Planta de la techumbre.	106
7.3.4	Detalles constructivos en fundaciones.	107
7.3.5	Detalles de terminaciones de la elevación principal.	108
7.3.6	Detalles de terminaciones de la elevación lateral.	109
7.4	VALORACIÓN DE COSTOS.	112
7.4.1	Presupuesto invernadero.	112
7.4.2	Análisis de costos unitarios.	113
Capítulo VIII	CONCLUSIONES.	118
	BIBLIOGRAFÍA.	122

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA	PAGINA
1. Estructuras base para la síntesis del policarbonato.	3
2. Etapa de formación de la sal sódica de bisfenol A.	4
3. Etapa de reacción entre la sal sódica de bisfenol A y el fosgeno.	5
4. Formación de la molécula de cloroformato y del cloruro de sodio.	5
5. Etapa de reacción entre cloroformato y una molécula de bisfenol A.	6
6. Formación del carbonato.	7
7. Obtención del policarbonato.	7
8. Proceso de formación de placas alveolares por extrusión y coextrusión.	9
9. Detalle de la barrera ultravioleta (U.V.) de una placa de policarbonato alveolar.	11
10. Índice de amarilleamiento versus tiempo de exposición.	13
11. Variación de lucidez versus tiempo de exposición.	14
12. Variación entre la transmisión de luz y tiempo de exposición.	14
13. Espectro de transmisión de luz de una placa de policarbonato.	15
14. Profundidad de galce de una placa de policarbonato al fijarla en una ventana.	22
15. Sistema de fijación de una placa de policarbonato, considerando la profundidad de galce y dilatación térmica de la placa.	24
16. Encogimiento virtual de los extremos de una placa de policarbonato bajo carga.	30
17. Placa de policarbonato apoyada en los cuatro lados.	31
18. Relación de luces largo/ancho de placas de policarbonato.	32
19. Sección y peso de placas de policarbonato alveolar.	32
20. Placa de policarbonato alveolar 16 mm de espesor con perfil M.	33
21. Diagrama ancho versus carga permitida de una placa de policarbonato de 16 mm de espesor con perfil M.	34

22.	Relación flecha encogimiento.	34
23.	Relación ancho v/s carga permitida para una placa de 4 mm de espesor, dos paredes.	35
24.	Relación ancho v/s carga permitida para una placa de 6 mm de espesor, dos paredes.	35
25.	Relación ancho v/s carga permitida para una placa de 8 mm de espesor, dos paredes.	36
26.	Relación ancho v/s carga permitida para una placa de 10 mm de espesor, dos paredes.	36
27.	Relación ancho v/s carga permitida para una placa de 10 mm de espesor, tres paredes.	36
28.	Relación ancho v/s carga permitida para una placa de 16 mm de espesor, tres paredes.	37
29.	Figura invertida para mostrar en forma clara el sistema de apoyo.	38
30.	Placa de policarbonato alveolar apoyada en dos lados.	40
31.	Sistema de apoyos para cubiertas.	41
32.	Instalación correcta de placas curvadas.	42
33.	Placa curvada en frío sometida a carga.	43
34.	Anchos recomendados para placas curvadas.	44
35.	Radio versus carga permitida para una placa de policarbonato alveolar de 4 mm de espesor, dos paredes.	45
36.	Radio versus carga permitida para una placa de policarbonato alveolar de 6 mm de espesor, dos paredes.	45
37.	Radio versus carga permitida para una placa de policarbonato alveolar de 8 mm de espesor, dos paredes.	45
38.	Radio versus carga permitida para una placa de policarbonato alveolar de 10 mm de espesor, dos paredes.	46

39.	Radio versus carga permitida para una placa de policarbonato alveolar de 10 mm de espesor, triple pared.	46
40.	Radio versus carga permitida para una placa de policarbonato alveolar de 16 mm de espesor, triple pared.	46
41.	Placa de policarbonato alveolar, dos paredes.	47
42.	Placa de policarbonato alveolar de 2 y 3 paredes.	48
43.	Policarbonato compacto.	49
44.	Policarbonato ondulado pared sencilla o compacto.	50
45.	Piscina techada con planchas de policarbonato alveolar (10mm) Gimnasio Encina, Santiago.	54
46.	Aplicación de placas de policarbonato alveolar en casas particulares.	54
47.	Aplicación de placas de policarbonato alveolar (10 mm). Patio Interno Instalación Fiscal, Santiago.	55
48.	Aplicación de placas de policarbonato compacto (4,5 mm). Vista frontal, paso nivel peatonal, Concepción.	55
49.	Aplicación de placas de policarbonato compacto (4,5 mm). Vista lateral, paso nivel peatonal, Concepción.	56
50.	Techo modular autosoportante, policarbonato alveolar 4mm clear.	56
51.	Separador de ambiente (Biombo), policarbonato alveolar 10 mm bronce con marcos de madera.	56
52.	Separador de ambiente (Biombo), policarbonato alveolar 10 mm bronce con marcos de madera.	57
53.	Aplicación de policarbonato alveolar 10mm blanco en Colegio, Coya.	57
54.	Aplicación de policarbonato alveolar 10mm blanco y compacto 4.5mm transparente en Gimnasio de Colegio, Coya.	58
55.	Film protector de polietileno para identificar la cara protegida contra la radiación ultravioleta.	61

56.	Film protector despegable de polietileno anti-rozaduras.	62
57.	Cintas de aluminio para sellar los alvéolos de las placas.	63
58.	Sellado de perfiles con silicona compatible con el policarbonato.	63
59.	Instalación de perfiles "U" en placas alveolares.	64
60.	Posición correcta para placas alveolares instaladas en forma vertical.	64
61.	Instalación correcta para placas alveolares curvadas en frío.	65
62.	Inclinación mínima para placas instaladas en posición horizontal.	65
63.	Corte transversal a los alvéolos con cuchillo.	66
64.	Corte transversal a los alvéolos con sierra eléctrica.	66
65.	Procedimiento para el corte paralelo a los alvéolos.	67
66.	Perfil conector H de policarbonato.	68
67.	Perfil H de policarbonato, tipo clip.	69
68.	Detalle de corte de un perfil de aluminio.	69
69.	Colocación de tornillos de fijación en placas de policarbonato inclinadas.	71
70.	Perforación de una placa de policarbonato alveolar.	71
71.	Tornillo de fijación (roscalata) con arandela metálica y neopreno.	72
72.	Tornillos autoperforante con arandelas de neopreno.	72
73.	Instalación correcta de tornillos fijación en placas de policarbonato.	72
74.	Sistema modular para cubiertas translúcidas.	73
75.	Instalación de anclajes.	73
76.	Instalación de los paneles en los anclajes.	74
77.	Instalación del perfil conector U.	74
78.	Tapa del conector U.	74
79.	Traslapados en placas de policarbonato ondulado.	78
80.	Radio mínimo de curvatura para placas de policarbonato ondulado.	78
81.	Corte de placas onduladas de policarbonato.	79
82a.	Fijación de placas onduladas en vigas intermedias.	79

82b.	Fijación de placas onduladas en vigas al borde de la estructura.	80
83.	Detalle de fijación en placas onduladas.	80
84.	Detalle de fijación para placas traslapadas.	80
85.	Tope distanciador para fijación en placas onduladas.	81
86.	Fijación de placas onduladas utilizando un tope distanciador.	81
87.	Perforación de placas con taladro eléctrico.	82
88.	Falta de un elemento de unión entre placas.	84
89.	Detalle de la ausencia del perfil H en la unión entre placas.	85
90.	Aparición de moho en los alvéolos de la placa.	85
91.	Instalación deficiente de perfil U.	85
92.	Cubierta con placas de fibra de vidrio.	89
93.	Cubierta con placas de policarbonato.	89

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA	PÁGINA
1. Rendimientos de algunos tipos de placas de policarbonato a la transmisión de luz.	17
2. Clasificación al fuego normativa alemana (DIN 4102).	18
3. Clasificación al fuego normativa italiana (Decreto Ministerial del 26/06/1984).	18
4. Valores orientativos para la estabilidad frente a productos químicos del policarbonato a 20°C.	19
5. Valores típicos del coeficiente de transmisión de calor de las placas.	20
6. Coeficiente de dilatación térmica de distintos materiales.	23
7. Poder calorífico de distintos combustible empleado en calefacción.	26
8. Rendimiento del sistema de calefacción, para distintos combustibles.	26
9. Temperatura exterior promedio del mes, para la ciudad de Valdivia.	27
10. Diferencias de temperaturas entre la temperatura interior requerida y las temperaturas promedio mensual exterior de la ciudad de Valdivia (tabla N° 9).	27
11. Distancias recomendadas medidas entre soportes (ancho), de un sistema de placas apoyadas en los cuatro lados.	39
12. Distancia de instalación recomendada para placas alveolares apoyadas en dos lados, sometidas a diferentes cargas.	40
13. Medidas recomendadas de separación entre las estructuras de soportes.	41
14. Radios mínimos de curvaturas para placas alveolares.	43
15. Relación del espesor con el radio mínimo de curvatura.	76
16. Resultados del ensayo de impacto con bola de granizo.	86
17. Peso y densidades de diferentes materiales.	87
18. Coeficiente de transmisión de calor para diferentes materiales.	87
19. Comparación de precios de algunos materiales.	91

RESUMEN

El estudio de las placas de policarbonato tiene como objetivo inicial hacer un seguimiento de estos materiales desde su origen hasta su campo de aplicación actual, poniendo mayor énfasis a sus características técnicas; para luego poder compararlas con otros tipos de materiales que cumplan la misma función y así poder rescatar las ventajas y tener en cuenta desventajas que tienen las placas de policarbonato en el campo de las obras civiles.

Finalmente se diseñará un invernadero usando como material de cobertura placas de policarbonato, las cuales cumplen con los requerimientos de un invernadero: ser un agente modificador del clima natural, es decir, gran retención de calor, gran rendimiento térmico, gran transparencia a las radiaciones solares, gran opacidad a las radiaciones infrarrojas largas emitidas por suelo y planta durante la noche. Para así obtener una noción más certera de la funcionalidad del material y del costo real que implica su uso.

Una vez obtenido los parámetros reales de las bondades de las placas de policarbonato se podrá discernir como, cuando y donde podrán aplicarse estas placas y a la vez potenciar sus principales características y alcanzar un mayor costo-beneficio.

SUMMARY

The study of the polycarbonate sheets has the main object to do a following of this material from its source to actual application, to put more emphasis in technical characteristics; for them can be compared with other types of material that have the same function, thus can rescue advantages that the polycarbonate sheets have in the area of civil work.

Ending a hothouse will be designed using as covering material the polycarbonate sheets, which have with the requirements of a hothouse: to be an agent to modify the natural climate, to mean, good effect of warm, keep much heat, great yield, great transparency to the solar radiations, more opacity to the long infrared radiations emitted by soil and its plants during the night. Thus obtain a notion more certain of the functionality of the material and of the real cost that implies their use.

Once obtained the real parameters of the kind of the polycarbonate sheets can be determined, as, when and where they will be able to apply these sheets and at the same time to potential its principal characteristic and to reach a bigger cost-benefit

INTRODUCCIÓN

Actualmente, los polímeros o materiales poliméricos han tenido un singular desarrollo, con aplicaciones que cruzan casi todo el espectro de las actividades humanas; con características que satisfacen con creces las necesidades de nuestro entorno y con sobresalientes propiedades respecto a otros materiales de uso corriente.

El término polímero abarca un campo extenso de materiales entre los cuales destacan: los elastómeros, las fibras y los plásticos.

Etimológicamente la palabra polímero proviene del griego “poli” que significa muchos y “mero” que se traduce como parte.

En este estudio se tomará como referencia un plástico en especial, **el policarbonato**, en particular su aplicación en placas de policarbonato en obras civiles.

La aplicación de este material surge cuando se crea la necesidad de mejorar la luminosidad natural de un recinto, ya que una de las características de este material es la transparencia, seguido por su bajo peso, gran resistencia al impacto y flexibilidad entre otras. Pero sin duda una de las propiedades más relevantes de las placas es la protección a la radiación ultravioleta, la cual garantiza la duración de la placa expuesta a la intemperie por más de diez años con sus características iniciales casi intactas.

Cuando es necesario cubrir, dividir, o revestir un espacio que requiera permanecer translucido, existen otros materiales alternativos, tales como el PVC, acrílico, fibra de vidrio, entre otros, que si bien sus características técnicas son inferiores al policarbonato su aplicación se justifica en aquellos proyectos en que se prioriza la economía y no la calidad, el PVC y las placas de fibra de vidrio ocupan el primer lugar, ya que el costo de las placas de policarbonato es mucho más elevado en comparación con estos materiales.

Capítulo I: NATURALEZA Y FABRICACIÓN DE LAS PLACAS DE POLICARBONATO.

1.1 GENERALIDADES.

La resina de policarbonato es un plástico, usado en la fabricación de discos compactos, en ventanas inastillables, lentes livianos para anteojos, focos de autos, placas resistente al impacto, entre otros. Su forma comercial es un producto granulado de grano uniforme, color natural transparente, incoloro hasta ligeramente amarillo y asimismo puede colorearse fácilmente.

Los nombres comerciales más importantes que recibe el policarbonato son: Makrolon, desarrollado por los alemanes y Lexan que es de origen norte americano.

El policarbonato es el resultado de la reacción entre derivados del ácido carbónico y el bisfenol A, este proceso se mostrará con mayor detalle más adelante. Este polímero pertenece al grupo de los termoplásticos, en la rama de la ingeniería estructural se ha tornado muy solicitado por su transparencia como el vidrio y su buena resistencia al impacto.

En 1956 Hermann Schnell, publica sus primeros resultados sobre los policarbonatos. Cuatro años más tarde aparece en el mercado europeo, teniendo muy buena aceptación.

En nuestro país no existen normas que se refieran a este producto, debiendo regirse por estándares extranjeros.

1.2 SÍNTESIS QUÍMICA DEL POLICARBONATO.

El policarbonato toma su nombre de los grupos carbonato en su cadena principal, se le ha llamado policarbonato de bisfenol A, porque se elabora a partir de bisfenol A y fosgeno, en la figura N° 1 se muestra la estructura química del bisfenol A y del fosgeno.

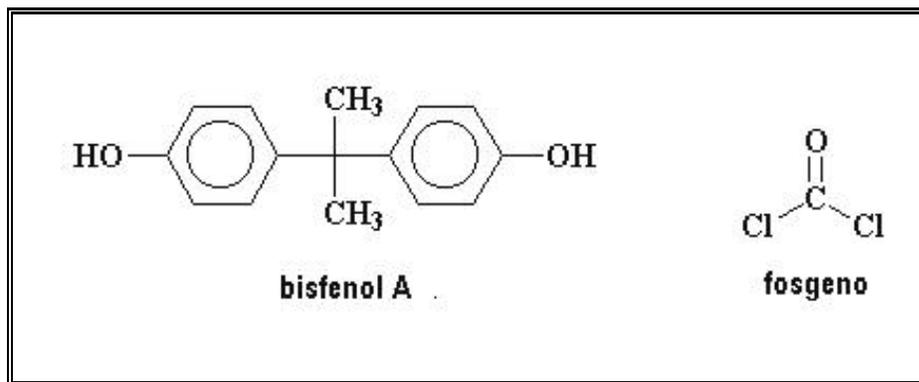


Fig. N° 1. – Estructuras base para la síntesis del policarbonato.

El primer paso para obtener un policarbonato es tratar el bisfenol A con hidróxido de sodio (NaOH). El grupo hidróxido va a cumplir la función que cumplen los álcalis, tomando un protón del bisfenol A. Cuando esto sucede, el grupo hidroxilo se transforma en una molécula de agua y el bisfenol A, que es un alcohol, se encontrará en su forma de sal sódica. Luego, sobre el grupo alcohol del bisfenol A, ocurre la misma reacción otra vez, dando como resultado sal sódica de bisfenol A (ver figura N° 2).

Ahora que el bisfenol A es una sal, puede actuar sobre el fosgeno, se puede apreciar que el oxígeno de la sal de bisfenol A tiene ahora una carga negativa. Esto quiere decir que puede donar un par de electrones al átomo de carbono del fosgeno. Se debe tener en cuenta que ese carbono se encuentra deficiente de electrones, porque es vecino del oxígeno electronegativo.

Cuando ese átomo de carbono gana un nuevo par electrónico proveniente de la sal de bisfenol A, deja escapar uno de los pares que estaba compartiendo en forma no equitativa con el oxígeno del carbonilo. Este par quedará sobre ese oxígeno, dándole una carga negativa, ver figura N° 3.

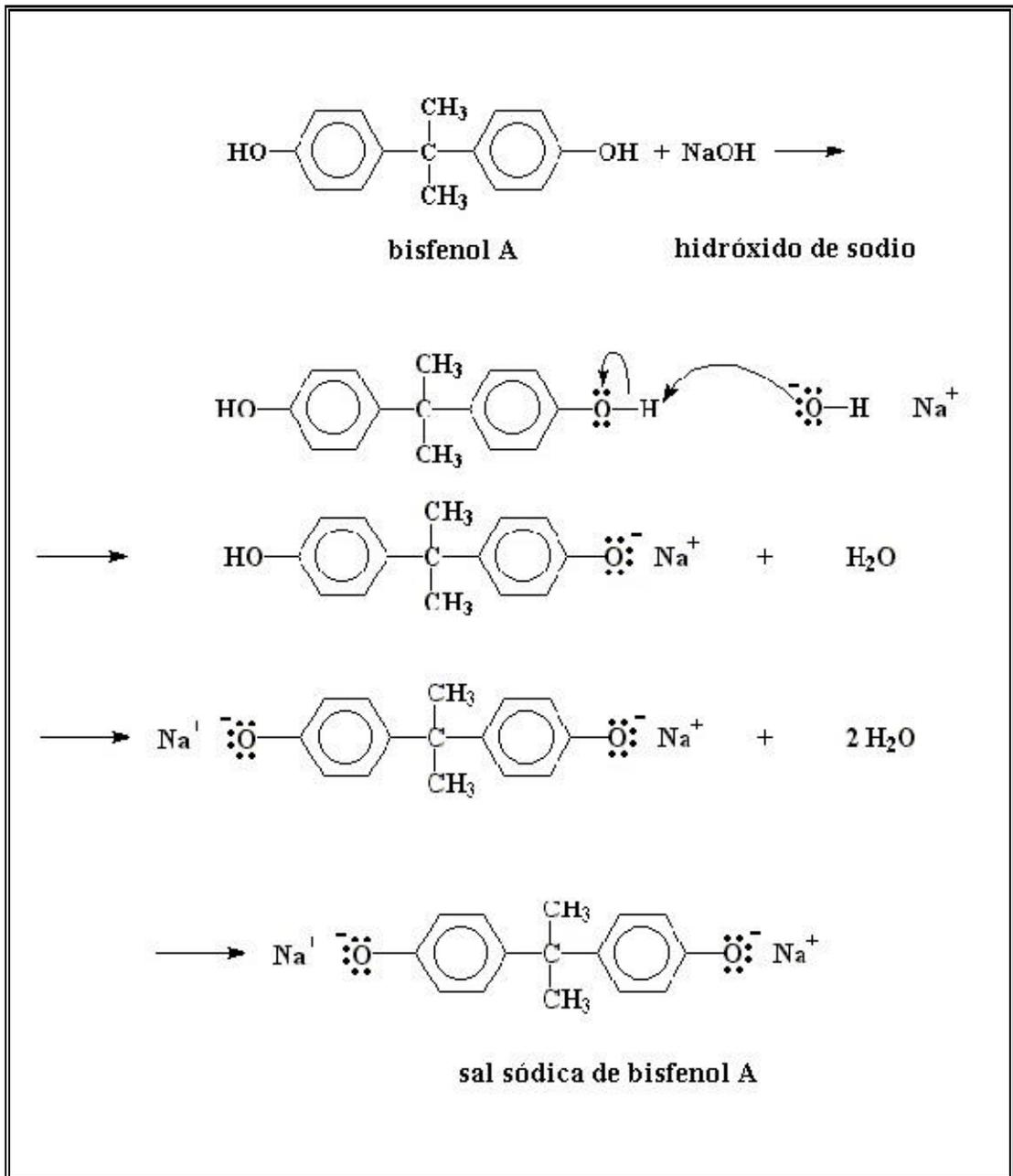


Fig. N° 2. – Etapa de formación de la sal sódica de bisfenol A.

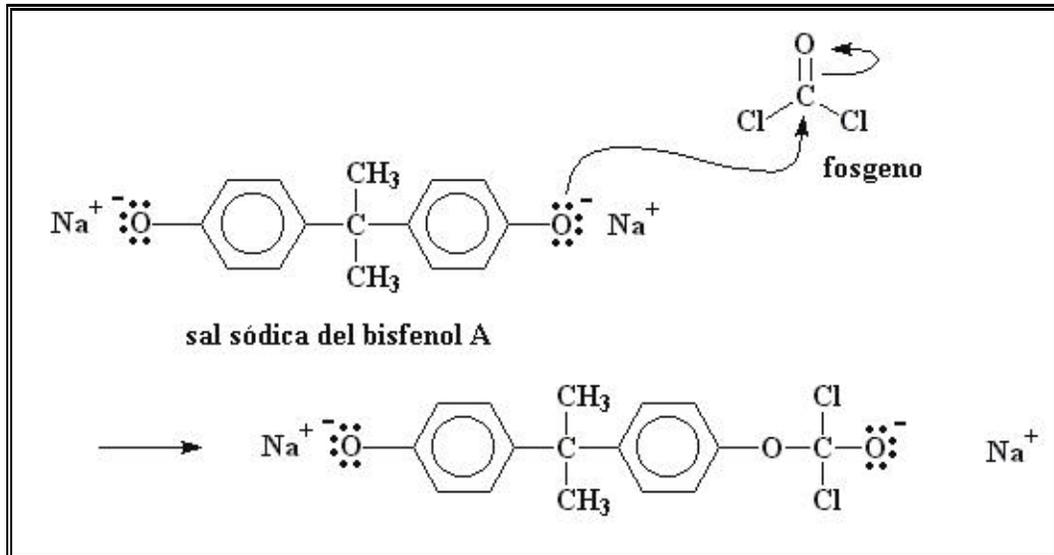


Fig. N° 3. – Etapa de reacción entre la sal sódica de bisfenol A y el fosgeno.

En seguida los electrones de ese oxígeno volverán hacia el carbono, restituyendo el doble enlace carbono-oxígeno. De hecho, se sabe que el carbono no puede compartir diez electrones, de modo que tiene que deshacerse de dos. Y los dos electrones que se van a compartir, son el par que el carbono había estado compartiendo con uno de los átomos de cloro. Así, el cloro y sus electrones serán expulsados de la molécula. La molécula que se forma ahora se llama cloroformato. El ion cloruro que fue expulsado, se unirá con ese ion sodio que había estado rondando silenciosamente durante toda la conmovición, para formar NaCl (cloruro de sodio), ver figura N° 4.

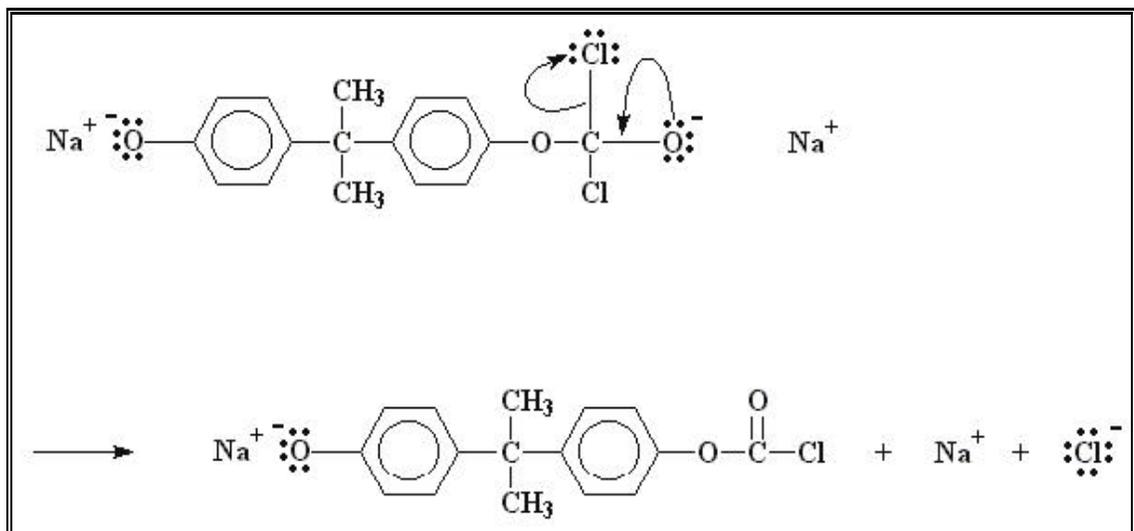


Fig. N° 4. – Formación de la molécula de cloroformato y del cloruro de sodio.

El cloroformato puede ser atacado por otra molécula de bisfenol A, tal como lo hizo el fosgeno. Y una segunda molécula de bisfenol A puede atacar tal como lo hizo la primera, (ver figura N° 5). Y lo hace a través de un intermediario, para obtener el carbonato constituido por las especies mostradas (ver figura N° 6).

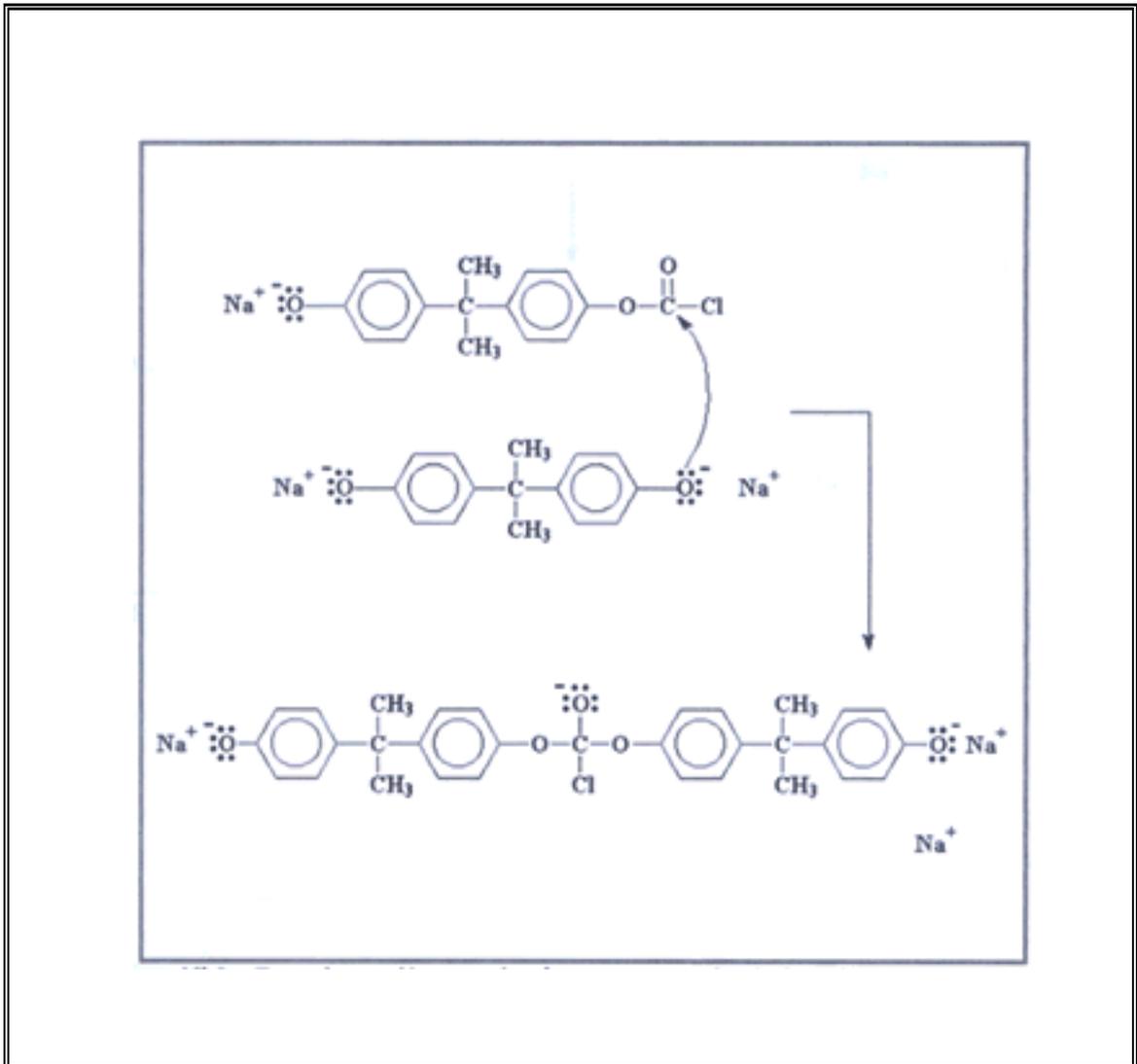


Figura N° 5. – Etapa de reacción entre cloroformato y una molécula de bisfenol A.

Después de esto, los grupos salinos de la gran molécula pueden reaccionar con más fosgeno y de ese modo, la molécula crece hasta que se obtiene el policarbonato (ver figura N° 7).

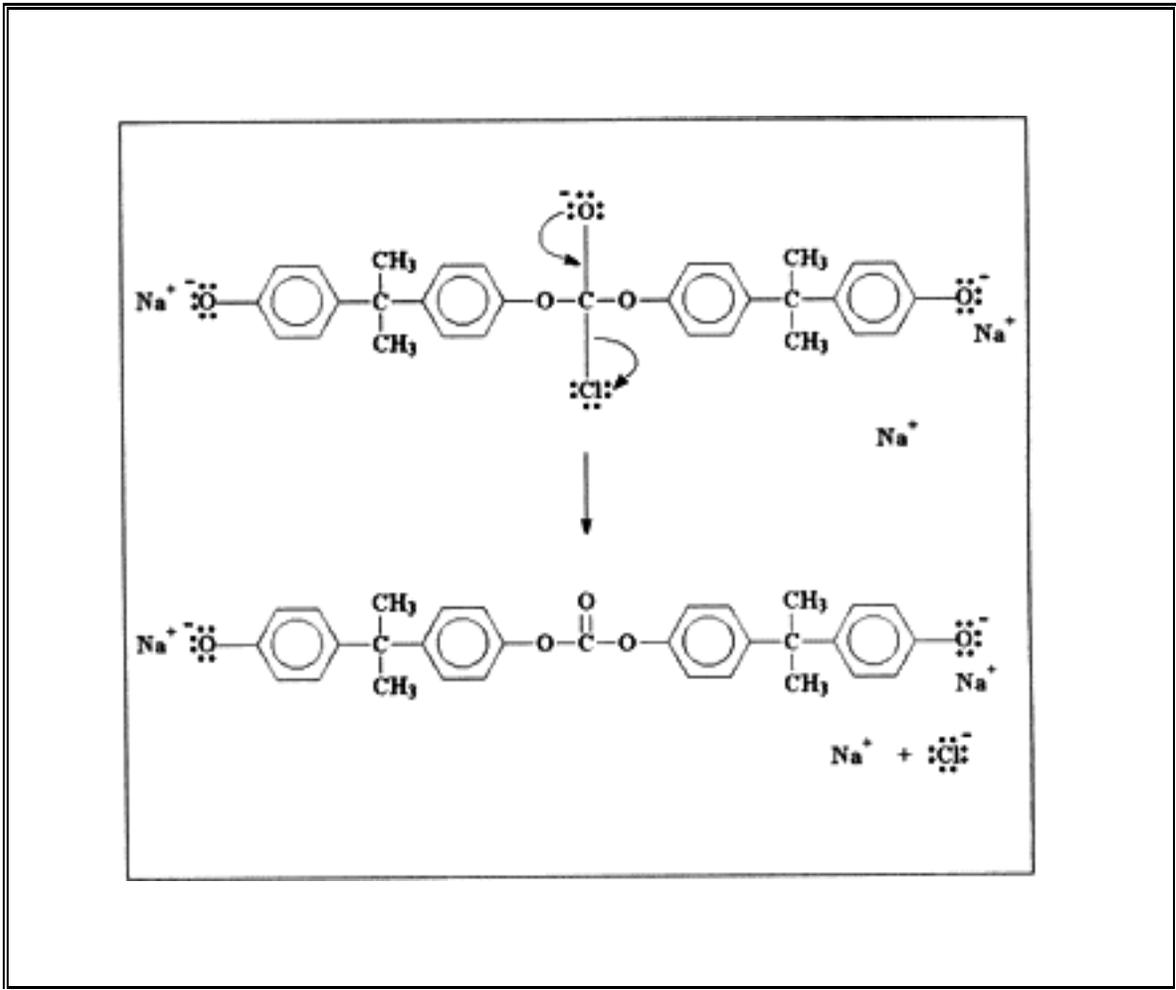


Fig. N° 6. – Formación del carbonato.

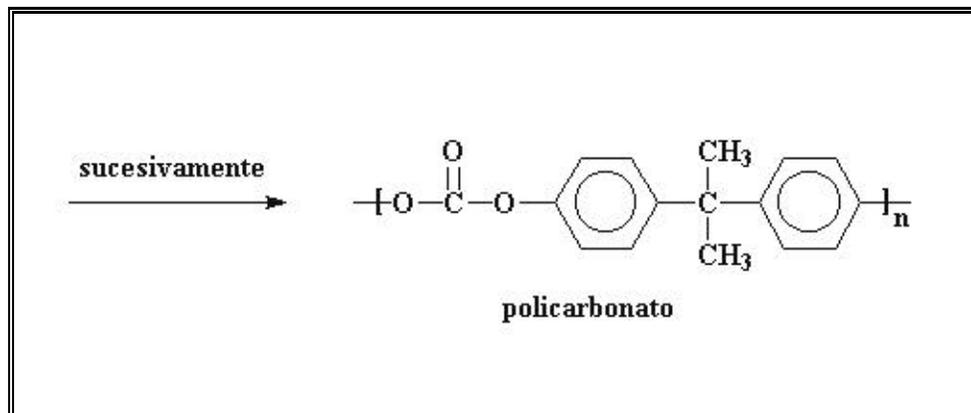


Fig. N° 7. – Obtención del policarbonato.

1.3 FABRICACIÓN DE PLACAS DE POLICARBONATO.

Debido que la viscosidad de la masa de policarbonato es elevada, su transformación requiere de altas presiones. Por otro lado, debe estar totalmente libre de humedad, por lo que se seca a 120°C durante varias horas antes de la transformación. Debe evitarse el contacto con otros termoplásticos por no existir compatibilidad.

Las planchas alveolares están compuestas por dos láminas moldeadas por extrusión, ambas láminas están unidas entre sí por nervaduras verticales, componiendo una estructura de elevada rigidez. Éste proceso de transformación es el más importante y se realiza a una temperatura próxima a los 300°C, seguido por otro proceso que es el de coextrusión de protección ultravioleta (ver figura N° 8). Este proceso consiste en la fusión de dos componentes: el policarbonato base y el policarbonato protector ultravioleta. En este sistema se obtiene una capa monolateral indisoluble que protege el policarbonato base de las pérdidas de sus propiedades características. En este procedimiento productivo existe la posibilidad de regular el espesor de esta capa, debiendo ser lo suficientemente gruesa para proteger la placa por un periodo mínimo de 10 años. Por último es necesario recalcar que por razones de durabilidad y transparencia, deberá exigirse un policarbonato base que no sea reciclado.

1.3.1 Proceso de Extrusión.

El proceso comienza con los gránulos o polvos de policarbonato base en una tolva, los que llegan a una cámara de calentamiento. Cuando los polímeros termoplásticos son ablandados por el calor, comienzan a fluir a través de un tornillo sin fin en un proceso continuo. El tornillo sin fin es de tipo helicoidal. El polímero es transportado desde la tolva a través de cámara de calentamiento, hasta la boquilla de descarga donde una matriz da la forma y dimensiones deseadas al productor final.

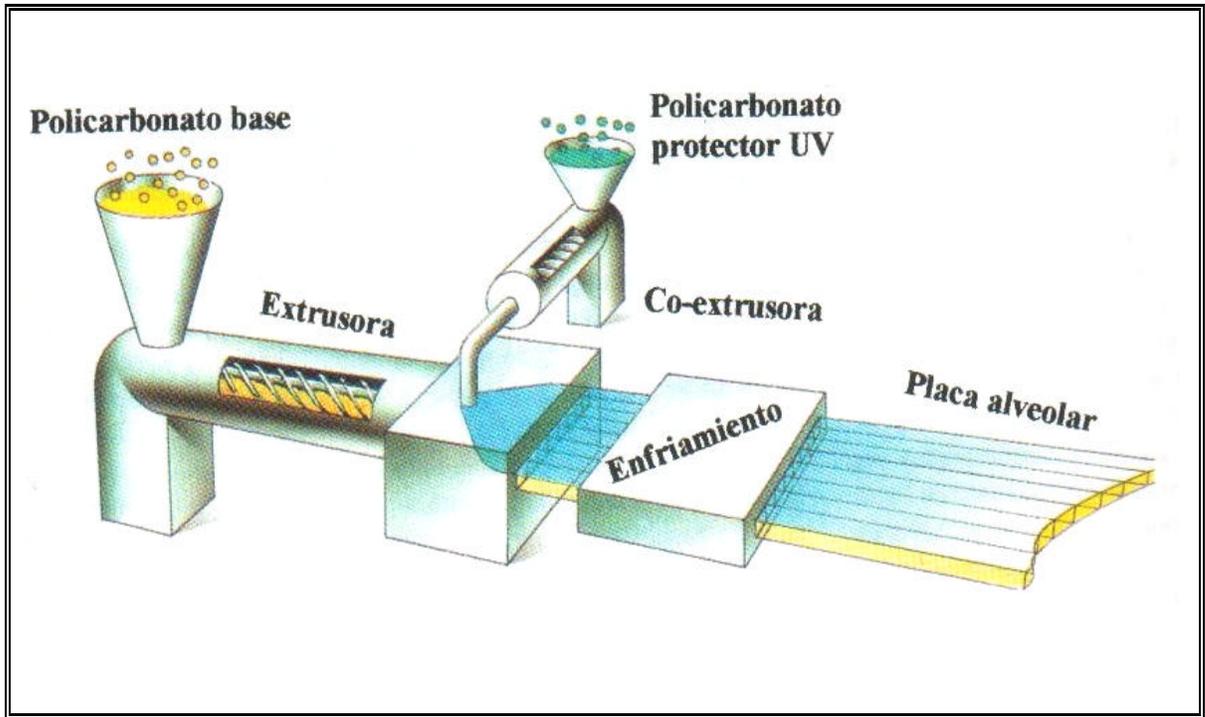


Fig. N° 8. – Proceso de formación de placas alveolares por extrusión y coextrusión.

Capítulo II: CARACTERÍSTICAS FÍSICAS.

En este capítulo se dará una descripción de las características físicas de mayor importancia que presentan los materiales en placas de policarbonato, como son la transparencia, la transmisión de luz, el comportamiento al fuego, resistencia a los agentes químicos, aislamiento térmico, dilatación térmica y ahorro de energía, las que se explicarán cada una de ellas en forma particular.

2.1 TRANSPARENCIA.

Al exponer continuamente una placa de policarbonato a la radiación solar, el policarbonato experimenta un deterioro en sus propiedades físicas y mecánicas, que es reconocible por un leve tono amarillento que sufre la cara expuesta al sol, causando como consecuencia la disminución de la transparencia en las placas.

Para evitar que las placas de policarbonato que son expuestas al sol pierdan sus propiedades, se han fabricado placas con una delgada película de protección contra los rayos ultravioleta que constituye un excelente estabilizador de la luz, absorbiendo estas radiaciones (ver figura N° 9). Esta película permite mantener inalterables las características de transparencia y solidez de las placas evitando así la temprana degradación del material. Esta tecnología aplicada a la placa garantiza una calidad óptica a largo plazo en condiciones de exposición intensiva a los rayos ultravioleta (U.V.).

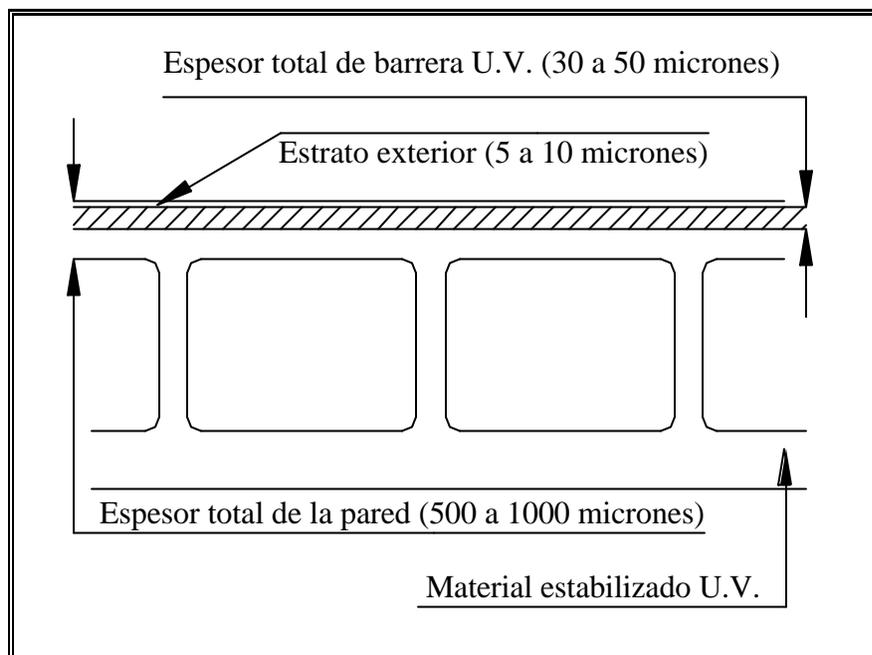


Fig. 9. – Detalle de la barrera ultravioleta (U.V.) de una placa de policarbonato alveolar.

2.1.1 Duración de la Transparencia.

El fenómeno conocido como exposición a la intemperie como se dijo anteriormente corresponde a la reducción de ciertos atributos físicos del material por influencia del medio ambiente. Para determinar la duración de la transparencia en las placas de policarbonato al exponerlas a la intemperie sólo se pueden captar en forma aproximada a través de dos tipos de ensayos:

- 1) Exposición del material en condiciones naturales.
- 2) Creación de un entorno artificial para acelerar el proceso de exposición a la intemperie.

El primer método consiste en exponer a la intemperie las placas de policarbonato durante décadas, llevando a cabo periódicos controles de características para poder observar los cambios que sufren las placas, éste método es el más efectivo y debe efectuarse siempre ya que refleja con gran precisión las condiciones del producto en servicio, no obstante, se requiere de mucho tiempo para obtener algún resultado.

El segundo método se realiza en laboratorio y constituye una técnica alternativa más rápida en la que, mediante la exposición de las placas a equipos de envejecimiento acelerado, se puede establecer las múltiples influencias del el entorno natural.

Los resultados de las pruebas que se mostrarán más adelante fueron realizadas por el método de envejecimiento acelerado con un equipo llamado Xenotest o Weather-O-Meter (W.O.M.), que consiste en exponer las placas de policarbonato a lámparas de xenón de gran intensidad para simular la luz del sol junto con ciclos de temperatura alternantes y de lluvia programados, este ensayo puede simular las condiciones naturales.

Las placas se expusieron a un ciclo de 10.000 horas. La experiencia con el equipo de ensayo de xenón enseña que este número de horas corresponde a 30 años de exposición natural en un clima moderado. Los ensayos que se realizaron están conforme a la norma ISO 4892.

Esta prueba realizada por la fábrica de policarbonatos CARBOLUX S.A. se aplicó a tres placas de policarbonato alveolar transparente de 10 mm de espesor (repetiendo tres veces cada ensayo), una de las placas contiene la película de protección contra los rayos ultravioleta, representada en las figuras con la curva de línea continua color celeste (placa coextrusionada), la curva de línea segmentada representa a la placa de policarbonato que fue sometida a un tratamiento de barniz (placa barnizada) y la curva de línea punteada constituye a una placa de policarbonato que no esta protegida contra los rayos ultravioleta (placa no protegida).

Con los resultados de este ensayo se pudo observar que al exponer las tres placas de policarbonato a la intemperie, la placa que no está protegida contra los rayos ultravioleta manifestó un descenso a la permeabilidad de la luz, daños químicos como rompimientos moleculares del policarbonato y finalmente la coloración amarillenta típica de las placas

envejecidas al sol. La placa protegida contra la radiación ultravioleta mostró una mayor estabilidad a la intemperie durante más tiempo, conservando mejor sus propiedades físicas.

La placa de policarbonato barnizada muestra una estabilidad a la intemperie mayor comparada con la placa no protegida contra los rayos UV., no obstante barnizar las placas no es la solución más adecuada para su protección contra la radiación solar, ya que el barniz puede dañar otras propiedades del policarbonato.

Las figuras N° 10, 11 y 12 representan los resultados del ensayo de envejecimiento acelerado en W.O.M con lámpara de xenón (ciclos 102:18); mostrando las propiedades ópticas de índice de amarilleamiento, lucidez y transmisión de luz el de las placas de policarbonato.

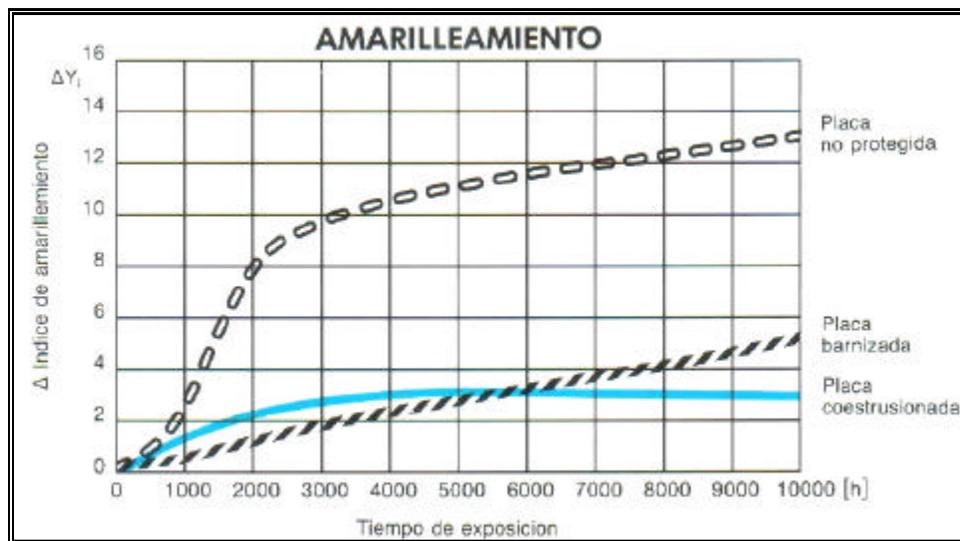


Fig. N° 10. – Índice de amarilleamiento versus tiempo de exposición.

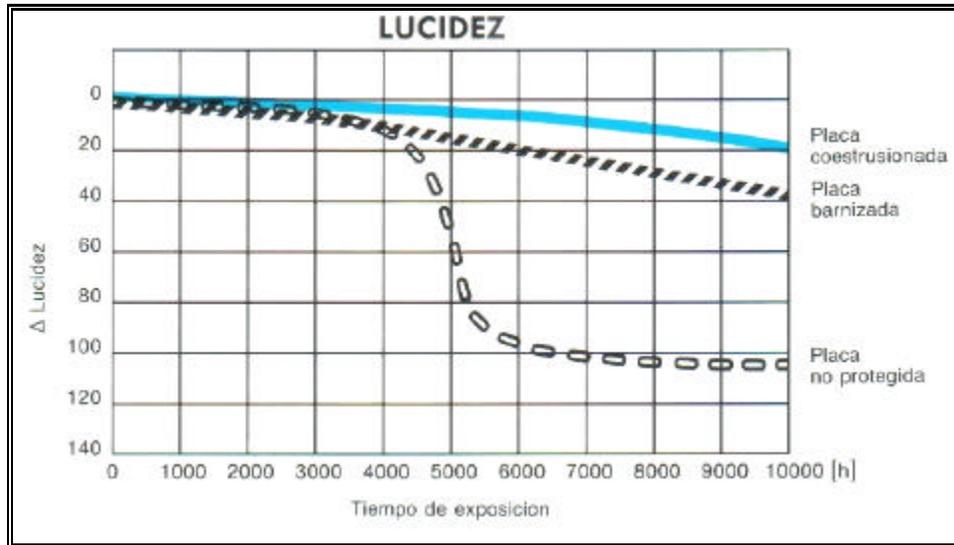


Fig. N° 11. – Variación de lucidez versus tiempo de exposición.

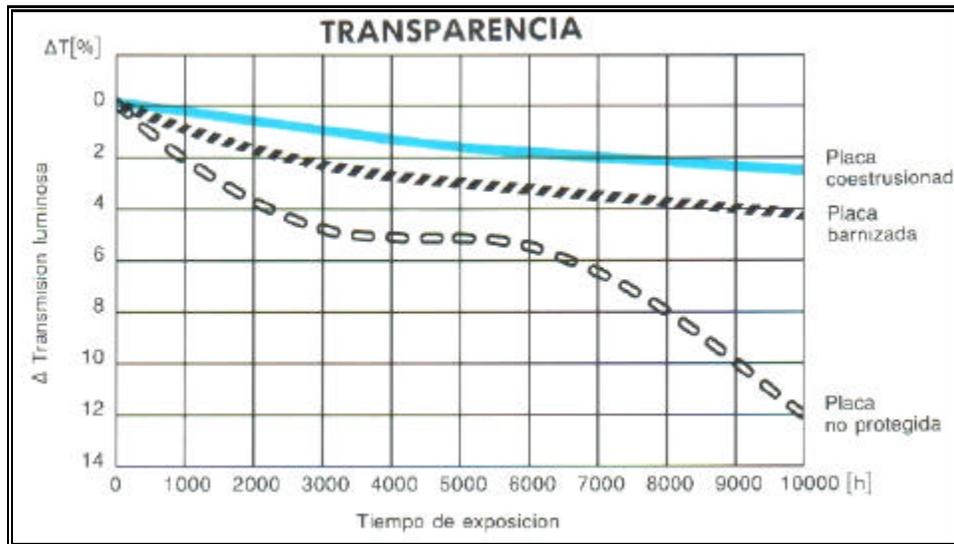


Fig. N° 12. – Variación entre la transmisión de luz y tiempo de exposición.

2.2 TRANSMISIÓN LUMINOSA.

La transmisión luminosa de las placas de policarbonato es similar a la del vidrio, es por ello que se recomienda su aplicación en lugares donde se requiera un alto grado de aprovechamiento de la luz natural.

La luz solar que llega a la superficie de la tierra tiene una longitud de onda que oscila entre 295 y los 2140 nanómetros (10^{-9} metros). Esta ventana óptica se puede dividir en las siguientes secciones:

- U.V-B Región ultravioleta media: 280- 315 nm
- U.V-A Región ultravioleta próxima: 315- 380 nm
- Región luz visible: 380- 780 nm
- Región infrarrojos próxima: 780-1400 nm
- Región infrarrojos media: 1400-3000 nm

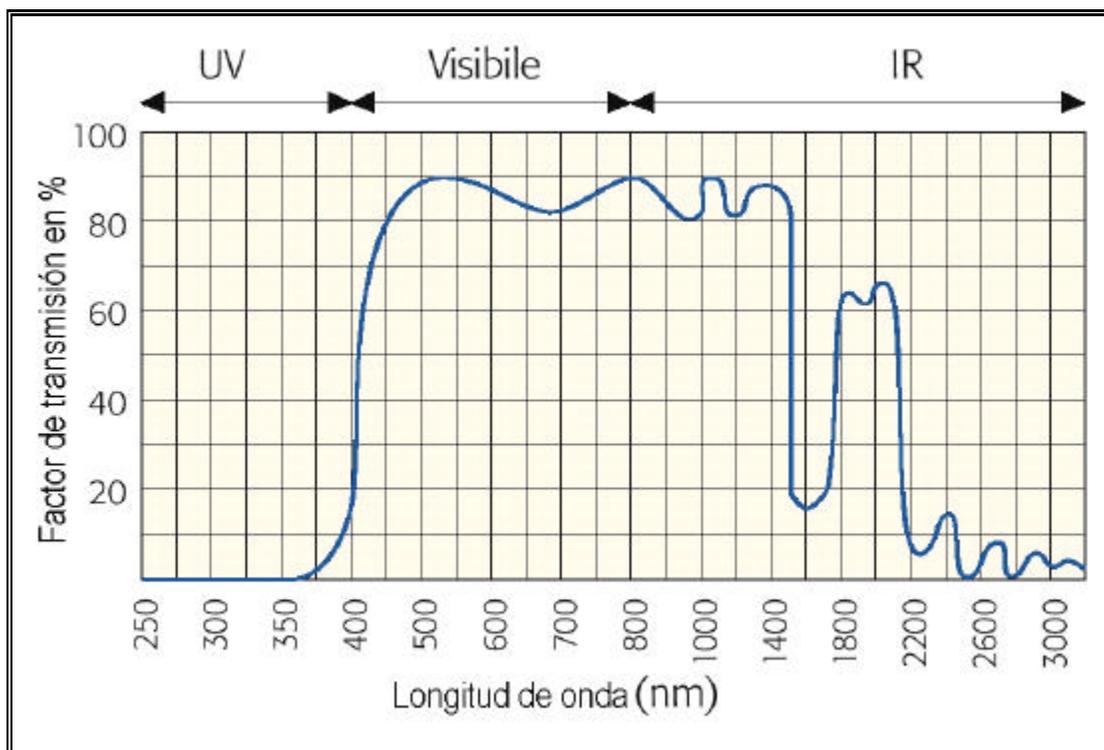


Fig. Nº 13. – Espectro de transmisión de luz de una placa de policarbonato.

Analizando el completo espectro de transparencia de las placas (ver figura 13), se observa que el policarbonato tiene su máximo nivel de transmisión en la región de luz visible y en la región de infrarrojos próxima del espectro. Las placas de policarbonato translúcido tienen una transmisión de luz sobre el 88 %, en función del espesor. Gracias a su excelente protección contra la radiación ultravioleta, el policarbonato conservará estos valores durante un largo período de tiempo estando expuesto a la luz solar directa. A pesar de su gran

capacidad de transmisión de luz, es prácticamente opaca en la región ultravioleta inferiores a 400 nanómetros, reduciendo estos rayos tan dañinos para la salud humana. Las placas son permeables a los rayos infrarrojos cortos (calor que emite el sol), pero es impermeable al infrarrojo largo emitido por el entorno (radiación terrestre), quedando atrapado el calor en el interior.

Estas mismas propiedades, combinadas con la estructura aislante celular de la placa, contribuyen a la conservación de temperaturas durante la noche en invernaderos sin calefacción cubiertos con placas de policarbonato.

La mayoría de los acristalamientos con placas de policarbonato impiden que el calor salga del edificio con mayor rapidez que con la que se crea, lo que provoca un aumento de temperatura, el llamado efecto invernadero, que es ideal para climas fríos o para ahorrar energía. Para evitar el aumento de temperatura dentro un recinto, se deben adecuar ventanas para ventilación.

Otra característica importante de los productos de policarbonato, es la dispersión uniforme de la luz incidente, eliminando a su vez peligrosos puntos de elevada luminosidad y calor, evitando así que la luz transmitida no sea molesta para las personas.

2.2.1 Aprovechamiento y control solar.

Para el mejor aprovechamiento de las placas de policarbonato en construcciones ubicadas en climas cálidos se recomienda el uso de placas coloreadas transparentes las cuales reducen significativamente la acumulación de calor, lo que ayuda a mantener temperaturas interiores agradables. Las placas coloreadas transparentes permiten el control de paso de luz, pudiendo reducirse la misma hasta en un 50% dependiendo del espesor, para el caso de placas color bronce tienen un índice de transmisión de luz de aproximadamente entre el 26% y 60%,

en tanto que la placa blanco opal presenta un índice de transmisión de luz entre el 23% y 50%. Esta última amortigua el brillo del sol hasta un nivel grato, lo que ayuda a reducir también el gasto de aire acondicionado durante el verano, en la tabla N° 1 se muestran los rendimientos de algunas las placas de policarbonato a la transmisión de la luz.

TABLA N° 1. Rendimientos de algunos tipos de placas de policarbonato a la transmisión de luz.

ESPEJOR (mm)	4 Panel simple	8-10 Panel simple	10 Panel multicell	16 Panel multicell
COLOR	%TL	%TL	%TL	%TL
Translúcido	82	79	74	69
Opal	50	39-33	-	23
Bronce	60	45-41	-	26

FUENTE: Medidas obtenidas con método interno de CARBOLUX S.A.

donde:

%TL: Transmisión de la luz, 400 – 700 nm.

Todas las pruebas han sido efectuadas según la norma ASTM D-1003, personalizada para las placas celulares. Los valores indicados en la tabla N° 1 tienen que ser considerados válidos con una tolerancia de $\pm 2\%$.

2.3 COMPORTAMIENTO AL FUEGO.

El policarbonato es un material difícilmente inflamable que no propaga la llama. Esta definido como autoextinguible por todas las normas internacionales que regulan el comportamiento de las llama de los materiales. Al ser un termoplástico, la placa se derretiría bajo el calor de un incendio; sin embargo no contribuiría en nada a empeorarlo ya que no propaga las llamas.

En los productos celulares, debido a su estructura geométrica, este comportamiento inflamable es mantenido solo parcialmente a causa del efecto “chimenea” que se manifiesta en los alvéolos.

En las tablas N° 2 y N° 3 se indican las clasificaciones al fuego que han tenido las placas de policarbonato en Alemania e Italia.

TABLA N° 2. Clasificación al fuego normativa alemana (DIN 4102).

ESPESOR	CLASE	DEFINICIÓN
4 – 10 mm	B1	Material de construcción difícilmente inflamable.
10 – 16 mm	B2	Material de construcción de inflamabilidad normal.

FUENTE: Fábrica de policarbonatos CARBOLUX S.A., Italia.

TABLA N° 3. Clasificación al fuego normativa italiana (Decreto Ministerial del 26/06/1984).

ESPESOR	CLASE	DEFINICIÓN
6 mm	1	Material de construcción difícilmente inflamable.
10 mm	1	Material de construcción difícilmente inflamable.
16 mm	1	Material de construcción difícilmente inflamable.

FUENTE: Fábrica de policarbonatos CARBOLUX S.A., Italia.

2.4 RESISTENCIAS A LOS AGENTES QUÍMICOS.

El policarbonato es un material termoplástico con un alto grado de tolerancia a los agentes químicos e inalterable a otros. El ataque químico que puede ocasionar su destrucción parcial o completa, es el producido en contacto con alcalinos, sales alcalinas, aminas y altas concentraciones de ozono. Las cetonas, ésteres, hidrocarburos aromáticos y halogenados, pueden generar abultamientos o decoloración, por una plastificación y/o cristalización de la superficie de la placa. Se debe prestar atención a los componentes de los selladores (como siliconas), juntas y diversos elementos de limpieza ya que pueden provocar agrietamientos que combinados con los estiramientos del material, generan puntos débiles en el acristalamiento.

TABLA N° 4. Valores orientativos para la estabilidad frente a productos químicos del policarbonato a 20°C.

ÁCIDOS INORGÁNICOS	Ácido Clorhídrico 35%	Fisuraciones
	Ácido Sulfúrico 70%	Buena estabilidad
	Ácido Nítrico	Amarilleamiento
	Ácido Fluorhídrico	Invariable
Halógenos (secos)		Buena estabilidad
ÁLCALIS	Débiles	Inestable
	Fuertes	Inestable
ALCOHOLES	Alcohol Metílico	Figuración superficial
	Alcohol Etilico 50%	Invariable
	Alcohol N-butílico	Invariable
	Etilén Glicol	Invariable
SALES INORGÁNICAS	Cloruro Sódico	Invariable
	Nitrato Potásico	Invariable
	Dicromato Potásico	Amarilleamiento
	Sulfato Sódico	Invariable
	Cloruro Amónico	Invariable
	Carbonato Sódico	Invariable
	Bicarbonato Sódico	Figuración superficial
VARIOS	Bencina industrial	Amarilleamiento, opacidad y fisuración
	Keroseno	Invariable
	Nafta Diesel	Invariable
	Estireno	Enturbiamiento y reblandecimiento rápido
	Agua oxigenada 10 %	Ligero amarilleamiento
	Formalina	Invariable
	Cresol 5%	Invariable
	Fenol 5%	Amarilleamiento, opacificación
	Metil metacrilico	Enturbiamiento y reblandecimiento rápido
Butilacetato	Enturbiamiento y reblandecimiento rápido	

FUENTE: Saechtling-Z Ebrowski. (1963)

Los policarbonatos son resistentes a los diluidos, carburantes, aceites, etanol, en la tabla N° 4 se representan algunos valores orientados a la estabilidad del policarbonato frente a algunos agentes químicos.

2.5 AISLAMIENTO TÉRMICO.

Las placas de policarbonato al presentar una particular estructura celular, es decir con dos, tres o cuatro paredes y cámaras de aire, junto con un bajo nivel de conductividad térmica garantizan un aislamiento térmico prolongado más elevado del obtenido con cualquier otra cobertura empleada, ya sea de vidrio o diversos materiales plásticos no celulares.

En un invernadero, el 8% del calor se pierde por el suelo, el 12% a través del vidrio. Para obtener mayor ahorro de energía se puede lograr reduciendo la cantidad de calor perdido a través de la cubierta, en la tabla N° 5 se representan algunos coeficientes típicos de transmisión de calor en placas de policarbonato.

TABLA N° 5. Valores típicos del coeficiente de transmisión de calor de las placas.

PLACAS	$\frac{\text{Kcal}}{(\text{h} \cdot \text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})}$	$\frac{\text{W}}{(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{K})}$
Vidrio compacto (4 mm)	5,0	5,8
Placa de policarbonato Alveolar (4mm)	3,5	4,1
Placa de policarbonato Alveolar (6mm)	3,2	3,7
Placa de policarbonato Alveolar (8mm)	3,1	3,6
Placa de policarbonato Alveolar (10mm)	2,9	3,4
Placa de policarbonato Alveolar (16mm)	2,4	2,8

FUENTE: Fábrica de policarbonatos CARBOLUX S. A., Italia.

donde:

K representa la cantidad de calor (en Kcal) pérdida a través de 1 m² de placa, por hora y por 1°C de diferencia entre la temperatura interior y el exterior.

K es el coeficiente de transmisión del calor de la placa, que permite caracterizar su aislamiento: cuanto más elevado es **K**, menos aislante es la placa.

2.6 RESISTENCIA TÉRMICA.

La temperatura dentro de la cual se mantienen sin variación las características físicas del material de policarbonato está comprendida entre -35 °C y 135 °C. El intervalo permite su empleo en cualquier latitud.

2.7 DILATACIÓN TÉRMICA.

Es importante señalar que las láminas de policarbonato celular tienen una forma de trabajo muy diferente a otros materiales como el vidrio, acero o aluminio; para dar un ejemplo se dilata aproximadamente hasta 8 veces más que el vidrio. Es por ello que el factor de dilatación se debe tener en cuenta en el montaje dejando un espacio adecuado entre los soportes por la gran dilatación que sufren las placas con las variaciones de temperatura, en la tabla N° 6 se mencionan coeficientes de dilatación térmica del policarbonato y de otros materiales.

2.7.1 Profundidad de galce.

Después de haber evaluado los cambios térmicos que cada panel de policarbonato puede tener en su ubicación o alojamiento, la última consideración que se debe hacer es en los alojamientos de los lados paralelos a las nerviaturas.

Los extremos libres de los alvéolos cortados no pueden tener funciones de sujeción o soporte de la placa dentro del bastidor, si entre ellos estructuralmente no están unidos, de hecho son demasiado flexibles incluso con cargas pequeñas.

La profundidad de galce (ver figura N° 14) tendrá que proveer, por lo tanto la cota mayor entre $(TD+Db)$ o $(N+ETA)$; donde:

TD = variación por dilatación térmica;

Db = encogimiento virtual bajo carga;

N = extremo libre (paredes cortadas después de la última costilla alveolar);

ETA = seguridad, por lo menos 10 mm después de la última costilla.

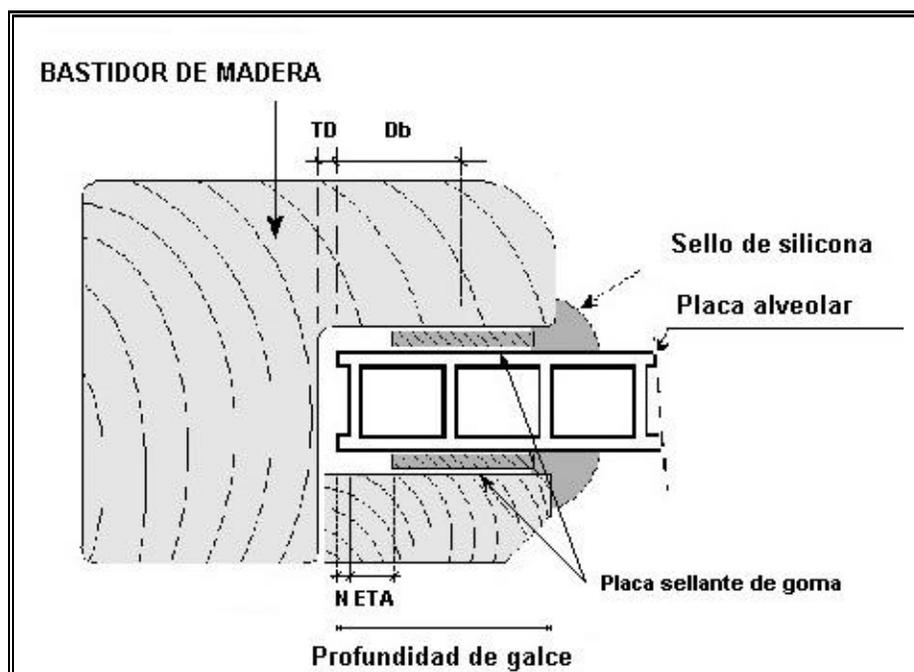


Fig. N° 14. – Profundidad de galce de una placa de policarbonato al fijarla en una ventana.

2.7.2 Ejemplo de cálculo de la profundidad del galce:

Para una ventana con las siguientes condiciones:

1. Si las dimensiones interna de un bastidor para ventana, miden 1,0 x 1,8 m.
2. La temperatura de instalación es de 15°C.
3. La temperatura máxima estival es de 42°C (la diferencia de temperatura es: $\Delta T^0 = 27^\circ\text{C}$).
4. La temperatura mínima invernal es de -17°C (la diferencia de temperatura es: $\Delta T^0 = -32^\circ\text{C}$).

El diferencial total de temperatura que soportará la placa cada año será de 59 °C. Si en el verano la placa precisa en el bastidor (1,0 x 1,8 m.), en la temperatura más baja (invierno) las dimensiones serán (0,996 x 1,793 m.).

TABLA N° 6. Coefficiente de dilatación térmica de distintos materiales.

Material	α_1
Polycarbonato	0,065 mm/m °C
Vidrio	0,008 mm/m °C
Acero	0,012 mm/m °C
Aluminio	0,025 mm/m °C

FUENTE: Fábrica de policarbonatos CARBOLUX S.A., Italia.

La formula de la dilatación térmica lineal:

$$TD = L \times \alpha_1 \times \Delta T \quad (\text{Ec. } 2.1)$$

donde:

TD : Variación por dilatación térmica (espacio restringido de variación).

L : Medida del bastidor.

α_1 : Coeficiente de dilatación térmica.

ΔT° : Cambio de temperatura (o diferencial de temperatura).

TDV : Variación por dilatación térmica vertical.

TDH : Variación por dilatación térmica horizontal.

Reemplazando en la ecuación 2.1

$$\text{Largo } (1,0 \times 0,065 \times 59 = 3,84 \text{ mm}) \quad \text{TDV} = 4 \text{ mm.}$$

$$\text{Ancho } (1,8 \times 0,065 \times 59 = 6,90 \text{ mm}) \quad \text{TDH} = 7 \text{ mm.}$$

Ya que en el momento del corte y de la instalación se encuentra aproximadamente en la mitad de la variación térmica total, se tiene que cortar la placa en paneles de (0,998 x 1,796 m).

Aunque el peso propio de las placas de policarbonato sea bajo, es mejor prever toda la dilatación vertical en la fijación superior y en la horizontal en la mitad de cada una de las fijaciones laterales (ver figura N° 15).

En general se aconseja dejar 3mm por metro cuadrado (tanto en anchura como en longitud) para permitir la dilatación.

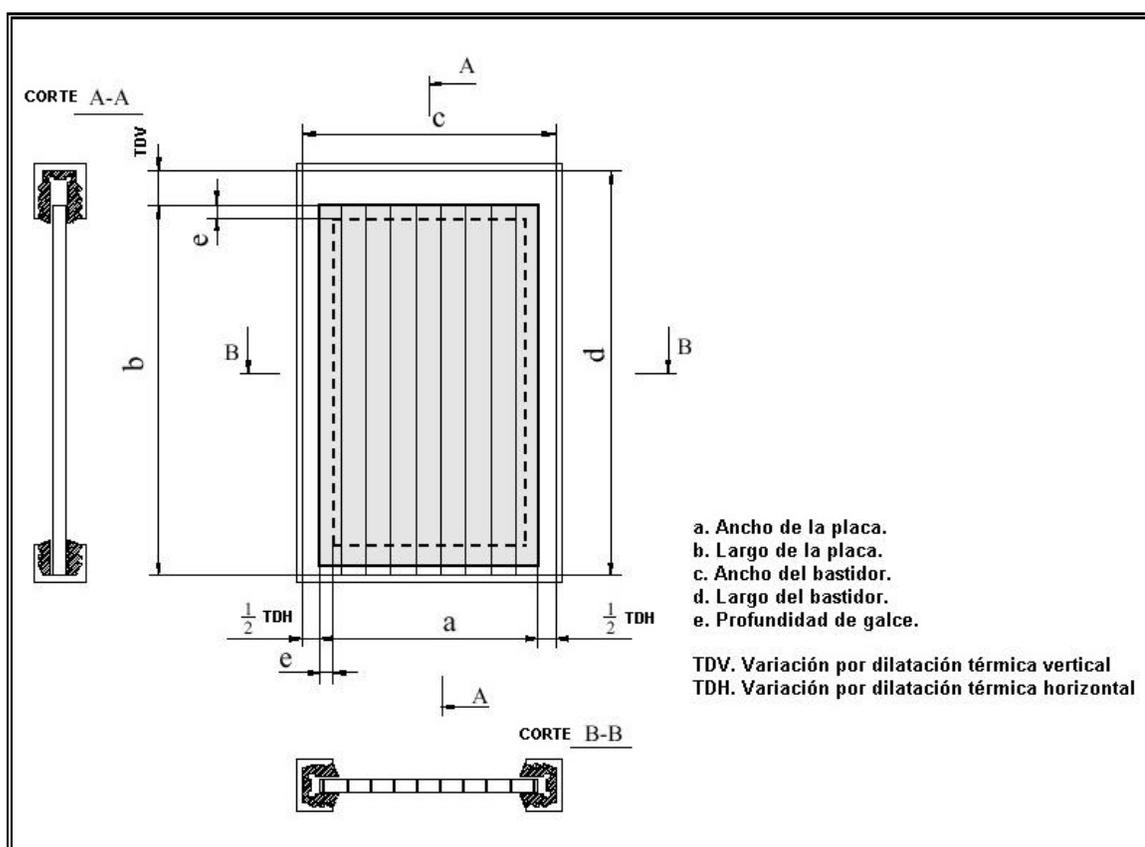


Fig. N° 15. – Sistema de fijación de una placa de policarbonato, considerando la profundidad de galce y dilatación térmica de la placa.

2.8 AHORRO ENERGÉTICO.

En lo que se refiere a las condiciones ambientales, un aislamiento insuficiente puede, hasta cierto punto, ser compensado por una calefacción más intensa. Por lo tanto, las condiciones económicas son las que determinarán esencialmente las bases para la elección del aislamiento térmico. Un buen aislamiento, además de un ahorro de combustible, proporciona

otras ventajas tales como una disminución de las condensaciones y una reducción en las instalaciones de calefacción.

Para poder cuantificar económicamente el ahorro energético en un cerramiento se dará la relación para calcular el importe ahorrado en un año usando coberturas de policarbonato celular en lugar de vidrio, en el siguiente ejemplo, se mostrara el diferencial económico entre los dos materiales mencionados.

Si se considera el caso de un invernadero con una superficie a cubrir de 135 m², climatizado a 15 °C en los meses más fríos del año, ubicado en la ciudad de Valdivia; el combustible a utilizar para la calefacción será petróleo.

Para verificar el ahorro anual en el consumo de petróleo se trabaja a partir de la siguiente expresión:

$$\text{COMBUSTIBLE AHORRADO} = \frac{\Delta K \times S \times D \times \Delta T}{R \times H} \quad (\text{Ec. } 2.2)$$

donde los datos requeridos son:

- S:** Superficies de la cubierta (techo y paredes laterales) en m²,
- DK:** Diferencia de los valores de transmisión térmica (valor K) entre las dos posibilidades de empleo (por ejemplo: vidrio 4 mm y plancha de policarbonato de 10 mm) en Kcal/hm² °C.
- DT:** Diferencia entre la temperatura interior y exterior; en grados centígrados. Este dato se puede obtener por el método de cálculo de grados – días.
- D:** Duración de la climatización forzada, en horas.
- H:** Poder calorífico del combustible empleado en calefacción.

TABLA N° 7. Poder calorífico de distintos combustible empleado en calefacción.

Tipo de Combustible	H (Kcal/x)
Carbón	5.972 Kcal./Kg
Gas licuado	11.900Kcal./Kg
Madera seca	$1,8 \times 10^{-6}$ Kcal./m ³
Petróleo	9.082 Kcal./Lts

FUENTE: Norma chilena Nch 1078 C73, (norma no oficial)

R: Rendimiento del sistema de calefacción (ver tabla N° 8):

TABLA N° 8. Rendimiento del sistema de calefacción, para distintos combustibles.

Tipo de Combustible	R (%)
Carbón	66
Gas licuado	85
Madera seca	66
Petróleo	78

FUENTE: Según norma Nch 1078 C73, (norma no oficial)

2.8.1 Ejemplo de cálculo.

Cálculo de los grados días (GD) para Valdivia:

$$GD = \sum_{i=1}^n (Tc' - T'e) \times N_i \quad (\text{Ec. } 2.3)$$

donde:

Tc': Temperatura interior de cálculo.

T'e: Temperatura exterior promedio del mes.

N_i : Número de días del mes considerado, para este caso 30 días.

n : número de meses del periodo de calefacción.

Para el cálculo de los grados días, se asumirá un funcionamiento de lunes a domingo teniendo 30 días/mes, el número de meses del periodo de calefacción será de 7, es decir, durante los meses más fríos (de abril hasta octubre) y una temperatura interior de 15 °C.

TABLA N° 9. Temperatura exterior promedio del mes, para la ciudad de Valdivia.

MES	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPT.	OCT.
T'e	12,1	10,2	8,1	7,7	8,4	9,6	11,7

FUENTE: Estación teja Instituto de Geociencias, U.A.CH.

TABLA N° 10. Diferencias de temperaturas entre la temperatura interior requerida y las temperaturas promedio mensual exterior de la ciudad de Valdivia (tabla N° 9).

T'e	12,1	10,2	8,1	7,7	8,4	9,6	11,7
Tc'	15	15	15	15	15	15	15
Tc' - T'e	2,9	4,8	6,9	7,3	6,6	5,4	3,3

Después de obtener los resultados de la diferencias entre las temperaturas medias interior y exterior son reemplazando en la ecuación (2.3).

$$GD = 1116 \text{ grados} - \text{días}$$

Teniendo los grados-día se procederá a el cálculo de ahorro de combustible, para un invernadero climatizado a 15 °C constantes.

- 1) Localidad: Valdivia = 1116 grados – días, disponiendo ya de los grados – diarios se multiplicarán por 24 horas de climatización:

$$D \times DT = (24 \times 1116) = 26784 \text{ °C h.}$$

- 2) Superficie de la cubierta del invernadero:

$$S = 135 \text{ m}^2$$

- 3) Diferencia de transmisión térmica entre vidrio de 4 mm y una placa de policarbonato de 10 mm (5,0 – 2,9) Kcal/h m² °C (Ver tabla N° 5):

$$DK = 2,1 \text{ Kcal/h m}^2 \text{ °C}$$

- 4) Tipo de Combustible petróleo (ver tabla N° 7):

$$H = 9082 \text{ Kcal/Lts.}$$

- 5) Rendimiento del combustible petróleo (ver tabla N° 8):

$$R = 0,78$$

Remplazando en la ecuación (2.2).

$$\text{COMBUSTIBLE AHORRADO} = \frac{2,1 \times 135 \times 26784}{0,78 \times 9082} = 1072 \text{ Lts.}$$

Valorando en unos 271 pesos chileno el costo por litro del petróleo, el ahorro será en ese caso superior a 290.512 pesos al año 17,36 UF (valor de la U.F. = \$16.736 pesos, 4 Diciembre de 2002), además de haber contribuido a la reducción de la contaminación atmosférica.

Capítulo III: RESISTENCIA MECÁNICAS.

Los aspectos de la aplicación de diversos tipos de cargas asociadas a las diversas condiciones de entorno sobre los materiales de policarbonatos en sus usos ingenieriles son de vital importancia, se describen brevemente más adelante en este capítulo.

3.1 SOLICITACIONES.

3.1.1 Carga debida al viento.

En aplicaciones verticales la carga que la placa debe soportar es fundamentalmente la del viento. Se recuerda que la acción del viento se hace cada vez más importante al aumentar la altura de la instalación (en el 6° piso de un edificio sopla una vez y media más fuerte que en el 1° piso).

La norma NCh 432.Of 71 establece la forma en que debe considerarse la acción del viento en el cálculo de construcciones, de la cual no se eximen los policarbonatos.

3.1.2 Cargas debida a la nieve.

En el caso de aplicaciones horizontales (ligeramente inclinadas), la carga que la placa tiene que soportar por efecto de la nieve. La inclinación mínima de las faldas tiene que ser de 5 grados (9 cm por metro) con alvéolos paralelos al displuvio. Un tejado realizado con placas alveolares (gracias a su elevado aislamiento térmico) no permite el deshielo inmediato de la nieve que acaba de posarse como sucede en los invernaderos de cristal, y por lo tanto la carga que deriva de la nieve no se tiene que despreciar.

El peso de la carga de nieve por prever en la localidad de instalación está establecido por las normas nacionales y regionales. En nuestro caso se utilizará la norma NCh 431 Of. 77.

3.2 DEFORMACIONES BAJO CARGA.

Es de vital importancia poder establecer cuales cargas que actúan sobre una estructura producirán los mayores esfuerzos internos o la mayor sollicitación, es por ello que es muy necesario calcular todas las cargas que actuarán sobre la estructura.

Sumando todas las cargas que actúan en un panel individual, se obtiene una carga total que determina su curvatura de deformación, la cual provoca un encogimiento virtual de los extremos de la placa (ver figura N° 16). Un encogimiento excesivo podría causar que la placa se salga del soporte.

Para el cálculo de deformación bajo carga se utilizará el método de la fábrica de placas de policarbonato CARBOLUX S.A., el cual fue desarrollado por Bayer A.G. (fabricante de la resina de policarbonato).

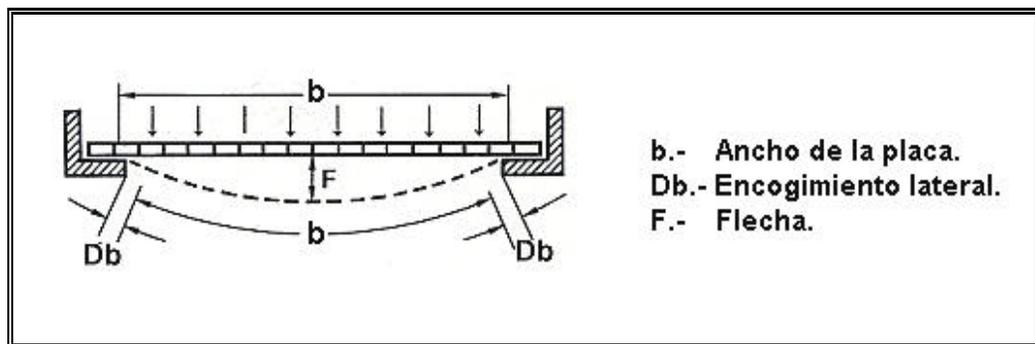


Fig. N° 16. – Encogimiento virtual de los extremos de una placa de policarbonato bajo carga.

Por razones de seguridad las placas se han fijado con un sistema de apoyo simple en los cuatro lados (ver figura N° 17).

El método consta en obtener a través de diagramas ancho versus (descritos más adelante) carga permitida de acuerdo a la relación entre la longitud (L) y el ancho (b) de las placas, si el ancho (distancia entre soportes) es la adecuada para resistir la carga calculada.

Estos diagramas están constituido por la carga máxima admisible, el ancho de la placa y curvas que indica la relación de luces o distancia entre soportes largo/ancho (L:b), en la figura N° 18 se indican los valores de la relación (L:b) más recomendados. Si la relación largo/ancho no corresponde a las indicadas, se tienen que evitar estas medidas.

El ancho “b” de cada placa está ubicado en la abscisa de los diagramas (el ancho es la distancia entre apoyos medido transversalmente a los alvéolos) y la ordenada representa la carga estimada a la que diagramas de carga para los diversos espesores de placas alveolares, dando la carga máxima será sometida la placa.

Los cálculos han sido basados sobre una deformación máxima del 5% del lado más corto de la placa (ancho), aunque la flecha no afecte a la resistencia de la placa se tomará esta máxima por razones de seguridad y estética.

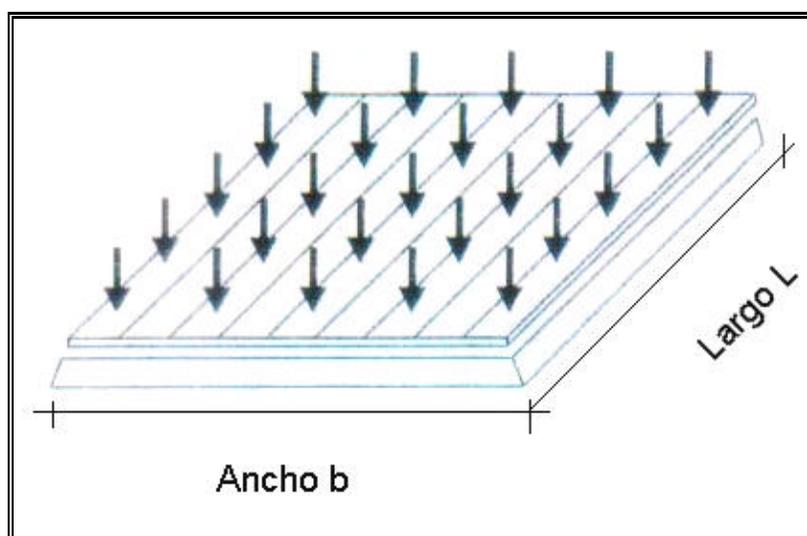


Fig. N° 17. – Placa de policarbonato apoyada en los cuatro lados.

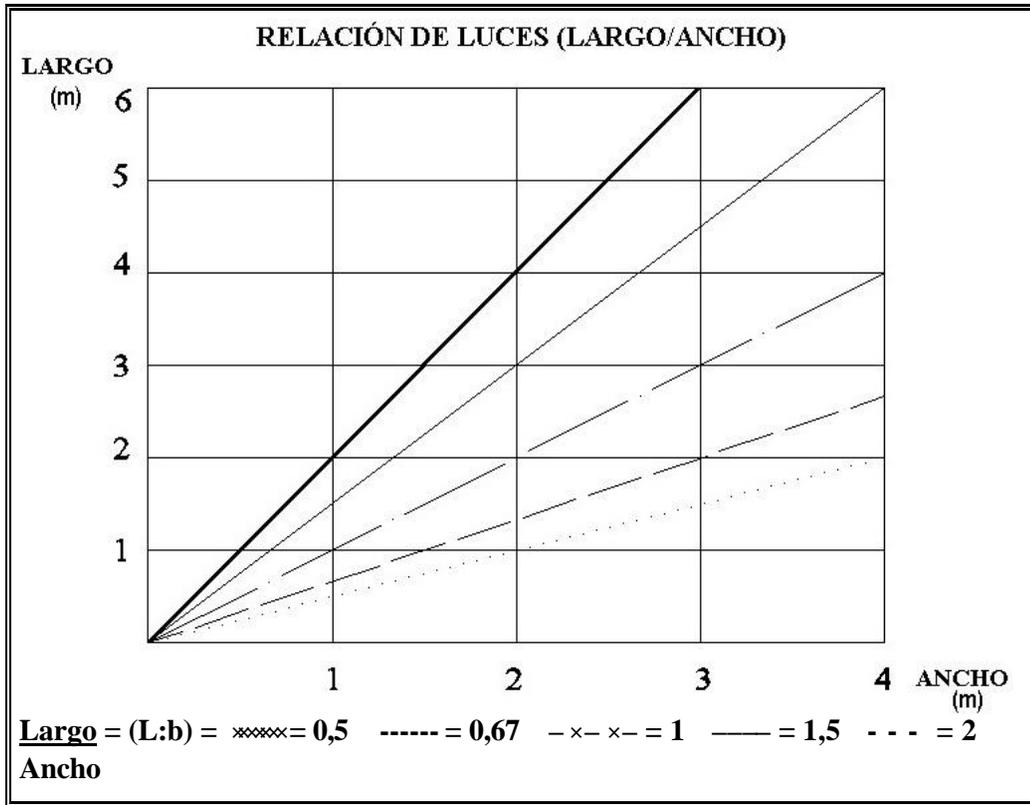


Fig. N° 18. – Relación de luces largo/ancho de placas de policarbonato.

Antes de continuar con los cálculos estructurales se darán a conocer los tipos de placas de policarbonato alveolar con sus respectivos espesores y peso por metro cuadrado, ver figura N° 19.

Placas alveolares	espesor mm	peso gr/m ²	Placas alveolares	espesor mm	peso gr/m ²
	4	1.000		10	2.200
	6	1.300		16	2.700
	8	1.700		16	2.700
	10	2.000		16	2.800
	16	2.600			

Fig. N° 19. – Sección y peso de placas de policarbonato alveolar.

3.2.1 Encogimiento virtual durante la inflexión por carga.

Ejemplo: Cálculo de las deformaciones bajo carga.

Encontrar según el diagrama ancho versus carga permitida (ver figura N° 21), si la placa de policarbonato con perfil M de 16 mm de espesor (ver figura N° 20), con dimensiones de 1,0 m x 1,5 m, resiste satisfactoriamente una carga de 100 Kg/m^2 , considerando una flecha máxima de 5% de su ancho, se puede en forma fácil determinar en la figura N° 22 el encogimiento lateral (Db).

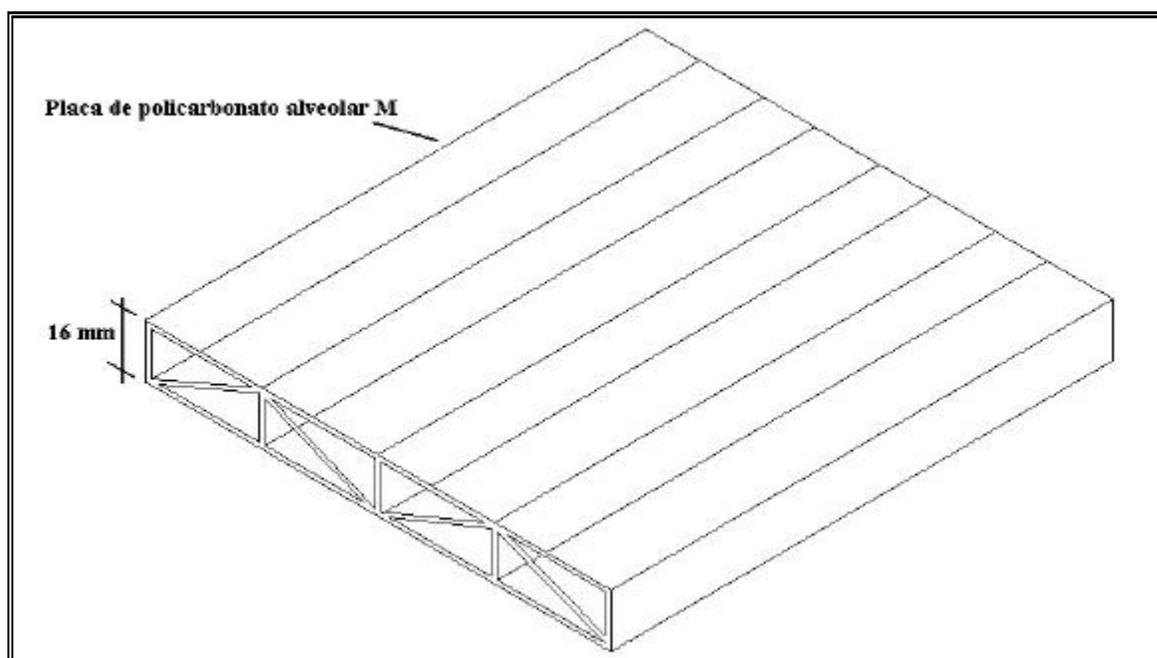


Fig. N° 20. – Placa de policarbonato alveolar 16 mm de espesor con perfil M.

Datos de la placa de policarbonato:

- Espesor = 16 mm
- Dimensiones 1,0 x 1,5 m (ancho $b = 1,0 \text{ m}$, largo $L = 1,5 \text{ m}$).
- Carga uniformemente distribuida = 100 Kg/m^2 .

Para realizar el cálculo de debe desarrollar la siguiente secuencia de estudio:

Fase 1. Verificar que la placa tenga una carga de aceptación.

De acuerdo con la relación largo/ancho la curva correspondiente es curva $L:b = 1,5$ (ver figura N° 18), verificar en la figura N° 21, que para el ancho 1000 mm y al interceptar la curva

esta esté por encima de la carga de 100 Kg/m^2 implica que la carga es aceptable, sino elegir una placa de mayor espesor o disminuir las dimensiones de la placa.

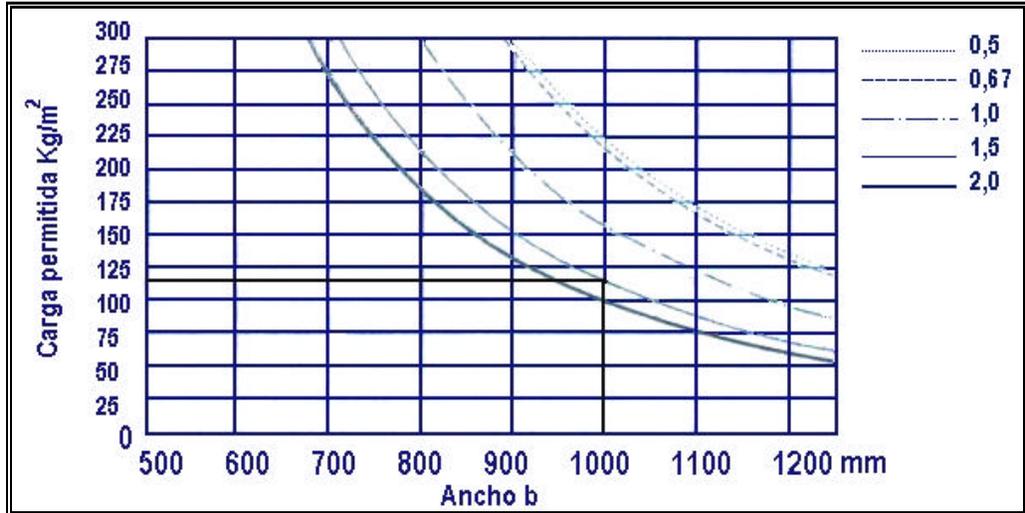


Fig. N° 21. – Diagrama ancho versus carga permitida de una placa de policarbonato de 16 mm de espesor con perfil M.

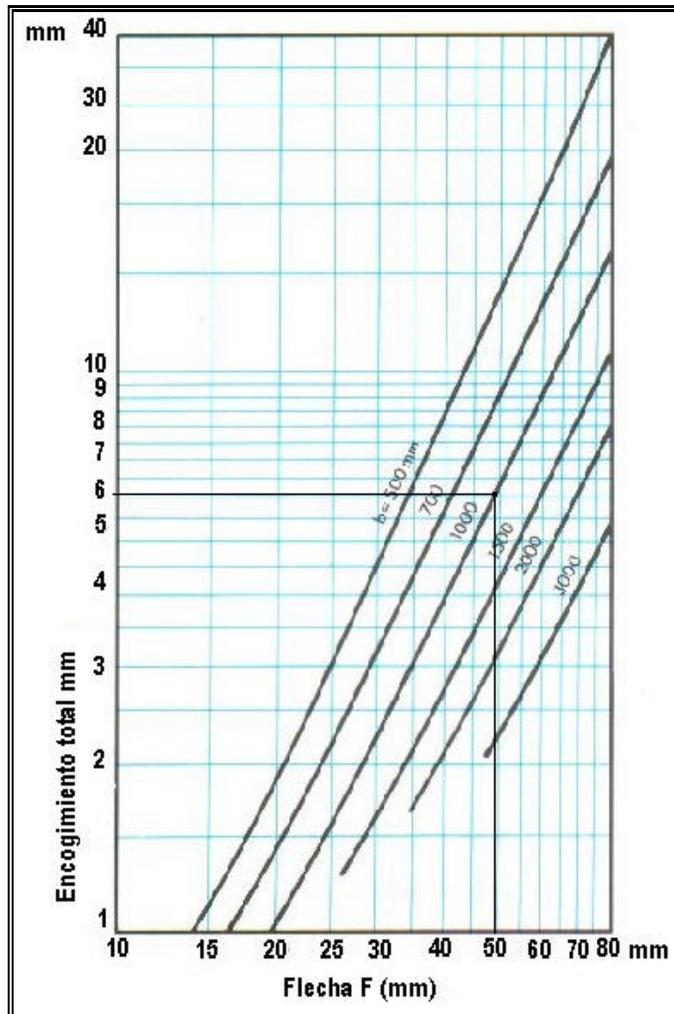


Fig. N° 22. – Relación flecha encogimiento.

Fase 2. Cálculo del encogimiento de la placa bajo carga.

Si la flecha F para la carga máxima es igual al 5% del ancho y este mide 1000 mm por consiguiente la flecha será de 50 mm, al interceptar el punto de la flecha $F = 50$ mm con la curva de dimensión $b = 1000$ mm en el diagrama relación flecha encogimiento (ver figura N° 23), se podrá obtener el encogimiento virtual total D_t equivalente a 6 mm, por lo tanto el encogimiento lateral D_b será de 3 mm, la mitad de encogimiento total (para el cálculo de la profundidad de galce se utilizará D_b).

Las siguientes figuras corresponden a los gráficos ancho versus carga permitida para los diferentes tipos y espesores de placas de policarbonato alveolar.

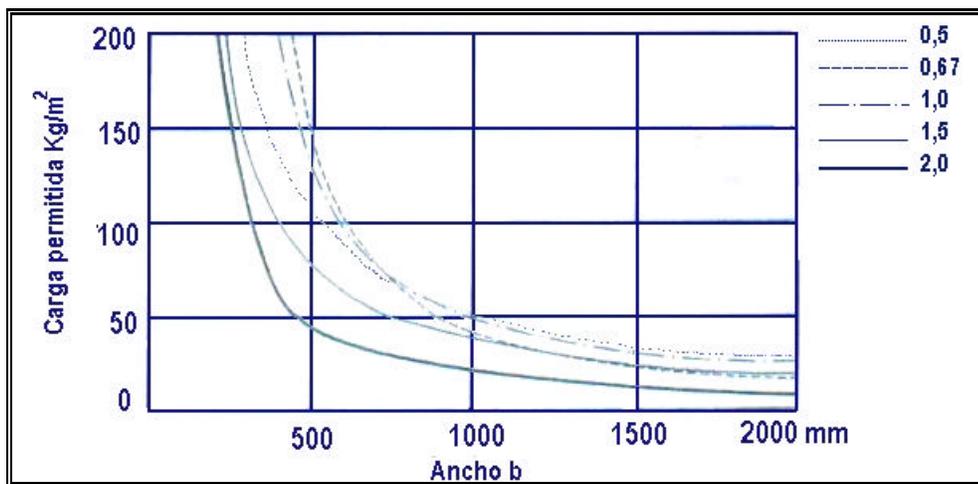


Fig. N° 23. – Relación ancho v/s carga permitida para una placa de 4 mm de espesor, dos paredes.

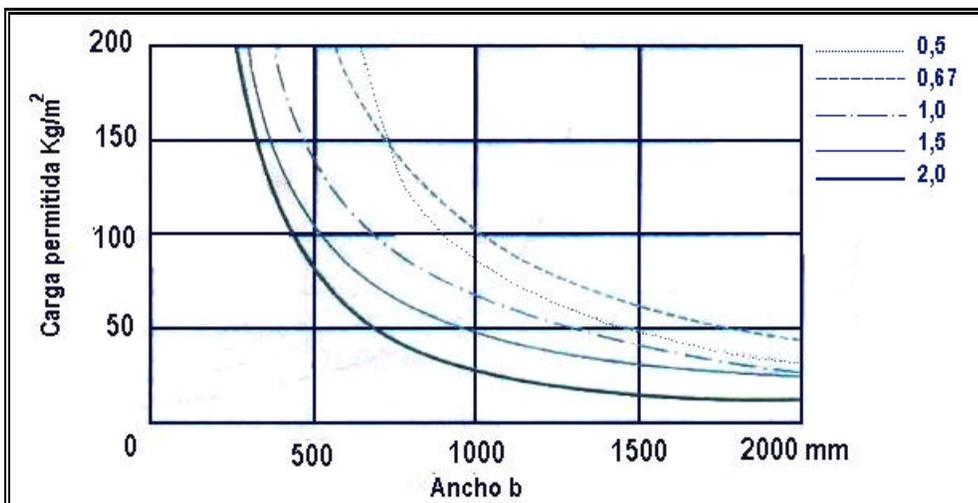


Fig. N° 24. – Relación ancho v/s carga permitida para una placa de 6 mm de espesor, dos paredes.

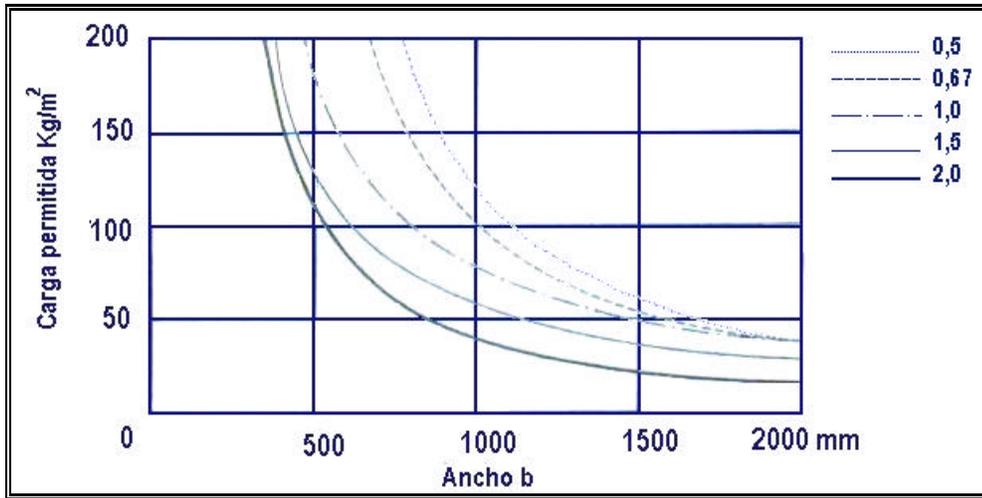


Fig. N° 25. – Relación ancho v/s carga permitida para una placa de 8 mm de espesor, dos paredes.

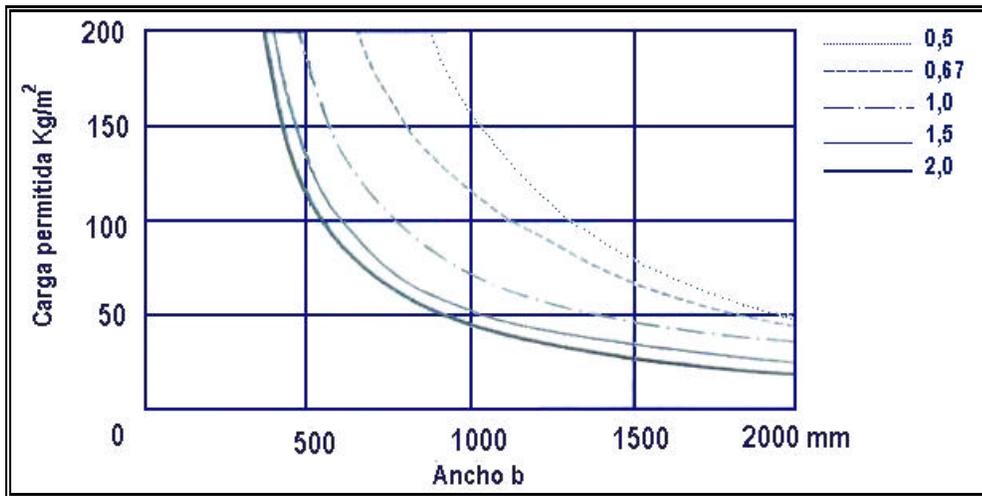


Fig. N° 26. – Relación ancho v/s carga permitida para una placa de 10 mm de espesor, dos paredes.

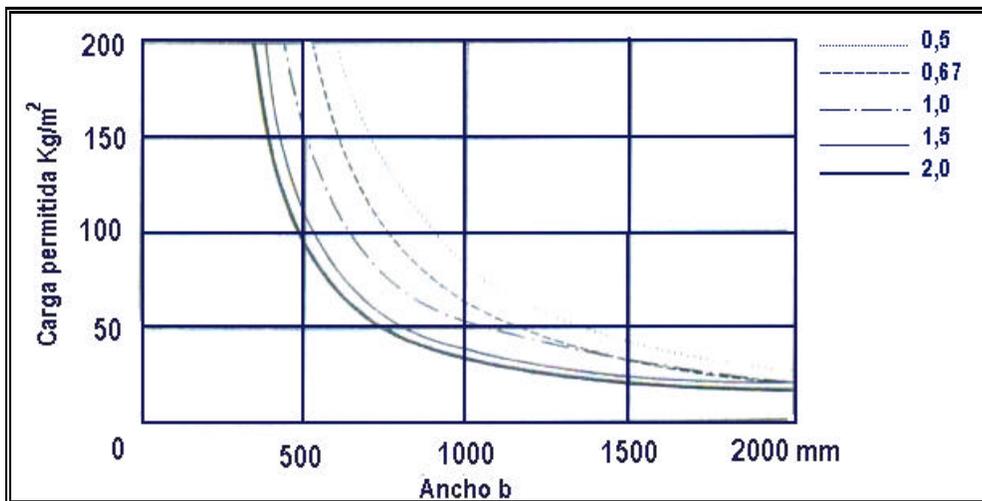


Fig. N° 27. – Relación ancho v/s carga permitida para una placa de 10 mm de espesor, tres paredes.

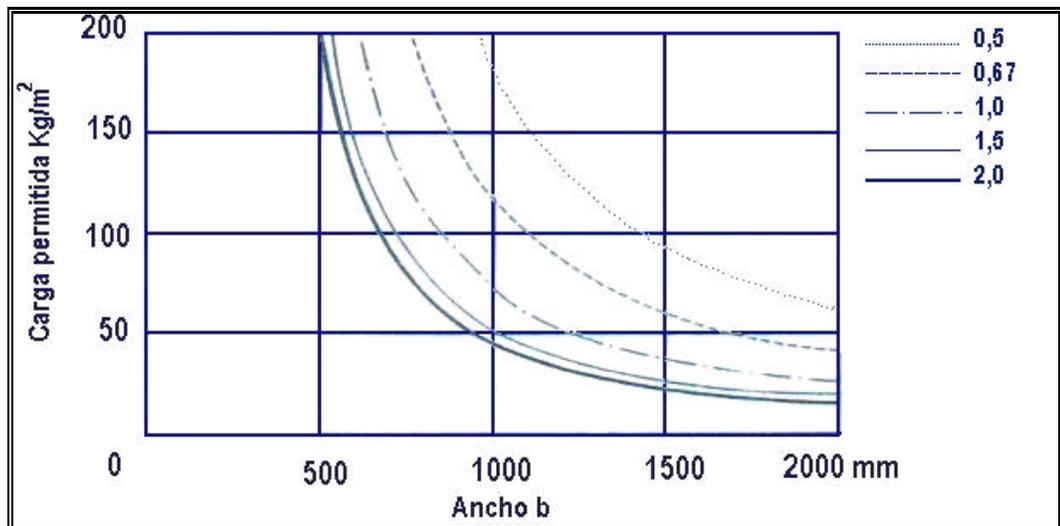


Fig. N° 28. – Relación ancho v/s carga permitida para una placa de 16 mm de espesor, tres paredes.

3.3 CÁLCULO DE ESPACIAMIENTO Y CARGA PARA DIFERENTES MÉTODOS DE INSTALACIÓN DE PLACAS DE POLICARBONATO.

En este punto se dará a conocer otro sistema para determinar la distancia entre apoyos bajo una carga máxima para placas de policarbonato alveolar, este método es utilizado por la Industria de policarbonatos PALRAM (Israel), el cual consta de tres métodos de instalación de placas en una posición plana.

A. Placas apoyadas en todo su contorno: Este sistema al igual que el visto anteriormente en el punto (3.2) las placas están apoyadas en los cuatro lados (ver figura N° 29), por lo tanto dependen de la longitud y del ancho de las placas, es decir, relación largo/ancho (L:b) para determinar la carga admisible.

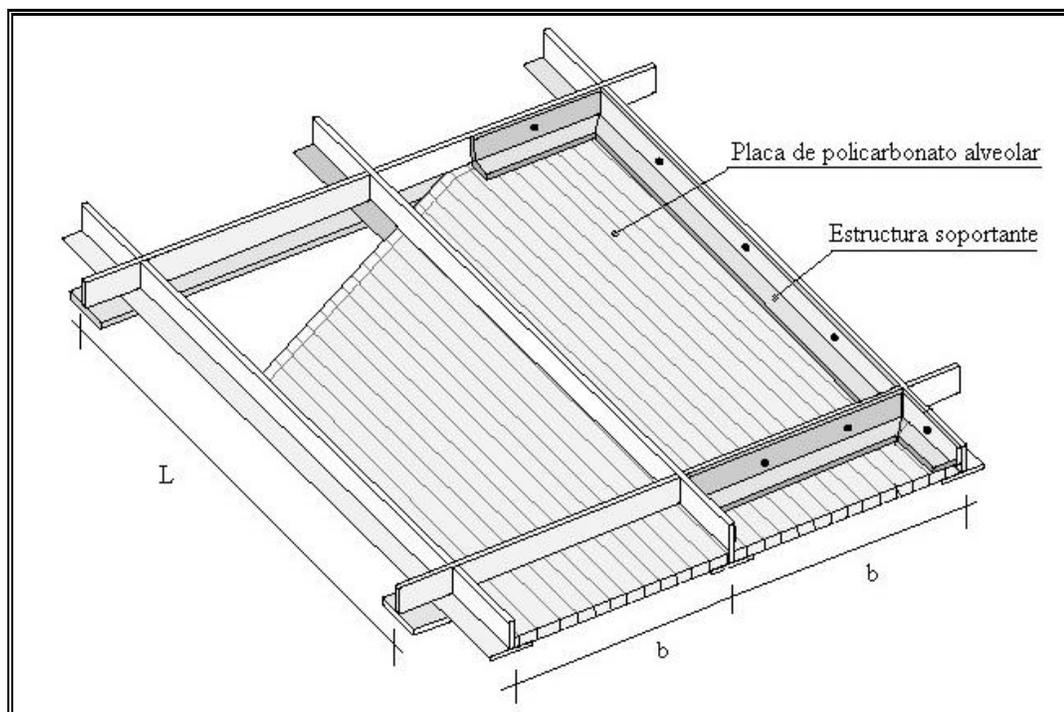


Fig. N° 29. – Figura invertida para mostrar en forma clara el sistema de apoyo.

En la tabla N° 11 se dan a conocer los valores más recomendados del ancho o distancia entre soportes (medido desde el centro de cada soporte), para cada tipo de placa de policarbonato alveolar sometida a cargas de viento-nieve, de acuerdo a la relación (L:b), donde la razón (1:1), ofrece una mayor carga admisible en comparación con la (1,5:1) y mayores a ésta, utilizando una placa con el mismo espesor. Para una razón (L:b) mayor a (1,5:1) las propiedades estructurales son casi las mismas que el sistema de apoyo en dos lados, por lo tanto hay una ventaja estructural en el sistema de apoyo de cuatro lados sobre el de dos apoyo.

En cuanto a la curvatura por deformación, es aceptable una deformación máxima del 5% del ancho de la placa (el ancho es medido en forma transversal a los alvéolos).

TABLA N° 11. Distancias recomendadas medidas entre soportes (ancho), de un sistema de placas apoyadas en los cuatro lados.

Tipo de Placa	Cargas uniformemente distribuidas (Viento y Nieve) Kg/m ²	Distancia entre soportes de la medida más corta (ancho)de, acuerdo a la razón (L:b)		
		Razón 1:1	Razón 1,5:1	Razón > 1,5:1
		mm	mm	Mm
Doble pared 6mm	50	900	700	500
	80	700	500	350
	100	500	400	-
	120	400	300	-
Doble pared 8 mm	50	1150	900	600
	80	1000	700	480
	100	900	550	450
	120	750	500	-
Doble pared 10 mm	50	1250	1000	750
	80	1200	750	550
	100	1100	600	500
	120	950	520	450
Triple pared 8 mm	50	1200	950	650
	80	1050	720	510
	100	950	560	470
	120	800	510	-
Triple pared 16 mm	50	1500	1200	1100
	80	1300	1100	1050
	100	1200	1050	900
	120	1100	950	850

FUENTE: Industrias de policarbonatos PALRAM, Israel.

Notas.

1. Los datos están basados en pruebas de cargas aplicadas a placas alveolares.
2. Las medidas recomendadas están calculadas con una curvatura de deformación máxima del 5% del ancho de la placa medido transversalmente a los alvéolos.
3. Las placas pueden resistir aún cargas más altas sin colapsar, sin embargo, el acortamiento lateral excesivo, creado por la gran curvatura de deformación puede incitar a que las placas se salgan del soporte.

B. Placa apoyada en dos lados (longitudinalmente): Este es un sistema simple de instalación para placas de policarbonato alveolar el cual permite usar placas de gran longitud (ver figura N° 30). Este sistema no es tan firme, el cual permite que el ancho (b) sea más vulnerable a las cargas y por lo tanto limitado, el ancho corresponde a la medida más corta de la placa, es decir, transversal a los alvéolos y medido desde el centro de los soportes, en la tabla N° 12 se indicarán los anchos más recomendados para placas alveolares con distintos espesores sometidas a carga.

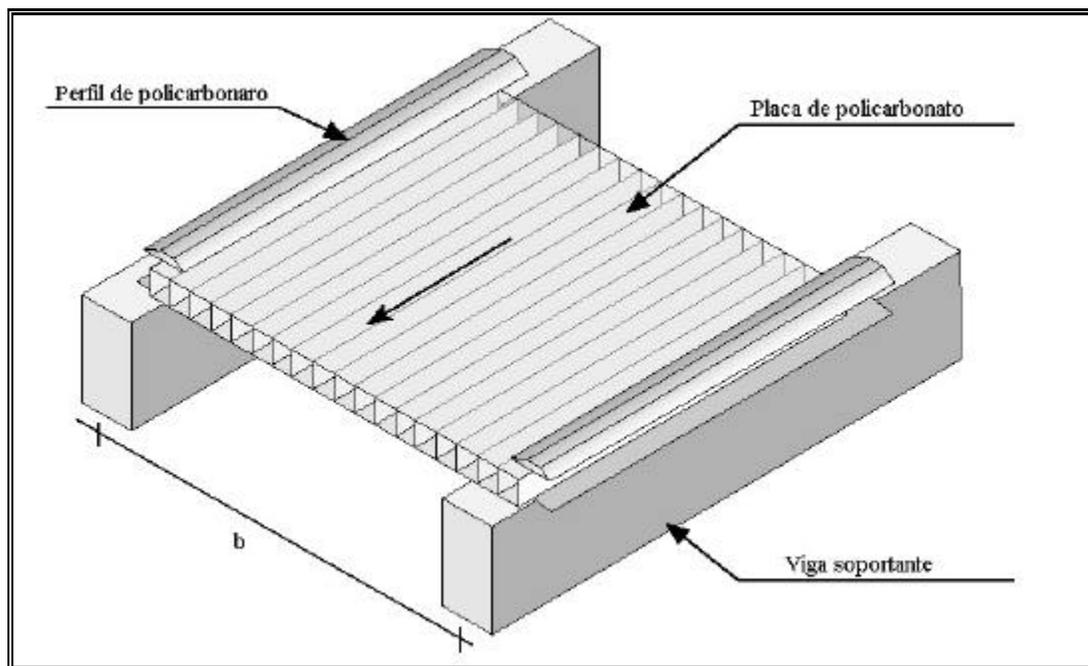


Fig. N° 30. – Placa de policarbonato alveolar apoyada en dos lados.

TABLA N° 12. Distancia de instalación recomendada para placas alveolares apoyadas en dos lados, sometidas a diferentes cargas.

Tipo de placa	Doble pared 6 mm	Doble pared 8 mm	Doble pared 10 mm	Triple pared 8 mm	Triple pared 16 mm
Carga (Viento-nieve)	mm	mm	mm	mm	Mm
Kg/m ²					
50	450	540	680	600	990
80	315	430	500	470	940
100	-	405	450	425	810
120	-	-	400	-	770

FUENTE: Industrias de policarbonatos PALRAM, Israel.

C. **Sistema de apoyo para cubiertas:** Este método es el más práctico, las dimensiones de las placas pueden ser de gran tamaño, las placas de grandes longitudes no sufren grandes deformaciones por dilatación térmica. Las placas son instaladas en la estructura soportante con los alvéolos en dirección perpendicular a ella y fijadas con tornillos (ver figura N° 31), las dimensiones entre los soportes "L" son determinadas por las cargas y las curvaturas de deformación específicas de las placas, en la tabla N° 13 se dan a conocer los valores de "L" recomendados para este tipo de instalación sometido a diferentes cargas.

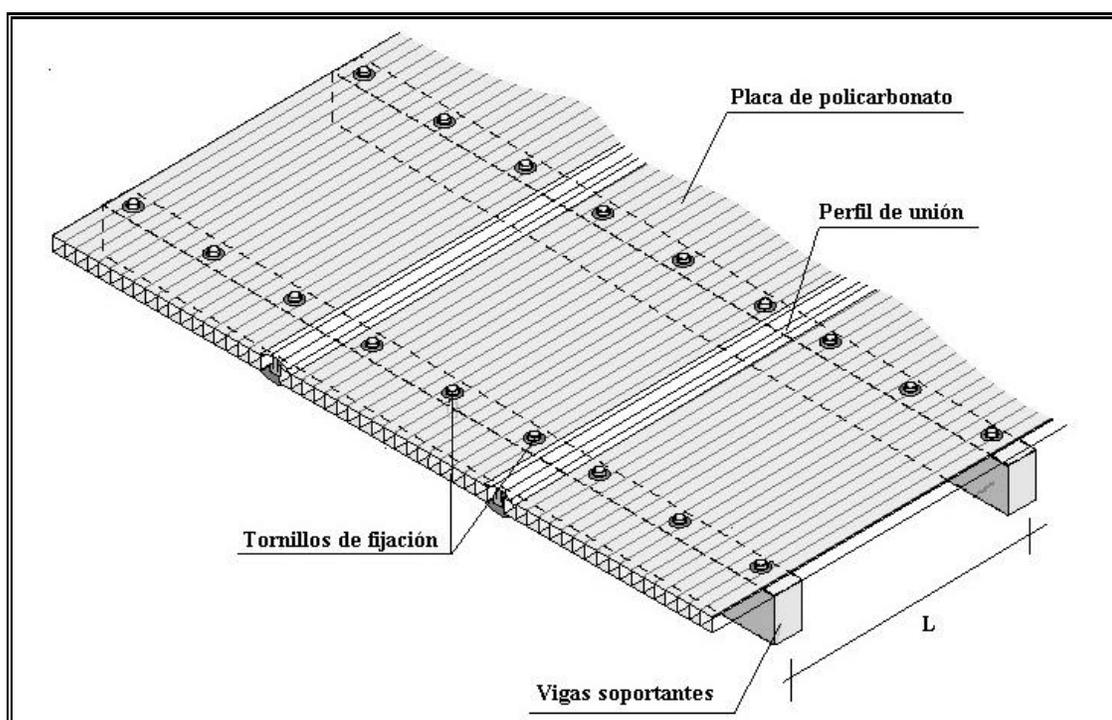


Fig. N° 31. – Sistema de apoyos para cubiertas.

TABLA N° 13. Medidas recomendadas de separación entre las estructuras de soportes.

Placa	Espesor mm	Distancia L (centro a centro) entre la estructura soportante			
		mm	mm	mm	mm
Cargas de viento-nieve					
		Kg/m ²	Kg/m ²	Kg/m ²	Kg/m ²
		50	80	100	120
Doble pared	6	800	600	400	-
	8	1000	850	550	400
	10	1250	1100	950	800
Triple pared	8	1080	930	750	650
	16	1600	1400	1250	1130

FUENTE: Industrias de policarbonato PALRAM, Israel.

Nota:

1. Los cálculos han sido basados con una deformación máxima de curvatura de 5%.
2. El signo (-) en la tabla indica que el tipo de perfil especificado no puede ser usado.

3.4 PLACAS CURVADAS EN FRÍO.

Las placas de policarbonato son óptimas para la realización de estructuras curvadas (tipo invernaderos en forma de túnel) donde la estructura alveolar aumenta la rigidez de la placa curvada longitudinalmente a los alvéolos. Las placas no deben curvarse en dirección paralela a los alvéolos ya que se pierde el efecto de viga curvada favoreciendo el agrietamiento de las placas en sentido longitudinal y facilita el principio de un derrumbamiento bajo carga (ver figura N° 32).

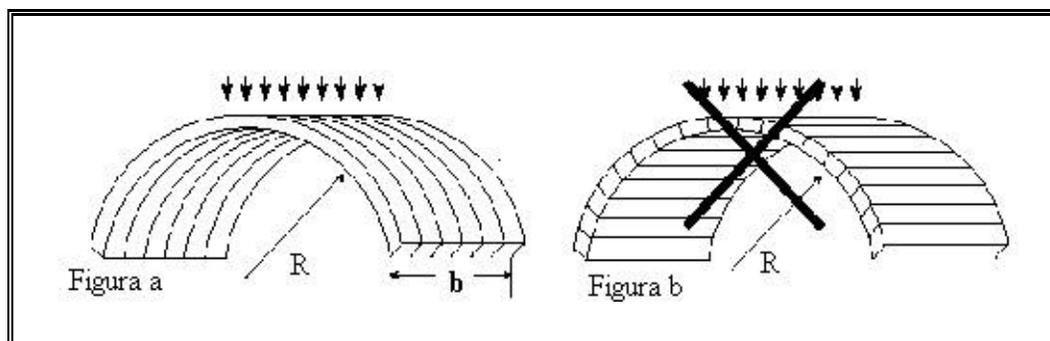


Fig. N° 32. – Instalación correcta de placas curvadas.

Al instalar una placa de policarbonato a la intemperie cada carga, vibración o esfuerzo limita su vida útil; dichos esfuerzos modifican la resistencia mecánica del policarbonato. La forma de evitar este problema es respetando las cargas máximas así como los radios mínimos de curvatura, en la tabla N° 14 se darán a conocer los valores mínimos de curvatura que deberán tener las placas de policarbonato alveolar según el espesor.

TABLA N° 14. Radios mínimos de curvaturas para placas alveolares.

ESPESOR / N° DE PAREDES (mm)	RADIO MÍNIMO (mm)
4/2	750
6/2	1000
8/2	1250
10/2	1500
10/3	1700
16/3	2700
16/M	NO CURVAR

FUENTE: Fábrica de placas de policarbonato CARBOLUX S.A.

3.4.1 Cargas admisibles para las placas curvadas en frío.

El presente método utilizado para el cálculo de la carga admisible en placas de policarbonato alveolar curvadas en frío, fue desarrollado por la fábrica de placas de policarbonato CARBOLUX S.A., en la figura N° 33 se muestra una placa de policarbonato alveolar curvada, con un radio de curvatura R y un ancho b, sometida a una carga P.

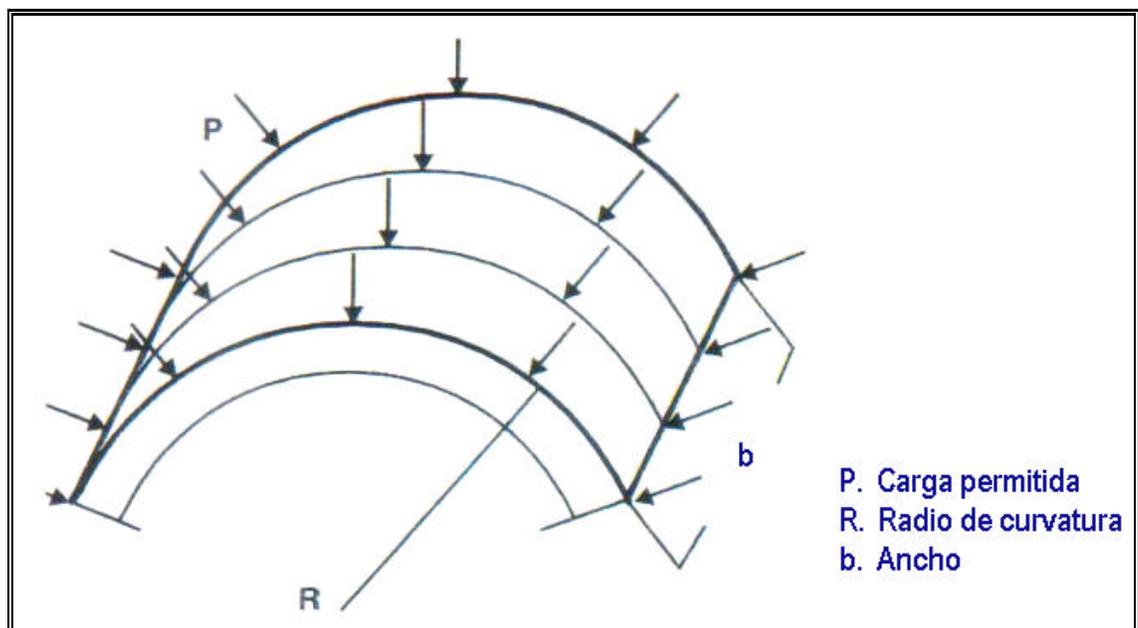


Fig. N° 33. – Placa curvada en frío sometida a carga.

Este método consiste en encontrar la carga máxima permitida sobre una placa curvada en función del radio de curvatura, del ancho y del espesor de la placa. En las figuras N° 35 hasta la 40, se muestran los diagramas radio versus carga máxima admitida en donde la ordenada corresponde a la carga máxima permitida, la abscisa al radio de curvatura y las curvas al ancho b (distancia entre apoyos medidos en sentido transversal a los alvéolos) de la placa, en la figura N° 34 se indican los valores del ancho b (distancia entre apoyos) recomendados placas alveolares curvadas en frío.

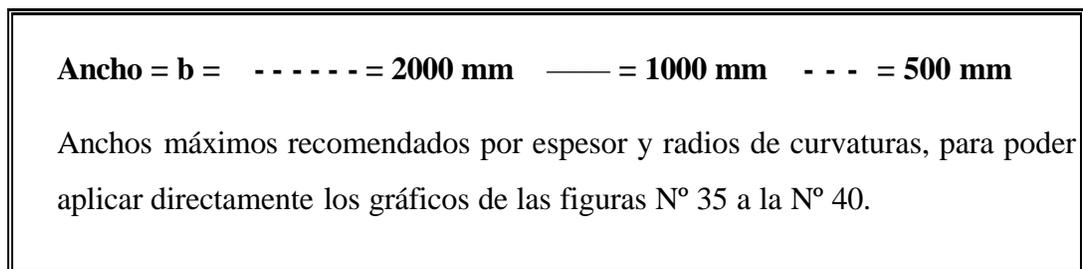


Fig. N° 34. – Anchos recomendados para placas curvadas.

FUENTE: Fábrica de placas de policarbonato CARBOLUX S.A.

En los gráficos radio versus carga permitida, se puede observar que mientras se aumenta la carga admisible con un ancho determinado, disminuye el radio de curvatura y al disminuir el ancho se puede aumentar la carga admisible.

3.4.1.1 Ejemplo de cálculo.

Si se desea instalar una placa de policarbonato alveolar de 4 mm de espesor, con un radio de curvatura de 2000 mm y un ancho de 500 mm, se obtendrá una carga admisible de 25 Kg/m² (ver figura N° 35), si aumentamos la carga admisible a 45 Kg/m² el radio de curvatura disminuirá a 1500 mm, si no se desea cambiar el radio de 2000 mm para una carga de 45 Kg/m², se debe aumentar el espesor de la placa.

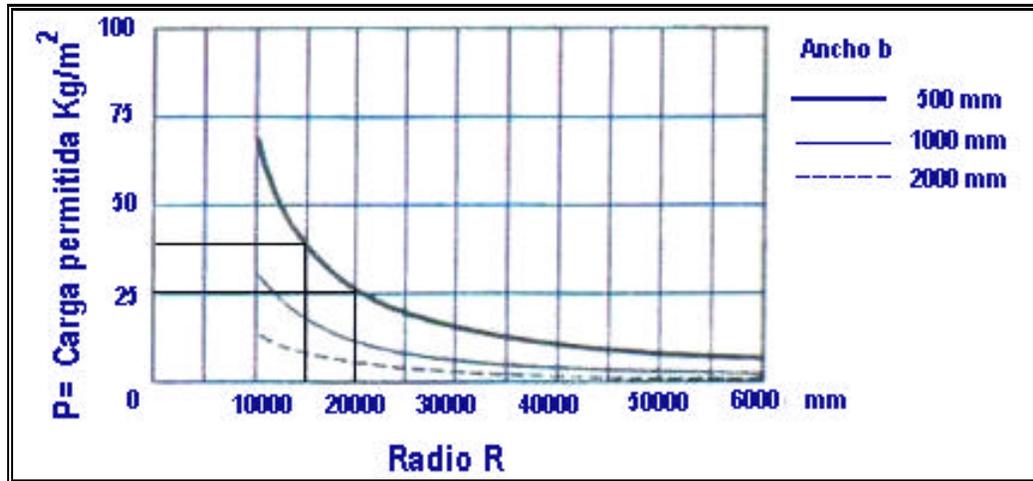


Fig. N° 35. – Radio versus carga permitida para una placa de policarbonato alveolar de 4 mm de espesor, dos paredes.

En las figuras siguientes, se muestran relaciones similares a las mostradas anteriormente, pero aumentando los espesores de las placas (6, 8 ó 10 mm).

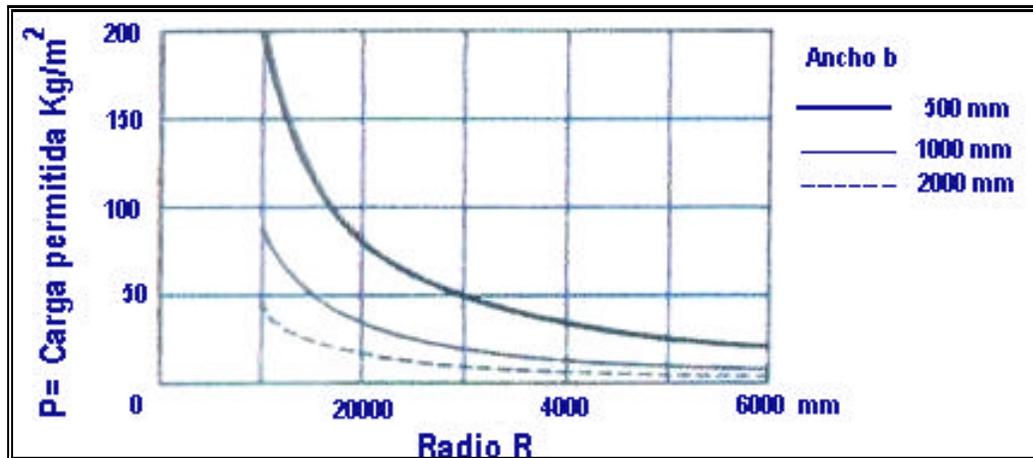


Fig. N° 36. – Radio versus carga permitida para una placa de policarbonato alveolar de 6 mm de espesor, dos paredes.

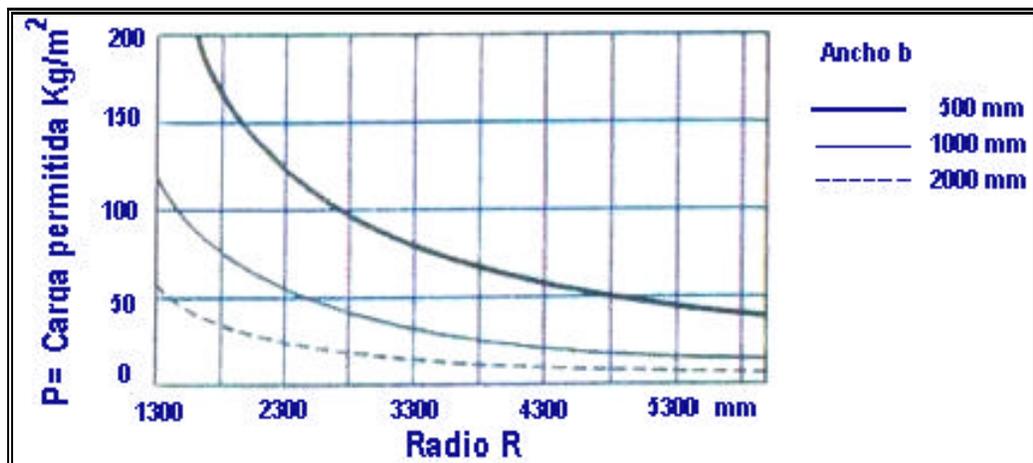


Fig. N° 37. – Radio versus carga permitida para una placa de policarbonato alveolar de 8 mm de espesor, dos paredes.

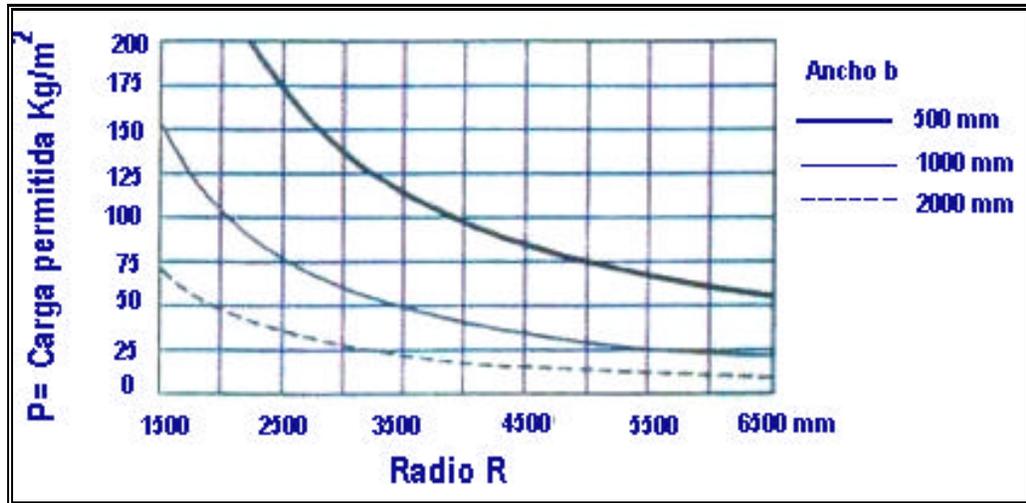


Fig. N° 38. – Radio versus carga permitida para una placa de policarbonato alveolar de 10 mm de espesor, dos paredes.

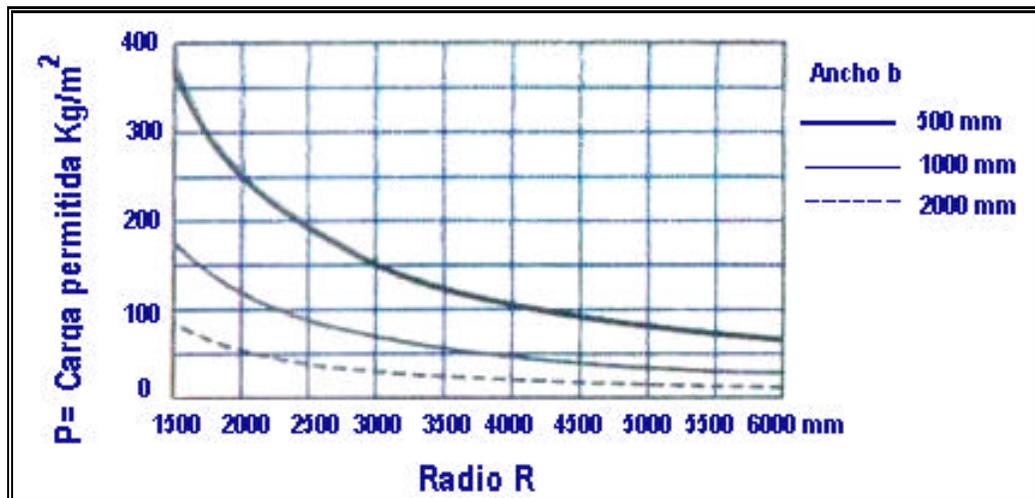


Fig. N° 39. – Radio versus carga permitida para una placa de policarbonato alveolar de 10 mm de espesor, triple pared.

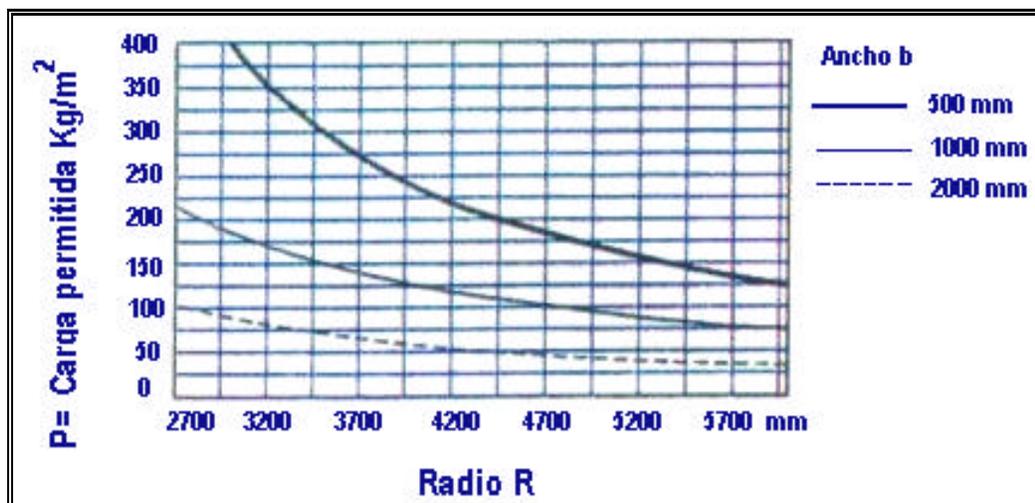


Fig. N° 40. – Radio versus carga permitida para una placa de policarbonato alveolar de 16 mm de espesor, triple pared.

Capítulo IV: POLICARBONATO EN PLACAS Y EJEMPLOS DE USO.

Dentro de la gama de productos de policarbonato, las placas son de uso mayoritariamente en las construcciones de invernaderos, patios cubiertos, etc. Y para tal finalidad existen en el mercado diversos tipos de planchas tanto lisas como de otras formas y colores, características que se mostrarán brevemente en el desarrollo de este capítulo.

4.1 TIPOS DE PLACAS.

4.1.1 Placas de policarbonato alveolar.

Las características de este producto se muestran en las figuras N° 41 y 42, al cual también se le denomina celular o de cámara, constan en una placa transparente con cámaras de aire en su interior. Las placas están formadas por dos o tres paredes delgadas paralelas unidas entre si por nervaduras verticales.

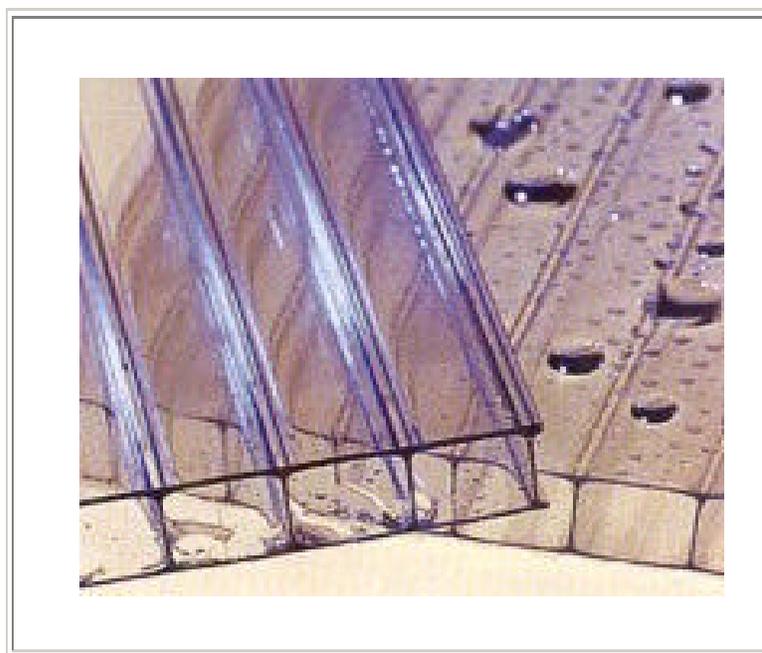


Fig. N° 41. – Placa de policarbonato alveolar, dos paredes.

En el caso que la placa tenga que quedar expuesta a la intemperie se recomienda utilizar placas alveolares protegidas en una de sus caras por una película que filtra los rayos ultravioleta resguardando al resto del material para evitar su temprana degradación. También se fabrican placas sin esta protección a las radiaciones U.V., pero no es conveniente utilizarla en cubiertas exteriores.

Las placas alveolares tienen un gran poder termoaislante, el cual, en función del número de paredes, su poder puede duplicarse, triplicarse o cuadruplicarse. Sus principales características están dadas por su gran resistencia a los golpes, óptima transparencia, buen comportamiento al fuego, ligereza, aislamiento térmico y curvabilidad en frío.

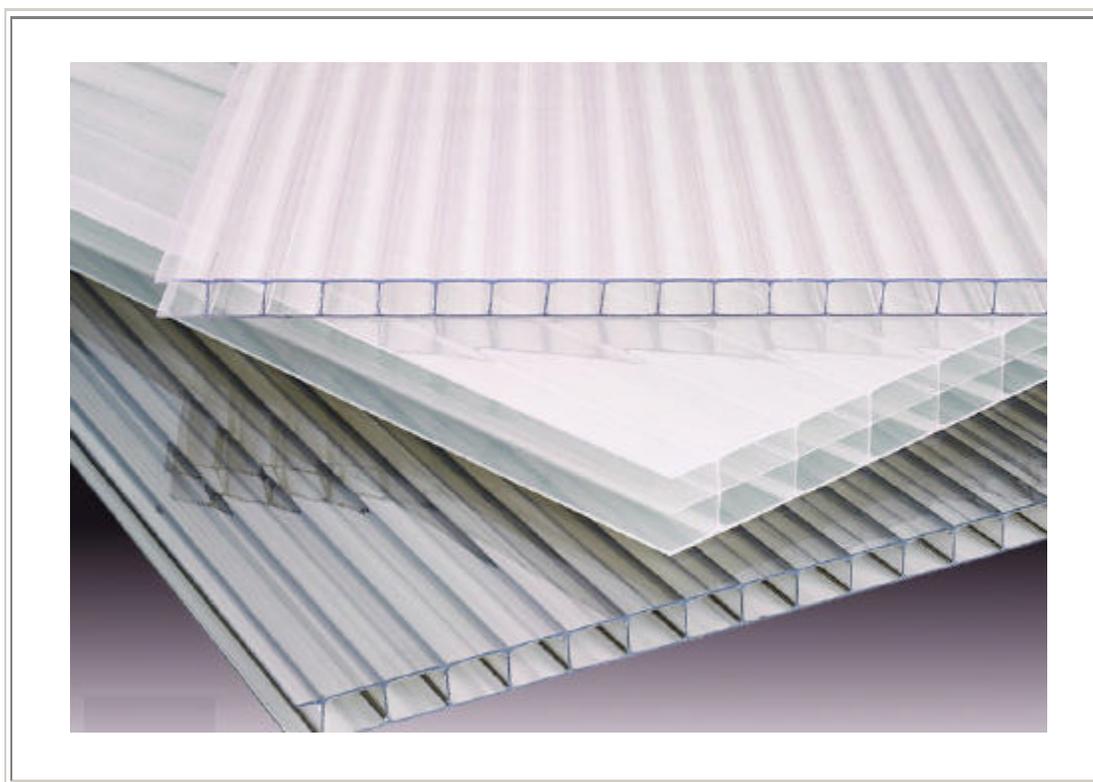


Fig. N° 42. – Placa de policarbonato alveolar de 2 y 3 paredes.

4.1.2 Placas de policarbonato compacto.

Este producto también llamado placa monolítica se muestra en la figura N° 43 y es considerado como el moderno sustituto del vidrio tradicional o cristal (de acuerdo cómo se ponderen o adapten sus ventajas y desventajas a los requerimientos de uso), con propiedades

incomparables de transparencia, solidez, ligereza, flexibilidad y duración, estas propiedades hacen que las muy resistentes planchas de policarbonato tengan una dureza similar al vidrio y, a la vez, buena resistencia a los golpes.

Dentro de este tipo de planchas están las protegidas contra los rayos ultravioleta por sólo una de sus caras y por ambas caras. También existen placas con superficies resistentes al rayado y a los productos químicos. Todas las planchas son conformables, sin problemas, en caliente o en frío.



Fig. N° 43. – Policarbonato compacto.

4.1.3 Placas de policarbonato ondulado.

Existen dos tipos de estas placas una de ellas consta de una lámina de pared sencilla acanalada (ver figura N° 44) que además, posee alta resistencia, ligereza y facilidad de manejo.

El otro tipo de plancha ondulada es alveolar, multipared, muy ligeras, con un bajo coeficiente de conductividad térmica e igual que la anterior cuenta con una capa protectora contra los rayos ultra violeta.

Los tipos transparentes disponen de elevada transmisión de luz, optimizando la configuración especial de la ondulación de la caída de la luz al interior. De esta manera, se evitan una excesiva intensidad luminosa y la formación de puntos calientes.

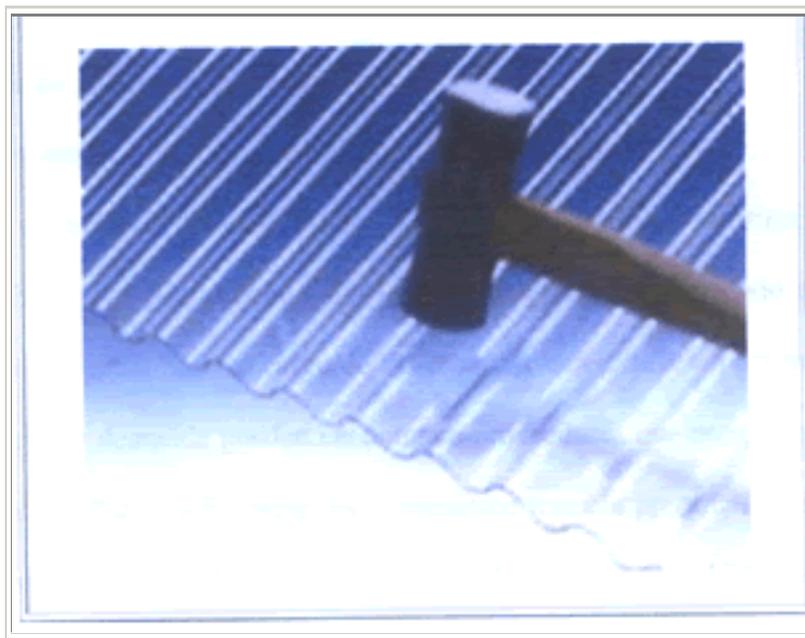


Fig. N° 44. – Policarbonato ondulado pared sencilla o compacto.

4.2 DIMENSIONES Y COLORES.

4.2.1 Placas de policarbonato alveolar.

- Dimensiones:

La mayoría de los fabricantes de este tipo de placas las diseñan con un ancho de 2,10 m. para las placas más utilizadas, es decir, las de espesores de 4, 6, 8, 10 y 16 mm, los largos de las placas son de 5,80 m y 11,60 m. Existen también pero con menor frecuencia anchos desde 0,50 m hasta 2,10 m y otros largos los cuales dependen del fabricante, según solicitud del cliente.

- Colores:

El policarbonato alveolar se obtiene en color blanco (llamado también opal), transparente, bronce (llamado también oro o castaño), gris (llamado también nube o fumée), verde, azul.

4.2.2 Placas de policarbonato compacto.

- Dimensiones:

En el contexto de dimensionamiento éste producto puede adquirirse cortado a medida, pero a los efectos del precio debe considerarse por plancha entera dado que en general los proveedores no aceptan hacerse cargo de los recortes; con excepción del transparente, que en razón de su mayor demanda pueden encontrarse proveedores que presupuesten por unidad de superficie pedida. Por aquella causa, es conveniente tener la precaución de considerar en los diseños los tamaños de las placas originales a fin de disminuir los desperdicios y por ende no afecta el precio final.

Las dimensiones de las placas son generalmente de 2,0 x 3,0 metros, aunque existen con menor frecuencia otras dimensiones las cuales dependen del espesor de las placas que van desde 1 hasta 12 mm, según cual sea el fabricante o país de origen.

- Colores:

El policarbonato compacto se obtiene en color gris (llamado también nube o fumée), en color castaño (llamado oro o bronce) y transparente.

4.2.3 Placas de policarbonato ondulado.

- Dimensión:

Las dimensiones más comunes para estas planchas son de 1,20 m de ancho y largos de 2,0 m, 3,50 m y 5,50 m, es evidente que existen otras dimensiones al igual que las otras planchas de policarbonato que dependen del fabricante.

- Colores:

Estas planchas se encuentran en colores como, bronce, opal, amarillo, azul, verde, rojo y también transparentes.

4.3 APLICACIONES Y USOS.

Las placas de policarbonato por sus excelentes propiedades físicas, mecánicas y térmicas permite la realización de importantes aplicaciones en el área de la construcción.

4.3.1 Placas de policarbonato alveolar.

Estas placas se utilizan en construcciones en los casos en que se desee obtener superficies translúcidas, tanto horizontales como verticales o curvas.

Los principales usos de las placas se encuentran en:

- Cubiertas de techos, tragaluces y como parte de las fachadas en supermercados
- Centros comerciales de exhibición
- Depósitos o bodegas
- Gimnasios polideportivos, piscinas temperadas, industrias
- Terrazas, pérgolas, patios
- Invernaderos para plantas y cultivos bajo techo.

Las placas alveolares no protegidas contra los rayos ultra violeta como se dijo anteriormente no son óptimas cuando están expuestas a la intemperie; sus usos se encuentran en:

- Paneles divisorios transparentes para oficinas,
- Cielos falsos transparente o semitransparente,

4.3.2 Placas de policarbonato compacto.

El policarbonato compacto en placas al igual que el policarbonato alveolar se utiliza en construcciones en los casos en que se desee obtener transparencia de superficies, tanto horizontales como verticales o curvas. Dado que no tiene tanta rigidez como el vidrio, su modo más eficiente de utilización es en superficies curvas, donde la forma es fácilmente obtenible dada su elasticidad. No obstante es también habitual utilizarlo en superficies planas, en cuyo caso debe verificarse la flecha por la deformación que se produce más que por el aspecto estético.

En los casos en que no sea imprescindible una superficie transparente sino sólo translúcida, el policarbonato alveolar resulta más económico que el compacto, tanto por su precio por unidad de superficie como por la ventaja de abonarse generalmente por la superficie neta adquirida, sin los recortes sobrantes, en razón de la mayor demanda que tiene.

Sus aplicaciones son en:

- Bóvedas de cañón
- Aislamientos acústicos
- Cubiertas para estaciones de tren, locales de espera y recintos al aire libre
- Claraboyas
- Acristalamiento para pabellones de deportes, edificios industriales
- Cristales de dispersión pantallas de lámparas
- Mobiliario urbano
- Cabinas telefónicas.

4.3.3 Placas de policarbonato ondulado.

Esta placa es utilizada al igual que las anteriores en construcciones donde se necesite transparencias de superficies. Su uso es ideal en:

- Techos de estacionamiento
- Galpones
- Instalaciones deportivas, etc.

4.4 EJEMPLOS DE APLICACIONES DE PLACAS POLICARBONATO.

En éste punto se mostrarán algunos ejemplos de aplicaciones de planchas de policarbonato en nuestro país.

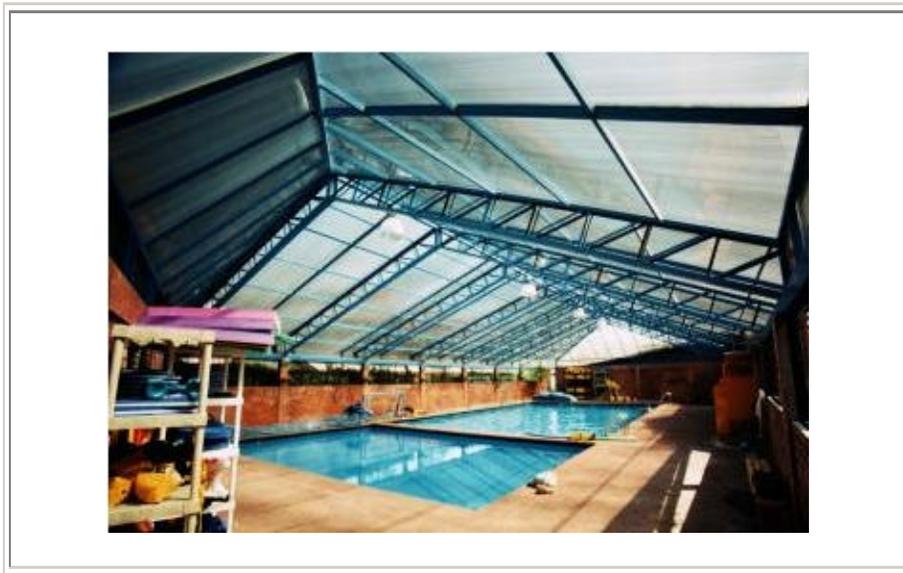


Fig. N° 45. – Piscina techada con planchas de policarbonato alveolar (10mm) Gimnasio Encina, Santiago.



Fig. N° 46. – Aplicación de placas de policarbonato alveolar en casas particulares.

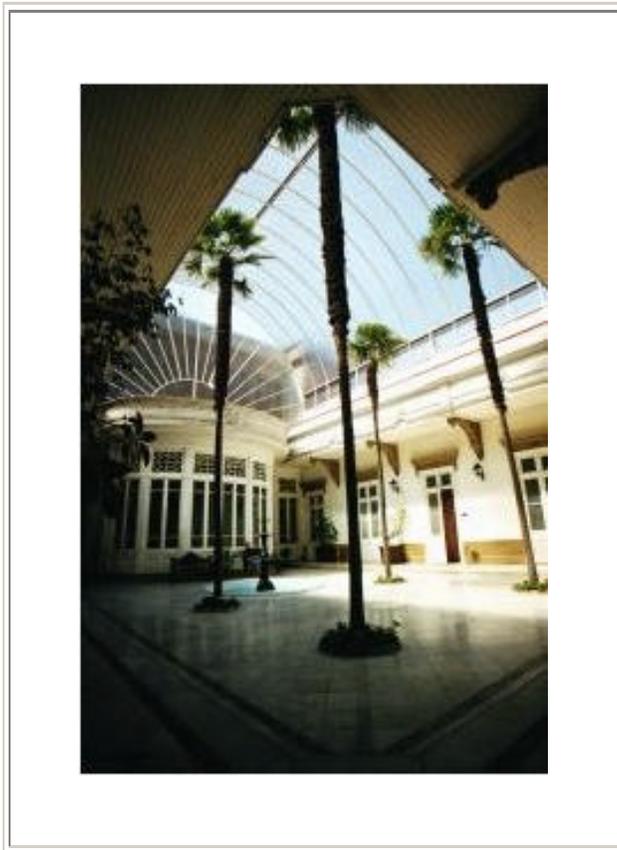


Fig. N° 47. – Aplicación de placas de policarbonato alveolar (10 mm). Patio Interno Instalación Fiscal, Santiago.



Fig. N° 48. – Aplicación de placas de policarbonato compacto (4,5 mm). Vista frontal, paso nivel peatonal, Concepción.



Fig. N° 49. – Aplicación de placas de policarbonato compacto (4,5 mm). Vista lateral, paso nivel peatonal, Concepción.



Fig. N° 50. – Techo modular autosoportante, policarbonato alveolar 4mm clear.



Fig. N° 51. – Separador de ambiente (Biombo), policarbonato alveolar 10 mm bronce con marcos de madera.



Fig. N° 52. – Separador de ambiente (Biombo), policarbonato alveolar 10 mm bronce con marcos de madera.

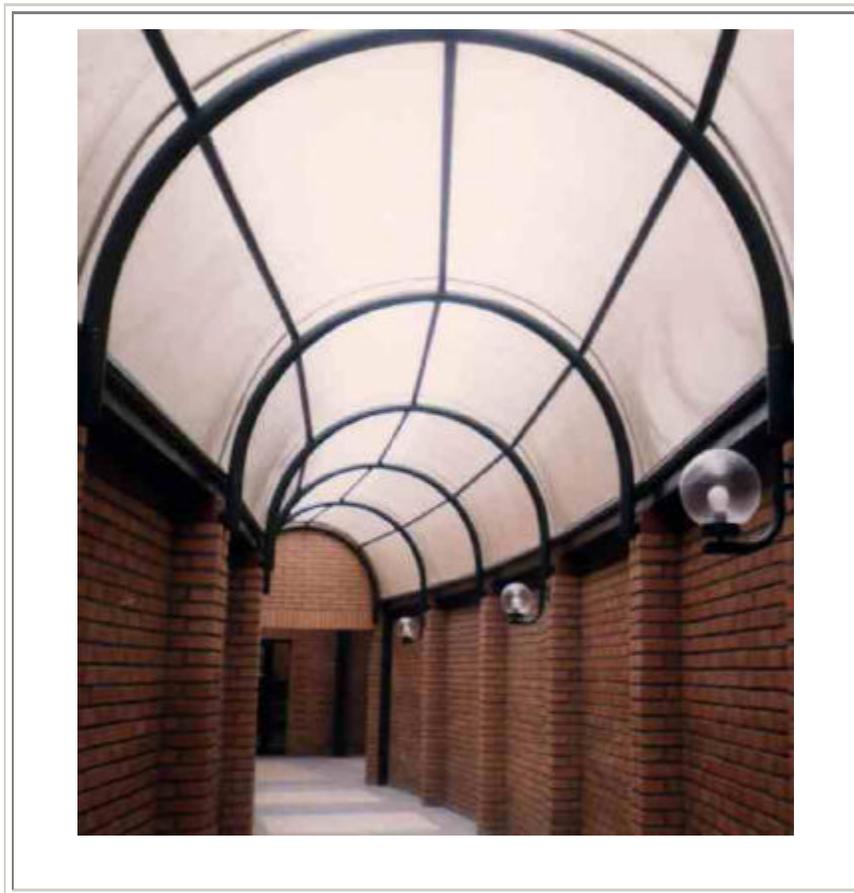


Fig. N° 53. – Aplicación de policarbonato alveolar 10mm blanco en Colegio, Coya.



Fig. N° 54. – Aplicación de policarbonato alveolar 10mm blanco y compacto 4.5mm transparente en Gimnasio de Colegio, Coya.

Capítulo V: TRANSPORTE, ALMACENAMIENTO Y TECNOLOGÍA.

En este capítulo se darán a conocer algunas recomendaciones para un manejo adecuado de las placas de policarbonato, en el cual, el transporte, la instalación y el mantenimiento de las placas son muy importantes para poder lograr la mejor calidad en la luminosidad y estética de un recinto.

5.1 TRANSPORTE.

- Los vehículos utilizados para el transporte de las placas deberán estar adecuados para tal fin, de no ser posible, éstos se acondicionarán tratando de evitar que existan elementos que puedan dañar la placa, por ejemplo, cabezas de tornillos sobresalientes, clavos, herramientas, materiales sueltos, etc.
- Es recomendable envolver las placas con algún tipo de cartón corrugado u otro material capaz de protegerlas.
- Las placas se deben transportar y almacenar en forma horizontal sobre una superficie plana, deben estar seguras y fijas, evitando deformaciones producidas por el viento durante el traslado.
- Si se transportan placas cortadas, se deben sellar los alvéolos expuestos, para evitar el ingreso de suciedad o agua durante el traslado.
- Se debe evitar colocar elementos sobre las placas que conduzcan calor o que puedan rayar las placas.
- Durante la descarga no se deben arrastrar continuamente las placas una encima de la otra, ya que (aunque la película adhesiva logre proteger de las rayas a la superficie), esta operación genera carga electrostática en la placa que después atraerá el polvo.

5.2 ALMACENAMIENTO.

- Antes de recibir las placas se deberá preparar un lugar adecuado para almacenarlas, estas deberán ser almacenadas en posición horizontal, en un espacio o local cubierto. Si se almacenan en el exterior es necesario cubrir las planchas con una película de polietileno, por el escaso peso de las placas el lugar de almacenamiento no debe quedar expuesto a corrientes de aire brusco o vientos intensos, para evitar que las mismas se vuelen, provocando ralladuras o abolladuras.
- Se recomienda no dejar expuestas al sol las placas apiladas aunque lleven el embalaje original, debido a que la estructura particular de las placas puede aumentar la temperatura del acopio hasta el desprendimiento de film protector pegando entre si las placas superpuestas, o soldando irremediablemente este film en las placas.
- Se recomienda no dejar bajo la lluvia los acopios de las placas, aunque estén bien cubiertas, ya que la evaporación producida debajo facilita la entrada de vapor de agua dentro de los alvéolos y por consecuencia su condensación dentro de las placas.
- No almacenar durante varios días las placas con las cabezas de los alvéolos abiertas al aire libre, ya que el polvo del ambiente (aunque no lo parezca) provoca suciedades antiestéticas (de fácil limpieza) dentro de las mismas.
- Debe evitarse enviar material a obra si este no va a ser inmediatamente utilizado, caso contrario, busque un lugar de almacenamiento lo más seguro posible de golpes, caídas de material, pintura, etc.
- No se deben guardar las placas de mayor dimensión en cima de las más pequeñas, nunca caminar sobre las placas.

5.3 INSTALACIÓN.

5.3.1 Instalación de las placas de policarbonato alveolar.

A. Preparación previa a la instalación.

- Las placas de policarbonato alveolar están recubiertas en ambas caras por una película de polietileno (con o sin inscripción), para protegerlas de suciedad, raspaduras, etc. Se podrá identificar la cara protegida contra la radiación ultravioleta mediante las inscripciones que posee el film protector, esta cara deberá ser colocada hacia arriba, es decir, expuesta al sol (ver figura N° 55), es recomendable retirar este film protector luego de ser instalada la placa y con la seguridad de que no se efectuarán sobre ésta otros trabajos.

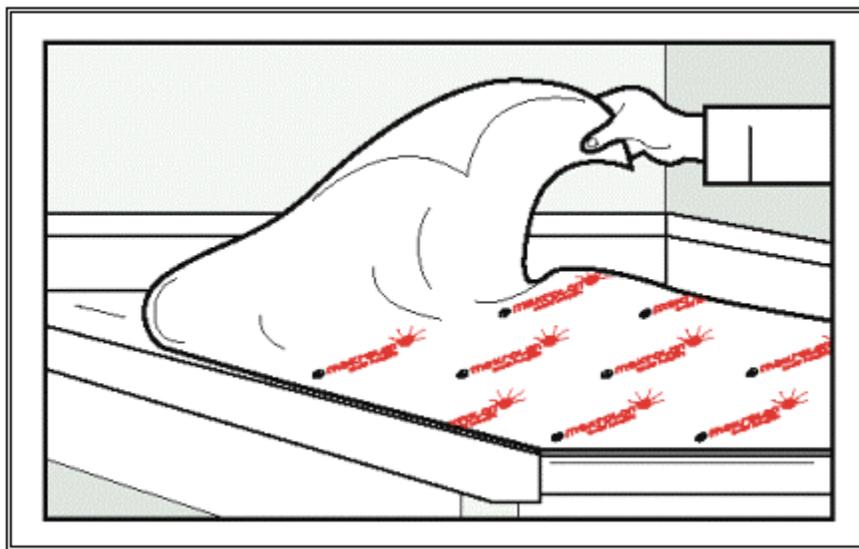


Fig. N° 55. – Film protector de polietileno para identificar la cara protegida contra la radiación ultravioleta.

La cara no protegida contra la radiación ultravioleta posee el film protector despegable de polietileno anti-rozaduras que es generalmente transparente o sin inscripción (ver figura N° 56), el cual indica la cara que deberá ser colocada hacia abajo o al interior. Si se instala esta cara hacia arriba, la placa se opacará rápidamente, destacándose de las otras por la gran diferencia de brillo y tonalidad.

Es oportuno que este film anti-rozaduras se quite en el momento de la instalación, si después de la instalación de la placa, no se quita inmediatamente el film, aunque permanezca pocos días a la exposición del sol, la retirada del film será problemática por el envejecimiento del film adhesivo que se pegará a la placa.

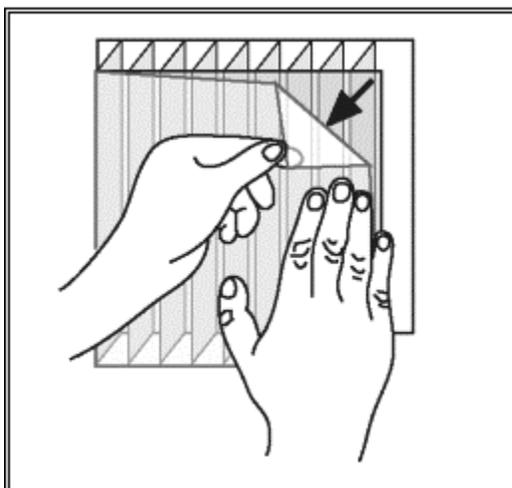


Fig. N° 56. – Film protector despegable de polietileno anti-rozaduras.

- Al instalar una placa en posición vertical o en forma plana (respetando la pendiente mínima), es necesario sellar los alvéolos de la placa, en la parte superior usando silicona de tipo adecuado o una cinta adhesiva de aluminio impermeable, que impida el ingreso de polvo, agua e insectos antes del montaje del panel en el bastidor; para sellar los alvéolos en la parte inferior de la placa se usa un tipo de cinta porosa de aluminio que permite la ventilación de la placa, evitando la formación de manchas, hongos y musgo, en la figura N° 57 se muestra la aplicación de estas dos cintas de aluminio en una placas de policarbonato alveolar. Si se desea instalar las placas con formas curvas (respetando los radios mínimos de curvatura), los alvéolos deben sellarse con cinta porosa de aluminio. Para eliminar el polvo o el agua que se encuentra en el interior de los alvéolos se puede utilizar aire comprimido o una aspiradora.

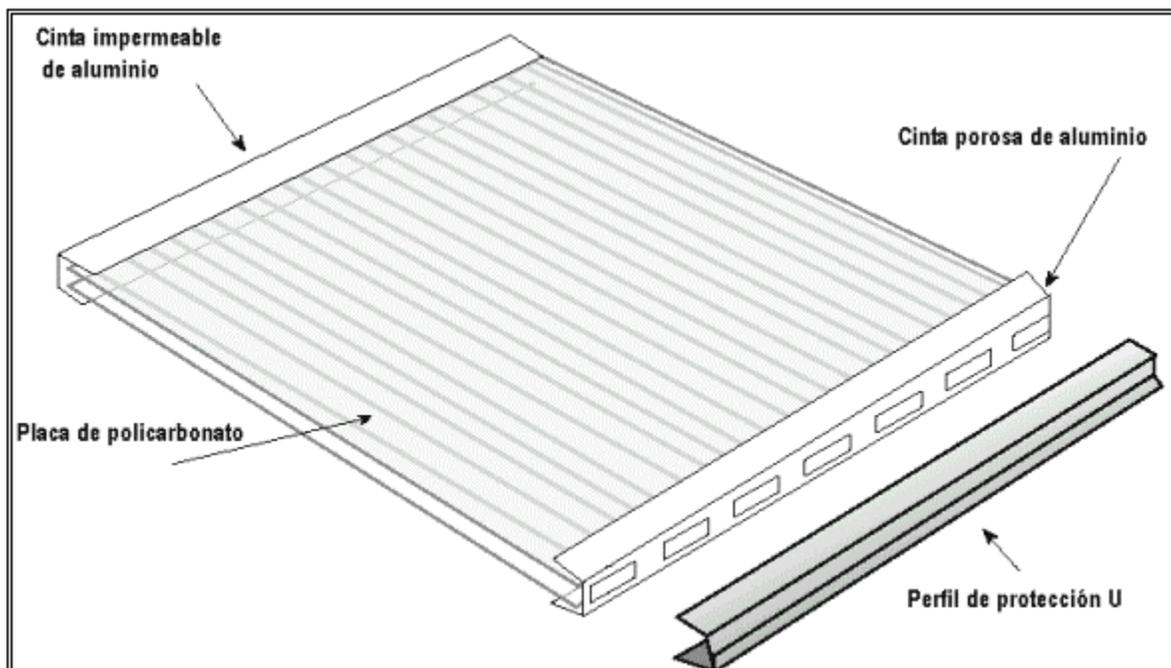


Fig. N° 57. – Cintas de aluminio para sellar los alvéolos de las placas.

- Para la protección de la cinta de aluminio y un sellado óptimo de los alvéolos de las placas se deberá utilizar un perfil "U" de policarbonato (el cual debe contener filtros ultravioleta), de aluminio o acero galvanizado. Se recomienda sellar los bordes de los perfiles ya instalados con una capa homogénea de silicona compatible con policarbonato (ver figura N° 58). No usar colas o sellantes de silicona con catalizador de base acética, anímica o benzonímica pues atacan químicamente el policarbonato debilitándolo. Se aconseja el uso de siliconas compatibles, con formulación de un sólo componente de base de oximica.

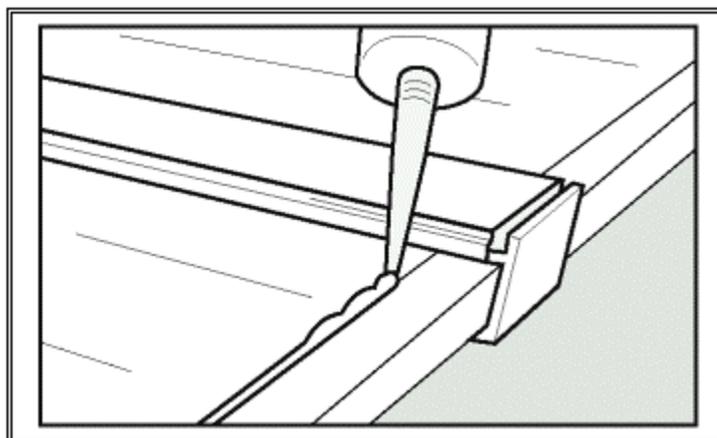


Fig. N° 58. – Sellado de perfiles con silicona compatible con el policarbonato.

- El perfil "U" se debe instalar con la cara de mayor dimensión hacia arriba, como se indica en la figura N° 59, se venden en tiras de 2,10 m de largo con espesores de 4, 6, 8, 10 y 16 mm.

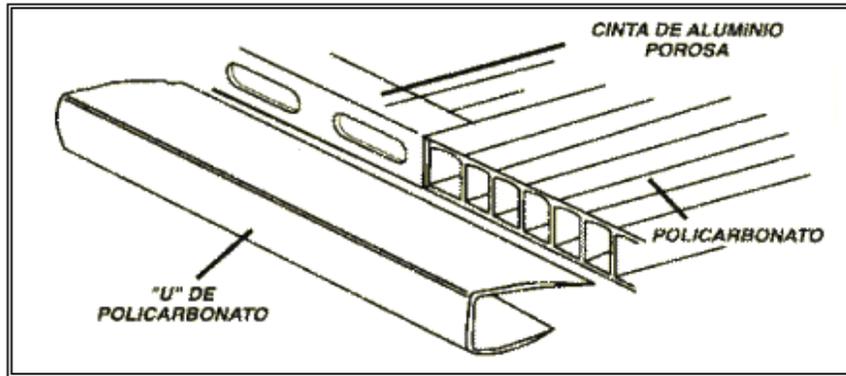


Fig. N° 59. – Instalación de perfiles "U" en placas alveolares.

- No instalar las placas si la estructura no a sido pintada previamente; si faltan ejecutar tareas de albañilería; etc. Si se efectúan trabajos de pintura después de la colocación proteja las planchas con papel o cartón, evitando fijarlo con cinta de papel engomada.

B. Posición de las placas.

- Las placas pueden ser instaladas vertical (ventanas, separador de ambientes) con los alvéolos en sentido vertical, como se muestra en la figura N° 60, o curvas con los alvéolos siguiendo la dirección de la curvatura (ver figura N° 61), éstas posiciones reducen la acumulación de suciedad dentro de las placas, evita la posibilidad de condensación en su interior permitiendo el drenaje por gravedad de la acumulación de humedad.

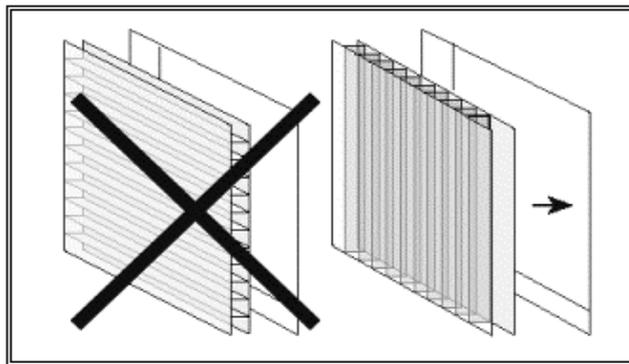


Fig. N° 60. – Posición correcta para placas alveolares instaladas en forma vertical.

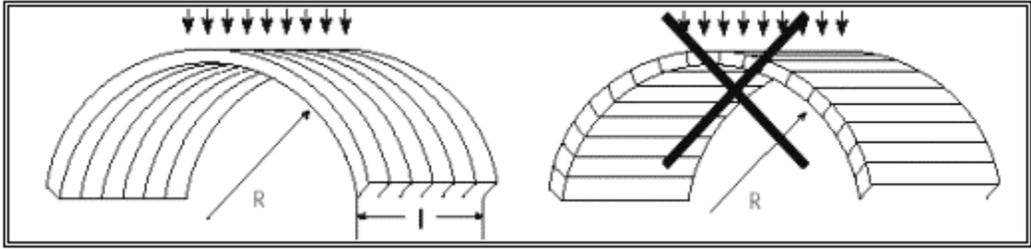


Fig. N° 61. – Instalación correcta para placas alveolares curvadas en frío.

- También pueden ser instaladas posición horizontal o plana (techos, cubiertas), con los alvéolos paralelos en la dirección de la pendiente, debiendo ser ésta no menor a 5 % como se muestra en la figura N° 62, mientras mayor es la pendiente es mucho más favorable para la caída de las aguas lluvias produciéndose una auto-limpieza de la placa y disminuye el riesgo de la infiltración de agua e impurezas a través de los tornillos de fijación.

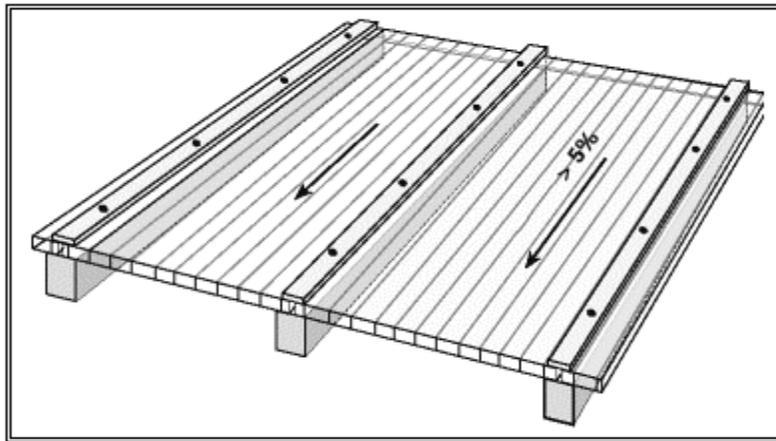


Fig. N° 62. – Inclinación mínima para placas instaladas en posición horizontal.

C. Corte de las placas.

- **Procedimiento Corte Transversal a los alvéolos.**

Cuando se desea reducir el largo de las placas, se deben la cortar las planchas en sentido transversal a los alvéolos, para ejecutar el corte se puede usar un cuchillo cartonero grueso (10 mm), de calidad y bien afilado, basta con marcar y repasar 2 o 3 veces una incisión continua sin interrupciones y cargar la plancha en un extremo hasta que separe; se rematará con el cuchillo los segmentos que puedan quedar unidos (ver

figura N° 63). Un procedimiento alternativo puede ser el de cortar la placa con una sierra circular con dientes continuos (se recomienda que hayan de 6 a 8 dientes por cm en la hoja de corte), para metales o maderas duras, como se muestra en la figura N° 64, se debe tener especial cuidado con el material sobrante producto del corte, el cual se puede introducir por los alvéolos, para eliminar este aserrín del interior de los alvéolos se utilizará aire comprimido o una aspiradora.

Para el trazado de las líneas de corte sobre la película de protección de la placa se debe utilizar un lápiz con punta suave. Cuando se realizan operaciones de marcado, corte o perforación el operario debe evitar apoyarse en las placas.

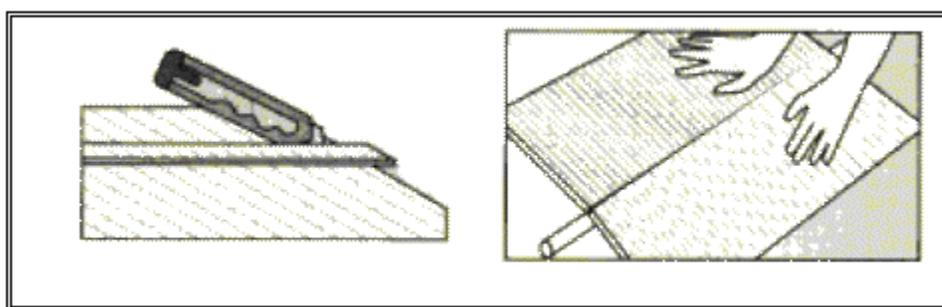


Fig. N° 63. – Corte transversal a los alvéolos con cuchillo.

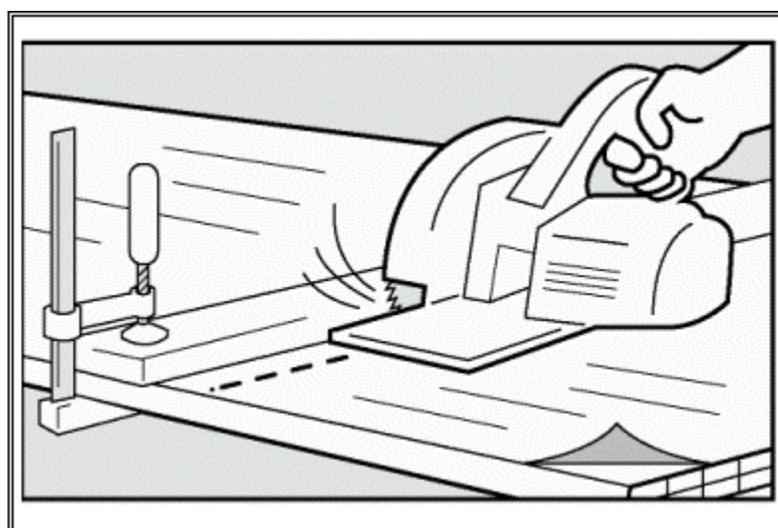


Fig. N° 64. – Corte transversal a los alvéolos con sierra eléctrica.

- **Procedimiento Corte en el mismo sentido (paralelo) a los alvéolos.**

Cuando se necesita reducir el ancho de las placas es importante realizar el corte lo más cerca posible de la pared del alvéolo, para garantizar el efecto de cierre de perfil (ver figura N° 65).

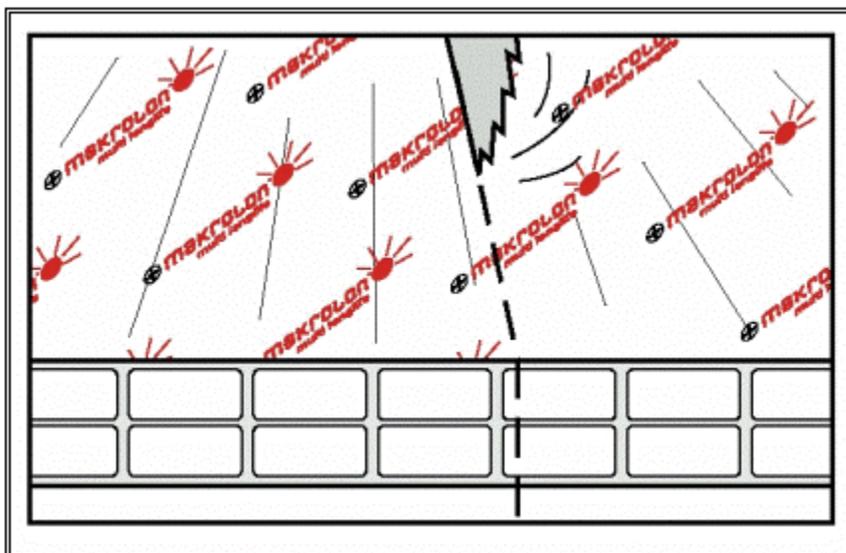


Fig. N° 65. – Procedimiento para el corte paralelo a los alvéolos.

Se ejecutará el corte en el mismo sentido a los alvéolos con una sierra circular descrita anteriormente en el corte transversal. Alternativamente para este corte paralelo se puede usar un cuchillo cartonero, sin embargo a diferencia del corte transversal a los alvéolos se deberá variar el procedimiento de tal manera que, después de 2 o 3 incisiones para marcar el corte, se deberá efectuar un corte profundo y definitivo al material sin doblar ni presionar la placa hasta que la misma se separe por efecto del solo corte, es necesario fijar bien las placas, evitando cualquier movimiento de la misma. Cuando es necesario un corte local (para realizar conductos, canales de aireación, etc.) se puede utilizar sierra manual.

D. Sistemas de unión entre placas de policarbonato alveolar.

Las placas de policarbonato son conectadas unas a otras por elementos de unión que van a lo largo de la plancha, es decir, paralelos a los alvéolos (estos elementos pueden

ser de acero, aluminio, PVC rígido o policarbonato), los cuales actúan como elementos conectores y no como estructuras soportantes de cargas. Estos conectan las placas unas con otras, produciendo una unión hermética que a la vez las rigidiza. A continuación se darán a conocer algunos tipos de estos elementos de unión.

1. Perfil "H" de policarbonato es utilizado para realizar uniones planas entre placas (ver figura N° 66), las placas alveolares son retenidas en el perfil por presión y no deberán ir a fondo, sino que se dejará como mínimo 3 mm de separación, a fin de permitirle la absorción de la dilatación térmica. Se debe tener en cuenta que este perfil en una de sus caras esta protegido contra los rayos ultravioleta y debe ser esta cara la que quede expuesta al sol (cara de menor dimensión). Para evitar la penetración del agua en la unión del perfil con las placas se pueden sellar los bordes del perfil con una capa homogénea de silicona. Este perfil es una buena alternativa para obras domiciliarias o de pequeñas envergadura, se recomienda su aplicación en uniones no superiores a los 2,90 m, se vende en tiras de 5,80 m de largo y 4, 6, 8, 10, 16 mm de espesor.

Estos conectores no se fijan a la estructura por si mismos, para su correcta instalación se deberán fijar con tornillos.

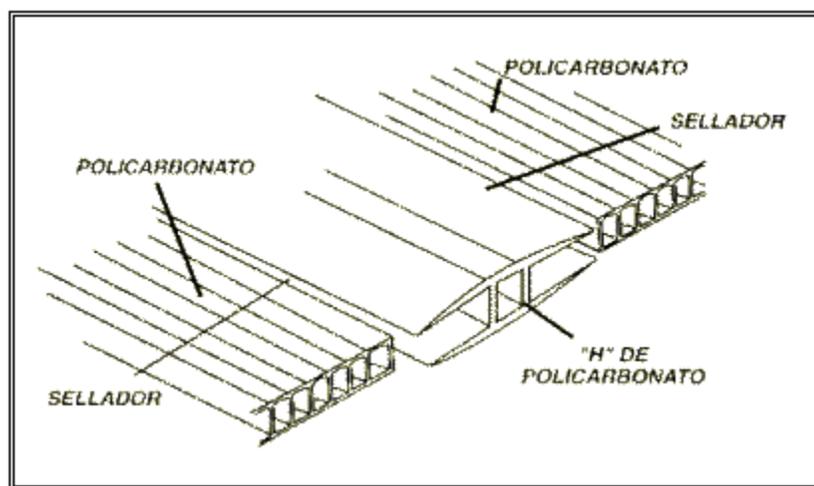


Fig. N° 66. – Perfil conector H de policarbonato.

2. Perfil H de policarbonato, tipo clip: Este perfil consta de dos partes, una superior y otra inferior (ver figura N° 67), la base inferior del perfil, es la más rígida de las dos y es esta la que se fija a la estructura soportante mediante tornillos. La parte superior es más flexible, se sujeta a la base por presión manual, reteniendo a las placas de policarbonato, sus dimensiones son igual que el perfil H anterior.

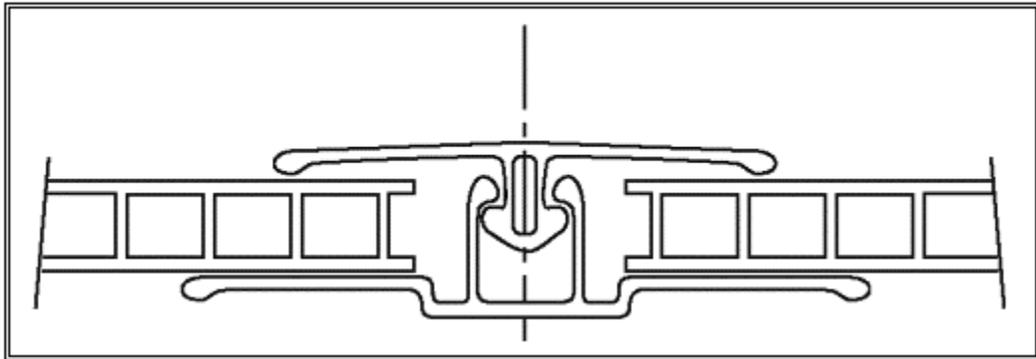


Fig. N° 67. – Perfil H de policarbonato, tipo clip.

2. Perfil de aluminio: este perfil fue concebido para garantizar un insuperable desempeño en la instalación, estética y estanqueidad de la obra, cumpliendo con las normas chilenas e internacionales de calidad.

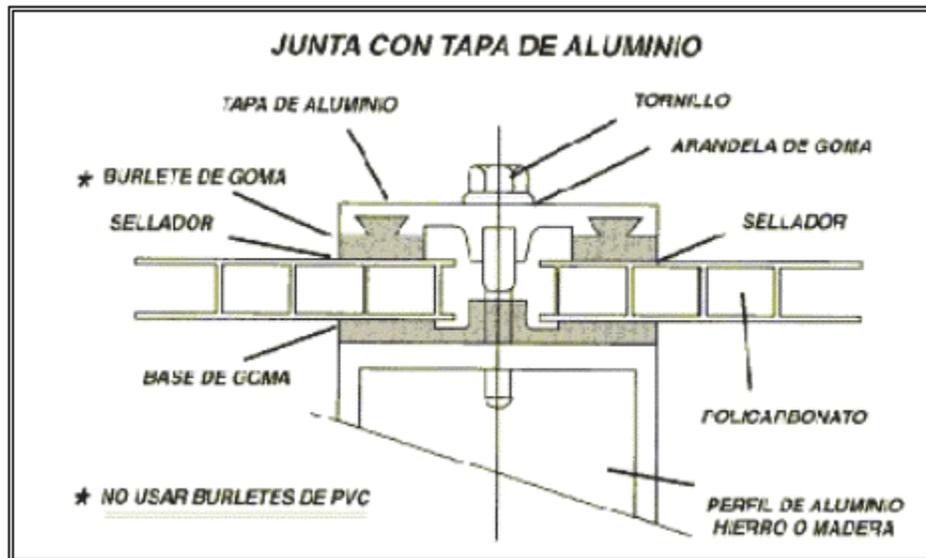


Fig. N° 68. – Detalle de corte de un perfil de aluminio.

Para la correcta instalación de este perfil de unión que consta en dos partes, deberá contar con fijaciones cada 20 cm. Solamente así se asegurará la completa estanqueidad del sistema, en la figura N° 68 se muestra en detalle este perfil de unión de aluminio fijado a una estructura soportante.

Al instalar éste tipo de perfiles no se deben utilizar juntas ni burletes en PVC: la migración de aditivos del PVC blando puede afectar químicamente a la placa de policarbonato con la consecuente aparición de grietas superficiales o incluso la rotura de la placa.

E. Sistema de fijación en placas de policarbonato alveolar.

Las placas pueden ser fijadas en estructuras de acero laminado, madera o aluminio, con piezas de sección cuadrada, rectangular o circular, la fijación de las placas a la estructura se hace a través de perfiles, cuando los sistemas de fijación longitudinales (perfiles) son insuficientes para retener a las placas en instalaciones planas contra las fuerzas de elevación, es necesario fijar las placas directamente a la estructura, la fijación se hace usualmente con tornillos, insertados a lo largo de la estructura soportante cada 50 cm, como se muestra en la figura N° 69.

Para perforar la placa se utiliza un taladro con una broca metálica helicoidal o de esfera, el diámetro de la perforación debe ser 2,0 mm mayor que el tornillo (ver figura N° 70), para permitir la dilatación térmica; los tornillos pueden ser autoperforante o roscalatas, resistentes a la corrosión, las roscalatas deberán contar con arandelas metálicas y de neopreno ambas de ala grande. Los tornillos deberán tener un diámetro aproximado de 6 mm, con una longitud acorde al espesor de las placas, tipo de arandela y tipo de estructura soportante, en las figuras N° 71 y 72 se muestran los tipos de tornillos.

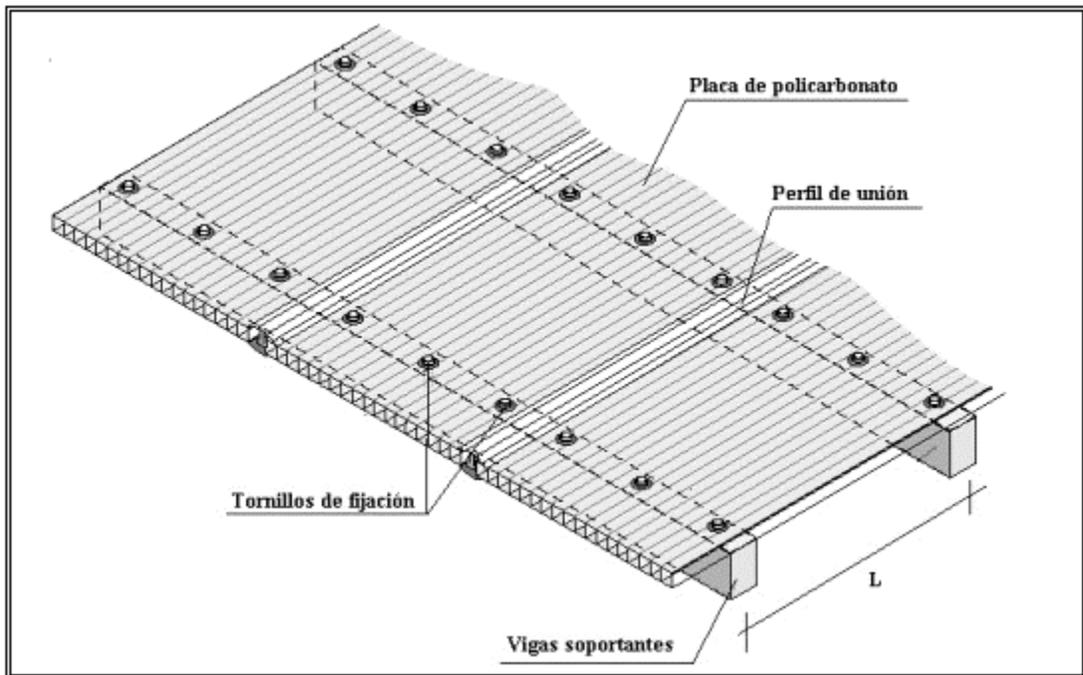


Fig. N° 69. – Colocación de tornillos de fijación en placas de policarbonato inclinadas.

El tornillo no debe quedar apretado al máximo ya que deberá permitir la expansión y contracción térmica de la placa, se debe tener cuidado al colocar los tornillos, ellos deben quedar en forma perpendicular a la placa y no inclinados ya que se podrían producir daños en la placa o filtración de agua, en la figura N° 73 se muestra la instalación correcta de tornillos de fijación en placas de policarbonato alveolar.

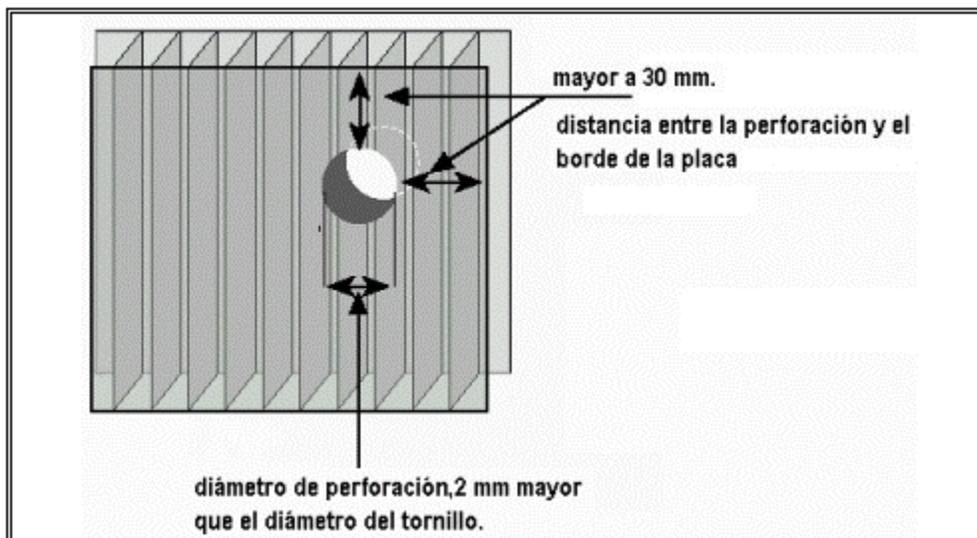


Fig. N° 70. – Perforación de una placa de policarbonato alveolar.

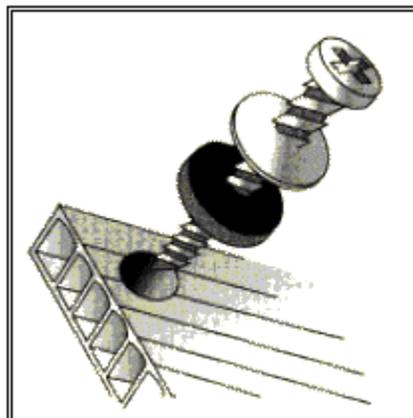


Fig. N° 71. – Tornillo de fijación (roscalata) con arandela metálica y neopreno.



Fig. N° 72. – Tornillos auto perforante con arandelas de neopreno.

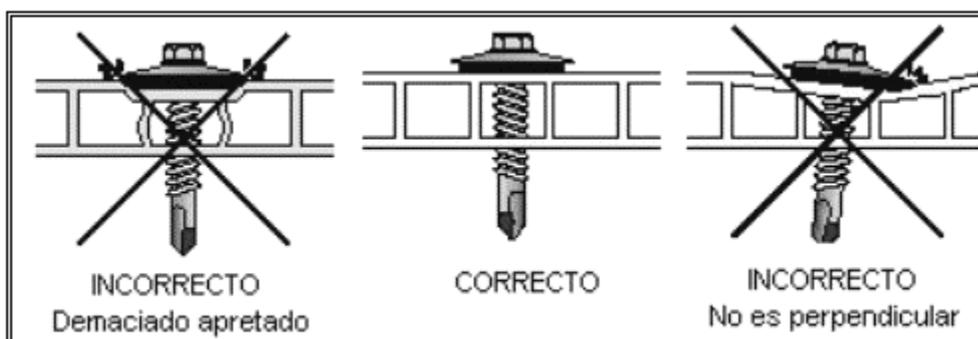


Fig. N° 73. – Instalación correcta de tornillos fijación en placas de policarbonato.

5.3.1.1 Sistema modular de policarbonato alveolar.

Este es un sistema modular para cubiertas armado por ensamble de paneles de policarbonato alveolar totalmente herméticos, este sistema de conexión entre paneles tiene la ventaja de que no se perforan las placas, por lo tanto, no hay tornillos a la vista, es a prueba de filtraciones y goteo. Los paneles de policarbonato del sistema están diseñados para la realización de todo tipo de acristalamientos planos (verticales o inclinados) y curvos, son extremadamente versátiles y cubren una gama de

aplicaciones ya que es un sistema seguro, de fácil montaje, rápida instalación y elimina gran cantidad de perfiles, en la figura N° 74 se muestran los elementos que componen al sistema.

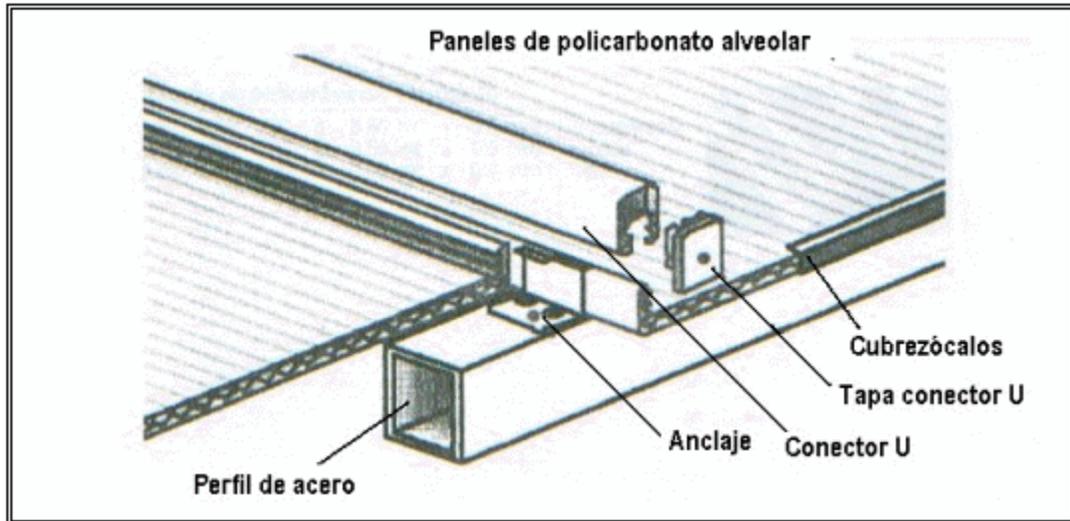


Fig. N° 74. – Sistema modular para cubiertas translúcidas.

- **Elementos e Instalación.**

- a) Anclaje: Los anclajes deben ser de acero inoxidable y son fijados a la estructura soportante mediante tornillos o remaches, estos deben ir perpendicular a la caída del agua (ver figura N° 75).

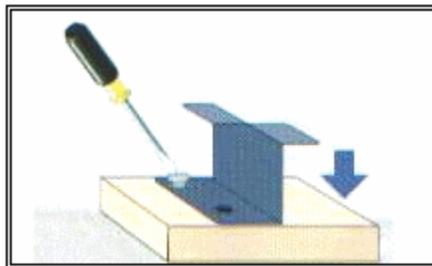


Fig. N 75. – Instalación de anclajes.

- b) Paneles: Una vez instalados los anclajes, se ubican los paneles de policarbonato a cada lado del anclaje, como se muestra en la figura N° 76.

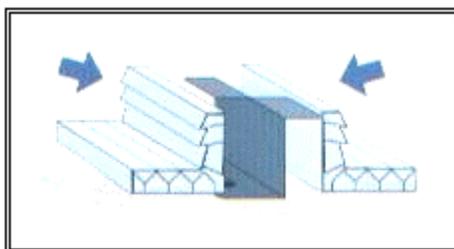


Fig. N° 76. – Instalación de los paneles en los anclajes.

- c) Conector U: La unión entre paneles se hace a través de perfiles de unión de policarbonato, estos conectores se colocan a presión juntando los dos paneles, produciendo una conexión totalmente hermética (ver figura N° 77).

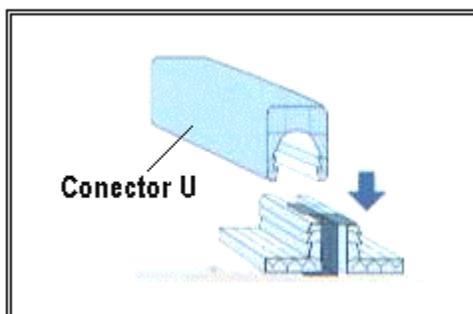


Fig. N° 77. – Instalación del perfil conector U.

- d) Tapa del conector U: Una vez instalados los paneles y los perfiles conectores U, se procede a sellar los alvéolos de los paneles y la unión entre paneles con el conector U con una tapa especial de policarbonato, la que se muestra en la figura N° 78.

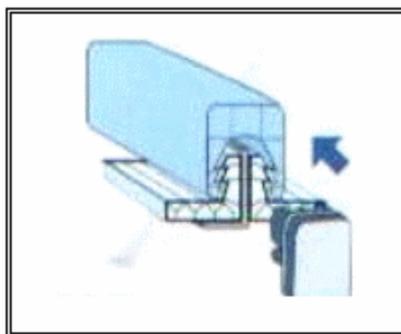


Fig. N° 78. – Tapa del conector U.

5.3.2 Instalación de placas de policarbonato compacto.

A. Preparación previa a la instalación.

1. Una de las desventajas que poseen las placas de policarbonato compacto es su facilidad de rayado, a diferencia de las placas alveolares, dicho deterioro es muy visible, por lo tanto es recomendable retirar los films protectores una vez finalizada su instalación.
2. Una vez instalada la placa el film protector debe ser removido inmediatamente, de lo contrario este puede adherirse a la placa irremediablemente por efecto del sol.
3. No coloque las placas de policarbonato si la estructura no ha sido pintada previamente, si faltan ejecutar tareas de albañilería, pintura de muros perimetrales o tareas de impermeabilización en zonas aledañas.

B. Posición de las placas.

Para instalar las placas de policarbonato compacto es necesario prever la holgura para la dilatación de la placa en todo su perímetro.

1. **Colocación horizontal:** Las placas de policarbonato compacto, al ser instaladas en forma horizontal se flexionan por su propio peso, produciéndose una deformación llamada flecha, esta flecha se puede controlar teniendo en cuenta el espesor y tamaño de la placa, no se deben instalar las placas con los bordes a tope, las placas pueden ser apoyadas en dos y cuatro lados. En los casos de instalación horizontal, se recomienda que la pendiente no sea inferior al 6%, para facilitar el escurrimiento del agua.
2. **Colocación vertical:** En este tipo de instalación no incide el peso propio de la placa, el espesor de la placa depende de los empujes laterales a que este sometida.

3. **Curvatura en frío:** Para instalar placas curvadas se tienen que respetar los radios mínimos admitidos indicados en la tabla N° 15, radios menores a los indicados producirán fisuras en las placas.

TABLA N° 15. Relación del espesor con el radio mínimo de curvatura.

Espesor de la placa	Radio mínimo de curvatura.
mm.	m.
2,0	0,4
3,0	0,6
4,0	0,8
5,0	1,0
6,0	1,2
8,0	1,6

C. Corte de las placas.

Las placas de policarbonato compacto pueden ser cortadas con sierra de mano, sierra circular y caladora.

D. Fijación de las placas.

Los sistemas de fijación de las placas de policarbonato compacto pueden ser sobre estructuras construidas con perfiles de acero, aluminio o madera. Estas placas son fijadas a la estructura con pernos o tornillos, pero siempre teniendo en cuenta los siguientes puntos:

1. No se deben usar remaches, ya que al instalarlos se aplica una fuerza demasiado grande, la cual puede dañar a las placas.
2. La perforación de las placas se puede hacer mediante un taladro eléctrico, se debe considerar un diámetro mayor que el perno, para permitir la dilatación térmica.
3. Nunca usar arandelas de PVC blando.

4. No se deben atornillar demasiado los pernos, usar solo materiales anticorrosivos.
5. Es preferible “el flotamiento de la placa en el marco” similar a las instalaciones de vidrios, sin fijaciones mecánicas atornilladas.

5.3.3 Instalación de placas de policarbonato ondulado.

En este punto se estudiarán placas de policarbonato ondulado o corrugado con un espesor de 0,8 mm, las que encontramos en el mercado nacional.

A. Posición plana de las placas.

Las placas deben ser colocadas sobre la estructura soportante con una inclinación mínima de 10%.

B. Traslapado de placas.

- Ancho del traslapo: Al colocar las placas onduladas sobre la estructura, la distancia que debe existir entre cada borde de la placa y el centro de la viga soportantes es de 60 mm (línea de tornillos), el traslape mínimo de las placas es de 120 mm y con un máximo de 200 mm.
- Traslapado longitudinal: La dimensión del traslapado longitudinal es de una ondulación, en la figura N° 79 se muestra el traslapado de placas onduladas apoyadas sobre una estructura inclinada.

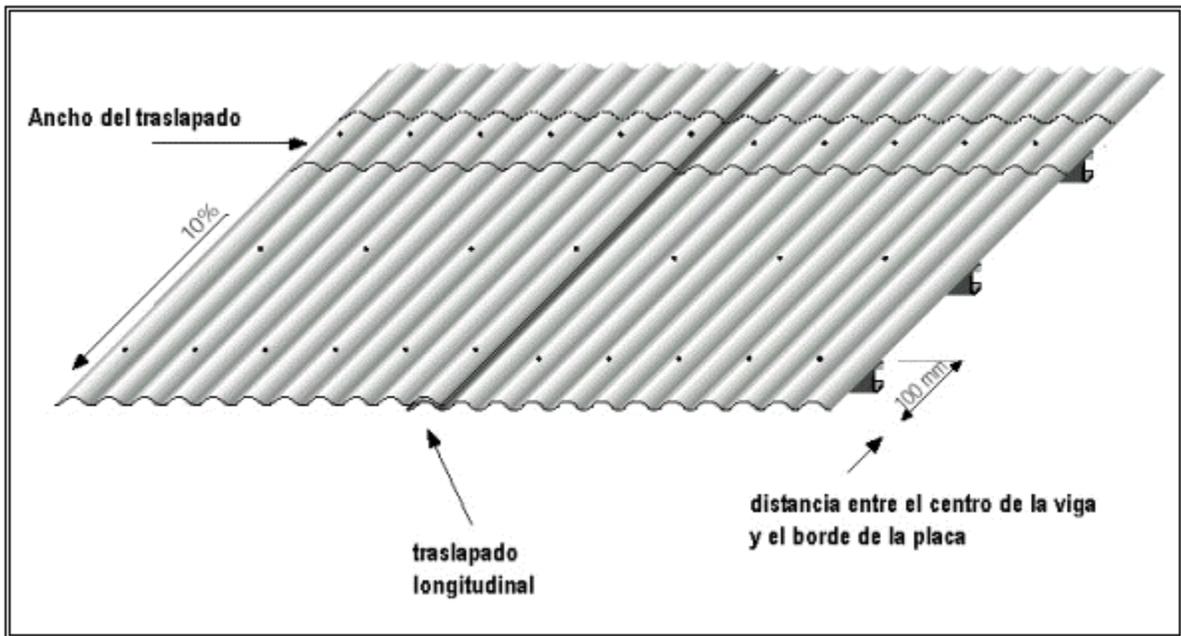


Fig. N° 79. – Traslapados en placas de policarbonato ondulado.

C. Radio de curvatura.

Cuando se desea cubrir una estructura curvada, es posible utilizar las placas onduladas, curvándolas dentro de un radio mínimo de 40 m. Las placas se curvan en sentido longitudinal, como se muestra en la figura N° 80.

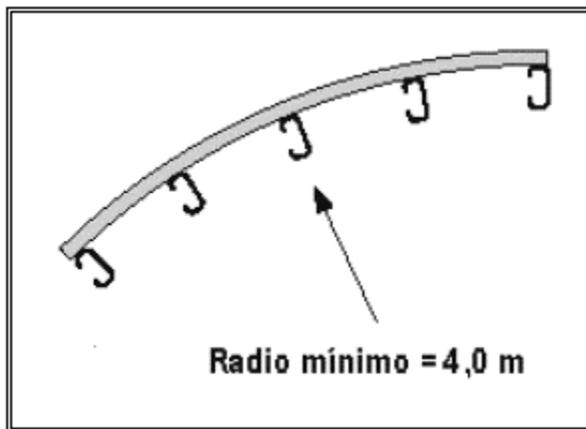


Fig. N° 80. – Radio mínimo de curvatura para placas de policarbonato ondulado.

D. Corte de las placas.

Es posible cortar las placas de policarbonato ondulado con una sierra circular con dientes pequeños o con una sierra portátil para metales (ver figura N° 81), es

importante afirmar la placa alrededor del corte para obtener un buen corte, limpiar los restos y virutas generados por el corte.

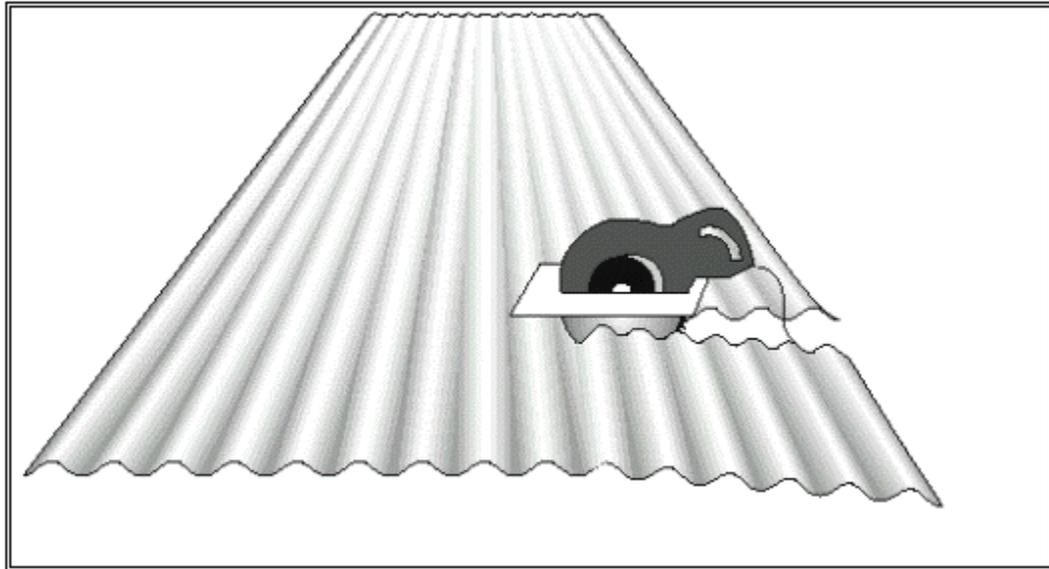


Fig. N° 81. – Corte de placas onduladas de policarbonato.

E. Fijación en placas de policarbonato onduladas.

Para la fijación de las placas se debe utilizar un atornillador eléctrico para metales, los tornillos de fijación deben ser insertados a lo menos cada 3 crestas de ondulación, en vigas internas (ver figura N° 82a). Para fijar las placas a las vigas que se encuentra en los bordes de la estructuras, se deben fijar los tornillos alternado cada una cresta de ondulación, ver figura N° 82b, en las figuras N° 83 y 84 se muestran detalles de fijaciones con tornillos para placas onduladas.



Fig. N° 82a. – Fijación de placas onduladas en vigas intermedias.



Fig. N° 82b. – Fijación de placas onduladas en vigas al borde de la estructura.

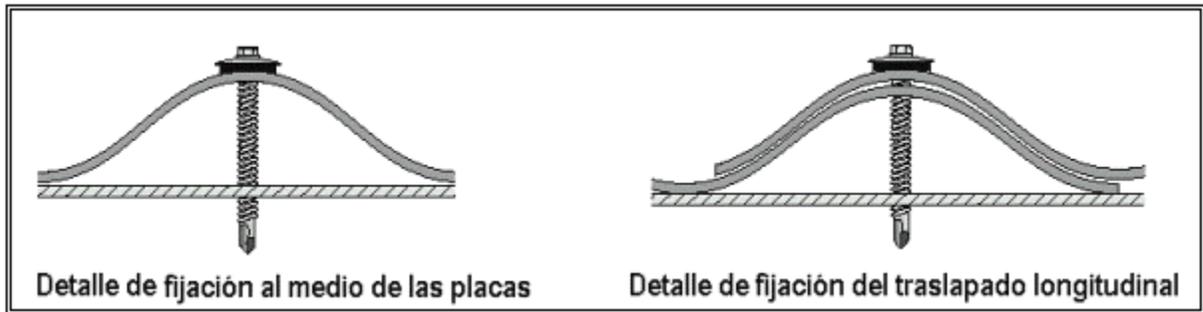


Fig. N° 83. – Detalle de fijación en placas onduladas.

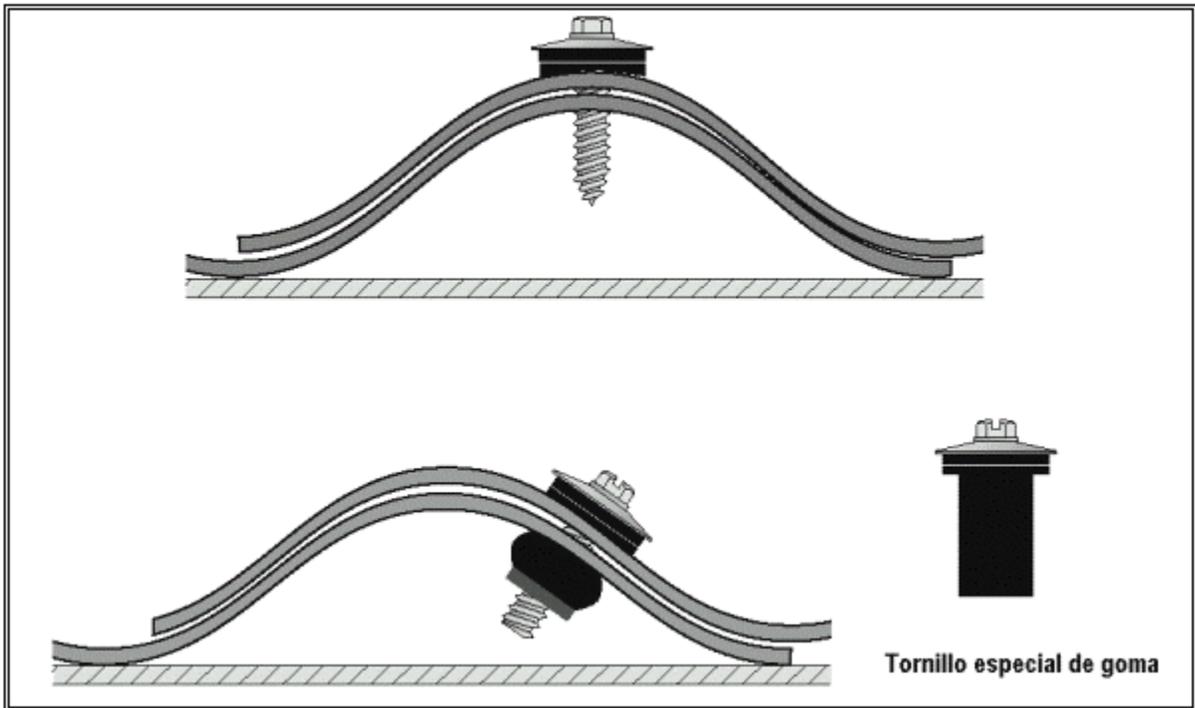


Fig. N° 84. – Detalle de fijación para placas traslapadas.

El diámetro de cada perforación debe ser 2 mm mayor que el del tornillo, se debe tener cuidado al fijar las placas a la estructura de no apretar demasiado las placas.

Se recomienda utilizar un tope distanciador para la fijación de placas a la estructura, este tope evita que las placas onduladas se dañen por el apretado en exceso del tornillo, en las figuras N° 85 y 86 se puede ver este tope distanciador y su instalación.

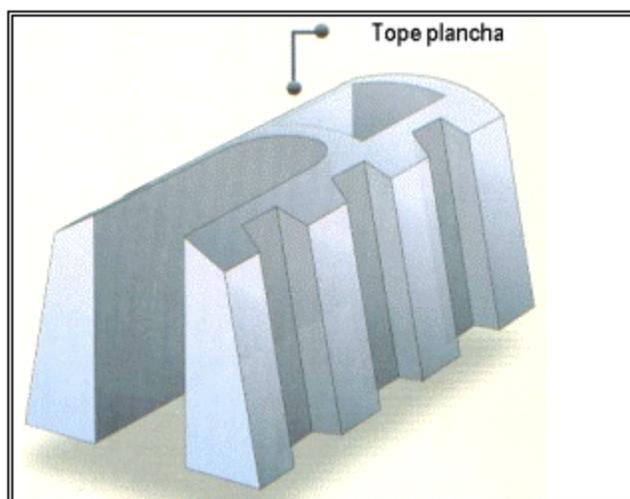


Fig. N° 85. – Tope distanciador para fijación en placas onduladas.

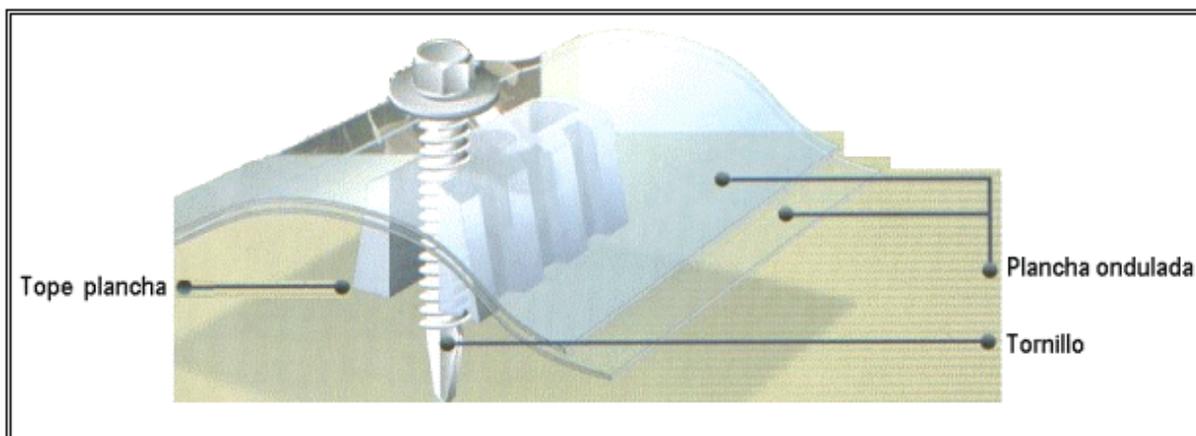


Fig. N° 86. – Fijación de placas onduladas utilizando un tope distanciador.

F. Tipos de tornillos para fijación de placas.

Recomendaciones generales:

1. Usar tornillos autoperforantes resistentes a la corrosión para aceros o madera, según sea el caso, con arandelas de goma.

2. El tornillo debe ser atornillado con moderación, sin deformar la ondulación de la placa, debe quedar perpendicular a la placa y a la viga, una inserción oblicua podría causar daños a la placa o producir goteras.
3. Las placas deben ser perforadas con un taladro eléctrico (ver figura N° 87), el diámetro de la perforación debe ser 2 mm mayor al diámetro del tornillo.

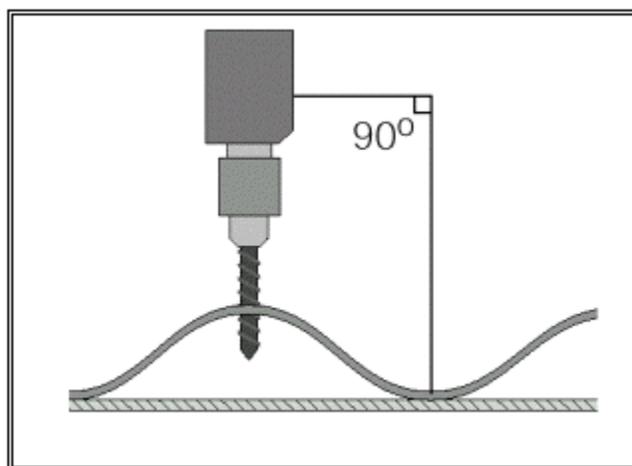


Fig. N° 87. – Perforación de placas con taladro eléctrico.

5.4 LIMPIEZA Y MANTENCIÓN.

Limpieza, mantención y cuidados especiales para placas de policarbonato alveolar, compactas y onduladas:

A. Limpieza luego de la instalación.

Una vez instaladas las placas se retira la cinta adhesiva protectora del encristalado, usando naphtha o kerosina y un paño suave, seguido de una limpieza regular completa comprendida en una solución acuosa de agua y jabón neutro, no usar gasolina, se deben retirar las salpicaduras de pintura fresca, grasa etc. antes de que se sequen frotándolas ligeramente con naphtha o alcohol de isopropilo de buena calidad.

B. Limpieza regular.

- 1) Enjuagar la hoja con agua templada.
- 2) Lavar con jabón suave y agua templada.
- 3) Usar trapo o esponja y suavemente lavar para retirar polvo o manchas, no frotar con cepillos o jaladores de hule, ni con hojas de afeitar, etc.
- 4) Repetir el enjuague y secar con trapo o franela suave para evitar huellas de agua.
- 5) No usar solventes agresivos como diluyente, kerosene u otros líquidos alcalinos, tampoco detergentes en polvo (abrasivos).

Es importante destacar que en condiciones normales de lluvia se produce auto-limpieza, la cual es suficiente para mantener limpias las placas.

C. Mantención.

- 1) No usar diluyente de pinturas.
- 2) No use limpiadores abrasivos o de alto contenido alcalino.
- 3) Jamás raspe las placas con escobas de goma, hojas de afeitar u otros instrumentos.
- 4) Jamás use benceno, gasolina, acetona, tetracloruro de carbono, cellosolve de butilo, solventes severos, ácidos, etc.
- 5) No limpie las placas bajo sol intenso o a temperaturas elevadas.

5.5 CONSECUENCIAS DE UNA MALA INSTALACIÓN.

En este punto se darán a conocer las consecuencias de una instalación incorrecta de placas de policarbonato alveolar.

En las figuras N° 88 y 89 se muestra una estructura curva con cubierta de policarbonato alveolar, en estas figuras se puede observar que en la unión entre placas no existe ningún tipo

de elemento conector, como por ejemplo: un perfil H. Al no poner un elemento conector se podrían producir goteras o deformaciones en las placas.

En las figuras N° 90 y 91, se puede observar que los alvéolos de las placas no fueron sellados correctamente, los alvéolos fueron sellados sólo con perfiles U sin las correspondientes cintas de aluminio, además los perfiles U no fueron fijados con silicona, con la consecuencia de que éstos se salieran de las placas por la acción del viento, lluvia o cambios de temperatura. Por la falta de estos elementos en el interior de los alvéolos se puede encontrar humedad, polvo y moho, provocando una temprana degradación de las placas.

En las figuras, además de lo dicho anteriormente se puede apreciar la falta de limpieza de las placas, lo cual provoca una opacidad en las placas impidiendo el paso de luz y por supuesto disminuyendo la estética de las placas. Con todas estas deficiencias las placas de policarbonato han perdido todas sus propiedades físicas en forma irreparable, lo que significa que las placas deben ser cambiadas.

Una mala instalación conlleva a aumento de los costos y por ende a más pérdidas.



Fig. N° 88. – Falta de un elemento de unión entre placas.



Fig. N° 89. – Detalle de la ausencia del perfil H en la unión entre placas.

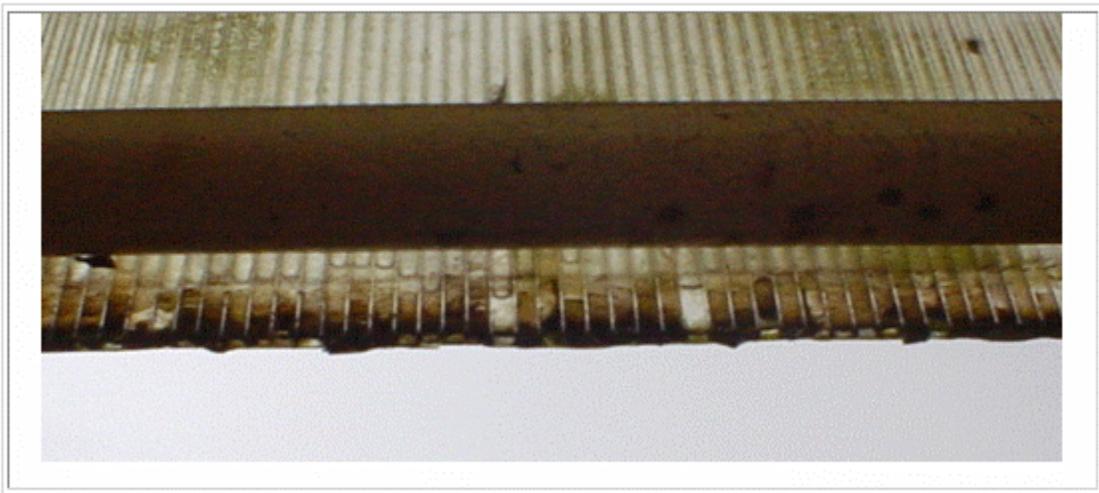


Fig. N° 90. – Aparición de moho en los alvéolos de la placa.

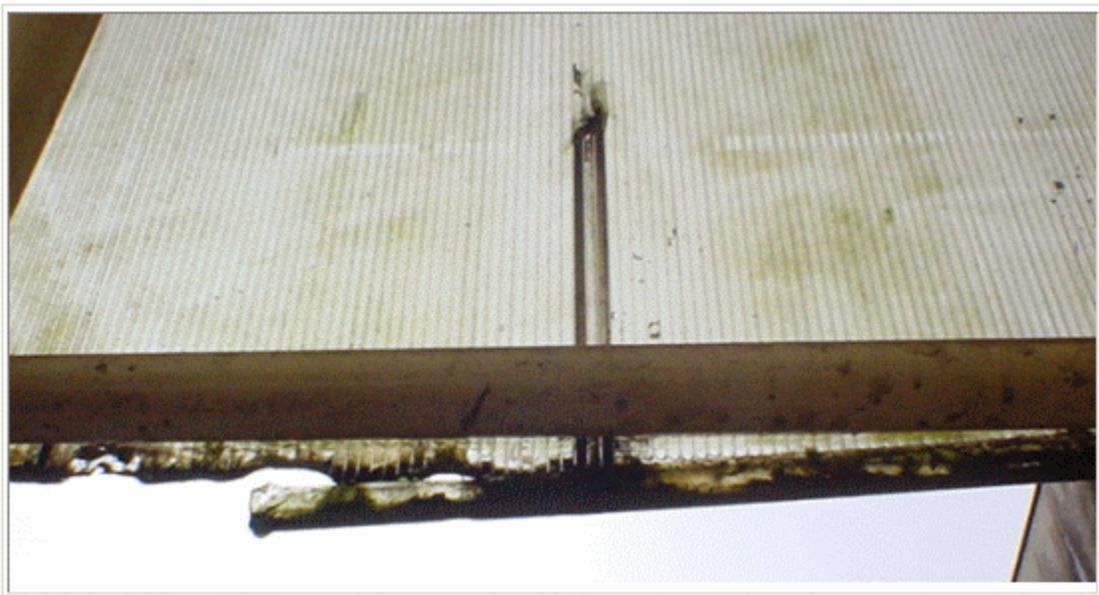


Fig. N° 91. – Instalación deficiente de perfil U.

Capítulo VI: VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL POLICARBONATO FRENTE A OTROS MATERIALES.

En este capítulo se darán a conocer ventajas y desventajas de las placas de policarbonato frente a otros materiales usados comúnmente como cubiertas translúcidas, tales como vidrio, placas de vidrio, etc.

6.1 VENTAJAS DE LAS PLACAS DE POLICARBONATO.

Resistente al impacto: Las placas de policarbonato son virtualmente irrompibles, por esta característica tan particular se considera un material antivandalismo, estando determinada por el tipo y espesor de las placas. Para demostrar la ventaja de resistencia al impacto de la placa de policarbonato alveolar sobre otros materiales, en la tabla N° 16 se indican los valores de los ensayos al impacto que fueron sometidos distintos materiales, los cuales corresponden a las velocidades en que se producirá el fallo de los materiales en relación con el diámetro de la bola de granizo.

TABLA N° 16. Resultados del ensayo de impacto con bola de granizo.

Material	Diámetro de la bola		
	10 mm	20 mm	30 mm
Velocidad media de una piedra de granizo.	14 m/s	21 m/s	25m/s
Placas acrílica celular 16 mm	16-20 m/s	7-14 m/s	4-10 m/s
Vidrio 4 mm	30 m/s	10 m/s	8 m/s
Placa policarbonato alveolar 10 mm	>50 m/s	44 m/s	28 m/s
Placa policarbonato alveolar 16 mm	>50 m/s	44 m/s	28 m/s

FUENTE: COMMERCIAL PLASTICS CORP. CHILE.

Peso: El poco peso de las placas de policarbonato constituye una gran ventaja, por su facilidad de transporte, manipulación e instalación, menores exigencias en las estructuras, etc. En la tabla N° 17, puede observarse la comparación de peso del vidrio, con los policarbonato y placa de fibra de vidrio.

TABLA N° 17. Peso y densidades de diferentes materiales.

Material	Espesor (mm)	Densidad (gr/cm ³)	Peso gr/m ²
Vidrio	2,7	2,4	6500
Fibra de vidrio	0,8	1,5-1,6	1300
Policarbonatos			
Compacto	3	1,2	3600
Alveolar	4		800
Ondulado	0,8		1100

FUENTE: POLILUX y ROBLEDO (1981).

Aislante térmico: La particular estructura de las placas de policarbonato alveolar con cámara de aire, unida a su bajo valor de conductibilidad térmica, garantiza un aislamiento térmico prolongado que supera a cualquier otra cobertura empleada, ya sea de vidrio o material plástico no celular, en la tabla N° 18 se muestra la comparación de transmisión térmica con otros materiales transparentes usados para estructuras de coberturas.

TABLA N° 18. Coeficiente de transmisión de calor para diferentes materiales.

Material	Espeso (mm)r	Kcal./h m ² °C
Policarbonato alveolar	8	3,1
Placa acrílico plana	4	4,6
Vidrio	4	5,0

FUENTE: POLILUX.

Transparencias y Control de radiaciones ultravioletas: La transparencia de las placas de policarbonato compacto es similar a la del vidrio de ventana, es superior en un 5% al vidrio armado, es más opaca que el vidrio a los rayos ultravioleta, presenta un mayor efecto invernadero respecto al vidrio. Una ventaja de las placas de policarbonato alveolar sobre el vidrio por su particular estructura, es la dispersión uniforme en el ambiente de la luz incidente eliminando peligrosos puntos de elevada luminosidad y calor (CARBOLUX S.A.).

Las placas de policarbonato contienen protección contra el ataque de rayos solares ultravioletas, este revestimiento protector asegura las cualidades ópticas a largo plazo de las placas, manteniendo su color original (impide el amarilleamiento) y su grado de transparencia a lo largo de los años, como también la calidad de materiales sensibles que puedan estar almacenado debajo de ellas.

Comparando las placas de policarbonato con las de fibra de vidrio el cambio de color de estas últimas se produce a los tres años, su agrietamiento y el polvo del ambiente ocasionan un bajo nivel de transmisión de luz; en la figura N° 93 se muestra una cubierta translúcida hecha con placas de fibra de vidrio onduladas, en esta figura se puede apreciar el deterioro de las placas por efectos del sol, cambiado su color original por un tono más amarillento que impide el paso de luz, disminuyendo la luminosidad en el recinto. La figura N° 94 corresponde a la techumbre de un recinto cubierto con placas de policarbonato, como se dijo anteriormente estas placas no pierden su color original por efectos del sol, la cual da mayor luminosidad a un recinto.

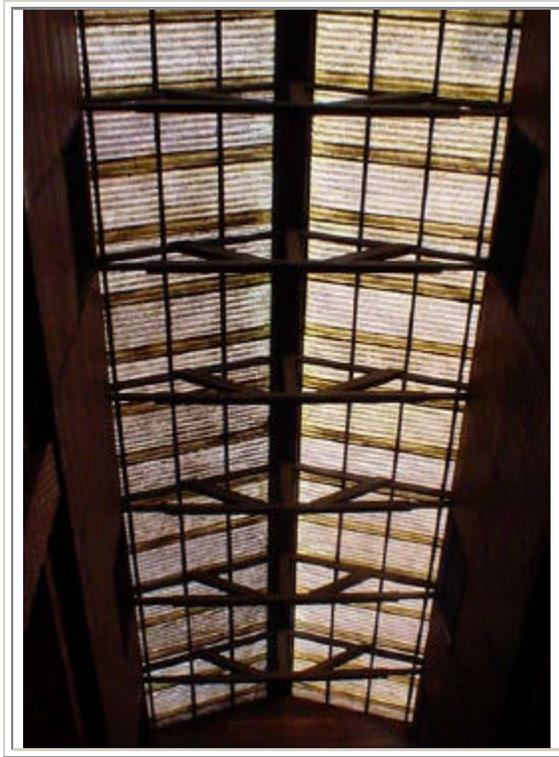


Fig. N° 92. – Cubierta con placas de fibra de vidrio.

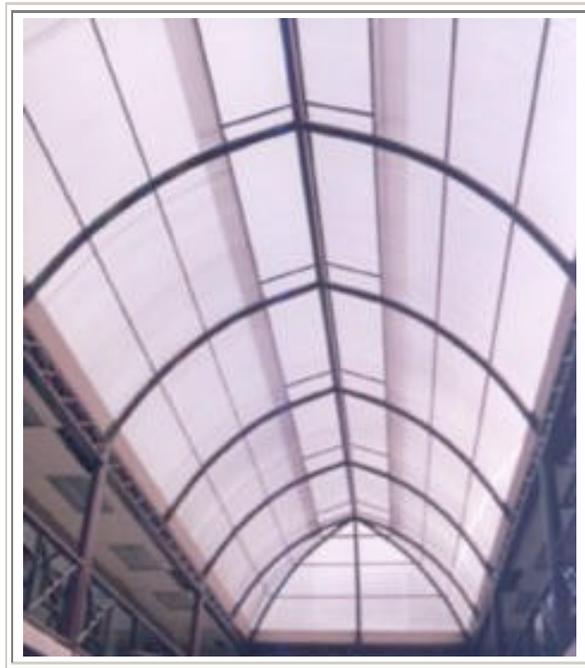


Fig. N° 93. – Cubierta con placas de policarbonato.

Las placas de policarbonato tienen una garantía de 10 años y una vida útil mínima de 20 años, cabe destacar la excelente presentación visual que ofrecen las placas de policarbonato con respecto a las placas de fibra de vidrio.

Flexibilidad: El policarbonato es un material rígido pero con un alto grado de flexibilidad, esta elasticidad permite su utilización para cubrir grandes luces con cubiertas planas, curvas o combinadas sin necesidad de calor, lo cual es una ventaja con respecto al vidrio el cual es completamente rígido.

6.2 DESVENTAJAS DE LAS PLACAS DE POLICARBONATO.

Flexibilidad: Las placas de policarbonato son más flexibles que el vidrio y esta desventaja es más notoria en las placas de policarbonato compacto, por lo tanto si son colocadas en forma horizontal, éstas requieren mayor espesor que el vidrio o menor distancia entre apoyo para evitar la flecha producida por peso propio o posibles cargas.

Las desventajas de flexibilidad de las placas de policarbonato respecto de la mayor rigidez del vidrio, puede disminuir con la posibilidad de darles formas curvas; en las superficies curvas generalmente el espesor será menor que el del vidrio para la misma separación entre apoyos.

Rayado: Las placas de policarbonato se rayan con facilidad, siendo esto más notorio en las placas de policarbonato compacto, presentando una mayor desventaja con respecto al vidrio.

Costo: La mayor desventaja que presentan las placas de policarbonato es el costo, éste es más elevado que el del vidrio y el de las placas de fibra de vidrio para la misma cantidad de metro cuadrados a cubrir. Comparando materiales translúcidos del mismo espesor el costo de las placas de policarbonato es considerablemente mayor, en la tabla N° 19 se muestran algunos precios referenciales de algunos materiales.

TABLA N° 19. Comparación de precios de algunos materiales.

Material	Espesor (mm)	Precio/m²	U.F.
Placa fibra de vidrio 0,85x 2,0 m (serie 1300)	-	3523	0,21
Placa poliacrílico 0,8 x 2,0 m	1,4	4077	0,24
Vidrio tipo doble	3	5526	0,33
Policarbonato alveolar 2,10 x 11,60 m	4	7655	0,46
Policarbonato ondulado 0,86x2,0m	0,8	9070	0,54

Valor Unidad de Fomento (UF) 4 de Diciembre del 2002 = \$ 16.736.

Instalación: La buena instalación de las placas de policarbonato (en especial la alveolar) es una condición muy importante para su duración y estética, por lo tanto, para su instalación lo más recomendado es ser asesorado por un experto, lo que evidentemente aumenta los costos.

Capítulo VII: APLICACIÓN DE LAS PLACAS DE POLICARBONATO AL DISEÑO DE UN INVERNADERO TIPO.

En este capítulo se confeccionará como ejemplo de aplicación un invernadero, utilizando como material de cubierta placas de policarbonato, posteriormente se hará una estimación del costo de construcción.

7.1 DISEÑO DE UNA ESTRUCTURA TIPO INVERNADERO CON PLACAS DE POLICARBONATO.

Los requerimientos y cálculos de diseño del invernadero previa definición de requerimientos de uso, se desarrollarán de acuerdo a las necesidades y condiciones climáticas de la zona de Valdivia, X región.

7.1.1 Requerimientos de diseño.

Para realizar el diseño de un invernadero es preciso conocer los siguientes factores que determinarán la estructura y características del mismo:

- a) Vientos.
- b) Orientación.
- c) Ventilación.
- d) Forma.
- e) Dimensiones.
- f) Materiales de construcción.

Dirección del viento. Se evitara las zonas expuestas a fuertes vientos, ya que ellos destrozan el plástico o provocan derrumbamientos y un aumento de las pérdidas de calor (enfriamiento)

a través de él. Es por ello que los invernaderos deben ubicarse en dirección perpendicular a los vientos dominantes. Se debe procurar que presenten el menor frente o bien en diagonal a la dirección del viento.

Orientación. Desde el punto de vista de la energía solar, los especialistas coinciden en señalar que la dirección este – oeste del eje longitudinal del invernadero es la que proporciona la máxima captación de energía solar. Si bien esta orientación es la mejor para obtener el máximo de luz también es la más desfavorable en cuanto al viento, puesto que el viento pegará perpendicular a la estructura, por esto la mejor orientación es diagonal NE-SO.

Ventilación. La ventilación es muy importante ya que la condensación en la cara interna causa goteo que puede dañar más directamente a las plantas o más probablemente favorecen el desarrollo de enfermedades en especial fungosas, debido a la alta humedad ambiental que promueve. La manera de controlar la humedad es mediante la ventilación y esta constará de 4 ventanas instaladas en los parámetros laterales del invernadero y 4 ventanas en las cumbreras (ventilación cenital) dado que en ellas se acumula el calor.

Forma. Por aspectos de costos y facilidad de construcción, la forma del invernadero constará de paredes verticales rectangulares, techo plano simétrico con un ángulo de inclinación de 27° con la horizontal.

Dimensiones. El tamaño del invernadero será de medianas dimensiones para obtener un mayor control de las temperaturas internas y la ventilación, cuenta además con una altura adecuada para el desarrollo de cualquier cultivo de gran desarrollo.

Ancho: 6,00 m

Largo: 10,55 m

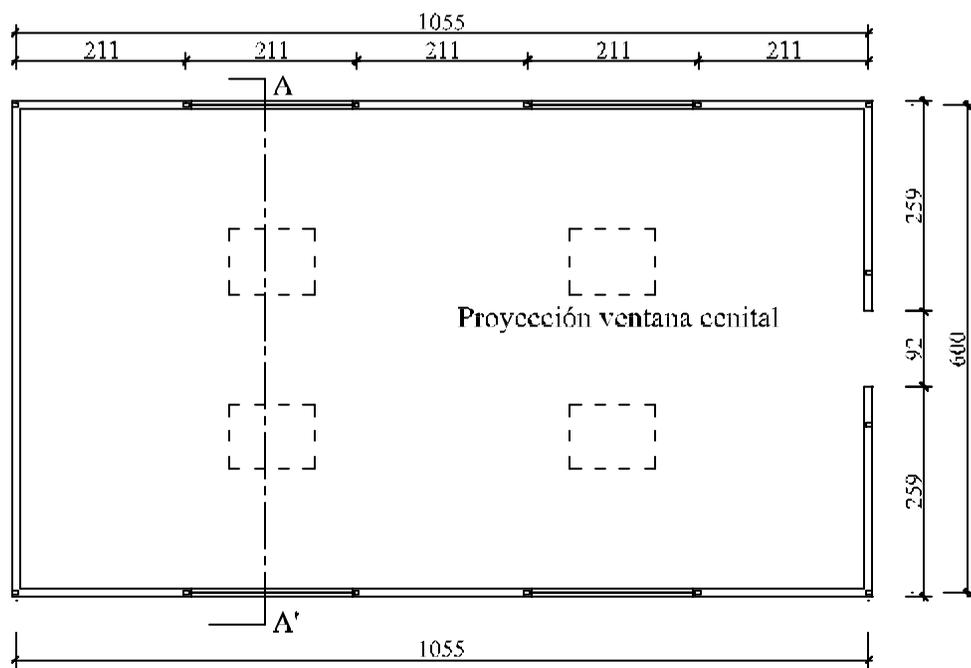
Altura de hombros: 2,90 m

Altura cumbre: 4,40 m

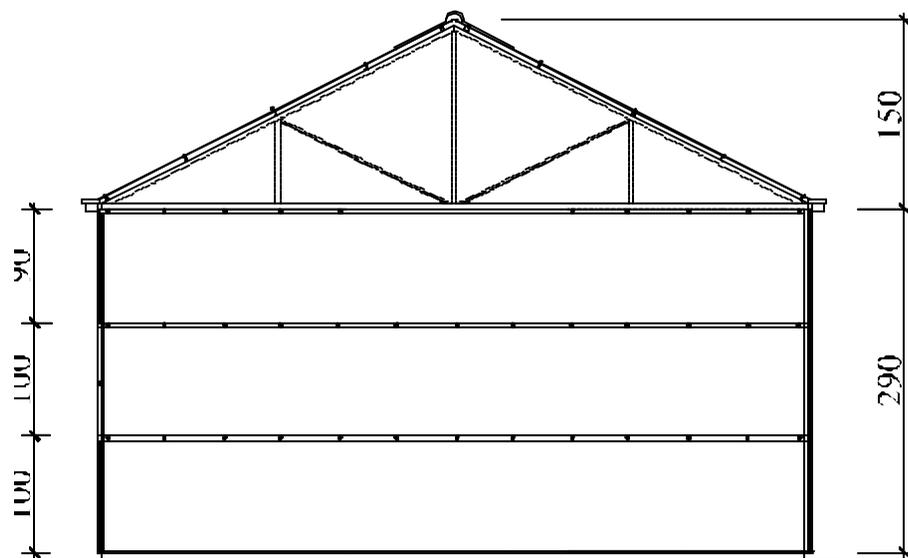
Superficie: 176 m²

Volumen de producción: 231 m³

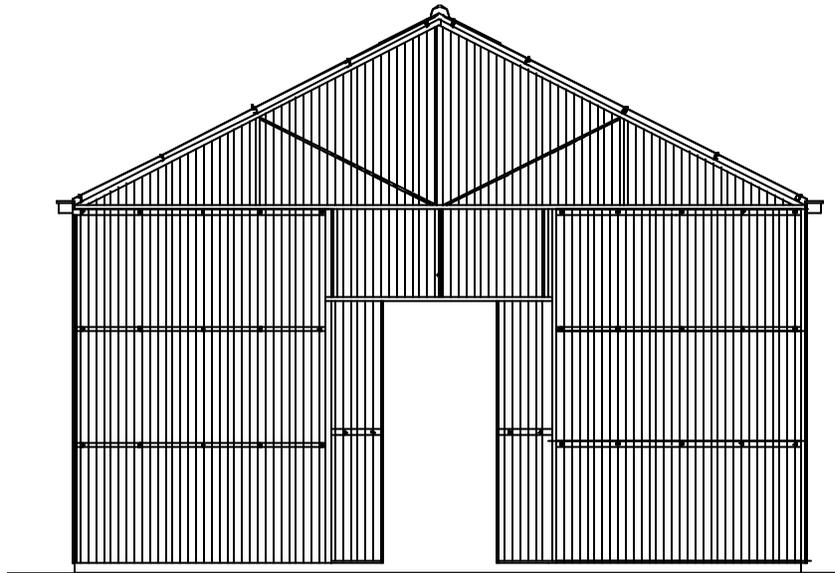
Planta, corte y elevaciones principales del invernadero.



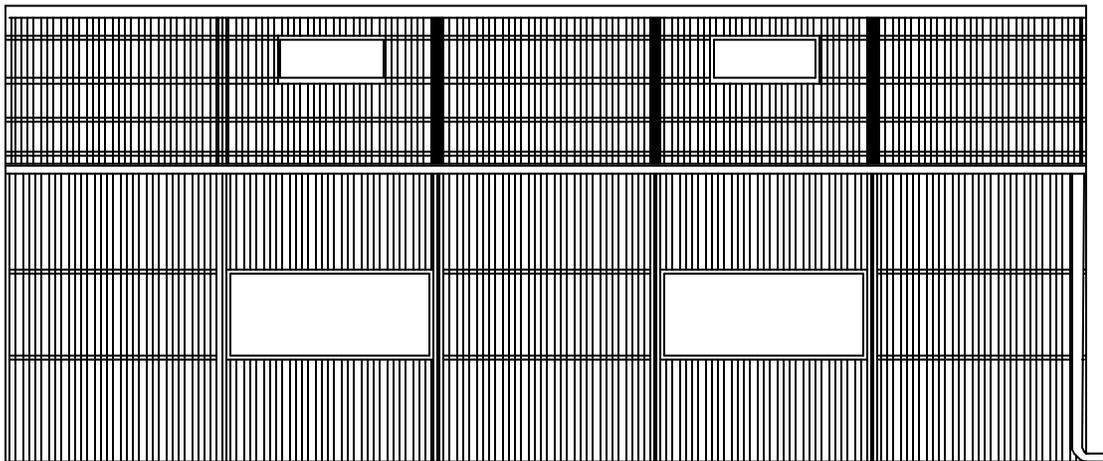
Planta de arquitectura



Corte A-A'



Elevación principal



Elevación lateral

Materiales de construcción

Estructura: La estructura del invernadero será de acero, por tener éste una mayor capacidad de carga, requiere de elementos de menor sección lo que reduce el sombreamiento al interior de la estructura. Este material está menos propenso a sufrir la acción de agentes biológicos, por lo que su costo de mantención son menores que el de la madera.

La calidad a utilizar tanto para acero estructural y de refuerzo, así como para perfiles en general, será según la nomenclatura utilizada en Chile, del tipo:

A 37 – 24 ES, acero de tipo estructural, laminado en caliente y perfiles formados en frío normado por la NCh 203, con las siguientes características:

- Tensión de fluencia $S_y = 2400 \text{ Kg/cm}^2$
- Tensión de rotura $S_u = 3700 \text{ Kg/cm}^2$

En general se utilizarán aceros de fabricación nacional, con las siguientes propiedades mecánicas:

- Módulo de Young; $E = 2,1 \times 10^6 \text{ (kg/cm}^2\text{)}$
- Módulo de Poisson; $\nu = 0.3$
- Módulo de corte en zona elástica; $G = 808.000 \text{ (kg/cm}^2\text{)}$
- Coeficiente de dilatación térmica; $\alpha = 0,000011 \text{ (1/}^\circ\text{C)}$
- Peso específico; $\rho = 0.00785 \text{ (Kg/cm}^3\text{)}$

Cubierta: Una vez calculada las cargas que tendrá que soportar la placa y la distancia entre apoyos se consultará la tabla N° 13 del Capítulo III, para determinar el espesor mínimo que deberá tener la placa de policarbonato.

Los materiales de cubierta serán de policarbonato alveolar de 6 mm de espesor, tonalidad transparente, atornillada sobre la estructura con fijaciones tipo roscalatas inoxidables de 35 mm con arandelas metálicas y de neopreno.

Perfilería e insumos: Perfiles de policarbonato H8 mm como elementos de unión de las placas, perfil de policarbonato U8 mm para cierre de bordes de las placas, cintas de sello de aluminio y porosas para cierre de los alvéolos de las placas y silicona neutra para la fijación de los perfiles U en los bordes de las placas.

7.2 CARGAS Y SOBRECARGAS DE USO.

- a) **Cargas muertas.** – Peso propio de los perfiles y estructuras, además de cualquier elemento que soporte una estructura o subestructura.
- b) **Cargas vivas.** – Se considerará una sobrecarga mínima de 100 Kg/m^2 para la techumbre afectada por los respectivos coeficientes de reducción por pendiente de techo y área tributaria.

Para costaneras se considerará 100 Kg en la posición más desfavorable para el diseño de las costaneras de techo, esta carga no actúa simultáneamente con la sobrecarga de uso para techo.

- c) **Cargas de viento.** – Las cargas de viento se determinan según lo establecido en la norma chilena Nch 432 Of. 71.

- d) **Combinaciones de carga.**

$$\text{Peso propio} + \text{Sobrecarga} = pp + sc$$

$$0,75 \times (\text{Peso propio} + \text{Sobrecarga} + \text{Viento}) = 0,75 \times (pp + sc + v)$$

$$\text{Peso propio} + \text{viento} = pp + v$$

7.2.1 Cálculos estructurales.

El análisis de la estructura se realizará mediante el programa AVWIN 98 para cálculo estructural, al que se le suministran todos los datos necesarios, como elementos, materiales, secciones, etc. Al cuál se le entregan todas las solicitaciones a las que estará expuesta la estructura para luego obtener los resultados de las deformaciones, diagramas de esfuerzos, traslaciones de los elementos y reacciones de apoyos los cuales se utilizan posteriormente para realizar el dimensionamiento de las piezas.

1. Características de la estructura tipo invernadero:

- Largo total: 10,55 m.
- Altura de hombros: 2,90 m.
- Altura cumbre: 4,40 m.
- Distancia entre marcos: 2,11 m.
- Separación de costaneras: 0,84 m.
- Calidad del acero: A 37-24ES.
- Cubierta: placa de policarbonato alveolar $e = 6$ mm.

2. Datos para el cálculo:

a) Cargas muertas:

Peso propio cubierta: $q_{pp} = 1,30 \text{ Kg/m}^2$

Peso propio costaneras }
Peso propio marcos } Se ingresa en el programa mediante la opción que posee para tal efecto.

Ancho tributario: $a = 2,11 \text{ m}$

b) Cargas vivas:

Sobrecarga: $q_k = 100 \text{ Kg./m}^2$

$Tg a = 0,5 > 0,3$, por lo tanto, $q_{k, red} = 30 \text{ Kg/m}^2$

$q_{sc} = 30 \text{ Kg./m}^2 \times 2,11 \text{ m} = 63,3 \text{ Kg/m}$

Sobrecarga costaneras: $P = 100 \text{ Kg}$ en la mitad de la luz, no actúa simultáneamente con la sobrecarga de uso para techo.

c) Cargas producidas por el viento.

Construcción con todos sus lados cerrados.

Presión básica de viento: $q_w = 39,06 \text{ Kg/m}^2$

Ángulo pendiente de techo: $a = 27^\circ$

- **Techo sotavento (W1):**

$$W_1 = (1,2 \text{sen} a - 0,4) \times q_w \times a$$

$$W_1 = 11,93 \text{ Kg./m (presión)}$$

- **Pared sotavento (W2):**

$$W_2 = 0,8 q_w \times a$$

$$W_2 = 65,94 \text{ Kg/m (presión)}$$

- **Techo barlovento (W3):**

$$W_3 = 1 - 0,4 q_w \times a$$

$$W_3 = 32,97 \text{ Kg./m (succión)}$$

- **Pared barlovento (W4):**

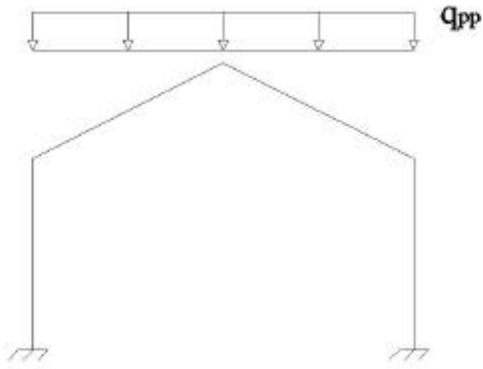
$$W_4 = -0,4 q_w \times a$$

$$W_4 = 32,97 \text{ Kg./m (succión)}$$

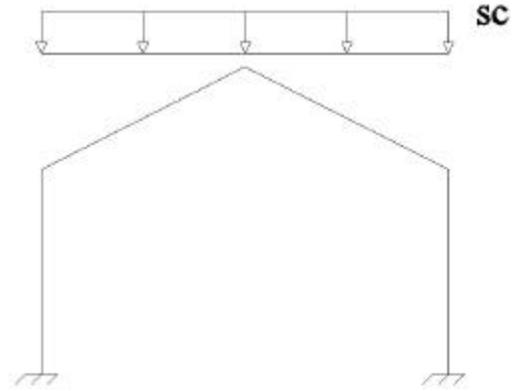
- **Cargas de viento en Z (Wz):**

$$W_z = 32,97 \text{ Kg./m (succión)}$$

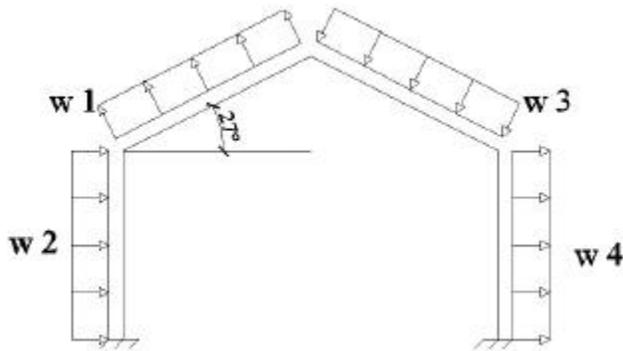
Modelos de de carga:



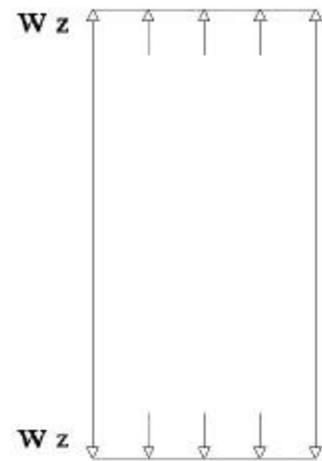
Peso propio



Sobrecarga



Viento en X



3. Dimensiones de perfiles metálicos.

De acuerdo a los resultados del análisis y diseño estructural realizado por AWIN 98 se obtuvieron los perfiles siguientes:

Pilares: \varnothing 75x75x3 mm

Vigas cerchas: \varnothing 40x30x2 mm

Diagonales: \varnothing 30x30x2 mm

Puntales: \varnothing 30x30x2 mm

Costaneras: \varnothing 40x30x2 mm

7.2.2 Cálculo de fundaciones.

Para el diseño de las fundaciones se optará por zapatas de base cuadrada, la capacidad de soporte del suelo será $\sigma = 1,0 \text{ Kg/cm}^2$, los valores máximos de reacciones serán de:

$$R_x \text{ máx.} = 167,57 \text{ Kg.}$$

$$R_y \text{ máx.} = 200,84 \text{ Kg.}$$

$$M \text{ máx.} = 157,57 \text{ Kg/m}^2$$

$$\gamma_{\text{horm}} = 2,4 \text{ Ton/m}^3$$

Zapata de base cuadrada

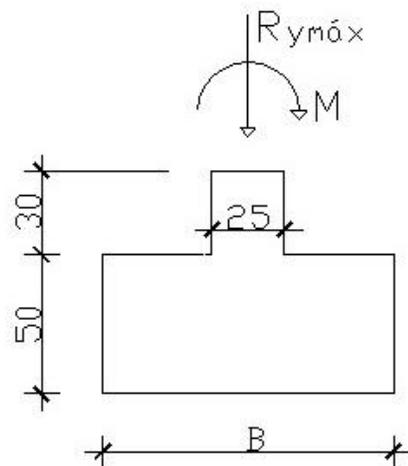
donde,

$$\sigma = \frac{P}{A} \pm \frac{M}{W} < \sigma_{\text{adm}}, \quad A = B^2$$

$$W = \frac{I}{y}; \quad I = \frac{1}{12} B \times B^3$$

Luego se tiene:

$$\frac{P}{B^2} \pm \frac{6M}{B^3} < \sigma_{\text{adm}},$$



$$P = P_P + R_y \text{ máx}$$

$$P_P = (2,4 \times 0,5 \times B^2) + (2,4 \times 0,25 \times 0,25 \times 0,3) = 1,2 B^2 + 0,054$$

$$P = 1,2 B^2 + 0,054 + 0,20084$$

$$P = 1,2 B^2 + 0,25484$$

$$\frac{1,2 B^2 + 0,25484}{B^2} \pm \frac{0,15757 \times 6}{B^3} < \sigma_{\text{adm}}$$

$$\frac{1,2 B^2 + 0,25484}{B^2} \pm \frac{0,94542}{B^3} < 10$$

$$B = 0,49 \text{ metros} \sim 0,50 \text{ metros}$$

Enfierradura para zapata

$$h = 0,46 \text{ m}$$

$$r = 0,04 \text{ m}$$

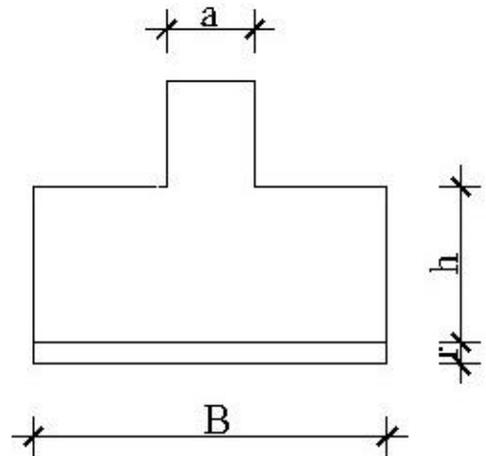
$$A = B \times h, \quad A = 0,50 \times 0,46 = 0,23 \text{ m}^2$$

$$\rho_{\min} = 0,0018 = \frac{A_s}{A},$$

$$A_s = 0,000423 \text{ m}^2 = 4,23 \text{ cm}^2 / 6 \Phi$$

$$A_s = 0,705 \text{ m}^2$$

$$0,705 = \pi \times \frac{D^2}{4}, \quad D = 0,947 \text{ cm}$$



Usar armaduras $\Phi 10 @ 8 \text{ cm}$

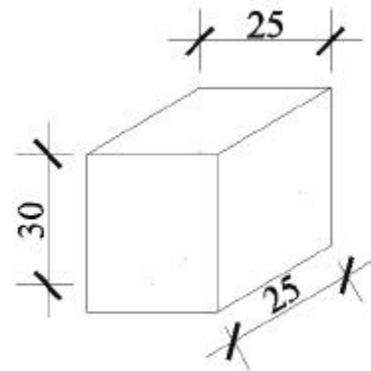
Enfierradura pedestal

$$\rho_{\min} = 0,01$$

$$A = a \times a$$

$$A = 0,25 \times 0,25 = 0,625 \text{ m}^2$$

$$\rho_{\min} = 0,01 = \frac{A_s}{A}$$



$$A_s = 0,000625 \text{ m}^2 = 6,25 \text{ cm}^2 / 8 \Phi$$

$$A_s = 0,78 \text{ m}^2$$

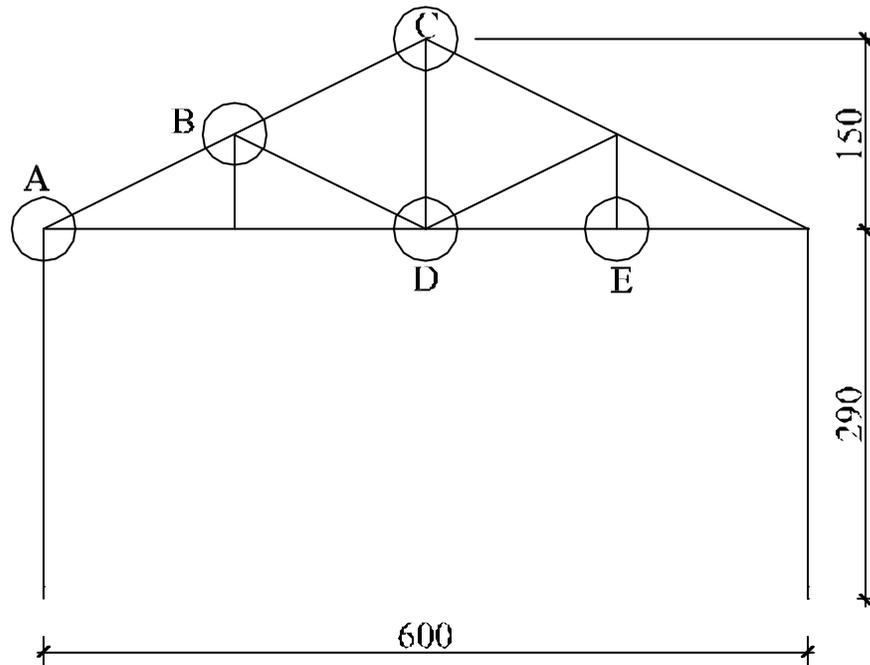
$$0,78 = \pi \times \frac{D^2}{4}$$

$D = 0,99 \text{ cm}$, por lo tanto, usar $8\Phi 10 \text{ mm}$, E $\Phi 8 @ 20 \text{ cm}$.

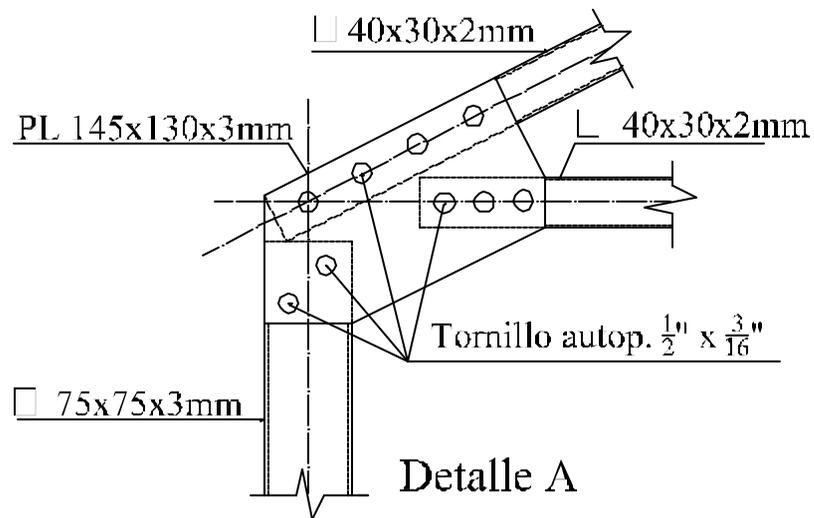
7.3 DETALLES CONSTRUCTIVOS.

7.3.1 Detalles constructivos de la elevación frontal.

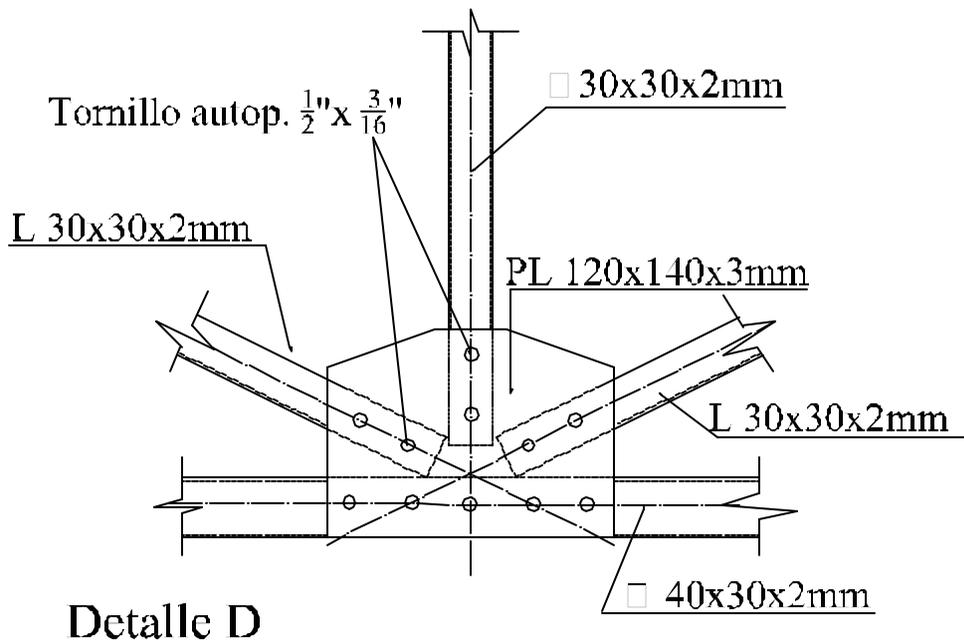
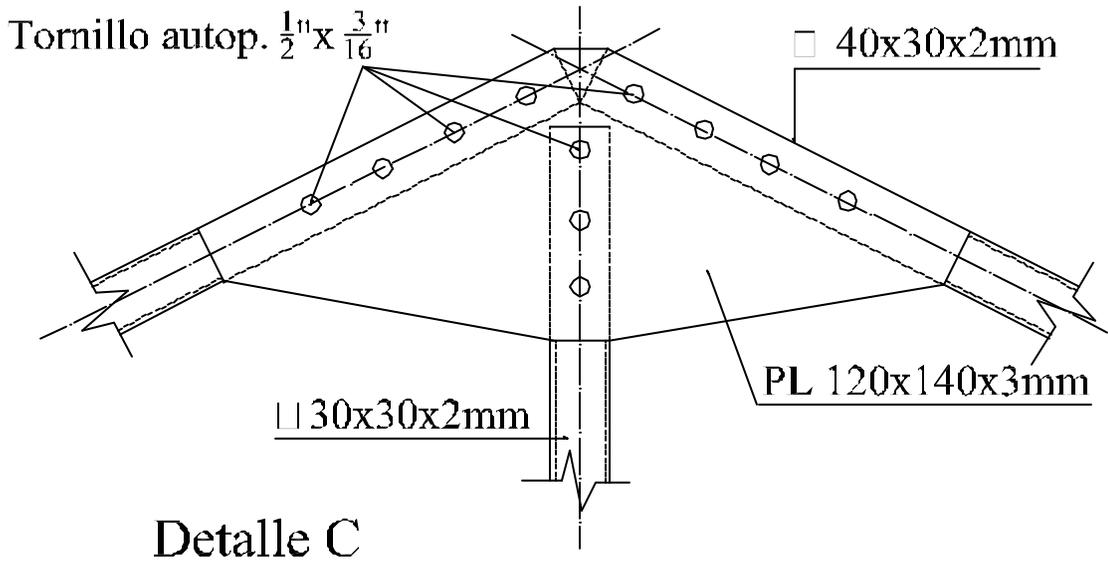
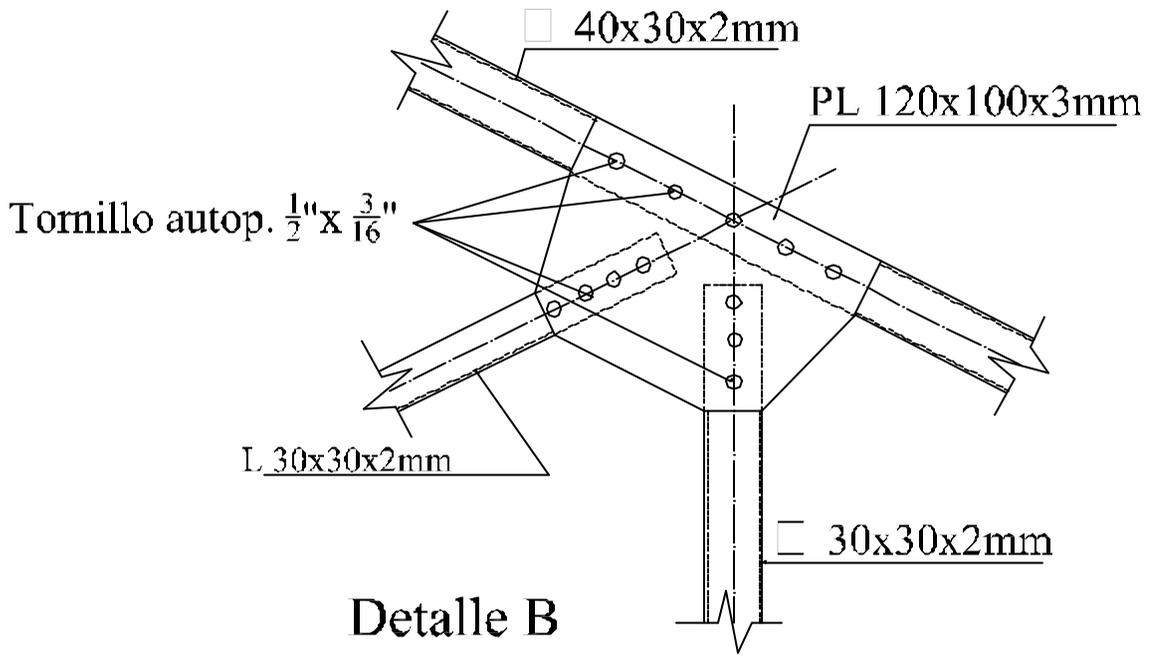
En la elevación marco se presenta cinco uniones que su solución tecnológica se mostrará en las figuras siguientes:

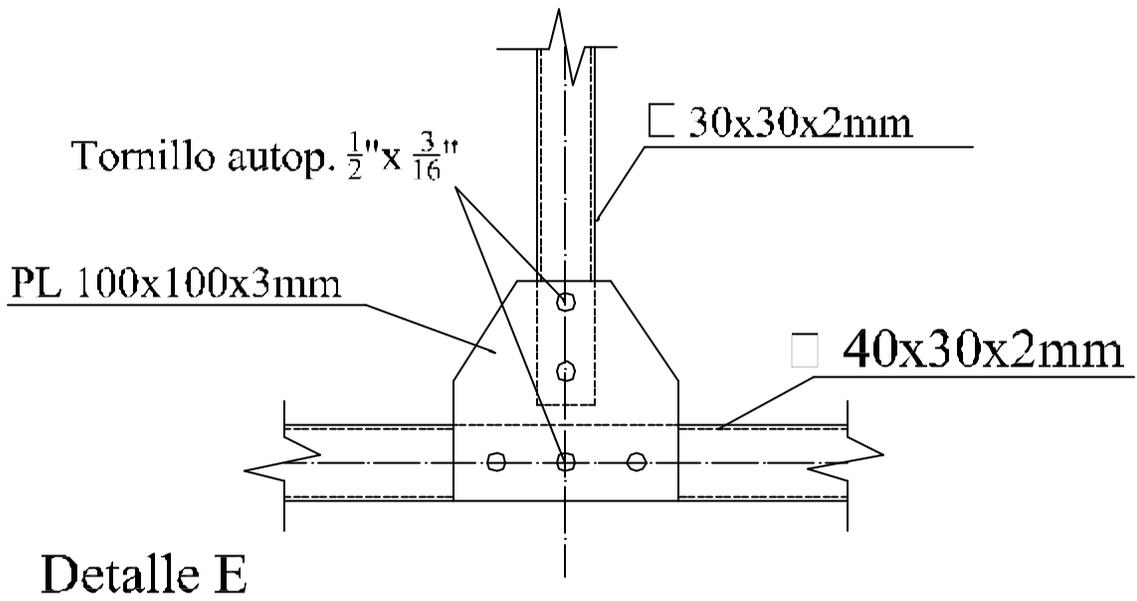


Elevación marco



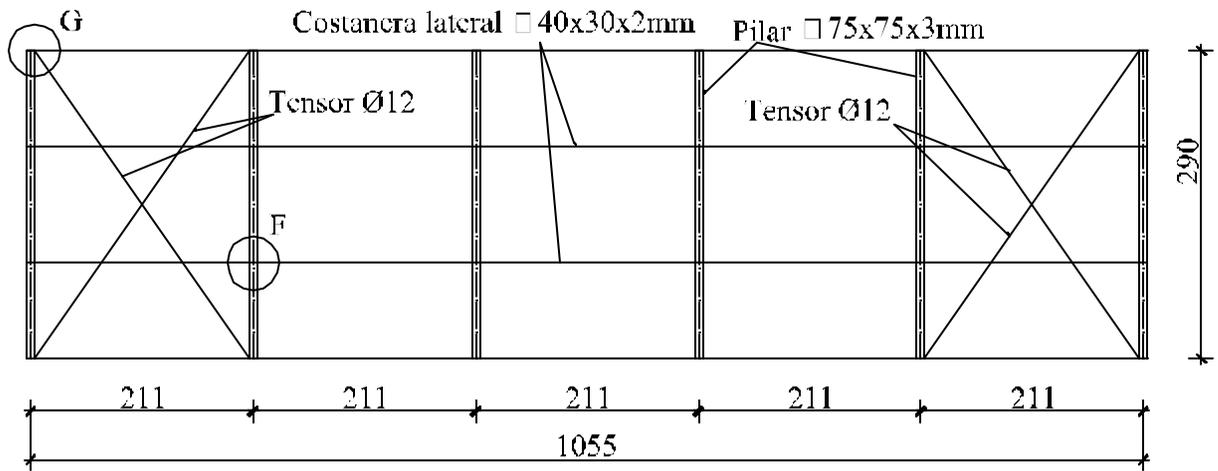
Detalle A



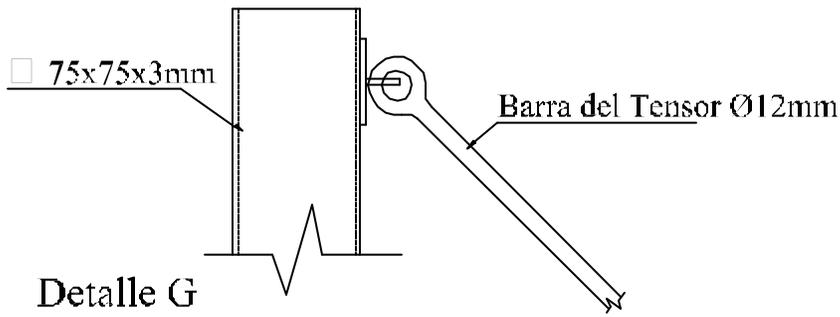
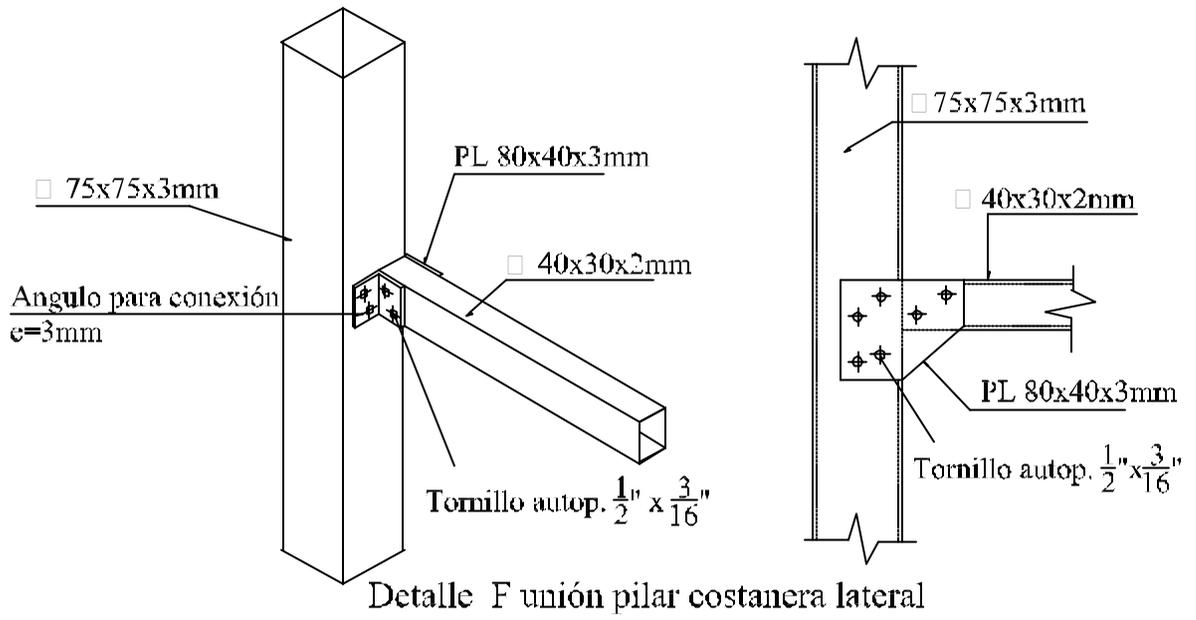


7.3.2 Detalles constructivos de la elevación lateral.

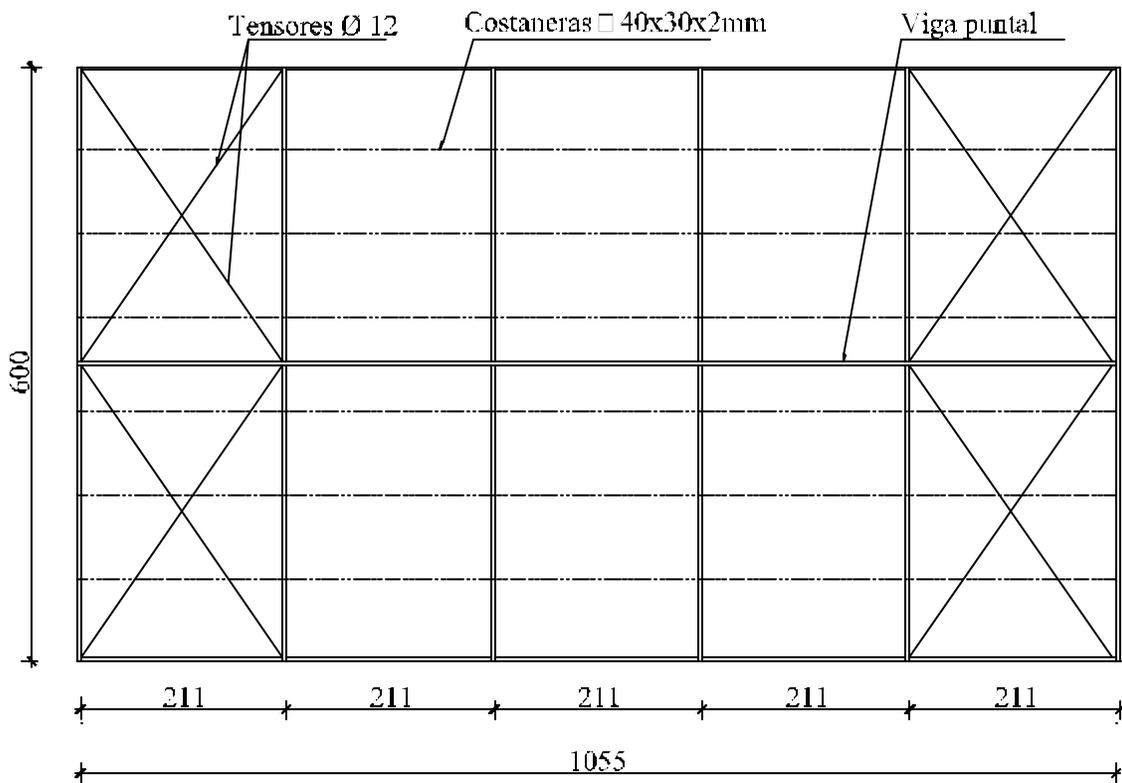
En la elevación lateral se presentan dos uniones que su solución tecnológica se presenta en las figuras siguientes:



Elevación lateral



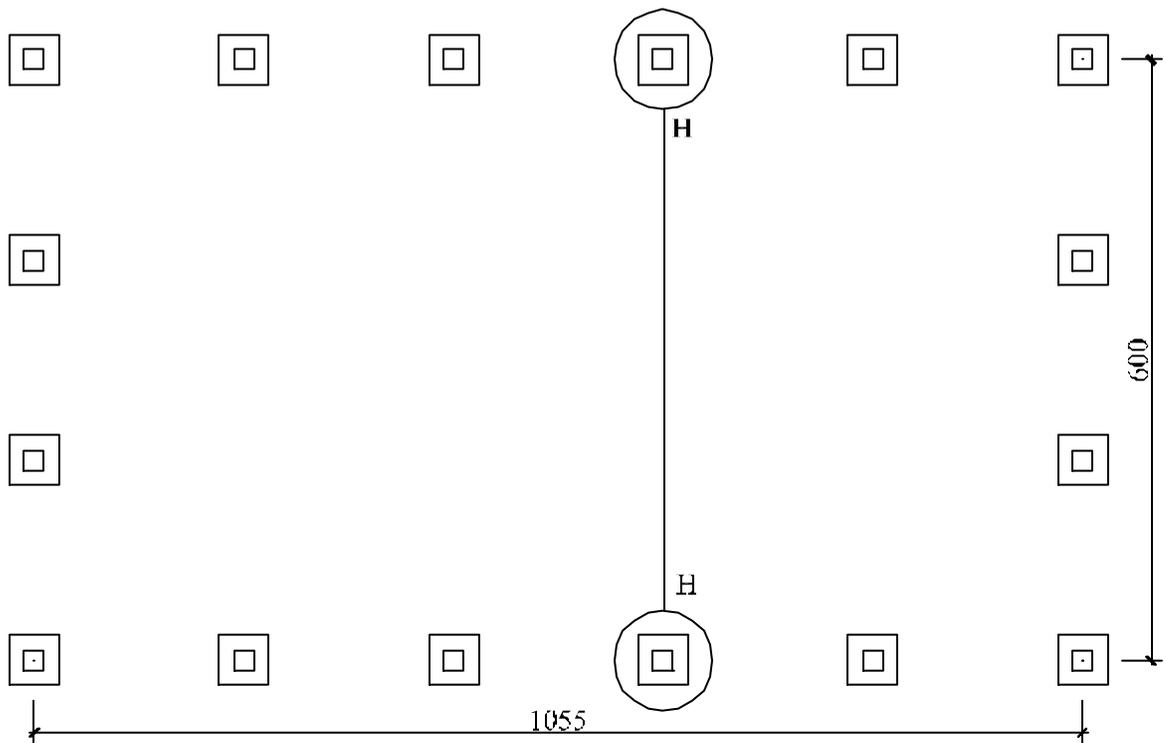
7.3.3 Planta de la techumbre.



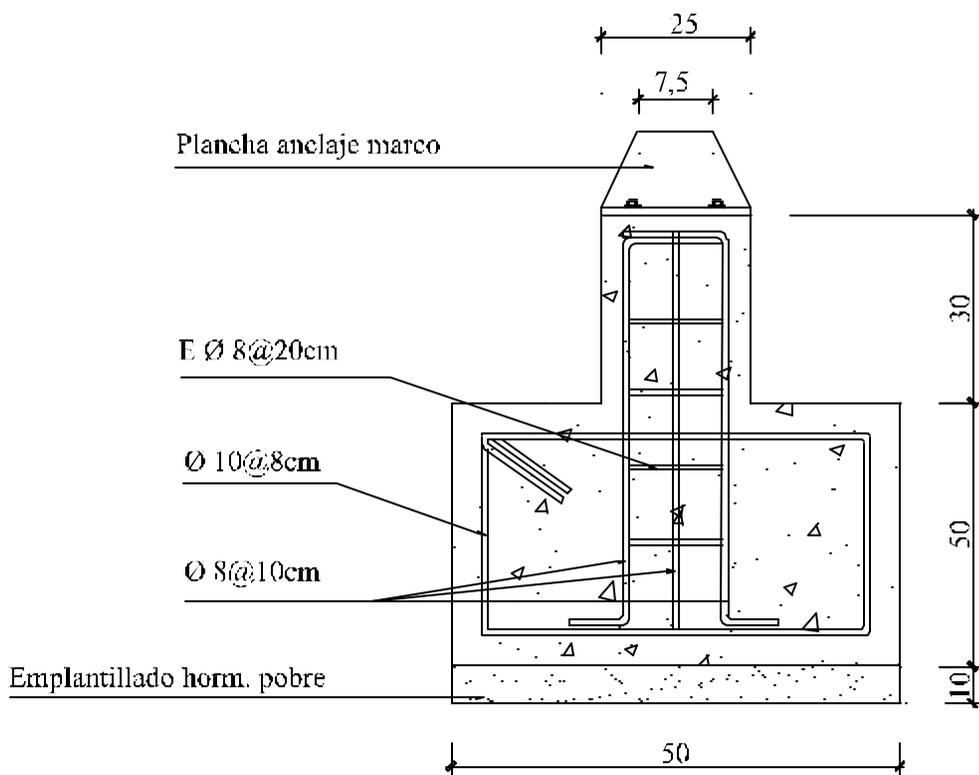
Planta techumbre

7.3.4 Detalles constructivos en fundaciones.

En los detalles constructivos de las fundaciones se presenta el sistema de fundación del invernadero y la elevación de la zapatas aislada:



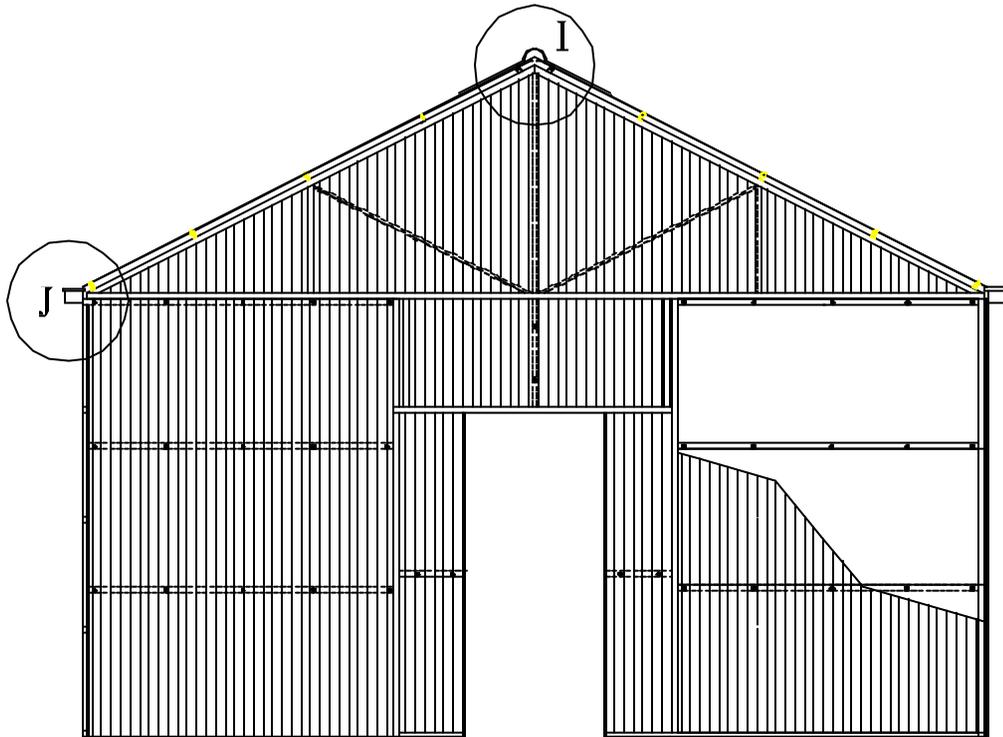
Planta Fundaciones



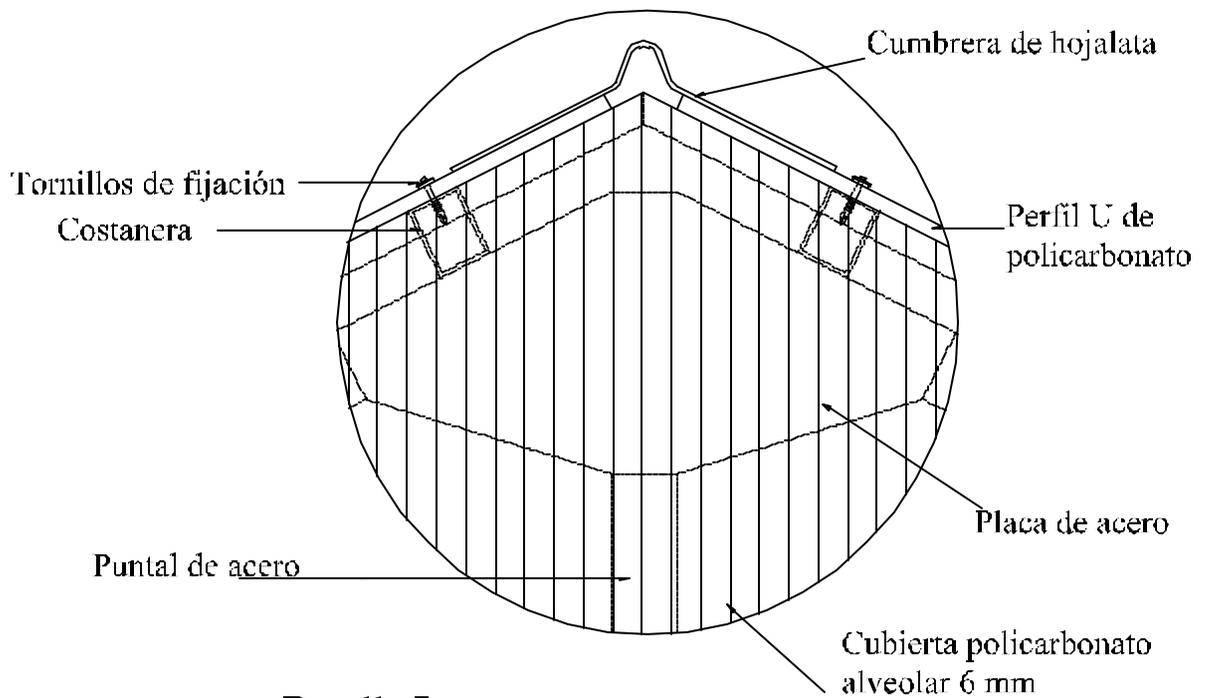
Detalle H

7.3.5 Detalles de terminaciones de la elevación principal.

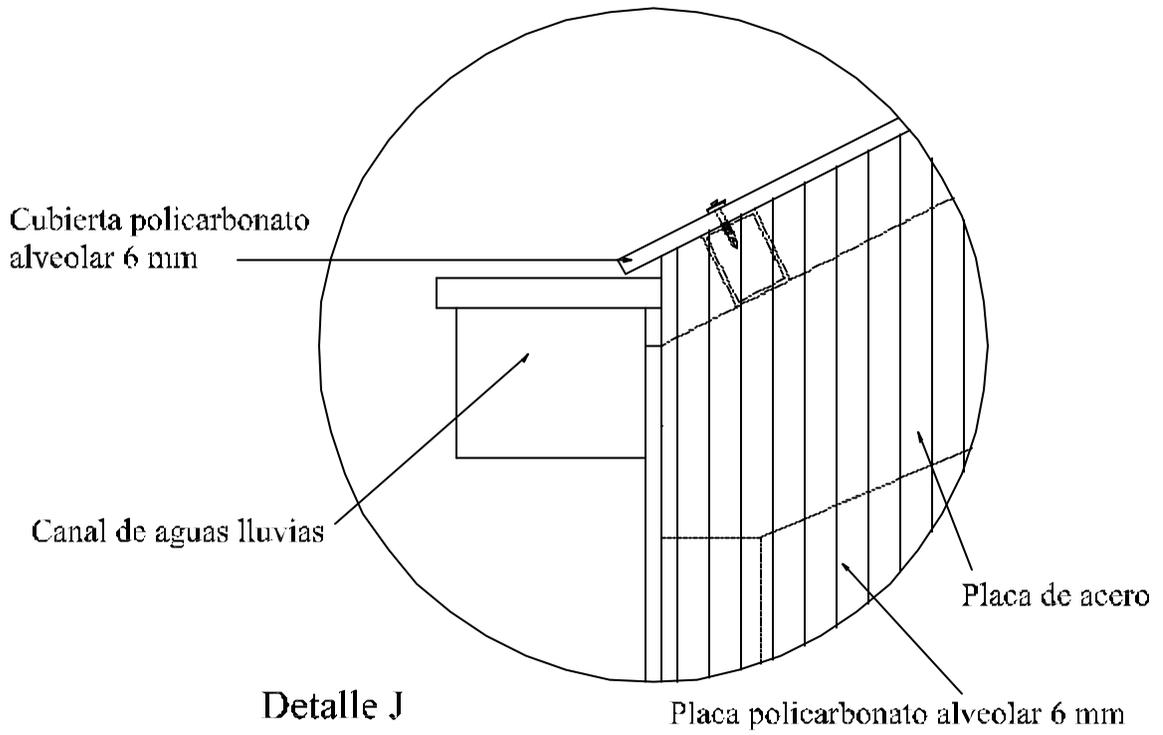
En la elevación principal se presentan dos uniones que su solución tecnológica se presenta en las figuras siguientes:



Elevación principal

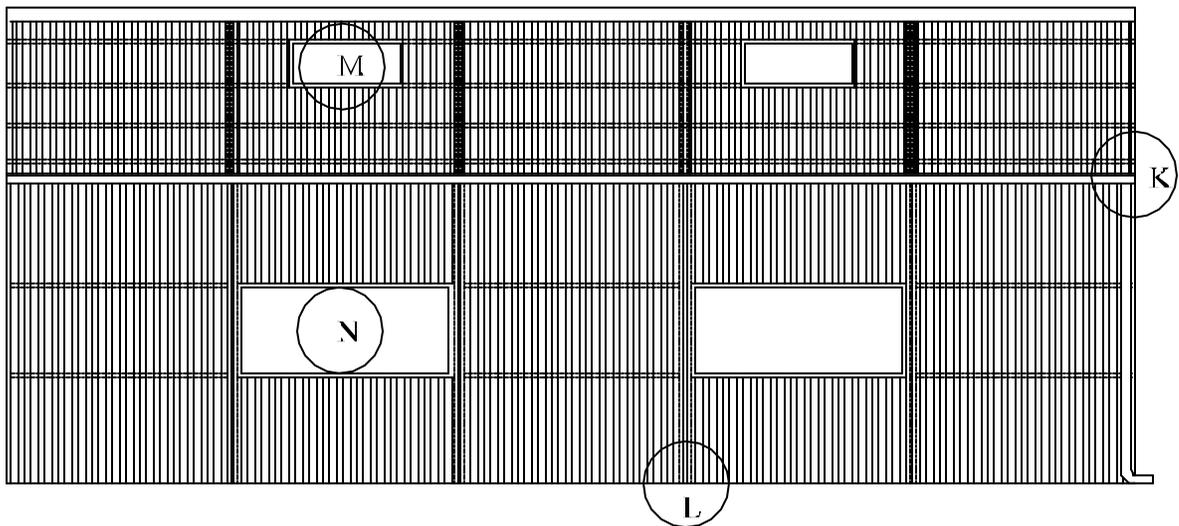


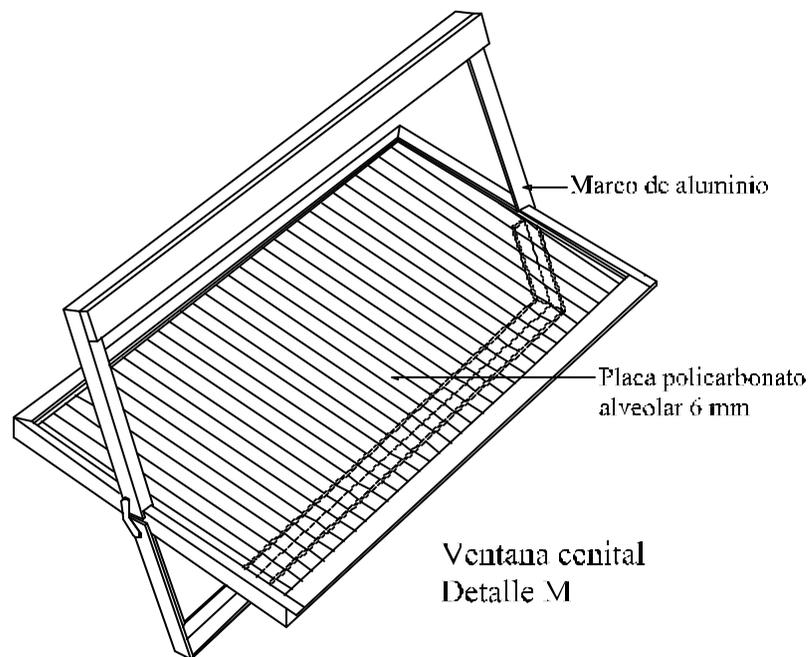
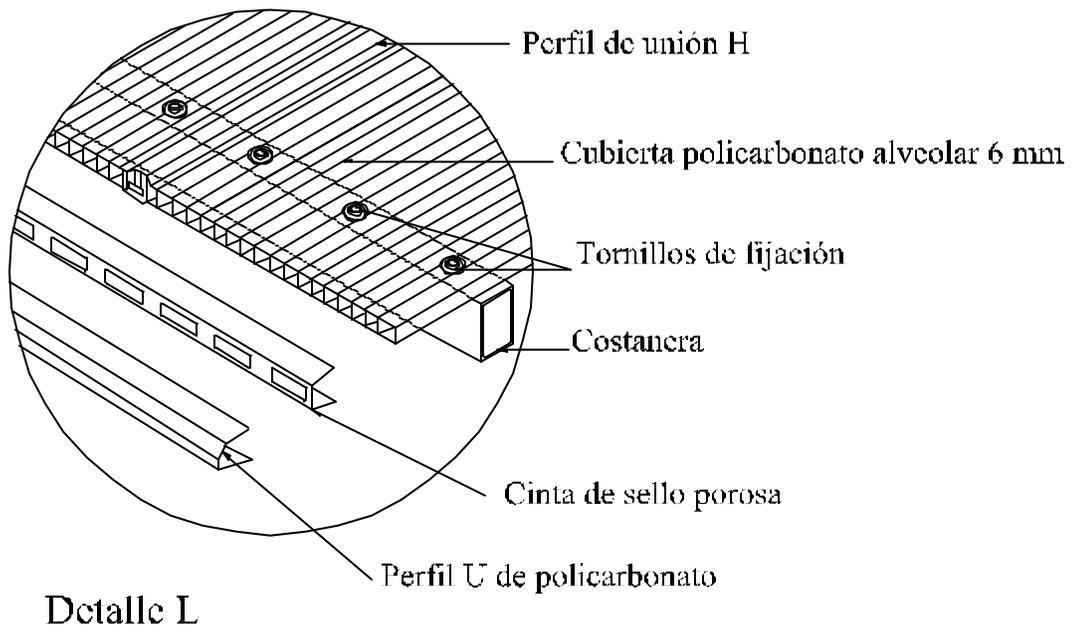
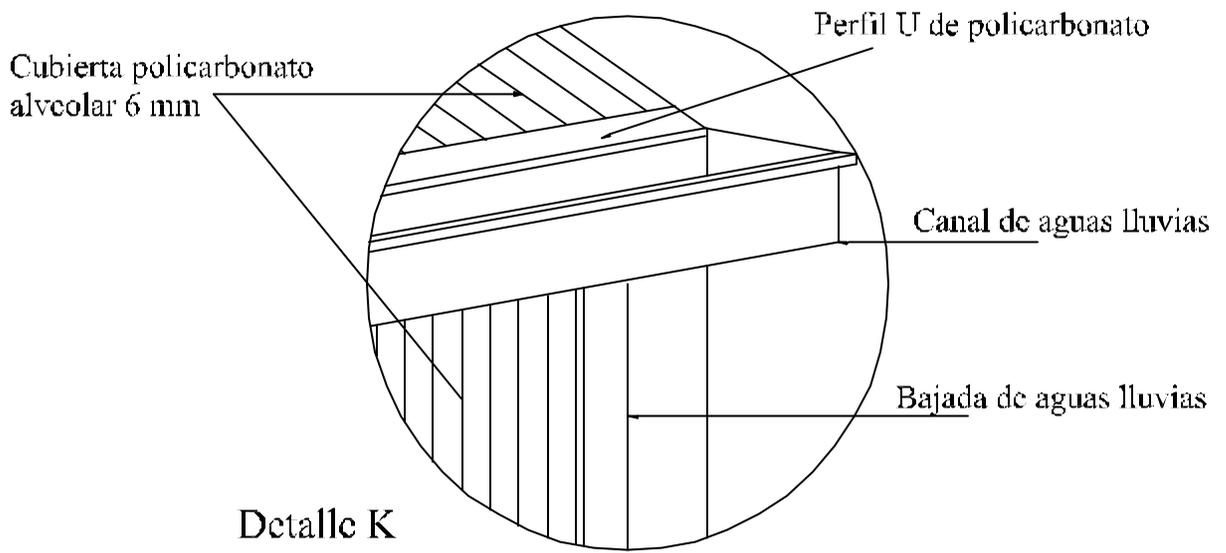
Detalle I

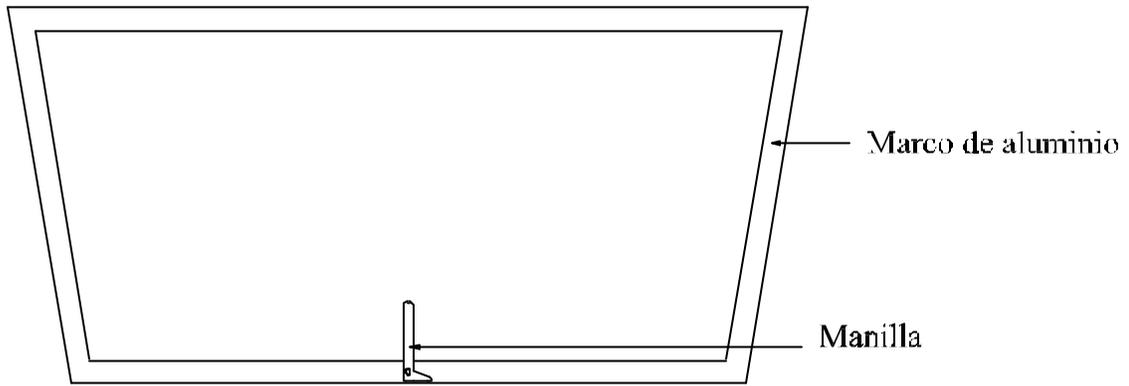


7.3.6 Detalles de terminaciones de la elevación lateral.

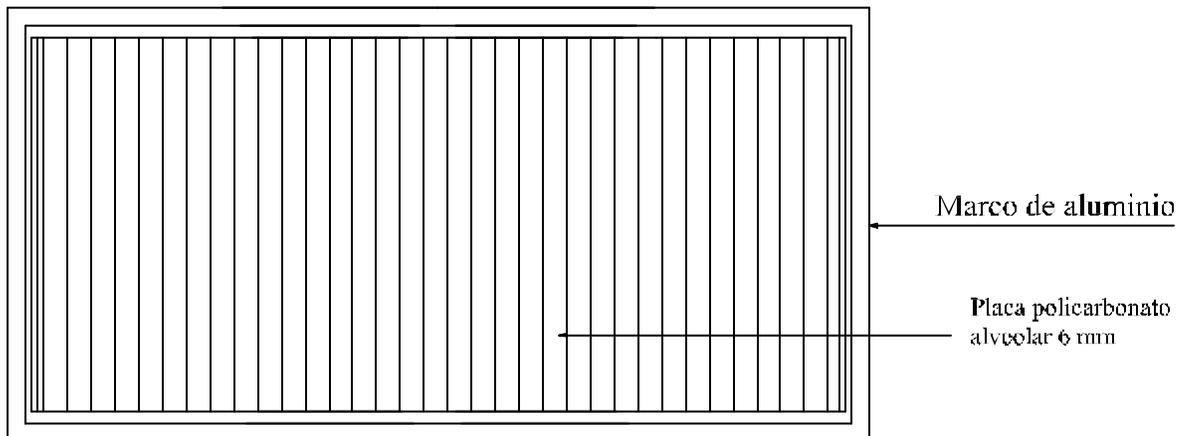
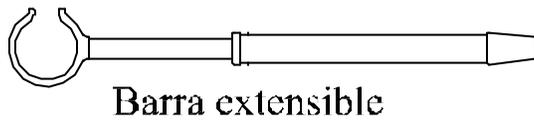
En la elevación principal se presentan cuatro uniones que su solución tecnológica se presenta en las figuras siguientes:







Vista de ventana cenital
desde el interior



Ventana lateral
Detalle N

7.4 VALORACIÓN DE COSTOS.

7.4.1 Presupuesto invernadero.

Valor Unidad de Fomento (UF), 4 de Diciembre del 2002 = \$ 16.736.-

Ítem	Designación	Unid	Cant	P.Unit.	Total \$	Total U.F
1.-	Movimiento de tierra					
1.1	Escarpe	m3	6.33	3272	20712	1.2
1.2	Excavación fundaciones	m3	3.9	2016	7862	0.5
2.-	Fundaciones					
2.1	Emplantillado	m3	0.2	11764	2353	0.1
2.2	Hormigón Zapata H20	m3	2.3	44226	101720	6.1
2.3	Fierro A 44-28-H	Kg	250	502	125500	7.5
2.4	Moldajes	m2	16	6644	106304	6.4
3.-	Estructura metálica					
3.1	Perfiles cuad.75x75x3 mm	Kg	307	941	288887	17.3
3.2	Perfil cuad. 30x30x2 mm	Kg	30.2	828	25039	1.5
3.3	Perfil ángulo L 30x30x2 mm	Kg	18	757	13588	0.8
3.4	Perfil rect. 40x20x3 mm	Kg	554	961	532394	31.8
4.-	Instalación cubierta					
4.1	Placa policarbonato alv., e=6 mm	m2	180	16791	3022380	180.6
5.-	Aguas lluvias					
5.1	Canal Fe galv., #24, des=30 cm	ml	22	2057	45254	2.7
5.2	Bajada Fe galv. #28, des=30 cm	ml	6	2056	12336	0.7
6.-	Ventanas	uni	8	22680	181440	10.8

Subtotal	=	4.485.769	268,0
18% IVA	=	<u>807.438</u>	<u>48,3</u>
Total Presupuesto	=	\$5.293.207	U.F 316,3

7.4.2 Análisis de costos unitarios.

1.- Movimiento de tierra

1.1 Escarpe m3

Materiales	Unid.	Cant	P.Unit.	Total	Total Partida
Herramientas y maquinarias	gl	1,00	1100	1100	
Extracción de escombros	m3	1,00	1800	1800	
Subtotal					2900

Mano de Obra					
Jornalero	ds	0.06	4000	240	
Leyes sociales	%	55	240	132	
Subtotal					372

Total partida					3272
---------------	--	--	--	--	------

1.2 Excavación para fundación m3

	Unid.	Cant	P.Unit.	Total	Total Partida
Mano de Obra					
Jornalero	ds	0.3	4000	1200	
Desgaste de herramientas	%	8	1200	96	
Leyes sociales	%	60	1200	720	
Subtotal					2016

Total partida					2016
---------------	--	--	--	--	------

2.- Fundaciones m3

2.1 Emplantillado m3

Materiales	Unid.	Cant	P.Unit.	Total	Total Partida
Ripio(flete 15Km)	m3	0.8	4500	3600	
Cemento corriente	sac	1.0	3472	3472	
Arena Gruesa(flete 15 Km)	m3	0.5	5500	2750	
Perdidas	%	10	9822	982	
Subtotal					10804

Mano de Obra					
Concretero	ds	0.1	6000	600	
Leyes sociales	%	60	600	360	
Subtotal					960

Total partida					11764
---------------	--	--	--	--	-------

2.2 Hormigón zapata H-20 m3

Materiales	Unid.	Cant	P.Unit.	Total	Total Partida
Aridos	m3	1.4	5000	7000	
Cemento	sac	7	2796	19572	
Perdidas	%	0.05	26572	1328.6	
Maquinarias y herramientas	%	0.05	6500	325	
Subtotal					28226

Mano de Obra					
Concretero	ds	1.25	8000	10000	
Leyes sociales	%	60	10000	6000	
Subtotal					16000

Total partida					44226
---------------	--	--	--	--	-------

2.3 Fierro A44-28H kg

Materiales	Unid.	Cant	P.Unit.	Total	Total Partida
Fierro	Kg	1.08	231	249	
Alambre N° 18	Kg	0.01	451	5	
Subtotal					254

Mano de Obra					
Enfierrador	ds	0.03	6000	180	
Leyes sociales	%	60	180	108	
Subtotal					288

Total partida					542
---------------	--	--	--	--	-----

2.2 Moldaje m3

Materiales	Unid.	Cant	P.Unit.	Total	Total Partida
Madera pino	uni	0.83	2350	1951	
clavo corriente	kg	0.08	371	29.7	
Terciado moldaje	plac	0.1	16690	1669	
Alambre negro	kg	0.3	383	115	
Subtotal					3764

Mano de Obra					
Carpintero + ayud	ds	0.3	6000	1800	
Leyes sociales	%	60	1800	1080	
Subtotal					2880

Total partida					6644
---------------	--	--	--	--	------

3.- Estructuras metálica A 24 - 37 ES	Kg
---------------------------------------	----

3.1 Pilares	Kg
-------------	----

Materiales	Unid.	Cant	P.Unit.	Total	Total Partida
Perfil cuadrdo 75x75x3 mm	kg	1.00	703	703	
Despunte	%	0.30	250	75	
Anticorrosivo	lit	0.02	1150	23	
Perneria	%	2.5	801	20	
Subtotal					821

Mano de Obra					
Cortadores	ds	0.01	7500	75	
Leyes sociales	%	60	75	45	
Subtotal					120

Total partida	941
---------------	-----

3.2 Puntalescuad. 30x30x2 mm	Kg
------------------------------	----

Materiales	Unid.	Cant	P.Unit.	Total	Total Partida
Perfil cuad. 30x30x2 mm	Kg	1.00	710	710	
Despunte	%	0.3	250	75	
Anticorrosivo	lit	0.02	1150	23	
Perneria	%	2.5	808	20	
Subtotal					828

Mano de Obra					
Cortador	ds	0.01	7500	75	
Leyes sociales	%	60	75	45	
Subtotal					120

Total partida	948
---------------	-----

3.3 Diagonales L30x30x2 mm	Kg
----------------------------	----

Materiales	Unid.	Cant	P.Unit.	Total	Total Partida
Perfil ángulo L 30x30x2 mm	Kg	1.00	594	594	
Despunte	%	0.3	250	75	
Anticorrosivo	lit	0.02	1150	23	
Perneria	%	2.5	692	17.3	
Subtotal					709

Mano de Obra					
Soldador + ayud	ds	0.004	7500	30	
Leyes sociales	%	60	30	18	
Subtotal					48

Total partida	757
---------------	-----

3.4	perfil rect. 40x30x2 mm	Kg
-----	-------------------------	----

Materiales	Unid.	Cant	P.Unit.	Total	Total Partida
Perfil rectang. 40x30x2 mm	Kg	1.00	722	722	
Despunte	%	0.3	250	75	
Anticorrosivo	lit	0.02	1150	23	
Pernera	%	2.5	820	21	
Subtotal					841

Mano de Obra					
Cortadores	ds	0.01	7500	75	
Leyes sociales	%	60	75	45	
Subtotal					120

Total partida	961
---------------	-----

4.-	Cubierta	m2
-----	----------	----

Materiales	Unid.	Cant	P.Unit.	Total	Total Partida
Placa policarbonato alv., e=6 mm	m2	0.08	153500	12280	
Cinta de sello de aluminio 50 m	ml	0.04	7300	292	
Cinta de sello filter tape 33 m	ml	0.06	2400	144	
Perfil de unión policarb. H6 5,80m	ml	0.17	1500	255	
Perfil de policarb. U6 2,10 m	ml	0.95	1130	1074	
Silicona neutra 100 ml	uni	0.027	4000	108	
Fijaciones 35 mm	uni	8	130	10	
Perdidas	%	5	14162.9	708	
Subtotal					14871

Mano de Obra					
2 Instaladores placas de policarbonato	ds	0.06	20000	1200	
Leyes sociales	%	60	1200	720	
Subtotal					1920

Total partida	16791
---------------	-------

5.- Aguas lluvias	ml
-------------------	----

5.1 Canal de aguas lluvias	ml
----------------------------	----

Materiales	Unid.	Cant	P.Unit.	Total	Total Partida
Canal Fe galv. #24 des=30cm	ml	1.1	1171	1288	
Remache #6 para canales	Kg	0.003	8475	25	
Solda. 50% estaño tipo A	Kg	0.03	5821	175	
Perdidas 6,8 %	%	6	1488	89	
Subtotal					1577

Mano de Obra					
Hojalatero + ayud.	ds	0.06	5000	300	
Leyes sociales	%	60	300	180	
Subtotal					480

Total partida	2057
---------------	------

5.2 Bajada de aguas lluvias	ml
-----------------------------	----

Materiales	Unid.	Cant	P.Unit.	Total	Total Partida
Bajada Fe galv. #28 des=30cm	ml	1.1	739	813	
Solda. 50% estaño tipo A	Kg	0.04	5821	233	
Perdidas	%	6	1046	63	
Abrazadera galv.	uni	0.8	339	271	
Tarugo de 6mm	uni	3	5	15	
Rosc. 1 1/2x10	uni	3	7	21	
Subtotal					1416

Mano de Obra					
Hojalatero + ayud.	ds	0.08	5000	400	
Leyes sociales	%	60	400	240	
Subtotal					640

Total partida	2056
---------------	------

Capítulo VIII: CONCLUSIONES.

Habiendo cumplido con las etapas de un proceso investigativo, corresponde presentar las conclusiones obtenidas en el desarrollo de este trabajo.

De la caracterización realizada a los policarbonatos, se desprende que es muy versátil, que su proceso de transformación es simple en principio, pero en la realidad puede tener una alta complejidad, dependiendo del nivel de tecnología empleada para su fabricación. Una característica importante del material estudiado, es que para obtener un producto de calidad su materia prima no debe ser reciclada.

En cuanto a la industria nacional de productos plásticos, estos no fabrican placas de policarbonato, debiéndose esto implicando un considerable aumento en los costos. La respuesta a esta inactividad es que el nivel tecnológico en el país corresponde al de una economía en desarrollo, sin complejidades y donde el empresariado se muestra cauteloso al momento de invertir en nuevas tecnologías.

De acuerdo al estudio realizado a las propiedades físicas de las placas de policarbonato, se puede concluir que :

- El comportamiento frente al fuego es bueno, pues en el caso de un incendio la placa se derretirá y no contribuirá en nada a empeorar el incendio, por que no propaga las llamas.
- La estabilidad frente a los agentes químicos en general es buena, pero se debe prestar atención a la compatibilidad química con ciertos productos que puedan dañar a las placas, en especial a los compuestos de los selladores tales como las siliconas y a elementos que se

utilizan para limpieza de las placas, algunos ejemplo de agentes dañinos pueden ser: los limpiadores altamente alcalinos, la gasolina, benceno, acetona, etc.

- La calidad en la transparencia de las placas de policarbonato es comparable a la del vidrio,
- La capacidad de filtrar la radiación ultravioleta es la característica más importante, pues gracias a ella que las placas de policarbonato pueden mantener casi inalterables a través del tiempo sus propiedades físicas y mecánicas,

Al estudiar la resistencia mecánica de las placas de policarbonato, se ha concluido que la gran flexibilidad de las placas de policarbonato ofrece al diseñador una gran libertad de diseño, no obstante, esta flexibilidad será una desventaja si no se toman en cuenta las posibles solicitaciones a que queden sometidas las placas, es decir, cargas de viento y nieve; ya que en el caso de que estas sean de gran magnitud provocaran una deformación por flecha. Para evitar dicha deformación se tendrá que optar por aumentar el espesor de las placas o disminuir la distancia entre los apoyos; en definitiva cualquiera de las dos alternativas causara un aumento en los costos de construcción.

En cuanto a las ventajas y desventajas de las placas de policarbonato se concluye que sus ventajas principales son la transparencia, su poco peso, su flexibilidad, pero la mayor de todas es la propiedad de filtrar la radiación ultravioleta; y la desventaja más desfavorable es su elevado costo.

En cuanto al uso de este material, existe una amplia aceptación en proyectos de gran envergadura, especialmente en centros comerciales, no así en proyectos pequeños por la tendencia a la fijación en el alto costo inicial del producto y no a su larga vida útil, debiéndose a la carencia de información publicitaria y técnica.

La aplicación de estas placas se ve reflejada cuando se necesita mejorar la luminosidad natural de un recinto, tales como piscinas temperadas, gimnasios, cubiertas para techos, invernaderos, etc., si se desea usar las placas en el interior de un recinto, es decir, que no quedan expuestas al sol, se recomienda utilizar placas sin protección ultravioleta las cuales tienen un costo menor;

En cuanto al diseño de un invernadero utilizando como material de cobertura placas de policarbonato alveolar, se ha concluido que :

- Sólo se justifica su aplicación si se requiere una construcción con una larga vida útil por la razón de que este material es muy caro, pero este costo inicial se puede amortiguar ahorrando en calefacción, ya que las placas provocan un efecto invernadero al ser impermeables a la radiación terrestre;
- Resulta conveniente determinar el espesor correcto de las placas que se van a utilizar, pues mientras menor es el espesor, menor es el costo de inversión, el cálculo del espesor de las placas depende de varios factores, uno de ellos es el nivel de aislamiento térmico que se le quiera dar al recinto, otro es la carga que deberá soportar la placa, entre otras;
- También se pudo concluir que es de vital importancia considerar las medidas de las placas (largo y ancho) al momento de realizar el diseño de cualquier estructura que se quiera cubrir con placas de policarbonato, esto se debe a que no es conveniente quedarse con material sobrante ya que es muy difícil de darle otro uso;
- Otro factor importante para el buen funcionamiento de las placas es la instalación, ya que una buena disposición le dará una vida útil a la construcción y un buen aspecto estético por más tiempo, si no se respetan los procedimientos de instalación se habrá hecho una mala inversión;

- Además siempre es necesario dejar un espacio para la dilatación térmica de las placas, porque de lo contrario las placas se deformarán.

- Finalmente el costo de inversión por metro cuadrado para un invernadero cubierto con placas de policarbonato alveolar es de aproximadamente \$95.000 pesos, 358 U.F.

En las provincias de nuestro país no existe una educación formal de técnicos en el área, estos se forman por experiencia propia y las empresas distribuidoras la asumen con cursos de capacitación a su personal, los cuales generalmente muestran indiferencia a estos beneficios.

Esta falta de incentivo a la capacitación del personal y ausencia de normas nacionales trae como consecuencia la degradación temprana del material y por lo tanto grandes pérdidas económicas, generando desconfianza al momento de optar por este material.

Por lo tanto el trabajo desarrollado, es un referente para la aplicación de los policarbonatos en ingeniería.

BIBLIOGRAFÍA

DEPARTAMENTO DE EDUCACIÓN DE PENETON. 1975. Nociones fundamentales sobre Plásticos. Ediciones Marymar, Buenos Aires, Argentina..

E. DIAMANT. 1967. Aislamiento térmico y acústico de edificios. Editorial Blume, Madrid, España.

LAWRENCE H. VAN VLACK. 1984. Tecnología de Materiales. Fondo educativo interamericano, S.A., de C.V., México.

SAECHTLING, HANSJÜRGEN. 1978. Los plásticos en la construcción. Editorial Gustavo Gili S.A. Barcelona, España.

SAECHTING – ZEBROWSKI. 1963. Manual de Plásticos. Editorial Reverté S.A. Barcelona, España.

SANTIAGO A. CELSI, ALBERTO D. IACOBUCCI. 1959. Química elemental moderna parte orgánica. Editorial Kapelusz. Buenos Aires, Argentina.

ROBLEDO, D. y MARTÍN, V. 1981. Aplicación de los plásticos en la agricultura. Mundi-prensa. Madrid, España. 186 p.

ROGER CARDIEGUES 1959. Aislamiento y protección de las construcciones. Editorial Gustavo Gili, S.A. Barcelona, España.

Catálogos y manuales.

BOLETÍN DE INFORMACIÓN TÉCNICA (BIT), Noviembre 1998.

CARBOLUX S.p.A. Catálogo “Placas de Policarbonato estructuras que iluminan”. Santiago, Chile.

COMMERCIAL PLASTICS Corp. (CP Chile). Manual técnico “Placa de policarbonato celular”, Lexan Thermoclear. General Electric Company U.S.A.

DE VICENTE PLÁSTICOS S.A. (dVp). Catálogos de productos de construcción “Policarbonato para cubiertas”. Santiago, Chile.

DE VICENTE PLÁSTICOS S.A. (DVP). Catálogos “Sistema Danpalon Policarbonato”. Santiago, Chile.

MANUAL DE LA CONSTRUCCIÓN. ONDAC. Enero 1991, Edición 124, Chile.

PALRAM INDUSTRIES. 2000. Products Information Catalogue, Israel.

POLIKEMKOPLAS Ltda. Catálogos “Láminas Lexan®”. División Plásticos General Electric. Santiago, Chile.

REVISTA DE CONSTRUCCIÓN CIVIL, Vol. – 16- Nº 10 – 174.