

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE ARQUITECTURA, URBANISMO Y ARTES



**“EL POLICARBONATO, ALTERNATIVA DE
COBERTURA PARA LIMA”**

Informe De Suficiencia

Para optar el Título Profesional de
ARQUITECTO

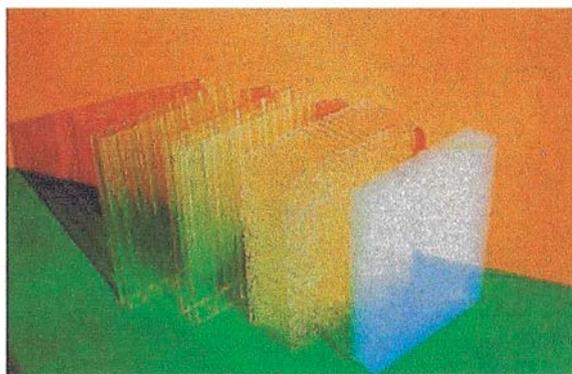
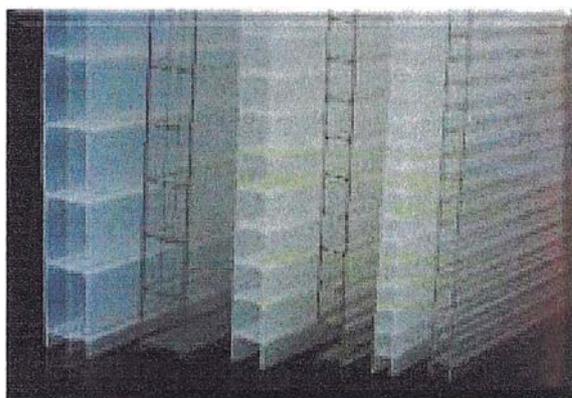
ANDRÉS HALMAR DE LA CRUZ COZ

Asesor de Tesis
ARQ. PAULO OSORIO HERMOZA

Lima – Peru 2,0 02

EL POLICARBONATO

ALTERNATIVA DE COBERTURA PARA LIMA



Andrés de la Cruz Coz - 91 0371 i

noviembre 2002

A Carmela y Andrés

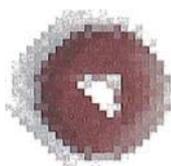
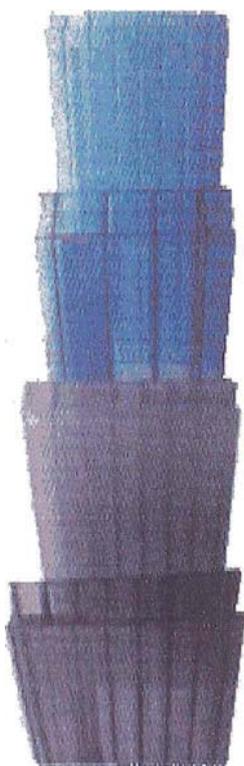
A Claudia y Carla

INDICE

1. PRÓLOGO.....	3
2. INTRODUCCIÓN.....	4
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	5
4. OBJETIVOS.....	7
4.1. OBJETIVO GENERAL.....	7
4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	7
5. JUSTIFICACIÓN.....	8
6. MARCO TEÓRICO TÉCNICO:	
LAS COBERTURAS, EL POLICARBONATO Y EL MEDIO AMBIENTE.....	9
6.1. LAS COBERTURAS.....	10
6.2. EL POLICARBONATO.....	11
6.2.1. RESEÑA HISTÓRICA.....	11
6.2.2. PROCESO DE FABRICACIÓN.....	12
6.2.3. CARACTERÍSTICAS Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS.....	14
6.2.4. PROPIEDADES DEL POLICARBONATO.....	16
6.2.5. DIMENSIONES Y MODULACIÓN.....	25
6.3. EL MEDIO AMBIENTE.....	26
6.3.1. INFLUENCIA DEL CALOR Y DEL FRÍO EN LAS ENFERMEDADES.....	26
6.3.2. INFLUENCIA DE LA HUMEDAD ATMOSFÉRICA.....	26
6.3.3. INFLUENCIA DE LAS RADIACIONES.....	27
6.3.4. INFLUENCIA DEL VIENTO.....	28
6.3.5. INFLUENCIA DE LA PUREZA DEL AIRE.....	28
7. ALTERNATIVAS DE COBERTURA.....	29
8. EXPERIENCIAS EN EL USO DE COBERTURAS DE POLICARBONATO EN LIMA.....	34
8.1. INGRESO PRINCIPAL HOSPITAL NACIONAL EDGARDO REBAGLATI MARTINS.....	35
8.2. CENTRO MEDICO OFTALMOLÓGICO CONFIA.....	38
8.3. EDIFICIO DE AULAS Y OFICINAS – UNIVERSIDAD DE LIMA.....	40
8.4. OTROS EDIFICIOS QUE DISPONEN DE COBERTURAS DE POLICARBONATO.....	42
8.5. PRÓXIMOS PROYECTOS A EJECUTARSE.....	45
9. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	46
10. BIBLIOGRAFIA Y FUENTES DE INFORMACIÓN.....	49

El presente informe titulado **“El Policarbonato: Una alternativa de cobertura para Lima”**, es presentado para obtener el Título Profesional de Arquitecto en la Facultad de Arquitectura Urbanismo y Artes de La Universidad Nacional de Ingeniería.

Es este el **punto de partida** para una investigación más profunda que alcance los temas de las Coberturas de Policarbonato y el medio ambiente, en lo que se refiere a la protección, acondicionamiento ambiental y mejoras en la calidad de vida que nos brinda este nuevo material de avanzada tecnológica.



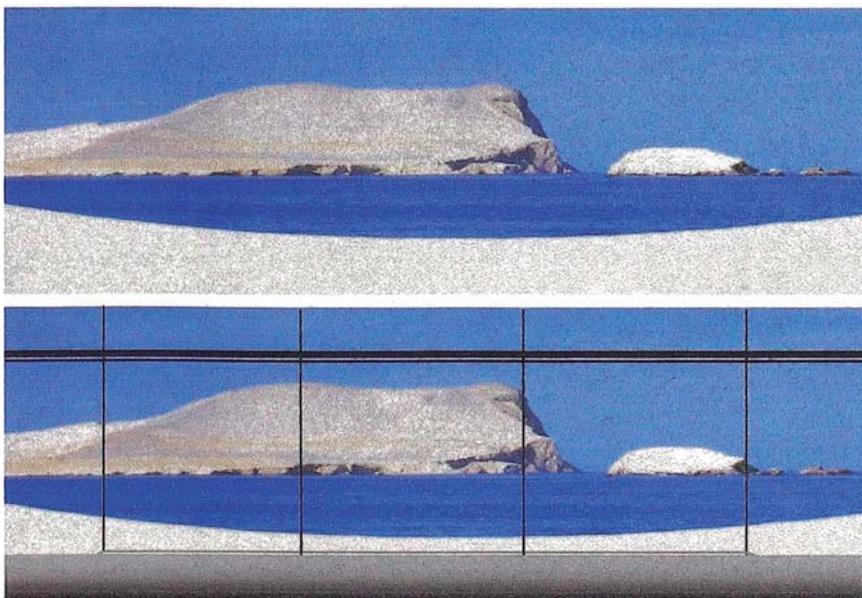
prólogo

La motivación del presente informe tiene que ver con nuevos materiales y nuevas tecnologías, que permitan reemplazar materiales vigentes, con otros que cumplan satisfactoriamente con los requerimientos de protección frente a las condiciones del medio ambiente.

Las **nuevas tecnologías** desde el punto de vista de la estructura buscan aligerar las cargas, de tal forma que los requerimientos de los elementos estructurales sean menores cada vez, haciendo del edificio un conjunto menos denso, pero no por eso menos seguro ni menos estable. Las condiciones del **medio ambiente** enfrentan al ser humano con agresiones que el mismo ha provocado en su carrera por el progreso y su deterioro de los recursos naturales.

La evaluación del **Policarbonato como una alternativa** que permita el uso de sistemas estructurales más livianos y que a la vez mejora la protección del ser humano respecto de las condiciones del medio ambiente, es el punto de partida para el presente informe.

La investigación se basa en la toma de información directa por medio de fotografías, planos y encuestas, además de la búsqueda de los temas descriptivos en la bibliografía existente y en Internet. Entre las limitaciones que se presentan está la reciente introducción del material y la imposibilidad de ver su durabilidad según las características ofrecidas por los fabricantes, los pocos ejemplos que intervienen en el aspecto de control del medio ambiente y la muy poca bibliografía acerca del uso de este material.



2. introducción

Desde tiempos prehispánicos el hombre peruano que habitaba en las costas buscó protegerse de las condiciones del medio ambiente. Para cumplir este objetivo construyó coberturas que permitían acondicionar un espacio intermedio entre su protegido hogar y la naturaleza. Era de importancia también para ellos el uso de coberturas como símbolo de jerarquía o mando¹, podemos observarlo en los estudios que se están haciendo en las Huacas del Sol y de la Luna en las cuales se está tratando de hacer una comparación entre la iconografía moche y la realidad arqueológica encontrada en el lugar, algunas ilustraciones de esta investigación se pueden ver en la página siguiente².

Tiempo después, en la Colonia, las construcciones se acondicionaron con teatinas. *“Uno de los elementos originales de esta arquitectura fueron unas especies de tragaluces de aireación de los ambientes que no tenían ventanas a los patios, eran como ventiladores de buque en las azoteas, abiertos a los vientos sureños, proveyendo luz y frescor”*³. Estas edificaciones aún se pueden apreciar en algunas zonas del centro histórico de Lima y de otras ciudades de la costa del Perú.

Posteriormente en los inicios del periodo Republicano, *“el vidrio para mirar y ser visto desde fuera, desplaza a las celosías de trenzada madera, entrecruzadas, discretas y ocultadoras, convirtiendo los bastidores en marcos de ventana”*⁴, el fin de los balcones.

Se difunde el uso del vidrio en sus diferentes presentaciones como son: cristal primario, templado y otros. También se fueron introduciendo diversos productos plásticos como el acrílico, el PVC, el caucho, entre otros. En la década de los 90 se introduce en el Perú el polímero denominado Policarbonato en las construcciones, si bien no se concibió para este uso, logra utilizarse como cobertura por sus propiedades de resistencia, acústicas, iluminación, entre otras.

El problema se plantea como **la búsqueda de protección frente a las condiciones del medio ambiente**, de cómo las edificaciones son afectadas por dichas condiciones y cómo el Arquitecto asume como propio el investigar y proponer alternativas de solución para la protección del ser humano respecto de las condiciones del medio ambiente.

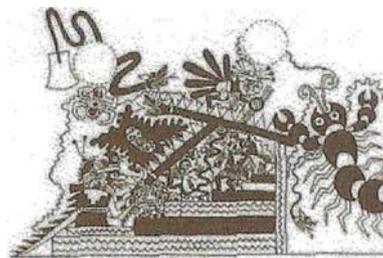
¹ Revista Arkinka Año 6 N°67 pp. 90-95

² Fotos Revista Arkinka

Gran Historia Interactiva del Perú – El Comercio

³ Ugarte Elespuru, Monumenta Limensis p. 61

La experiencia recopilada a través de los siglos en el Perú también debe ser tomada en cuenta porque aporta soluciones, que evaluadas y mejoradas podrían aplicarse a nuevos materiales y tecnologías aportando sistemas que han sido usados por muchos siglos y que por consiguiente funcionan adecuadamente para las condiciones del lugar.



⁴ Ugarte Elespuru, Monumenta Limensis p. 60

4.1 OBJETIVO GENERAL

El objetivo de este trabajo, es la **evaluación de las coberturas construidas con sistemas de recubrimiento de Policarbonato** para determinar qué soluciones resultaron más adecuadas y cuáles son los problemas que presentan. La evaluación se hará tomando en cuenta las condiciones ambientales que se generan bajo dichas coberturas, considerando que el policarbonato es un material con alta calificación para la protección de las condiciones ambientales externas.

4.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Encontrar, dentro de todas las propiedades del policarbonato, cuáles son las más importantes para las condiciones del medio ambiente en la ciudad de Lima. Estas propiedades, ópticas, físicas, etc. servirán para evaluar las cubiertas.
- Determinar las fallas de las cubiertas de policarbonato construidas en Lima, en cuanto al control de las condiciones del medio ambiente.
- Determinar cuáles son las características estéticas de las cubiertas de Policarbonato que impactan favorablemente o desfavorablemente en el usuario.
- Ofrecer un documento valioso que sirva de material de consulta para los profesionales Arquitectos que trabajen con el Policarbonato.

La importancia y justificación de la Investigación surge a partir del principio de acondicionar los ambientes para el bienestar humano. Es de conocimiento común que el clima de Lima es benigno, no tiene cambios bruscos, pero sin embargo es conocido también que hay una gran cantidad de enfermedades respiratorias⁵, muchas veces se atribuye estas dificultades a la humedad del ambiente, es decir el clima de Lima no es tan inofensivo como se piensa, la humedad absorbe microbios que se introducen en los seres humanos por vía respiratoria.

Otro problema grave del clima es la radiación solar no controlada. Las radiaciones en exceso causan efectos graves en la piel en los lugares en que la exposición es prolongada. La contaminación en tan alta concentración en Lima afecta gravemente a la salud.

La búsqueda de solución a estos problemas ha incrementado la construcción de coberturas que protegen de las inclemencias del clima, entre ellas tenemos las más recientes que son las que se fabrican en base a planchas de Policarbonato.

Es de interés de este informe revisar algunos casos emblemáticos de estas coberturas para comprender su idoneidad para las condiciones que se presentan en Lima, cuáles son los problemas que le afectan y qué soluciones plantean.



⁵ CONAM – Ministerio de Salud Pública. www.minsa.gob.pe

6. marco teórico técnico

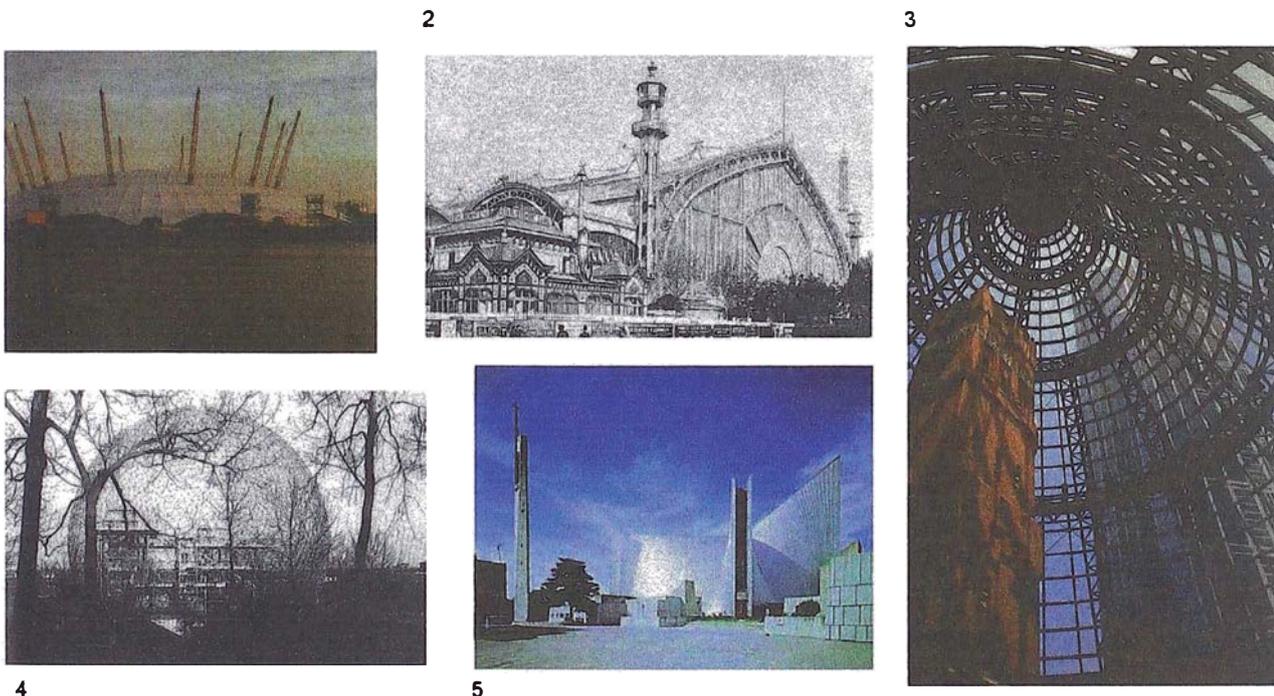
las coberturas, el policarbonato y el medio ambiente

6.1 LAS COBERTURAS

Debemos definir bien el tema a evaluar, en este caso según el diccionario, cubierta o cobertura es “lo que se pone encima de una cosa para taparla o resguardarla”⁶. También se define como la “parte exterior de la techumbre de un edificio.”

Según el Arquitecto Neufert, en su libro el Arte de Proyectar en Arquitectura: “La cubierta (Cobertura) forma la estructura superior del edificio que lo protege de las precipitaciones y demás inclemencias atmosféricas (viento, frío, calor). Se compone de la armadura o entramado de sustentación y del revestimiento de cubierta. La organización del entramado depende del material (madera, hierro, hormigón armado), de la pendiente, del tipo y peso del revestimiento, de la carga, etc.”⁷

Según estas definiciones para el presente trabajo el término cobertura corresponderá al conjunto estructura – revestimiento. Los materiales que conformen dichos elementos de la cobertura pueden ser varios, para la estructura: madera, acero, fierro, etc. y para el revestimiento: policarbonato, vidrio, u otros.



1. R. ROGERS, MILLENIUM EXPERIENCE. 1996-1999 2. PARIS GALERIE DES MACHINES 1889 3. KISHO KUROKAWA, MELBOURNE CENTRAL, AUSTRALIA 1991 4. R.B. FULLER, GEODESICA, MONTREAL 1967 5. KENZO TANGE, ST. MARY'S CATHEDRAL.⁸

⁶ Diccionario Enciclopédico Básico, Editorial Alfredo Ortells. Valencia 1976

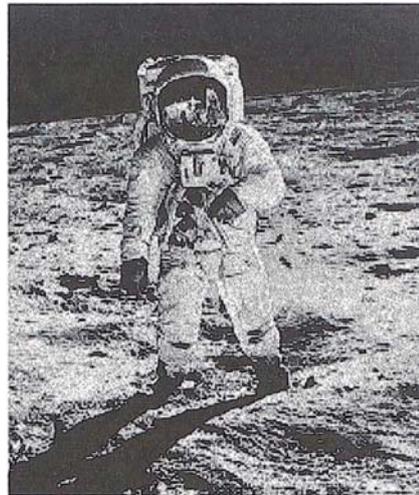
⁷ Neufert. El Arte de Proyectar en Arquitectura p.76 13ª edición 1986

⁸ FOTOS: ATLAS DE LA ARQUITECTURA ACTUAL, KONEMANN
LEONARDO BENÉVOLO, HISTORIA DE LA ARQUITECTURA MODERNA

6.2 EL POLICARBONATO

6.2.1. RESEÑA HISTÓRICA

Es evidente el uso de los plásticos en la vida cotidiana, solo basta pensar en todos los envases, los utensilios, los accesorios de equipos, etc. Esta difusión de los productos en base a algún tipo de plástico es independiente de la condición social o económica, es así como se difunde tanto en países desarrollados como en los que no lo son. Esto es aun más evidente en nuestra sociedad económicamente globalizada, en la cual el uso de los productos plásticos se masifica.



Este uso intensivo de los plásticos ha llevado a incluirlos poco a poco en industrias de lo más diversas, incluyendo la automotriz o para nuestro quehacer en la construcción con resultados cada vez más sorprendentes.

Según la cronología del Museo del Plástico de Sandretto (Torino – Italia): *“Después del descubrimiento del PVC, del polietileno, de los poliamidas (Nylon), del poliestireno, el mejorado conocimiento de los mecanismos de la polimerización contribuyó en los últimos veinticinco años a la creación de otros materiales plásticos con características físicas y mecánicas y de resistencia al calor tan elevadas que permiten sustituir los metales en aquellas utilidades que una vez se consideraban insustituibles. Estos materiales son denominados tecnopolímeros o polímeros para ingeniería. Para algunos de ellos se ha creado el término de superpolímeros... Tres sociedades, dos americanas y una alemana, anunciaban casi simultáneamente en 1957 haber puesto a punto un procedimiento para la producción de los policarbonatos. El primer policarbonato comercial fue obtenido de todos modos en Alemania,⁹ a partir de 1959.*

Hoy en día el policarbonato es considerado un tecnopolímero con prestaciones superiores a la media y es utilizado, entre otras cosas para la producción de los cascos espaciales de los astronautas, los lentes de contacto, los escudos antiproyectiles de la policía, y actualmente se introduce con gran fuerza en la construcción, en forma de planchas que cubren y protegen dejando pasar abundante luz natural.

⁹ Museo del Plástico de Sandretto (Torino – Italia) www.sandretto.it

6.2.2. PROCESO DE FABRICACIÓN

Los plásticos son polímeros, es decir, largas cadenas de moléculas organizadas en subunidades conocidas como monómeros, que se unen entre sí mediante enlaces químicos. Esta estructura molecular les confiere la capacidad de ser moldeados, extruídos o procesados en una gran variedad de formas, que incluyen objetos sólidos, láminas o filamentos.

Etimológicamente *poli* significa muchos y *mero*, molécula, esto quiere decir que la palabra polímero, designa a un **conjunto de muchas moléculas**, como ejemplos de monómeros y sus respectivos polímeros tenemos los siguientes: Etileno y Polietileno, Estireno y Poliestireno (Tecnopor); ejemplos de polímeros de uso cotidiano son el Politetrafluoretileno que se conoce como teflón, y el Poliamida comúnmente conocido como nylon.¹⁰

El policarbonato, es un polímero claro usado para hacer ventanas irrompibles, lentes livianas para anteojos, CDs y botellas de leche rellenables (biberones). Normalmente como materia prima se utiliza fosgeno, sustancia de gran toxicidad derivada del cloro gas. Se está desarrollando un nuevo proceso de producción de policarbonato no clorado, en este proceso no se utiliza ni cloro, ni fosgeno, ni otros hidrocarburos clorados. Pero la fabricación de policarbonato, incluidos los procesos libres de cloro, también implica el uso de bisfenol A¹¹ que es un producto tóxico.

Existen dos tipos de policarbonato según su conformación, cuya diferencia debe ser mencionada. *El policarbonato de bisfenol A es un termoplástico, esto significa que puede ser moldeado en caliente. En cambio, el policarbonato usado en anteojos es un termorrígido. Los termorrígidos no funden y no pueden moldearse nuevamente. Se utilizan para hacer objetos realmente fuertes y resistentes al calor.*¹² Entre los polímeros usados como termoplásticos se incluyen: Polietileno, Polipropileno, Poliestireno, Poliéster, PVC, Nylon, Poli (metil metacrilato). Entre los polímeros usados como termorrígidos se incluyen: Resinas Epoxi, Poliimidas, Poldiciclopentadieno.

¹⁰ www.ramos.utfsm.cl Ing. Manuel Cabrera C. "Materiales Poliméricos en la Construcción".

¹¹ www.greenpeace.es "La Pirámide de los Plásticos"

El proceso mas usado para producir planchas de policarbonato para la construcción es el extruído. El proceso de extruído mas usado consiste en *una línea de película plana, en general usa extrusoras con un sólo tornillo para convertir una gran variedad de termoplásticos en flujos constantes de producto derretido que son formados en una estructura de película mediante los moldes. Toda extrusora de un sólo tornillo incluye los siguientes componentes* ¹³ ver figura 1:

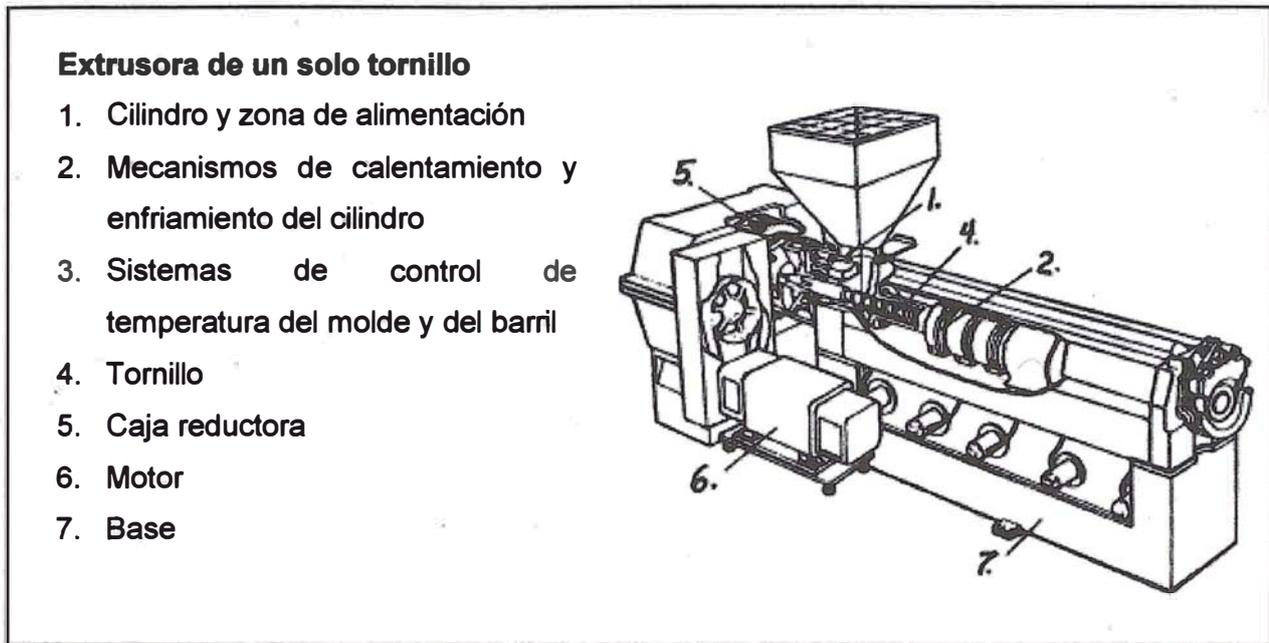


Figura 1

El otro proceso es *el moldeo por inyección, que es una de las herramientas de fabricación para la industria plástica más importante. Los productos de policarbonato también se fabrican por este proceso. Es casi imposible realizar algo sin la utilización de partes moldeadas por inyección debido a su utilización para piezas del interior de automóviles, bastidores electrónicos, artículos para el hogar, equipamiento médico, discos compactos, etc. El proceso de moldeo por inyección requiere de la fundición del plástico en una extrusora y de la utilización del tornillo de la extrusora para inyectar el plástico en un molde, donde es enfriado.*⁹

La forma, dimensiones y características del policarbonato alveolar vienen dados por su proceso de elaboración. Si bien el proceso de fabricación es el determinante en sus dimensiones, en el Perú no se fabrican planchas de policarbonato para la construcción, así que algunas de sus dimensiones vienen dadas por la limitación del transporte.

¹² www.psrc.usm.edu "Polycarbonates"

¹³ www.dow.com

6.2.3. CARACTERÍSTICAS Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

El Policarbonato en planchas con protección solar ofrecen enormes ventajas con relación a otros materiales convencionales contando con la aprobación de los Reglamentos de Seguridad para encristalado de edificios, y fabricados bajo severas normas de control de calidad. El policarbonato constituye lo último en sistema de acristalamiento para techos en centros comerciales, terrazas, piscinas y fachadas.

La flexibilidad del acristalamiento con planchas de policarbonato ofrece al arquitecto una gran libertad de diseño. El uso de perfiles estándar y de técnicas de sellado hacen que la instalación de la placa sea segura y directa, no obstante, a medida que los diseños de acristalamiento se vuelven más innovadores, es muy importante contar con un buen asesoramiento de instalación.

Las especificaciones que deben tener las coberturas de policarbonato, y que permiten cumplir con las Reglamentaciones de seguridad y de radiación son las siguientes¹⁴:

La Estructura:

La estructura de sustentación de la cobertura puede ser *construida en hierro laminado, madera ó aluminio, con piezas de sección cuadrada, rectangular ó circular. Si es de metal ferroso deberá ser fosfatizado, estabilizado a los óxidos y esmaltado epoxídico, los extremos terminales, de las piezas tubulares expuestas, deberán ser encapsulados.* El mencionado revestimiento tendrá las siguientes características:

- *Aislante térmico, eléctrico.*
- *Incombustible y elástico, inmanchable.*
- *Alta resistencia a la abrasión y el desgaste.*
- *Resistencia a la totalidad de las agresiones físico-químicas habituales.*
- *Textura tersa, acabado semimate ó brillante.*
- *Coloración firme, inalterable.*

Diseño del cerramiento:

La estructura debe estar diseñada para soportar las sollicitaciones básicas de presión y succión del viento sobre la cobertura, peso propio del conjunto estructura y policarbonato, esfuerzos de contracción y dilatación, con tolerancias por dilatación térmica, pendiente

¹⁴ www.solucionesespeciales.galeon.com

mínima de escurrimiento y auto limpieza de la cubierta frente a las precipitaciones. En el caso del policarbonato deberá verificarse especialmente su correcta instalación para un buen comportamiento frente al granizo y a los rayos ultravioletas del sol.

Sellado integral:

Es necesario tener en cuenta la correcta orientación del sistema alveolar a efectos de drenar la posible condensación interior de la estructura alveolar, los orillos y límites del cerramiento en su encuentro con otras estructuras deberán quedar perfectamente selladas empleando los accesorios deflectores del caso y el material sellador adecuado según las partes a unir.

Conviene considerar también los sistemas de sellado respecto a la estructura, como la cinta VHB de 3M, una cinta de doble cara que reemplaza los métodos tradicionales de fijación en la construcción. Según se encuentra en los catálogos correspondientes proporciona mejor apariencia, sellado contra humedad, fuerte unión entre materiales distintos como vidrio, aluminio, policarbonato, etc.¹⁵

Accesorios:

Deberán emplearse accesorios de policarbonato exclusivamente tanto en los bordes inferiores terminales como para ensamblado longitudinal de las planchas de policarbonato. Los selladores empleados deberán estar formulados para su empleo sobre policarbonato a efectos de evitar manchas, envejecimiento acelerado, aureolas ó amarilleo de las partes contaminadas.

6.2.4. PROPIEDADES DEL POLICARBONATO

Tomando en cuenta las especificaciones de los fabricantes se pueden definir las principales características de las planchas de policarbonato. Es necesario destacar que las propiedades de las planchas pueden ser adecuadamente aprovechadas siempre que las condiciones de ensamble y acoplamiento con la estructura sean los adecuados.

PROPIEDADES MECÁNICAS

Resistencia al impacto

El policarbonato es *virtualmente irrompible*, la resistencia al impacto debe ser 200 veces mayor que el vidrio y 30 veces mayor que el acrílico laminado.¹⁶ Por esta característica tan particular se lo considera el material antihurto y antivandalismo por excelencia, según el tipo y espesor de diseño.

Peso de las planchas

Las planchas de policarbonato pesan el 10% de las de vidrio en las mismas dimensiones, razón por la cual las instalaciones revestidas con policarbonato se realizan con estructuras más livianas y sencillas que reducen el costo de instalación y montaje en la obra. Son seguras, irrompibles, fáciles de manipular y transportar.

La plancha de policarbonato es un sustituto ideal para materiales de acristalamiento convencionales. Es segura y fácil de manipular, cortar e instalar y es prácticamente irrompible. Su poco peso supone un ahorro considerable en términos de transporte, manipulación e instalación. Si se la compara con el vidrio armado de 6 mm, la placa de 10 mm ofrece un ahorro de peso de más del 85%. En el cuadro N°2 se indican los valores de grosor y de peso para varios materiales de acristalamiento. La plancha ha demostrado en numerosas aplicaciones que su poco peso y su fácil manipulación ha contribuido a ahorros significativos en el costo global de la instalación.

¹⁶ Se considera en este caso planchas de policarbonato compacto. Geofredo C. Robinson. El Policarbonato Compacto. www.construir.com/Econsult/C/consulta

CUADRO N°1

PROPIEDADES MECÁNICAS DE PLANCHAS DE POLICARBONATO

RESISTENCIA AL IMPACTO, CARGA MÁXIMA

MARCA	MODELO	ESPEJOR PLANCHA mm	DISTANCIA ENTRE APOYOS (metros)	RESISTENCIA AL IMPACTO (Joule)	CARGA MÁXIMA (N/m2)	CARGA MÁXIMA (Kg/m2)
DANPALON *	MULTICELL 608	8	0,85	2,00		
	MULTICELL 610	10	1,10			
	MULTICELL 612	12	-			
	MULTICELL 616	16	1,35			
POLYGAL **	ESTANDAR	6		2,10		
	ESTANDAR	8		2,00		
	ESTANDAR	8		2,25		
	ESTANDAR	10		2,32		
	ESTANDAR	12		2,80		
	TITAN	10		2,30		
	TITAN	16		4,00		
	TERMOGAL	25		3,35		
	TERMOGAL	32		4,00		
	TERMOGAL	35		4,00		
BDL	PANEL BDL	10	0,70		1600,00	
			0,80		1100,00	
			0,90		800,00	
			1,00		600,00	
			1,10		500,00	
			1,20		300,00	
			1,30		250,00	
			1,40		200,00	
DECARGLAS	FWP16/980	16	ilimitada			25,00
	FWP16/980		ilimitada			60,00
	FWP16/980		4,00			75,00
	FWP16/980		3,30			100,00
	FWP 16/1053	16	ilimitada			25,00
	FWP 16/1053		4,00			60,00
	FWP 16/1053		3,50			75,00
	FWP 16/1053		3,00			100,00
	FWP 16/1200	16	ilimitada			25,00
	FWP 16/1200		3,50			60,00
	FWP 16/1200		3,00			75,00
	FWP 16/1200		2,50			100,00

Información basada en catálogos técnicos proporcionados por los distribuidores en el Perú y distribuidores internacionales en Internet

* MIYASATO

** POLYARQ

Curvatura

En el cuadro N°5 ¹⁷ “se indican los radios mínimos admitidos por el policarbonato compacto. Radios menores que los indicados producirán fisuras en la superficie externa. En los casos de estimarse la posibilidad de que se produzcan empujes (viento por ejemplo), la deformación consecuente producirá menores radios de curvatura en algunas zonas, por lo que en estos casos se deberá prever mayor espesor de plancha en la medida de lo necesario”.

Dilatación

“Es necesario prever junta de dilatación de la plancha en todo su perímetro. La dilatación teórica del policarbonato es de 0,65 mm por cada metro de ancho por cada 10° de temperatura. En la figura 2 se indica la superficie de apoyo requerida y el espacio para dilatación, aconsejados en general por los fabricantes”.

DIMENSIONES DEL APOYO DE LA PLANCHA POLICARBONATO COMPACTO

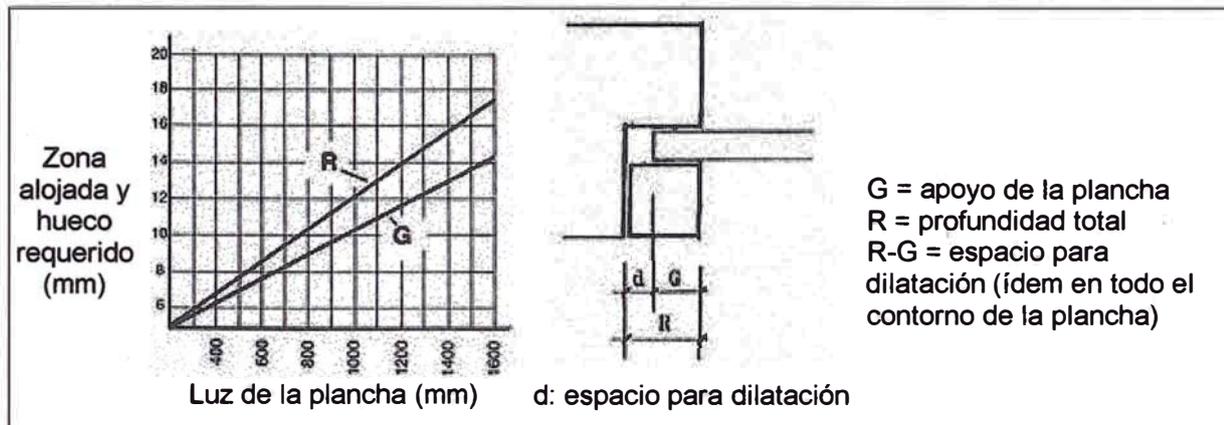


Figura 2

Elasticidad

El policarbonato es un material rígido pero con un alto grado de flexibilidad, lo que le otorga gran resistencia al viento, esta elasticidad permite su utilización para cubrir grandes luces con cubiertas planas, curvas o combinadas.

¹⁷ Geofredo C. Robinson. El Policarbonato Compacto. www.construir.com/Econsult/C/consulta

CUADRO N°2

PESO COMPARATIVO

PARA DIVERSOS MATERIALES PARA LA CONSTRUCCION

Material	Grosor (mm)	Peso (kg/m²)
Vidrio armado	6	16
Vidrio simple	4	10
Vidrio simple	6	15
Vidrio simple	8	20
Vidrio simple	10	25
Vidrio doble	4	20
Vidrio doble	6	30
Vidrio doble	8	40
Vidrio doble	10	50
Placa acrílica sólida	6	7.2
Placa acrílica de doble pared	16	5.0
Placa PVC sólida	6	8.0
Placa PVC de doble pared	40	5.0
Placa GRP (poliester)	1.5	2.3
Unidad de placa GRP doble	2 x 1.5	4.6
Placa policarbonato compacto	4	4,8
Placa policarbonato compacto	6	7,2
Placa policarbonato compacto	8	9,6
Placa policarbonato compacto	10	12
Placa policarbonato alveolar	6	1.3
Placa policarbonato alveolar	8	1.5
Placa policarbonato alveolar	8	1.7
Placa policarbonato alveolar	10	1.7
Placa policarbonato alveolar	10	2.0
Placa policarbonato alveolar	16	2.7
Placa policarbonato alveolar	16	2.8
Placa policarbonato alveolar	16	3.0

Información basada en catálogos técnicos proporcionados por los distribuidores en el Perú

TRANSMISIÓN DE LUZ Y CONTROL DE RADIACION SOLAR

La transmisión de luz es *similar a la del cristal, se debe emplear en aplicaciones donde se requiera un alto grado de aprovechamiento de la luz natural*. Cuando se elige un acristalamiento para coberturas, es muy importante escoger un material con alto índice de transmisión de luz que no se deteriore con el tiempo. Los grados transparentes de la placa presentan una excelente transmisión de luz, de entre el 71 y 82%, en función del espesor de la placa. No obstante, para edificios ubicados en climas cálidos o con superficies orientadas hacia el sur, existen grados traslúcidos como el bronce. En ambos casos, se reduce significativamente la acumulación de calor, lo que ayuda a mantener temperaturas interiores agradables. La placa bronce tiene un índice de transmisión de luz de aproximadamente el 35%, en tanto que la placa blanco opal presenta un índice del 48%. 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.

Las planchas deben tener protección contra el ataque de rayos solares ultravioletas. Las placas son prácticamente opacas a las radiaciones de longitud de onda inferiores a 385 nanómetros reduciendo por lo tanto los perjuicios de los rayos ultravioletas del sol. El revestimiento protector asegura las cualidades ópticas a largo plazo, manteniendo su color original y su grado de transparencia a lo largo de los años, como también la calidad de materiales sensibles que puedan estar almacenados debajo de ellas.

La luz solar que llega a la superficie de la tierra tiene una longitud de onda que oscila entre 295 y los 2140 nanómetros¹⁸. Esta ventana óptica se puede dividir en las siguientes secciones:

- UV-B Región ultravioleta media: 280- 315 nm
- UV-A Región ultravioleta próxima: 315- 380 nm
- Región luz visible: 380- 780 nm
- Región infrarrojos próxima: 780-1400 nm
- Región infrarroja media: 1400-3000 nm

El policarbonato tiene su máximo nivel de transmisión en la región de luz visible y en la región de infrarrojos próxima del espectro. Gracias a su excelente protección contra la

¹⁸ 1 Nanómetro = 1×10^{-9} metros

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 opaco a la radiación en la región de ultravioletas y de infrarrojos lejana.

Esta útil propiedad de protección puede evitar la decoloración de materiales sensibles como tejidos o materiales orgánicos cubiertos por el acristalamiento de placas de policarbonato en una fábrica o almacén.

Estas mismas propiedades, combinadas con la estructura aislante celular, contribuyen a la conservación de temperaturas durante la noche en invernaderos sin calefacción cubiertos con placas. Durante el día, el sol que entra en el invernadero calienta el aire directamente y también al ser absorbido por la estructura, las plantas y el suelo, que luego lo desprenden en forma de energía infrarroja. La mayoría de los acristalamientos impiden que el calor salga del edificio con mayor rapidez que con el que se crea, lo que provoca un aumento de temperatura, el llamado efecto invernadero. La temperatura se puede controlar mediante la ventilación. La plancha de policarbonato, restringe la pérdida convectiva de calor.

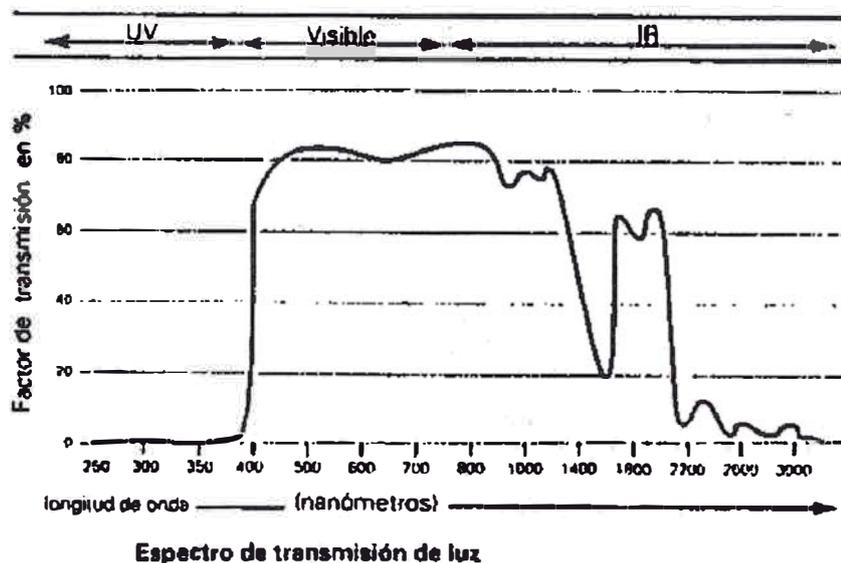


Figura 3

La radiación solar que llega a la plancha es reflejada, absorbida y transmitida. Se transmite la mayor parte; la transmisión solar total (ST) equivale a la suma de la transmisión directa (DT) y la porción de la energía absorbida desprendida hacia el interior (A). En el cuadro N°4 se indican las propiedades globales del control solar.

CUADRO N°4

PROPIEDADES OPTICAS SEGÚN MARCAS REPRESENTADAS EN EL PERU

MARCA	PRODUCTO	COLOR	LT %	ST %	SR %	SHGC
DANPALON*	MULTICELL 12/10/8	CLARO	71,00	60,00	36,00	0,61
	MULTICELL 12/10/8	BRONCE	25,00	26,00	18,00	0,37
	MULTICELL 12/10/8	OPAL	35,00	38,00	40,00	0,42
	MULTICELL 12/10/8	BLANCO GLACIAL	60,00	54,00	32,00	0,57
	MULTICELL 12/10/8	VERDE	60,00	52,00	32,00	0,55
	MULTICELL 12/10/8	AZUL	50,00	57,00	27,00	0,60
	MULTICELL 12/10/8	GRIS	30,00	35,00	22,00	0,44
	MULTICELL 12/10/8	GRIS REFLECTIVO	20,00	18,00	33,00	0,28
	MULTICELL 16/1040x16	CLARO	63,00	51,00	40,00	0,53
	MULTICELL 16/1040x16	BRONCE	35,00	35,00	30,00	0,42
	MULTICELL 16/1040x16	OPAL	22,00	28,00	51,00	0,32
	MULTICELL 16/1040x16	BLANCO GLACIAL	51,00	50,00	38,00	0,52
	MULTICELL 16/1040x16	VERDE	44,00	42,00	33,00	0,47
	MULTICELL 16/1040x16	AZUL	49,00	51,00	38,00	0,53
	MULTICELL 16/1040x16	GRIS	31,00	38,00	30,00	0,44
	MULTICELL 16/1040x16	GRIS REFLECTIVO	20,00	17,00	29,00	0,28
	DP8	CLARO	87,00	74,00	25,00	0,74
	DP8	BRONCE	44,00	44,00	18,00	0,52
	DP8	OPAL	45,00	48,00	36,00	0,51
	DP8	BLANCO GLACIAL	75,00	70,00	25,00	0,71
	DP8	VERDE	71,00	64,00	21,00	0,67
	DP8	AZUL	63,00	69,00	24,00	0,70
	DP8	GRIS	43,00	52,00	16,00	0,58
	DP8	GRIS REFLECTIVO	20,00	21,00	30,00	0,31
	DP10	CLARO	80,00	66,00	28,00	0,67
	DP10	BRONCE	25,00	28,00	11,00	0,40
	DP10	OPAL	33,00	37,00	45,00	0,41
	DP10	BLANCO GLACIAL	62,00	59,00	30,00	0,61
	DP10	VERDE	58,00	54,00	22,00	0,59
	DP10	AZUL	48,00	57,00	22,00	0,61
	DP10	GRIS	33,00	41,00	15,00	0,50
	DP10	GRIS REFLECTIVO	20,00	18,00	30,00	0,28

LT TRANSMISION DE LUZ (400-700 nm)
ST TRANSMISION DE RADIACION SOLAR (300-2800 nm)
SR REFLEXION SOLAR (300-2800 nm)
SHGC COEFICIENTE DE GANANCIA DE CALOR SOLAR

Información basada en catálogos técnicos proporcionados por los distribuidores en el Perú

*Distribuidor Miyasato

PROPIEDADES TÉRMICAS

La particular estructura de las planchas con cámara de aire, unida al bajísimo valor de conductibilidad térmica del policarbonato, garantiza un aislamiento térmico prolongado que supera a cualquier otra cobertura empleada, ya sea de vidrio o material plástico no celular.

La acumulación de calor de los materiales de acristalamiento se puede ver como una función de la absorción del material de acristalamiento y la intensidad solar. En países en los que la radiación solar es intensa y cuando se instala acristalamiento de color con un alto nivel de absorción de energía, la acumulación de calor puede ser considerable. Los cálculos y mediciones reales sobre placas instaladas en distintas aplicaciones de toda Europa han demostrado que en la superficie de las placas se pueden dar temperaturas de hasta 100°C. En semejantes condiciones, el producto ha seguido dando buenos resultados; otros materiales de acristalamiento con una temperatura de uso continuado más limitada se volverían inestables, lo que resultaría en una distorsión visible.

La clasificación de los Underwriters Laboratories de Estados Unidos (UL) sobre la temperatura de uso continuado se puede considerar un indicador fiable del comportamiento a largo plazo de un termoplástico sometido a altas temperaturas. Los resultados del ensayo se extrapolan para un período de 10 años y ninguna de las propiedades puede perder más del 50 por ciento de su valor original.

PROPIEDADES ACÚSTICAS

Las ondas sonoras se caracterizan por su longitud de onda y frecuencia. La frecuencia es el número de oscilaciones o ciclos por segundo medidos en Hertzios (Hz), mientras que la longitud de onda es la distancia entre la cresta de una onda y la cresta de la onda siguiente. La intensidad del sonido se suele medir en decibelios (dB) a partir de un nivel de referencia arbitrario. La intensidad se expresa en relación con el cuadrado de la distancia desde la fuente de emisión. Las características de aislamiento acústico de un material vienen determinadas en gran parte por su rigidez, masa y construcción física. Conforme a la norma DIN 52210-75, la clase de transmisión de sonido máxima obtenible es de 21 dB para 16 mm.

COMPORTAMIENTO FRENTE AL FUEGO

Producto difícilmente inflamable que no propaga llama. Está definido como auto extinguido por todas las normas internacionales. Al ser un termoplástico, la placa se derretirá bajo el calor de un incendio; sin embargo no contribuirá en nada a empeorarlo ya que no propaga las llamas.

RESISTENCIA A 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, pueden generar abultamientos o decoloración, por una plastificación y/o cristalización de la superficie del elemento. Se debe prestar atención a los componentes de los selladores, juntas y diversos elementos de limpieza; ya que pueden provocar agrietamientos que combinados con los estiramientos del material, generan puntos débiles en el acristalamiento.

6.2.5. DIMENSIONES Y MODULACIÓN

De acuerdo al fabricante, la plancha de policarbonato puede tener diversas dimensiones pero siempre se considera que el largo (el sentido en el que se extienden los alvéolos), será mayor al ancho (el sentido transversal a los alvéolos). En este caso, para los distribuidores en el Perú, el ancho va desde los 0.60m hasta 2.10m y las longitudes irán desde los 5.80m hasta los 11.98m. En cuanto a los espesores en las planchas tenemos también variedad, pero los mas usados son 4, 6, 8, 10, 12, 16 milímetros. Estos datos se pueden comparar mejor en la cuadro N°5.

CUADRO N°5

DIMENSIONES DE PLANCHAS DE POLICARBONATO SEGÚN MARCAS REPRESENTADAS EN EL PERU

MARCA	MODELO	ESPESOR mm	ANCHO m	LARGO m	PESO Kg/m ²	RADIO MINIMO DE CURVATURA (m)
DANPALON *	DANPANEL	8,00	1,25	11,98	-	-
	MULTICELL 608	8,00	0,60	11,98	1,83	1,80
	MULTICELL 610	10,00	0,60	11,98	2,42	2,50
	MULTICELL 612	12,00	0,60	11,98	2,58	2,60
	MULTICELL 616	16,00	0,60	11,98	3,42	2,90
POLYGAL **	ESTANDAR	4,00	2,10	5,80	0,80	0,70
	ESTANDAR	6,00	2,10	5,80	1,30	1,05
	ESTANDAR	8,00	2,10	5,80	1,50	1,40
	ESTANDAR	10,00	2,10	5,80	1,70	1,75
	ESTANDAR	16,00	2,10	5,80	2,70	2,80
	TITAN	10,00	0,98/1,05/1,20	5,80	1,70	1,75
	TITAN	16,00	0,98/1,05/1,20	5,80	2,70	2,80
	TERMOGAL	25,00	0,98/1,20	5,80	3,50	4,37
	SELECTOGAL	10,00	1,05/1,20	5,80	2,60	1,75
	SELECTOGAL	16,00	1,05/1,20	5,80	3,00	2,80
	PRIMALITE	16,00	0,98/1,05/1,20	5,80	2,80	2,80
	PRIMALITE	25,00	0,98/1,20	5,80	3,50	4,37
	POLYSHADE	8,00	0,98/1,05/1,20	-	1,5/1,7	1,40
	POLYSHADE	10,00	1,22/1,25/2,10	-	1,7/2,0	1,75
POLYSHADE	32,00	1,22/1,25	-	3,80	5,60	
PALRAM **	PALSUN POLICARBONATO COMPACTO	1,00	1,25/1,22/2,05	2,05/2,44/3,05	-	-
		1,50			-	-
		2,00			-	0,40
		4,00			4,80	0,80
		6,00			7,20	1,20
		8,00			9,60	1,60
		10,00			12,00	2,00
		16,00			-	-

Información basada en catálogos técnicos proporcionados por los distribuidores en el Perú

* MIYASATO

** POLYARQ

6.3 EL MEDIO AMBIENTE

Según E. Vautier¹⁹: El “confort térmico” de la vida cotidiana, cada vez más sedentaria, del hombre moderno nos pone en el camino de debilitar a la raza humana frente a la naturaleza. Al disminuir su capacidad de adaptación a condiciones adversas, suprimiendo el contacto entre el ambiente natural exterior y el interior “confortable”, el hombre puede sufrir un verdadero choque, al verse obligado a afrontar la realidad exterior con un organismo cuya termo-regulación ha dejado de funcionar. El hombre primitivo o natural, esencialmente activo, no necesitaba tanto como el hombre moderno la protección por el vestido o la vivienda. La investigación y la experiencia aconsejan el establecimiento de una situación ambiental intermedia entre el “confort o neutralidad térmica” y el exterior natural.

Sin embargo, las condiciones del medio ambiente están cambiando drásticamente presentando una situación cada vez más complicada de sostener, ejemplo claro de este cambio drástico se puede encontrar en la disminución del Ozono de la Atmósfera, según Marcelino Alegría²⁰: El ozono es un gas azulado y de olor fuerte, este gas se encuentra esparcido en toda la atmósfera terrestre, 90% se encuentra en la estratosfera y un 10% en la tropósfera, aún en pequeñas proporciones es venenoso para los animales y plantas, pero su importancia radica en que hace posible la vida biológica en el planeta ya que se comporta como una capa filtradora y protectora de la radiación ultravioleta solar, que aunque delgada absorbe la UV-B (280-320nm), la radiación ultravioleta de mayor longitud conocida como UV-C (200-280nm), es letal para toda forma de vida y es bloqueada casi por completo. La radiación UV-A (320-400nm) atraviesa casi en su totalidad la capa y es inofensiva.

6.3.1. Influencia del Calor y del Frío en las Enfermedades: el frío disminuye la resistencia a las infecciones del pulmón, lo cual tiene una importancia decisiva pues la vía pulmonar es el camino de entrada de la mayoría de las infecciones. El enfriamiento de los pies produce también una disminución de la resistencia general, lo mismo que la brusca multiplicación de las pérdidas caloríficas llamadas “enfriamiento”. La disminución de la resistencia por el calor abre el camino a una serie de enfermedades como el tifus, la disentería y el cólera.

6.3.2. Influencia de la Humedad Atmosférica: las gotas microscópicas del vapor de agua a punto de condensarse absorben microbios y gases pútridos. Ellas originan una serie de infecciones o intoxicaciones por vía bucal y pulmonar, pues se deslizan por las vías

¹⁹ E. Vautier. El Hombre y su Vivienda frente al Clima

respiratorias hasta el pulmón. Los polvos extremadamente secos, si bien son detenidos en la garganta, irritan a ésta creando otro camino a la infección. Epidemias, tiempo húmedo y tiempo seco tienen siempre relaciones entre sí.

6.3.3. Influencia de las Radiaciones: las radiaciones ultravioleta tienen una acción bactericida, favorecen la multiplicación de los glóbulos blancos y curan las heridas. La epidermis absorbe los rayos infrarrojos calentándose, sufriendo con su exceso lesiones superficiales que son curadas hasta cierto punto por las radiaciones ultravioleta. Estas penetran profundamente y producen por síntesis la vitamina D, que fija las sales minerales que forman el esqueleto, especialmente el calcio. El exceso de radiaciones puede causar graves accidentes que tienen una fase superficial, causada por los rayos infrarrojos, y una fase profunda causada por los rayos ultravioletas.

Las pieles oscuras detienen en parte los rayos ultravioletas evitando los accidentes, pero limitando la formación de la vitamina D, cuya carencia produce el raquitismo.

El exceso de radiaciones luminosas produce la destrucción de las células retinales y trastornos de la visión. La luz moderada y la penumbra son sedantes. La luminosidad brillante es estimulante.

Las radiaciones UV-A, son las que penetran profundamente a las células de la piel y producen el envejecimiento cutáneo, debido a la destrucción gradual de la elasticidad de la piel.

Las radiaciones UV-B, son las que llegan en mayor proporción sobre la superficie terrestre, este tipo de radiación afecta más superficialmente la piel, pero son altamente peligrosas por el carácter acumulativo de sus efectos, pudiendo alterar el contenido genético de las células y con el tiempo, causar cáncer a la piel. Es la causante o agravante del cáncer de piel, cataratas y del debilitamiento del Sistema Inmunológico.

Las radiaciones UV-C, son las de mayor peligrosidad, pero sólo aproximadamente el 2% de ellas llegan a la superficie terrestre puesto que hasta el momento siguen siendo bloqueadas eficientemente por la capa de ozono. Este tipo de radiación produce quemaduras y favorece la aparición de tumores malignos en la piel.

²⁰ Marcelino Alegría: Antartida y la Historia, Ed. Concytec

Según el Ministerio de Salud²¹, tenemos los siguientes efectos:

*“Como sabemos, los niños particularmente requieren de cierta cantidad de este tipo de radiación para evitar enfermedades como el raquitismo causada por la avitaminosis D y la perturbación del metabolismo del Fósforo y el Calcio, mientras que en los adultos, el sol moderado ayuda a evitar la osteoporosis, que afecta, sobretodo, a las mujeres menopáusicas. Sin embargo, **los efectos nocivos por la exposición excesiva al sol pueden causar severos daños a la piel y a los ojos, debido a la actual condición de la capa de Ozono.***

El riesgo potencial para la salud incluye el incremento de la incidencia de afecciones dérmicas, oculares e infecciones diversas, debido a que la sobre exposición a la RUV Solar ocasiona también la supresión del sistema inmune.

En nuestro país, estudios realizados en Arequipa (Moscoso, 1991) y en Trujillo (Díaz et al, 1995) confirmaron la relación de los casos presentados de cáncer de piel con la exposición a la radiación solar, especialmente en las zonas donde el cielo es generalmente despejado y la incidencia de horas de luz solar se suscita durante la mayor parte del año.”

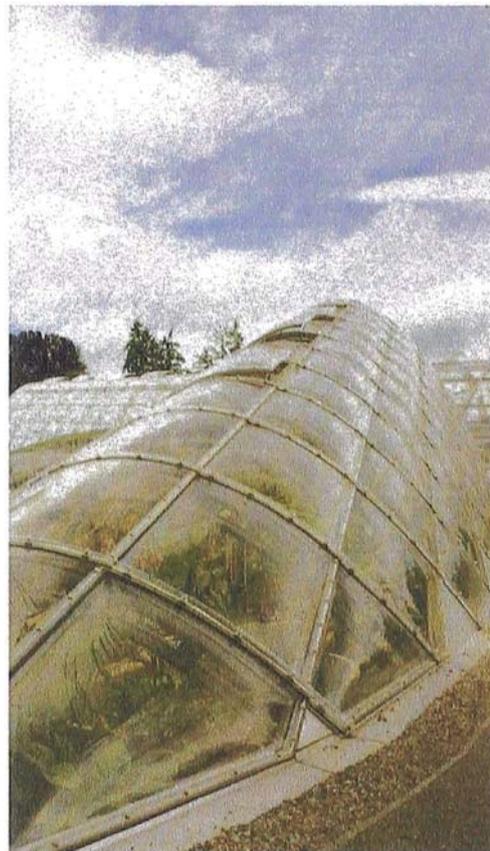
6.3.4. Influencia del Viento: el viento es un elemento de transporte de polvo, humedad y gérmenes a larga distancia, así como de su elevación del suelo. Es capaz de enfriar bruscamente el cuerpo y debilitar sus defensas. Tiene influencias psíquicas marcadas: los vientos cálidos y secos son estimulantes, en un primer momento, luego producen deshidratación brusca que eliminan todos los estímulos iniciales. Los vientos muy húmedos y cálidos son bochornosos y deprimentes, en un clima predominantemente fresco, y estimulantes en un clima de calmas tropicales, húmedo y cálido. En general los vientos son estimulantes, especialmente si son frescos, pero no fríos. Los vientos persistentes, en cambio, agotan los nervios.

6.3.5. Influencia de la Pureza del Aire: el aire puro estimula el organismo y le ayuda a eliminar las toxinas. El aire con impurezas no sólo absorbe las radiaciones solares, sino también las bacterias y humedad, condensándola en gotas microscópicas que favorecen el contagio por las vías respiratorias.

²¹ CONAM - Ministerio de Salud Pública www.minsa.gob.pe/inap/rves/radiacion

7. alternativas de cobertura

Para considerarlo como una alternativa de cobertura para Lima debemos establecer una comparación con la cobertura traslúcida o transparente más usada, en este caso consideramos el vidrio vs. la plancha de policarbonato sea compacta o alveolar. Otro producto alternativo a ser usado como recubrimiento, que permita el paso de la luz natural, es el Acrílico en láminas que también es flexible y de tecnología similar al policarbonato. En la foto se puede apreciar un invernadero construido en base a planchas de acrílico. (Jardín Botánico en Graz, Austria, Volker Giencke Arquitecto 1994).



En el cuadro N°2 se pueden apreciar comparaciones en peso de diversos materiales de recubrimiento.

El vidrio, es probablemente el material más antiguo producido por el hombre que se ha usado sin interrupción desde el principio de la historia registrada. Es una sustancia amorfa producida por el calentamiento de una mezcla de entre siete y doce materiales, conformando según los materiales usados diferentes tipos de vidrio. El vidrio común se comporta como un sólido elástico. En masa, el vidrio parece casi por completo rígido, pero en láminas delgadas o fibras, es bastante flexible, siempre que el radio de curvatura sea grande en comparación con el espesor de ese vidrio.²²

El punto más débil del vidrio en todas sus presentaciones, es que por su conformación, es muy rígido. Una fuerza aplicada sobre el mismo, se concentrará sobre el punto donde se aplica, logrando que cualquier imperfección por más pequeña que sea se extienda con rapidez quebrando la pieza de vidrio. Para evitar estos problemas **recientemente se están fabricando vidrios laminados en los que se incluyen fibras de resinas de policarbonato que evitan este efecto de la rigidez** (ejemplo vidrio laminado SP LEXGARD; en base al policarbonato LEXAN).

²² Joseph S. Amstock. Manual del vidrio en la construcción. McGRAW – HILL 1999

El policarbonato compacto en planchas se utiliza en construcciones en los casos en que se desee obtener transparencia de superficies. **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 (comba por flexión). El policarbonato reemplazará al vidrio de acuerdo a la consideración que se tenga de sus ventajas y desventajas²³:

Ventajas:

- Resistencia al impacto (golpes o granizo) 200 veces mayor que el vidrio.
- Menor peso propio para el mismo espesor (menor peso específico).
- Facilidad de curvar en frío (dentro de los límites que se indican más adelante).
- Es más aislante del calor que el vidrio.

Desventajas:

- Más flexible que el vidrio (colocado en forma plana horizontal requiere mayor espesor que el vidrio).
- Se raya con más facilidad que el vidrio.
- Es más costoso que el vidrio.

Observaciones:

1. Las desventajas de su flexibilidad respecto de la mayor rigidez del vidrio, disminuyen con la posibilidad de las formas curvas.
2. En cuanto al costo comparativo por unidad de superficie, debe considerarse el mayor espesor requerido en la posición horizontal y las limitaciones de tamaño de la plancha que le resta flexibilidad.
3. En las superficies verticales el espesor dependerá de lo que determine el proyectista respecto de la flecha admisible con la acción del viento en los casos en que se deba considerar este factor (uso externo).
4. En las superficies curvas generalmente el espesor será menor que el del vidrio para la misma separación entre apoyos.

²³ Geofredo C. Robinson. El Policarbonato Compacto. www.construir.com/Econsult/C/consulta

COLOCACION PLANA - CONSIDERACIONES GENERALES

“Dada su condición de material menos rígido que otros, por ejemplo el vidrio, flexiona por su propio peso cuando su colocación es horizontal, produciendo una deformación llamada flecha. Esta deformación se produce en general en todos los materiales incluso en el vidrio, pero en el policarbonato compacto, por ser un material más elástico, esta deformación o flecha es más pronunciada. La flecha no afecta a su resistencia sino sólo al aspecto visual, por lo cual damos varias alternativas en los cuadros siguientes, para mejor elección del proyectista o usuario. Tradicionalmente se toma como límites de flecha su relación con la luz libre (distancia entre apoyos).

Ejemplo: para una luz (l) de 700 mm y una flecha admisible de 1/500 de la luz, la medida de la misma será: $700 \text{ mm}/500 = 1,4 \text{ mm}$. En el siguiente cuadro se indica la medida de las flechas en varias luces con referencia a los límites de flecha clásicos utilizados habitualmente en construcciones²⁴.

CUADRO N°6

FLECHAS LIMITE HABITUALES REFERIDAS A VARIAS LUCES EN CENTIMETROS

Relación con la luz	Luz (distancia entre apoyos) en centímetros. (l)							
	40	50	60	70	80	90	100	120
1/500	0,080	0,100	0,120	0,140	0,160	0,180	0,200	0,240
1/400	0,100	0,125	0,150	0,175	0,200	0,225	0,250	0,300
1/300	0,133	0,167	0,200	0,233	0,267	0,300	0,333	0,400
1/200	0,200	0,250	0,300	0,350	0,400	0,450	0,500	0,600

Elaborado por Geofredo C. Robinson.

CUADRO N°7

PLACA APOYADA EN DOS LADOS SOLAMENTE COLOCACIÓN HORIZONTAL - CARGA DE PESO PROPIO

espesor		luz (distancia entre apoyos) en centímetros. (l)							
mm	cm	40	50	60	70	80	90	100	120
2	0,20								
3	0,30	0,232	0,566						
4	0,40	0,131	0,319	0,661					
5	0,50	0,083	0,204	0,422	0,783				
6	0,60	0,058	0,142	0,293	0,544	0,928			
8	0,80		0,080	0,165	0,306	0,522	0,836		
9,5	0,95			0,117	0,217	0,370	0,593	0,903	
10	1,00			1,106	0,196	0,334	0,535	0,815	1,690
12	1,20				0,136	0,232	0,371	0,566	1,174

Medidas de la flecha producida por el **peso propio** en colocación **horizontal** expresadas en **centímetros**. Las cifras recuadradas corresponden a flechas de dimensión similar a 1/500 de la luz.

CUADRO N°8

PLACA CUADRADA APOYADA EN TODO SU CONTORNO COLOCACIÓN HORIZONTAL - CARGA DE PESO PROPIO

espesor		luz (distancia entre apoyos) en centímetros. (l)							
mm	cm	40	50	60	70	80	90	100	120
2	0,20	0,259							
3	0,30	0,116	0,283						
4	0,40	0,065	0,159	0,330					
5	0,50	0,041	0,102	0,211	0,391				
6	0,60		0,071	0,146	0,272	0,464			
8	0,80			0,082	0,153	0,261	0,418		
9,5	0,95				0,108	0,185	0,296	0,451	
10	1,00					0,167	0,267	0,407	0,845
12	1,20						0,185	0,283	0,587

Medidas de la flecha producida por el **peso propio** en colocación **horizontal** expresadas en **centímetros** para placas cuadradas apoyadas en todo su contorno. Las cifras recuadradas corresponden a flechas de dimensión similar a 1/500 de la luz.

8. experiencias

en el uso de coberturas de policarbonato en lima

8.1 INGRESO PRINCIPAL HOSPITAL NACIONAL EDGARDO REBAGLATI MARTINS Arq. Elena Cruzado.



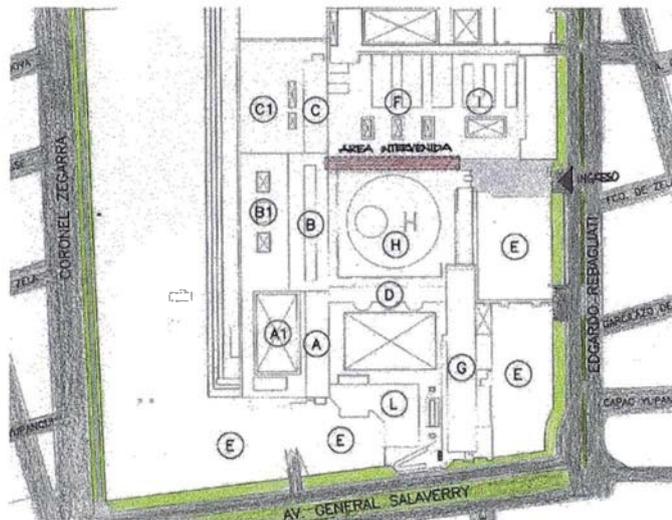
1. Ubicación del proyecto.

Esquina de la Av. Salaverry y Av. Edgardo Rebagliati.

2. Dimensiones Generales:

- Largo: 94.35m.
- Ancho: 7.00m.
- Altura: 5.64m

3. Forma General: Bóveda.



4. **Acondicionamiento Ambiental:** El ingreso dispone de celosías de fierro que permiten la circulación del aire que viene desde las ventanas que están al lado opuesto.

5. Plancha de Policarbonato: Policarbonato Palsun de 3, 4 y 6mm.

Según información del fabricante: “Las láminas PALSUN son tan transparentes como el vidrio, pero 200 veces más fuertes mientras pesan 50% menos. Son ideales para áreas expuestas al vandalismo o al alto impacto”.

Dimensiones Estándar

Espesor: 1mm, 1.5mm y valores de unidad desde 2 hasta 12mm

Ancho x Largo: 1250x2050mm, 1220x2440mm, 2050x3050mm.

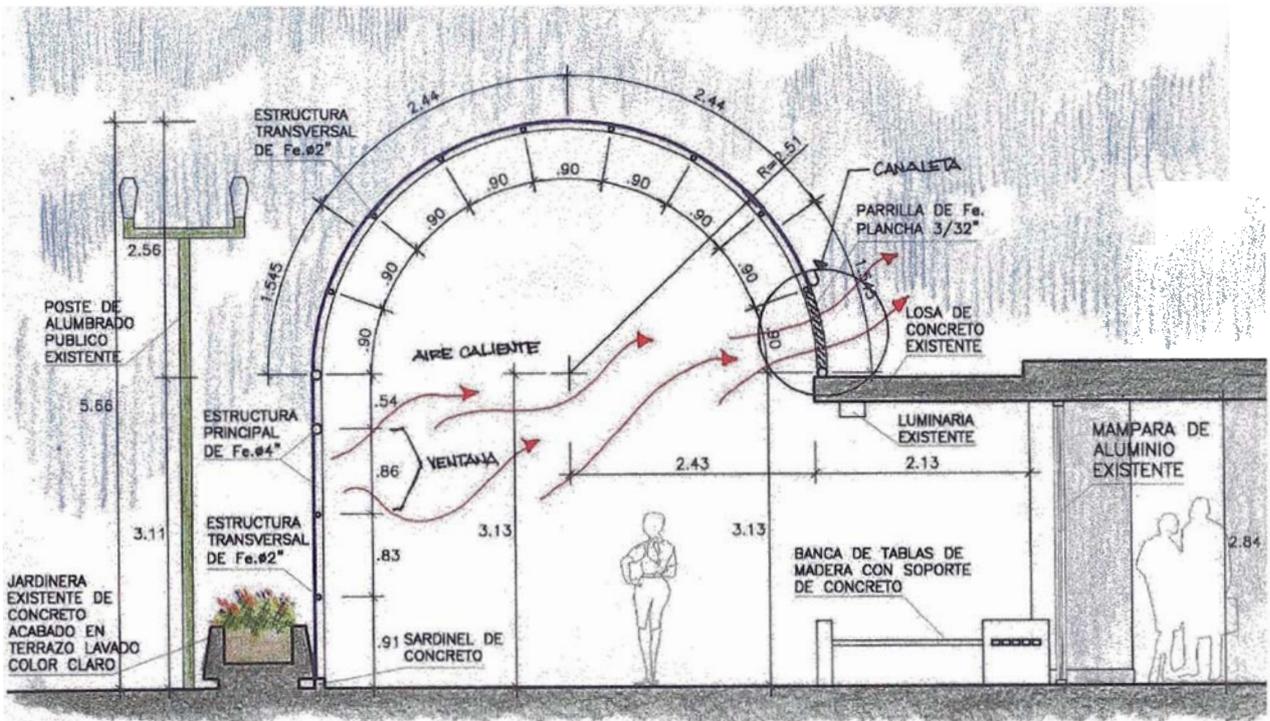
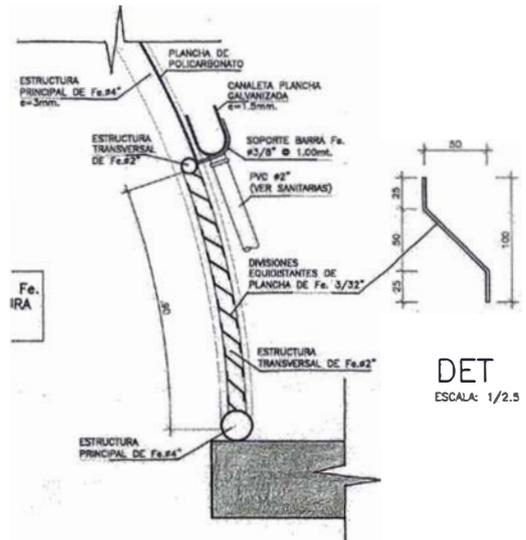
Propiedades típicas de una lámina de 3mm

	-40°C hasta +120°C
• Coeficiente de expansión térmica lineal	$6.5 \times 10^{-5} / ^\circ\text{C}$
• Conductividad térmica	0.21 W/m K
• Calor específico	1.3KJ/kg K
• Transmisión de luz	89%
• Gravedad específica	1.2
• Resistencia a la tracción	65 Mpa
• Modula de elasticidad	2300 Mpa
• Extensión en el punto de rotura	>90%
• Resistencia a la flexión	2,600 Mpa
• Módulo de flexión	95 Mpa
• Resistencia al impacto – Caída de dardo ISO 6603/1	158 J

Color Transparente.



6. Limpieza y mantenimiento: El estado actual de limpieza y mantenimiento es Bueno, las planchas de policarbonato necesitan estar muy limpias por su calidad de transparencia, Como diseño dispone esta cobertura de un sistema de drenaje que permite evacuar las aguas pluviales.



CORTE TRANSVERSAL

8.2 CENTRO MEDICO OFTALMOLÓGICO CONFIA

Arq. Paulo Osorio

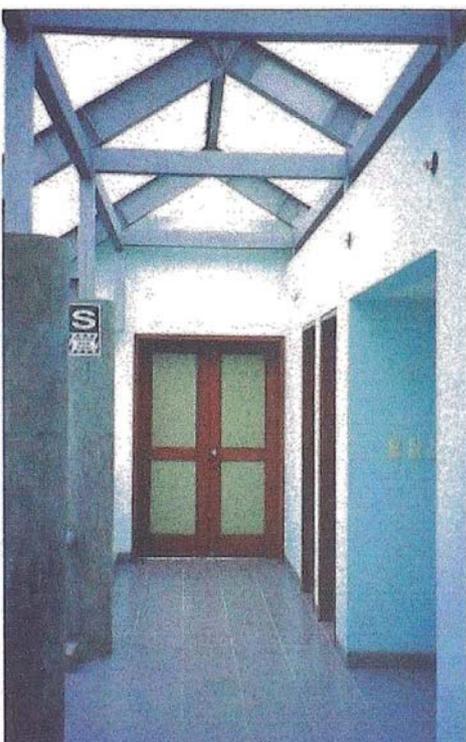
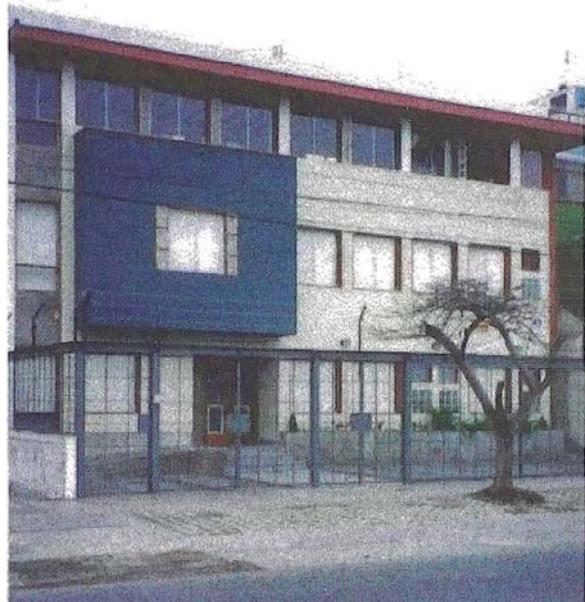
1. Ubicación del proyecto.

Av. Gálvez Barrenechea 356
San Borja

2. Dimensiones Generales:

- a. Largo: 6.33m.
- b. Ancho: 7.60m.
- c. Altura: 9.55m.

3. Forma General: Cobertura Inclínada 2 aguas.

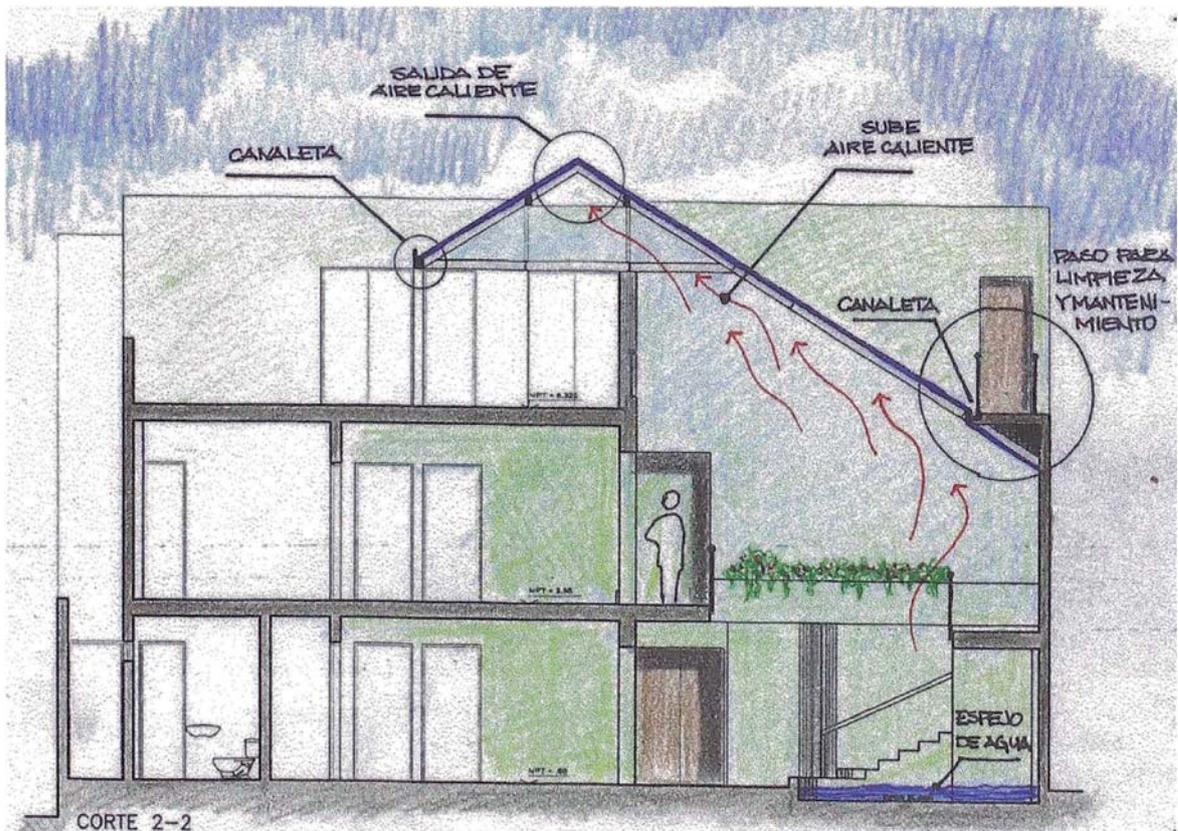
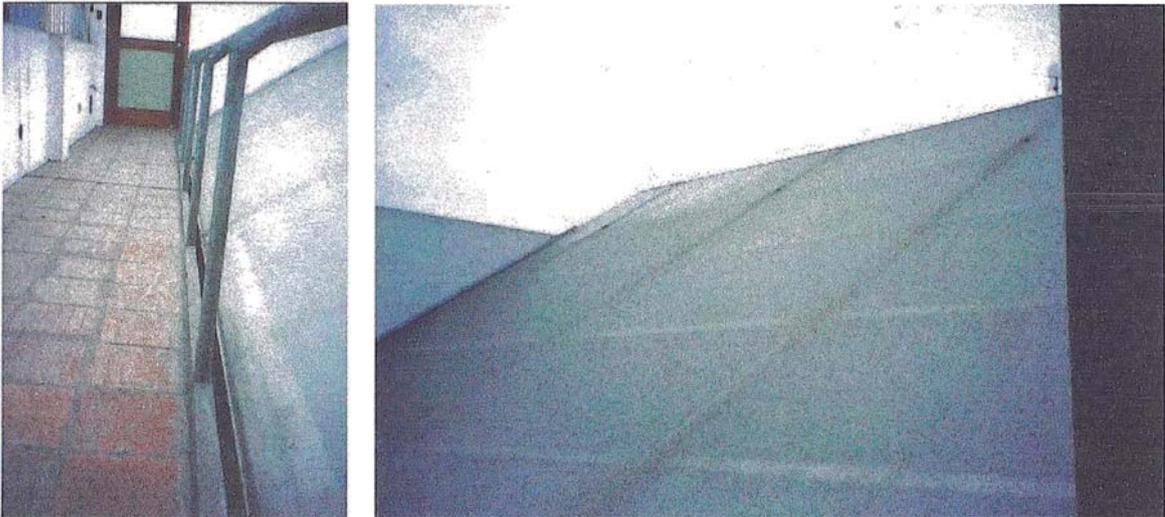


4. **Acondicionamiento Ambiental:** Están previstos los lugares para la colocación de extractores de Aire, estos están debajo de la cumbrera de la cobertura, en una posición óptima para evacuar el aire caliente que se pueda generar, el ingreso del aire de reciclaje tendría que estar en la parte inferior.

5. **Plancha de Policarbonato:** La plancha de policarbonato usada es alveolar de 10 mm con conectores de policarbonato, sin

usar tornillos que le restarían impermeabilidad.

6. **Limpieza y Mantenimiento:** El estado de limpieza de la cobertura es muy bueno. Dispone de un sistema que permite dar mantenimiento a la cobertura, el cual consiste de un pasillo y un sistema de drenaje, según se puede observar en las fotos.



8.3 EDIFICIO DE AULAS Y OFICINAS – UNIVERSIDAD DE LIMA

Arq. Víctor Ramírez García

Arq. Víctor Smirnof Bracamonte

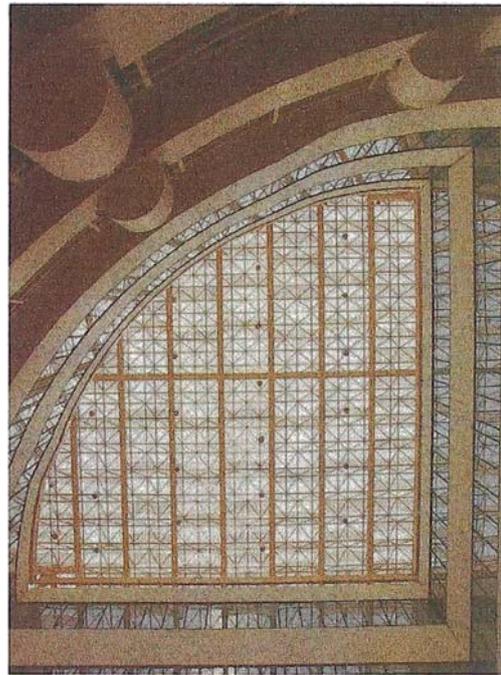
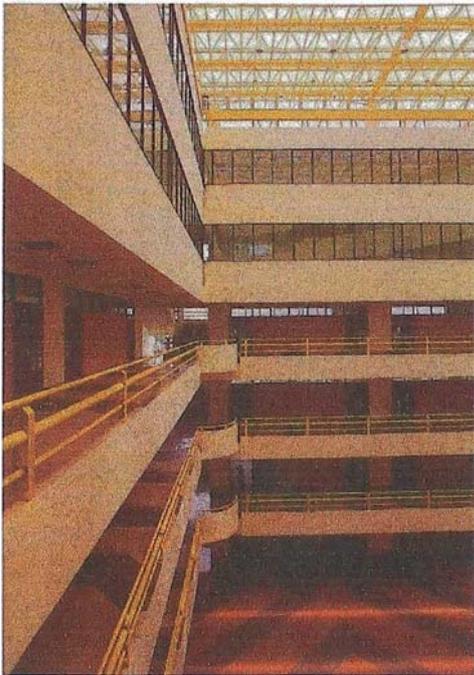
1. Ubicación del proyecto.

Esquina Av. Javier Prado Este y Av. Olgúin.
Surco

2. Dimensiones Generales: Cuarto de circunferencia

- a. Largo: 18.00m. (radio)
- b. Ancho: 18.00m. (radio)
- c. Altura: 28.00m.

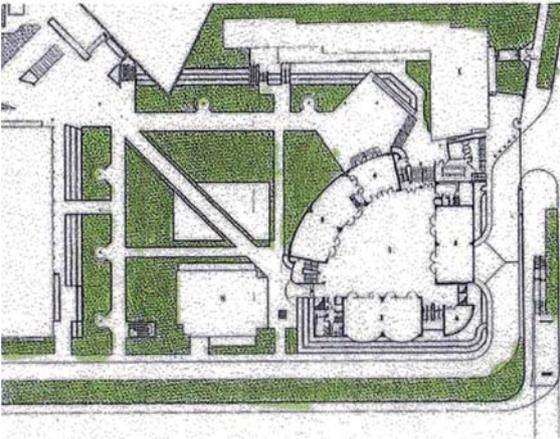
3. Forma General: bóvedas conformando cobertura horizontal



4. **Acondicionamiento Ambiental:** El local dispone de aire acondicionado, esta cerrado completamente para evitar perdidas.

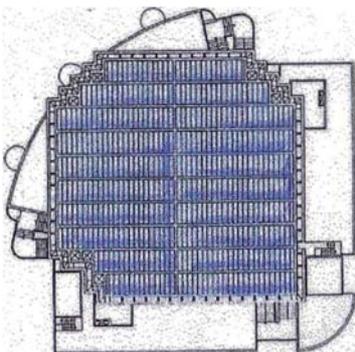
5. **Plancha de Policarbonato:** de 2 cm de espesor compuesto por seis capas de alveolos que permiten el ingreso de luz e impiden el ingreso del calor producido por los rayos del sol.

6. Limpieza y Mantenimiento: El estado de limpieza de la cobertura es bueno. Dispone de un sistema que permite la limpieza, el agua es colectada por canaletas que recorren entre las bóvedas. Estas canaletas están soportadas por la estructura tridimensional que cubre el patio interior.



Planta del Primer Piso

- 1 Gran Espacio Central.
- 2. Juego de Bolas de Valores.
- 3. Merchandising.
- 4. Hall de Recepción.
- 5. Exhibición y ventas de Publicaciones.
- 6. Información al postulante.



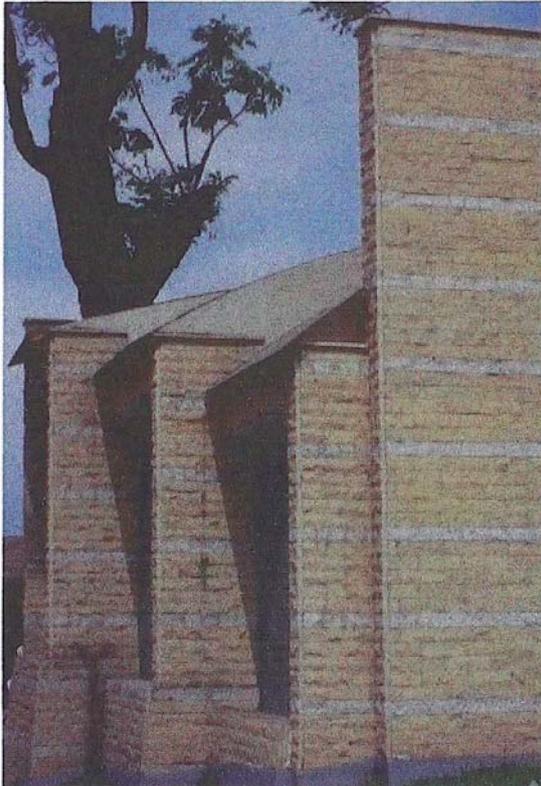
Plano de Techos.



Corte Transversal.

8.4 OTROS EDIFICIOS QUE DISPONEN DE COBERTURAS DE POLICARBONATO

PABELLON DE AVES – PARQUE LAS LEYENDAS



1



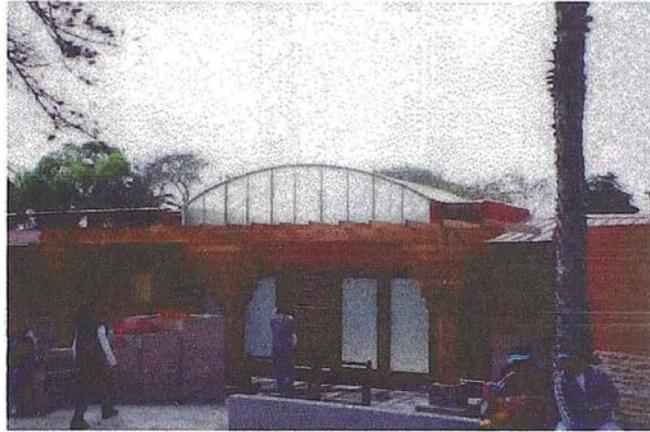
2

- Las coberturas con formas curvas, como bóvedas, en policarbonato, son fáciles de lograr y también permiten a las planchas cubrir mayores luces sin deformaciones (foto 1).
- Es notoria la suciedad y falta de mantenimiento de esta cobertura, esto se hace patente por la dificultad de accesos para mantenimiento, punto de importancia a ser resuelto en todo diseño de coberturas traslúcidas, sea cualquiera el material de recubrimiento usado (foto 2). Los accesorios de policarbonato como juntas y bota aguas deben ser cambiados periódicamente o limpiados porque almacenan gran cantidad de suciedad.
- El pabellón está sin uso, cerrado, y actualmente en sus alrededores se puede percibir el calor sofocante, sobre todo en los días soleados.

PABELLON DE INSECTOS – PARQUE LAS LEYENDAS

1

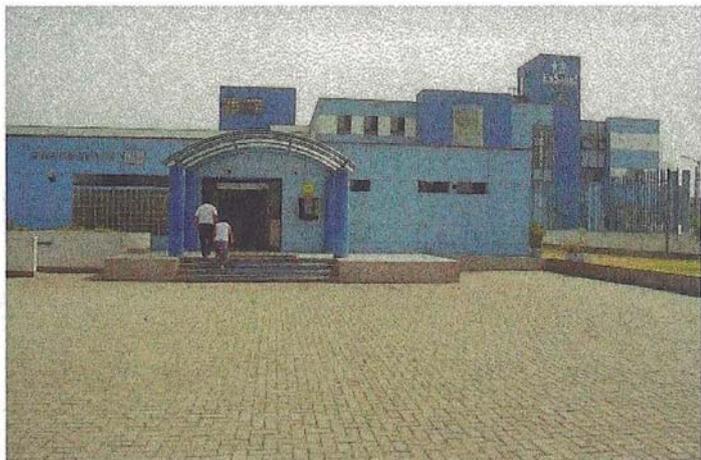
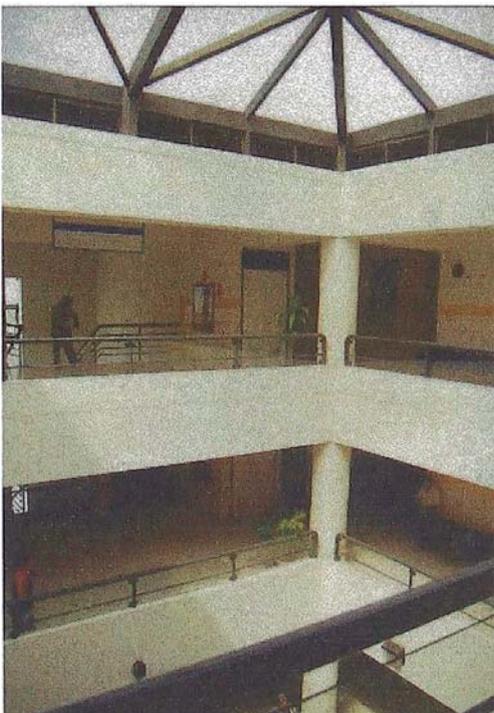
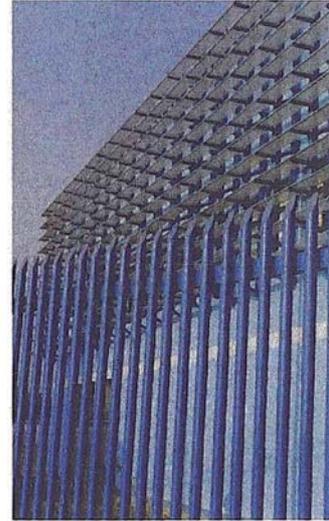
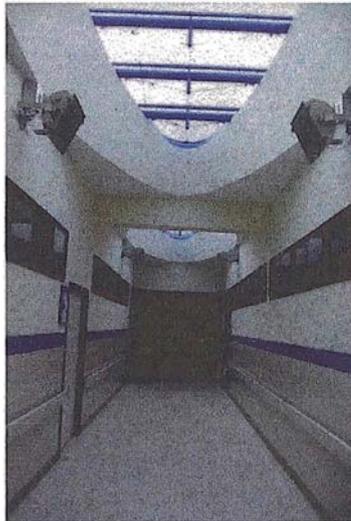
- Se ratifica la flexibilidad del material para la conformación de coberturas con formas curvas tipo bóveda (foto 1). En este caso la solución presenta una estructura que sostiene el recubrimiento el mismo que sirve de protección. El problema surge en el momento en que se perfora la plancha para hacer pasar elementos que no son propios a la estructura de la cobertura (foto 2).
- Las perforaciones no son recomendables porque son causa de suciedad y humedad al interior de las planchas, en el caso de policarbonato alveolar. Deben evitarse los cortes que puedan quitar impermeabilidad al ambiente interior.



2

POLICLINICO CHORRILLOS – ESSALUD

- La versatilidad del Policarbonato, en este caso alveolar, está demostrada en el uso que se hace de los mismos en los parasoles, coberturas de espacios interiores, así como marquesinas de ingreso en los policlínicos de ESSALUD,



POLICLINICO SANTA ANITA - ESSALUD

8.5 PRÓXIMOS PROYECTOS A EJECUTARSE

NUEVO MUNDO LIMA HOTEL - COBERTURA DE PATIO INTERIOR

Arq. Alfredo Sánchez Griñán C.



La flexibilidad del material permite elaborar diseños como el siguiente previsto para cubrir el patio interior de un nuevo hotel en Lima, la estructura tridimensional de fierro y las planchas de policarbonato compacto juegan con las formas curvas – cónicas muestra de la versatilidad del material y de las posibilidades de diseño.



9. conclusiones y recomendaciones

1. El Policarbonato es un producto con alta calidad y valiosas características en lo que se refiere a la protección contra radiación UV. Es necesario evaluar el tipo de plancha a usar de acuerdo a las condiciones del medio ambiente. Considerando en todos los casos la ubicación de la cobertura. En Lima esto es más evidente. En invierno no se presentan mayores problemas pero en verano es posible que algunas planchas acumulen mas calor de lo necesario. La temperatura es mejor controlada por planchas de policarbonato alveolar, a mayor cámara de aire en los alvéolos, mejora su comportamiento, disminuyendo el efecto invernadero producido por la acumulación de calor. Esto se pudo percibir claramente comparando los edificios del Hospital Rebagliati y el centro médico. En el primer caso, el policarbonato compacto causó mayores problemas de control del calor, se recurrió a abrir mas ventanas al lado opuesto de las parrillas, incluso se sacaron algunos paneles de parrillas. Mientras que en el centro oftalmológico las condiciones de calor son moderadas y con la instalación de extractores que estando previstos no estan instalados mejoraría.
2. Las estructuras de soporte que conforman la Cobertura, no son tan exigidas en carga, por lo tanto no necesitarían ser muy grandes, ahorrando en el costo de las mismas. Este material es ideal para cubrir grandes luces, por ejemplo en estadios.
3. Se ha usado bastante en el Perú en la construcción de Clínicas y Hospitales, como se puede ver en los edificios como el Hospital Rebagliati y el centro oftalmológico, su calidad en cuanto a la protección contra rayos UV lo hace ideal para controlar la radiación en ambientes donde pacientes, convalecientes y enfermos, a la vez que están en contacto con el exterior, están protegidos de las condiciones del clima. La sensación de protección bajo una cobertura de policarbonato es percibida fácilmente por los usuarios.
4. Un tema a tomarse en cuenta en lo que se refiere a la construcción de coberturas de Policarbonato, no importando el material del que este hecho el sistema de sustentación de las planchas, es la limpieza de las mismas.
5. Todas las coberturas deberían disponer de un sistema para que la limpieza de las mismas sea accesible. Tomando en cuenta que este material se limpia sobre todo

con agua, las pendientes y el drenaje de las mismas deben ser estudiadas con el debido detenimiento se pueden tomar las siguientes consideraciones:

- Debe ser fácilmente recorrido por una persona sin que tenga que apoyarse sobre las planchas, de tal forma que el mantenimiento sea periódico.
 - Se debe tener cuidado al dar mantenimiento a las planchas porque estas se pueden rayar perdiendo su revestimiento de protección contra rayos UV.
 - Se recomienda no perforar la plancha para atornillarla, o acondicionarla a la estructura, es mejor que se ensamble a otras planchas o a la estructura por medio de accesorios de policarbonato o de aluminio, fabricados especialmente para este fin.
 - Si las planchas son ensambladas con perfiles de aluminio u otros es de importancia que se dejen las juntas de dilatación necesarias entre la plancha de policarbonato y el perfil, debido a que esta tiene un alto índice de dilatación contracción frente a las condiciones del ambiente.
 - Es mejor que el policarbonato proteja su estructura de soporte, de esta forma se evitará que cualquier parte de la estructura, sea de madera, acero, fierro, aluminio, u otro, se deteriore por el contacto con el exterior. Se evita de esta manera también que en las juntas entre materiales se acumule la suciedad y que sea difícil de limpiar. El policarbonato debe pasar de una forma limpia cubriendo toda la estructura y llevando las pendientes a un sistema de drenaje.
 - Se debe disponer de una fácil evacuación de aguas hacia la red de desagüe.
6. Considerando su elevado costo es conveniente tener la precaución de considerar en los diseños los tamaños de las planchas originales a fin de disminuir los desperdicios por corte y por ende el precio final.

10. bibliografía

y fuentes de información

1. Alegría, Marcelino. ANTARTIDA Y LA HISTORIA. Ed. CONCYTEC. 2000
2. Amstock, Joseph S. MANUAL DEL VIDRIO EN LA CONSTRUCCION. McGRAW – HILL. 1999.
3. Asensio Cerver, Francisco. ATLAS DE LA ARQUITECTURA ACTUAL – KÖNEMANN
4. Benévolo, Leonardo. HISTORIA DE LA ARQUITECTURA MODERNA. Editorial Gustavo Gili, S.A. 1994
5. Diccionario Enciclopédico Básico, Ed. Alfredo Ortells. Valencia 1976
6. Neufert. EL ARTE DE PROYECTAR EN ARQUITECTURA.
7. Puppo, Ernesto. UN ESPACIO PARA VIVIR. Ed. MARCOMBO SA. 1999
8. Revista Arkinka. Año 5 N° 52
9. Revista Arkinka. Año 6 N° 67
10. Ugarte Eléspuru, Juan Manuel. MONUMENTA LIMENSIS. Fondo Editorial del Congreso del Perú, 2001
11. Vautier, E. EL HOMBRE Y SU VIVIENDA FRENTE AL CLIMA. CENTRO INTERAMERICANO DE VIVIENDA Y PLANEAMIENTO (OEA)
12. www.construir.com/Econsult/C/consulta
13. www.dow.com
14. www.gallpolycarbonate.homestead.com.
15. www.greenpeace.es - LA PIRAMIDE DE LOS PLASTICOS
16. www.membertripod.com
17. www.minsa.gob.pe/inap/rves/radiación - EVALUACIÓN DEL IMPACTO EN LA SALUD POR LA SOBREEXPOSICIÓN A LA RADIACIÓN ULTRAVIOLETA SOLAR. AREQUIPA Y LIMA
18. www.palram.com CATALOGO DE PLANCHAS ONDULADAS SUNTOP
19. www.paltough.com CATALOGO DE PLANCHAS CORRUGADAS SUNTUF
CATALOGO DE PLANCHAS PLANAS PALSUN
20. www.polygal.com CATALOGO DE PLANCHAS POLYSHADE
21. www.psrc.usm.edu
22. www.ramos.utfsm.cl - MATERIALES POLIMÉRICOS EN LA CONSTRUCCIÓN
23. www.sandretto.it - 2000, Museo del Plástico
24. www.solucionesespeciales.galeon.com
25. www.solysalud.latuv.uva.es