



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

El vidrio en la industria de la construcción

TESIS

Que para obtener el título de

Ingeniera Civil

P R E S E N T A (N)

Alejandra Yunuén Mora Morales

DIRECTOR DE TESIS

Ing. Marcos Trejo Hernández



Ciudad Universitaria, Cd. Mx., 2023



UNIVERSIDAD NACIONAL
AVENIDA DE
MEXICO

DIVISIÓN DE INGENIERÍAS CIVIL Y GEOMÁTICA
COMITÉ DE TITULACIÓN
FING/DCG/SEAC/UTIT/103/18

Señorita
ALEJANDRA YUNUEN MORA MORALES
Presente

En atención a esa solicitud me es grato hacer de su conocimiento el tema que propuso el profesor ING. MARCOS TREJO HERNÁNDEZ, que aprobó este Comité, para que lo desarrolle usted como tesis de su examen profesional de INGENIERO CIVIL.

“EL VIDRIO EN LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN”

- INTRODUCCIÓN
- I. ANTECEDENTES
- II. ¿QUÉ ES EL VIDRIO?
- III. PROPIEDADES DE VIDRIO
- IV. FABRICACIÓN DEL VIDRIO Y TIPOS NECESARIOS PARA LA CONSTRUCCIÓN.
- V. PROPIEDADES ESPECTROFOTOMÉTRICAS
- VI. EL VIDRIO EN LA EDIFICACIÓN
- VII. CONCLUSIONES

Ruego a usted cumplir con la disposición de la Dirección General de la Administración Escolar en el sentido de que se imprima en lugar visible cada ejemplar de la tesis el Título de ésta.

Asimismo le recuerdo que la Ley de Profesiones estipula que deberá prestar servicio social durante un tiempo mínimo de seis meses como requisito para sustentar Examen Profesional.

Atentamente
“POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU”
Cd. Universitaria a 13 de noviembre de 2018
EL PRESIDENTE


M.I GERMÁN LÓPEZ RINCÓN

GLR/MTH*kpç.

DEDICATORIA

A Dios, quien está presente en toda mi vida, me da fuerza para seguir adelante, me permitió llegar a este momento y me ha dado mucho

A mi mamá, que en todo momento me apoyo y creyó en mi para emprender este camino, con su amor incondicional y su bendición a diario me protege.

A mi Abue Timo, que me enseñó el camino del bien y ahora me cuida como un ángel

AGRADECIMIENTO

A mi alma máter, la UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MÉXICO por brindarme la oportunidad de integrarme como estudiante y como profesionista.

A la FACULTAD DE INGENIERÍA por enseñarme las bases éticas, profesionales y humanas.

Al Ing Marcos Trejo, mi director de tesis, por confiar en mi trabajo y esfuerzo, gracias por su tiempo, conocimientos compartidos y su apoyo para realizar esta tesis.

A todos los profesores que dedican día con día su esfuerzo para que el estudiante se forme como un profesionista

A todos mis compañeros y amigos que formaron parte de mi vida académica y que de una u otra forma contribuyeron a mi formación.

Los científicos estudian lo que ya existe, los
Ingenieros crean lo que nunca existió
Albert Einstein (1879-1955)

INDICE

1.- Antecedentes

Objetivo. Se explicará el origen del vidrio en sus diferentes épocas y lugares

2.-¿Que es el vidrio?

2.1 Composición del vidrio

3.-Propiedades de vidrio

Objetivo. Se describirán las propiedades del vidrio, así como su comparación con otros materiales

3.1 Densidad

3.2 Resistencia a la compresión

3.3 Resistencia a la flexión

3.4 Elasticidad (módulo de Young)

3.5 Coeficiente de Poisson}

3.6 Coeficiente de dilatación lineal

3.7 Esfuerzos de origen térmico

4.-Fabricación del vidrio y tipos necesarios para la construcción

Objetivo. Se explicarán las etapas de fabricación de vidrio, así como sus procesos para la obtención de diferentes tipos de vidrio útiles en la construcción

4.1 Proceso de fabricación de vidrio flotado (recocido)

4.2 Vidrio Laminado

4.3 Vidrio templado

4.4 Vidrio doble

4.5 Vidrio low-e

5.- Propiedades espectrofotométricas

Objetivo. Se describirán las propiedades espectrofotométricas del vidrio, así como sus índices de eficiencia

5.1 Factor solar

5.2 Transmisión térmica (U)

5.3 Coeficiente de sombra

5.4 Transmisión de luz

5.5 Selectividad

6.- El vidrio en la Edificación

Objetivos. Se explicará el uso, aplicación y ventajas de los tipos de vidrio descritos anteriormente para la industria de la construcción

6.1 En interiores y ventanas

6.2 En fachadas suspendidas con herrajes

6.3 En fachadas modulares

6.4 Consumo de energía en edificios

7.- Conclusiones

INTRODUCCION

Difícil es imaginarse hoy en día una sociedad que no utilice el vidrio. Todos nosotros lo conocemos por su fragilidad, su transparencia, su peso, sus diferentes formas y colores. Lo empleamos sin mayor problema, sabiendo que con un golpe no muy fuerte se puede romper.

El vidrio se ha convertido en un elemento vital en la ingeniería de nuestros días, donde la búsqueda de máximas superficies vidriadas para obtener las mejores visuales y la mayor iluminación natural se contraponen con la necesidad de lograr la mayor eficiencia energética y los más elevados estándares de seguridad. Esto ha derivado en una ampliación exponencial de la oferta de productos transparentes, y en una sofisticación cada vez mayor de sus tecnologías de producción, para dar respuesta a las más heterogéneas demandas de diseño y confort.

Por ello la decisión del tipo de vidrio a utilizar, su espesor, tamaño, color, proporción y su forma de sujeción, merece ser estudiada en profundidad para cada caso en particular, teniendo en cuenta los parámetros de seguridad, resistencia estructural, aislamiento térmico y acústico requeridos para su diseño.

La correcta elección de un vidrio, aunque su costo sea elevado, permite disminuir el costo final de otros rubros como las carpinterías, el aire acondicionado, dispositivos de oscurecimiento y seguridad.

Por tanto, el vidrio es una solución a problemas de:

Aislamiento térmico y acústico, Ahorro energético (objetivo de estudio de esta tesis), Resistencia estructural, Seguridad física. Protección de personas y bienes (vidrios anti- robo, anti-intrusión y antifallas, Decoración (vidrio curvo, vidrio Serigrafado, satinado, arenado)

El vidrio es un material resistente, pero también es frágil y peligroso cuando sufre roturas. Y por este motivo debería evitarse su uso intuitivo o irresponsable, que es utilizar un tipo de vidrio que no sea adecuado para el uso que se le da.

El presente trabajo recaba datos acerca de los vidrios, pertenecientes a la clasificación de los materiales cerámicos, tratando de explicar sus tipos que promete mucho a futuro en cuestión de ahorro de energía y su propiedad más característica que son las espectrofotométricas y que nos permiten controlar la manera de regular los rayos a voluntad humana.

En la Figura 1 se muestran las diversas aplicaciones del vidrio, las cuales ponen en manifiesto que es un material indispensable y en evolución.

Fig. 1 Usos del vidrio



En la tabla 1. Pueden verse las exigencias para el vidrio como material de construcción.

Misiones	Funciones del vidrio
ESTETICA Y DISEÑO	*Transparencia *Color *Dimensiones/Formas
CONFORT	*Aislamiento térmico *Aislamiento acústico *Transmisión óptica/Calidad
SEGURIDAD	*Resistencia mecánica *Protección bienes/personas *Durabilidad

Tabla 1. Exigencias para el vidrio plano como material de construcción.

Como ocurre con otras cosas a las que estamos acostumbrados, no nos preguntamos cómo está hecho...o desde cuándo existe...o si es un material que aparece tal cual en la naturaleza y nosotros solamente lo tomamos y lo utilizamos (como la sal de mesa o las piedras volcánicas). En realidad, aun cuando todos los días estamos en contacto con él, no sabemos muy bien qué es. Podemos intuir que no hay minas donde aparezcan pedazos de ventanas (como sí las hay donde se encuentran pedazos de carbón), y por lo tanto tiene que ser uno más de la serie de inventos con los que hemos remodelado al mundo y que constituyen la llamada evolución cultural. El hombre, como especie, se distingue de los demás animales por su riqueza imaginativa, y la historia del vidrio es un claro ejemplo de ella.

CAPITULO 1

ANTECEDENTES

Los antecedentes del vidrio se fueron dando en varias partes del mundo y fueron evolucionado con el tiempo, a continuación, se hará una breve reseña.

Antecedentes del vidrio EN ASIA

SIRIA (Siglo I a.C.), Plinio Cayo Segundo, uno de los grandes historiadores de la antigüedad, y quien vivió en Fenicia, cuenta de unos mercaderes que se dirigían a Egipto (Ver Fig. 2) para vender natrón (piedras de carbonato de sodio natural) dejaron en cierta ocasión unas hogueras encendidas construidas con sus piedras sobre la arena de una playa, al despertarse por la mañana, vieron que después de sufrir la acción del calor durante toda la noche, las piedras de natrón se habían fundido y su reacción con la arena había producido un material transparente y duro alrededor de las fogatas

Aquello les pareció tan maravilloso, que se pusieron a investigar a que se debió y fue así como descubrieron el vidrio.

A partir de entonces los fenicios, pueblo comerciante, trasladaron este descubrimiento a toda la cuenca del Mediterráneo.



Fig. 2 Mercaderes Fenicios

Aunque se cree que los egipcios fueron los primeros en fabricar el vidrio hacia el año 4000 a. C. Se dedicaron, sobre todo, a la producción de objetos artísticos y decorativos, y se especializaron en el colorido, como lo prueban las piezas encontradas en las tumbas, se coloreaba el objeto translucido para imitar la textura de los metales preciosos. Tanto los fenicios como los egipcios llegaron a ser los maestros de esta industria y los abastecedores más requeridos de la época.

Antecedentes del vidrio EN AMERICA

Antes de la llegada de los europeos al Continente Americano, nuestros antepasados indígenas no fabricaban vidrio, sólo se admiraban ante los minerales cristalinos por naturaleza, en sus variantes de obsidiana y cristal de roca (considerados como minerales), con ellos y muchos otros elementos naturales más, mostraron su habilidad manual para elaborar diversos utensilios y artículos ornamentales considerados como obras de arte. La obsidiana, vidrio volcánico de color negro (Ver Fig. 4), verde, rojo (Ver Fig. 3) y dorado producto del enfriamiento del óxido de silicio (SiO_2) de la lava, fue llamada por los tarascos "tzinapu" y por los mexicas "itzli". Esta roca puede encontrarse en el suelo abierto sin ninguna dificultad, pero si se quiere obtener obsidiana de mejor calidad hay que

buscarla a más profundidad en la tierra. Sabiendo esto, los indígenas explotaron minas. La obsidiana la extraían de minas localizadas en la proximidad de Otompan y la mayor parte de Cempoala-Pachuca. Con ella fabricaron cuchillos con los que labraban piedra, trabajaban la piel, cortaban cabello y realizaban cirugías además de elaborar objetos de decoración como máscaras y estatuillas, algunos de estos objetos se vendían en diversos mercados. Asimismo, elaboraron cuentas con los materiales mencionados además de utilizar alabastro y turquesa.



Fig. 3 Obsidiana Roja



Fig. 4 Obsidiana negra

La obsidiana se convirtió en mercancía suntuaria para la creación de máscaras y la decoración de calaveras humanas. Además, muy bien pulida servía de espejo. Éste siempre ha llamado la atención en la historia de la humanidad, porque es la única forma de saber cómo nos veían físicamente los demás.

Con la llegada de Colón a diversas islas y de Cortés, el vidrio manufacturado en Europa se introdujo en el Nuevo Mundo en forma de cuentas de vidrio llamadas "margaritas", utilizadas junto con otros artículos, como objetos de intercambio con los indígenas para facilitar el acercamiento y relación. Estas cuentas eran de origen veneciano y catalán, fabricadas desde el siglo XIII y XIV.

Antecedentes del vidrio EN EUOPA

Cuando Egipto se convirtió en provincia del Imperio Romano (30 a.C.), pagó gran parte de su tributo en objetos de vidrio y en mano de obra, pues sus mejores artesanos emigraron a Roma.

A medida que los romanos conquistaban nuevos pueblos iban propagando la industria del vidrio, considerado únicamente objeto de lujo. Se establecieron fábricas en la península ibérica, en las Galias, Bretaña y en las provincias del río Rin.

Con la caída del Imperio Romano en el siglo V, esta industria se desplazó a Oriente. Bizancio tuvo el predominio en la fabricación del vidrio hasta los albores del medioevo. Siria se consolidó en el floreciente comercio y es muy probable que los venecianos, aquellos geniales e intrépidos navegantes, aprendieran de los sirios el secreto de la difícil elaboración.

En Venecia, la fabricación del vidrio nació en el siglo X y alcanzó su máximo esplendor en el siglo XIV. A fines del siglo XIII, el Consejo de los Diez ordenó que las fábricas de vidrio se trasladaran a la isla de Murano, para evitar que se difundieran los secretos de su elaboración. El título de "maestro vidriero" tenía carácter honorífico y los secretos de la fabricación pasaban de padres a hijos. (Ver Fig. 5)

Los Estados del norte no permanecieron indiferentes a esta nueva industria tan rica. Un agente del rey de Francia, pagando generosamente a un maestro vidriero, logró enterarse de los métodos de elaboración. De Francia, el secreto pasó a Alemania.



Fig. 5 Maestro vidriero

CAPITULO 2

¿QUE ES EL VIDRIO?

El vidrio según la American Society of Testing of Materials (ASTM) producto inorgánico de fusión que se ha enfriado a una condición rígida sin cristalizarse.

El vidrio es un material inorgánico duro, frágil, transparente y amorfo, esto quiere decir que no tiene una estructura cristalina, sino que las partículas que lo forman están ordenadas al azar (desordenadas) es decir, la presencia de grupos ordenados que se distribuyen en el espacio de manera total o parcialmente aleatoria. Muy parecido a las de un líquido. Su estado concreto es líquido muy viscoso, llamado VÍTREO, a t^a + viscoso, hasta llegar a sólido en frío. Por lo tanto, aunque tradicionalmente se ha considerado que la materia podía presentarse bajo tres formas (sólida, líquida y gaseosa), nuevos medios de investigación han puesto al descubierto durante el siglo XX otras formas o Estados en que se puede presentar la materia, y una de ellas es el estado en que se encuentra el vidrio; el estado vítreo (o líquido con una viscosidad tan alta que le confiere aspecto de sólido, sin serlo), que no presenta una ordenación interna determinada (como ocurre con los sólidos cristalinos) pero en muchos casos se observa un desorden ordenado, es decir, la presencia de grupos ordenados que se distribuyen en el espacio de manera aleatoria.

Los cuerpos en estado vítreo se caracterizan por presentar un aspecto sólido con cierta dureza y rigidez y que ante esfuerzos externos moderados se deforman de manera generalmente elástica. Sin embargo, al igual que los líquidos, estos cuerpos son ópticamente isótropos, transparentes a la mayor parte del espectro electromagnético de radiación visible. Cuando se estudia su estructura interna a través de medios como la difracción de rayos X, da lugar a bandas de difracción difusas similares a las de los líquidos. Si se calientan, su viscosidad va disminuyendo paulatinamente –como la mayor parte de los líquidos– hasta alcanzar valores que permiten su deformación bajo la acción de la gravedad, y por ejemplo tomar la forma del recipiente que los contiene como verdaderos líquidos. No obstante, no presentan un punto claramente marcado de transición entre el estado sólido y el líquido o "punto de fusión".

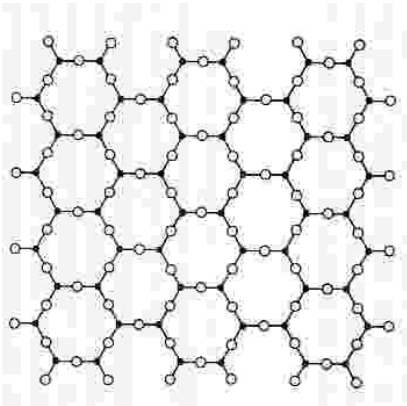
Todas estas propiedades han llevado a algunos investigadores a definir el estado vítreo no como un estado de la materia distinto, sino simplemente como el de un líquido subenfriado o líquido con una viscosidad tan alta que le confiere aspecto de sólido sin serlo. Esta hipótesis implica la consideración del estado vítreo como un estado metaestable al que una energía de activación suficiente de sus partículas debería conducir a su estado de equilibrio, es decir, el de sólido cristalino.

Según la teoría atómica geométrica, en el sílice sólido cristalizado el átomo de silicio se halla rodeado de cuatro átomos de oxígeno situados en los vértices de un tetraedro cada uno de los cuales le une a los átomos de silicio vecinos. Una vista en planta de este ordenamiento se esquematiza en la fig. 6, en la que el cuarto oxígeno estaría encima del plano de la página. Cuando éste sílice pasa al estado vítreo, la ordenación tetraédrica se sigue manteniendo a nivel individual de cada átomo de silicio, aunque los enlaces entre átomos de oxígeno y silicio se realizan en un aparente desorden, que sin embargo mantiene una organización unitaria inicial como se muestra en la fig. 7

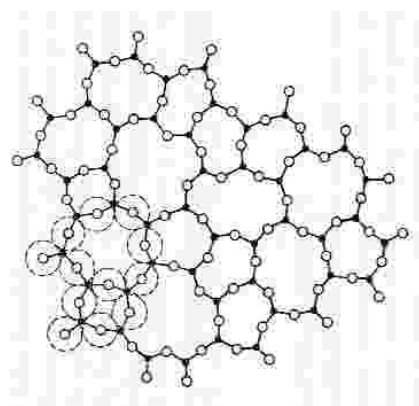
No obstante, ninguna de estas teorías es suficiente para explicar el comportamiento completo de los cuerpos vítreos aunque pueden servir para responder, en casos concretos y bien determinados, a algunas de las preguntas que se plantean.

Las sustancias susceptibles de presentar un estado vítreo pueden ser tanto de naturaleza inorgánica como orgánica, entre otras:

- ✧ Elementos químicos: Si, Se, Au-Si, Pt-Pd, Cu-Au.
- ✧ Óxidos: SiO_2 , B_2O_3 , P_2O_5 , y algunas de sus combinaciones.
- ✧ Compuestos: As_2S_3 , GeSe_2 , P_2S_3 , BeF_2 , PbCl_2 , AgI , $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$.
- ✧ Siliconas (sustancias consideradas como semiorgánicas)
- ✧ Polímeros orgánicos: tales como glicoles, azúcares, poliamidas, poliestirenos o polietilenos, etc



*Fig. 6 Estado Cristalino
Cristal organizado de SiO_2*



*Fig. 7 Estructura Vitrea
 SiO_2 en estado vítreo (amorfo)*

El término "cristal" es utilizado muy frecuentemente como sinónimo de vidrio, aunque es incorrecto en el ámbito científico debido a que el vidrio es un sólido amorfo (sus moléculas no están dispuestas de forma regular) y no un sólido cristalino.

Más allá de sus propiedades de sustancia relativamente dura, químicamente inerte y biológicamente inactiva, el vidrio es inodoro, no altera el sabor, es reutilizable y fácilmente reciclable.

Diferencias entre cristal y vidrio:

✧ El vidrio

Sus átomos y moléculas están en forma aleatoria, Se fabrica fundiendo principalmente arena sílice, aunque existen vidrios formados por la naturaleza como la obsidiana siguiendo mismo proceso de fundición generado por el calor de volcanes o las fulguritas que es el resultado de la caída de un rayo en la arena.

✧ El cristal

Sus componentes, átomos y moléculas, están dispuestos conforme a un sistema ordenado que guarda una relación entre sí con distancias fijas, lo que da lugar a formas definidas con ejes y planos de simetría.

Es creado por la naturaleza, La mayoría de los cristales se forman a partir de la cristalización de gases a presión en la pared interior de cavidades rocosas, como ejemplo el cuarzo y el diamante (Ver Fig. 8 y 9)

Fig. 8 Cuarzo



Fig. 9 Diamante



2.1 COMPOSICION DEL VIDRIO

Para la fabricación del vidrio a partir de elementos naturales no reciclados, se mezclan y se funden los siguientes componentes:

- ✧ Sílice: es el principal componente del vidrio (más de un 70%), y se obtiene a partir de la arena o de cuarzo y se encuentra en el lecho de los ríos y en las canteras.
- ✧ Carbonato o sulfato de sodio o de potasio: sirve para que la sílice funda a menor temperatura.
- ✧ Calcio: su función es estabilizar la mezcla y darle durabilidad. Sustancia "estabilizante". Sin ella, el vidrio, compuesto sólo por sílice y sodio o potasio, sería soluble en agua hirviendo y no podría utilizarse como tal.

Añadiendo otros ingredientes se puede dar al vidrio determinadas propiedades físicas y características según las aplicaciones técnicas a las que se quiera aplicar.

Las propiedades que las materias primas otorgan al vidrio pueden dividirse en tres grupos:
1° Las que dan su *consistencia y transparencia*: anhídrido silícico, anhídrido fosfórico y anhídrido bórico;
2° Las que *facilitan su fusión*: hidróxido de sodio e hidróxido de potasio;
3° Las que impiden que el vidrio, compuesto sólo de sílice y álcali, sea soluble: óxido de calcio, óxido de magnesio y óxido de zinc.

En la figura 10 se muestra los elementos de la composición del vidrio, en el cual podemos observar que en su mayoría está compuesto de Sílice.

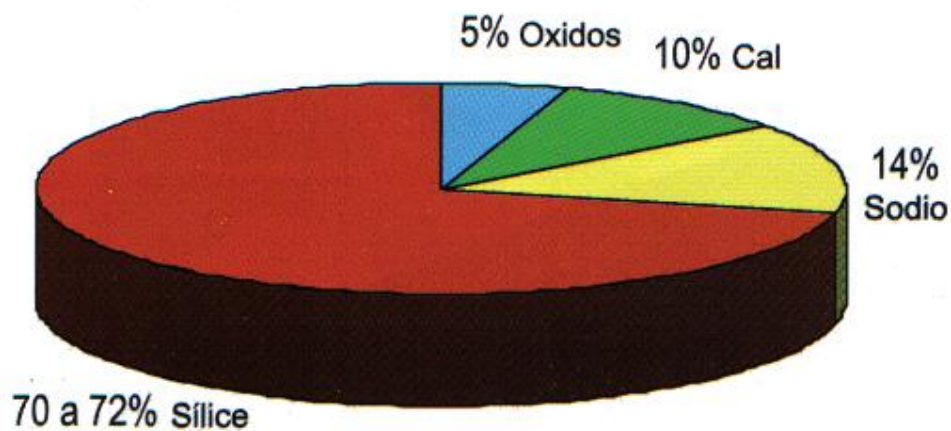


Fig. 10 Porcentajes de Composición del vidrio

PROPIEDADES DEL VIDRIO

Las propiedades de los vidrios pueden clasificarse en: físicas (color, textura, peso), químicas (viscosidad y corrosión), mecánicas (densidad, compresión, tensión, elasticidad, coeficiente de poisson, coeficiente de dilatación lineal), térmicas (conductividad, tensión superficial, elasticidad), acústicas y espectrofotométricas

Las Propiedades físicas son aquellas que se pueden medir sin que se afecte la composición o la identidad de la sustancia

✧ Color

En cuestiones del color en los vidrios, el color es originado por los elementos que se agregan en el proceso de fusión, llamados colorantes. En la Tabla 2 se muestran esos elementos.

Elemento	Color
Óxido de cobalto	Rojo azulado
Óxido ferroso	Azul
Óxido férrico	Amarillo
Óxido de cromo	Verde grisáceo
Trióxido de cromo	Amarillo
Óxido de cobre	Verde azulado
Óxido de uranio	Verde amarillento fosforescente
Selenio elemental	Rosa
Sulfuro de cadmio coloidal	Amarillo

Tabla 2 Elementos que dan coloración al vidrio

✧ Textura

La superficie de los vidrios puede variar en cuestiones de brillo, esto depende del proceso de fundido en el que se haya quedado. Un vidrio completamente fundido presenta un brillo, porque el vidrio se nivela y aplana cuando se funde, formando una superficie extremadamente lisa, dicha homogeneidad es una muy buena característica del material pues lo hace más fácil de limpiar.

Cuando un vidrio no se funde completamente en el proceso de cocción o en su defecto su viscosidad es todavía alta, la superficie resulta ser rugosa y por lo tanto con tendencia a *mate*; el vidrio *mate* es a la vez opaco por el defecto en la aspereza de su superficie haciendo que no haya transparencia.

✧ Peso

El peso en los vidrios difiere de acuerdo a su composición de los vidrios típicos según su uso

✧ Maleabilidad

Los vidrios presentan maleabilidad cuando se encuentran en su etapa de fundición pues pueden ser moldeados y es la etapa de maleabilidad del vidrio, pues es donde se les da las formas deseadas ya sea por moldes o por cualquier otro método. Los principales métodos empleados para moldear el vidrio son el colado, el soplado, el prensado, el estirado y el laminado.

Las propiedades químicas, las cuales se observan cuando una sustancia sufre un cambio químico, es decir, una transformación de su estructura interna, convirtiéndose en otras sustancias nuevas. Dichos cambios químicos, pueden ser reversibles o irreversibles

Las propiedades mecánicas son aquellas las cuales están relacionadas con las fuerzas exteriores que se ejercen sobre ellos, se refieren a la capacidad de los mismos de resistir acciones de cargas: las cargas o fuerzas actúan momentáneamente, tienen carácter de choque. Cíclicas o de signo variable: las cargas varían por valor, por sentido o por ambos simultáneamente.

Las Propiedades térmicas son las que determinan el comportamiento de los materiales frente al aumento de temperatura, es decir, el comportamiento de éstos frente al calor

Las propiedades acústicas son las propiedades que estudian la producción, transmisión y percepción del sonido tanto en el intervalo de la audición humana, como en las frecuencias ultrasónicas e infra sónicas.

Las propiedades espectrofotométricas son aquellas propiedades que miden la cantidad de energía radiante que absorbe un sistema químico en función de la longitud de onda; es el método de análisis óptico más usado en las investigaciones bioquímicas y síntesis químicas. El espectrofotómetro es un instrumento que cuantifica la cantidad de energía absorbida o transmitida por una solución que contiene una cantidad desconocida de soluto, y una que contiene una cantidad conocida de la misma sustancia.

En la espectrofotometría se aprovecha la absorción de radiación electromagnética en la zona del ultravioleta y visible del espectro. La muestra absorbe parte de la radiación incidente en este espectro y promueve la transición del analito hacia un estado excitado, transmitiendo un haz de menor energía radiante. En esta técnica se mide la cantidad de luz absorbida como función de la longitud de onda utilizada. La absorción de las radiaciones ultravioletas, visibles e infrarrojas depende de la estructura de las moléculas, y es característica de cada sustancia química.

Algunas de estas propiedades serán objeto en los siguientes capítulos

3.1 DENSIDAD

Debido a los distintos tipos de vidrios que pueden ser fabricados, las densidades varían de acuerdo con la sustancia con la que sean complementados; normalmente un vidrio puede tener densidades relativas (con respecto al agua) de 2 a 8, lo cual significa que hay vidrios que pueden ser más ligeros que el aluminio y vidrios que puedan ser más pesados que el acero.

La densidad en un vidrio aumenta al incrementar la concentración de óxido de calcio y óxido de titanio. En cambio, si se eleva la cantidad de alúmina (Al₂O₃) o de magnesia (MgO) la densidad disminuye.

La expresión matemática de la densidad del vidrio es la siguiente;

$$\rho = \frac{m}{V} = 2.5 \frac{g}{cm^3} = 2500 \frac{Kg}{m^3}$$

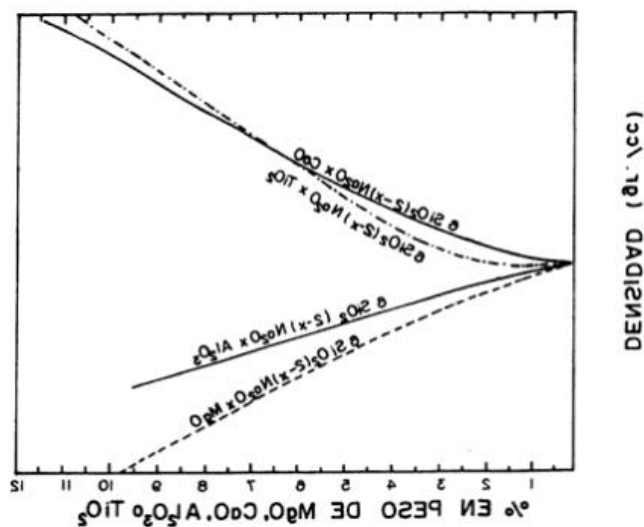
Lo cual indica que 1 m² de vidrio de 1 mm de espesor pesa 2.5kg

En la tabla 3 se muestra las densidades de diferentes materiales comparándolas con la del vidrio.

En la figura 11 se observa que en un vidrio la densidad aumenta al incrementar la concentración de óxido de calcio (CaO) y de titanio (TiO₂), mientras que cuando se eleva la cantidad de alúmina (Al₂O₃) o de magnesia (MgO) la densidad disminuye.

Tabla 3. Densidad de algunos materiales	
Material	Densidad g/cm ³
Hielo	0.92
Agua (4°C)	1.00
Magnesio	1.74
Vidrio	2.50
Aluminio	2.70
Acero	7.80
Bronce	8.60
Cobre	8.90
Plata	10.50
Plomo	11.30
Mercurio	13.60
Uranio	18.70
Oro	19.30
Platino	21.40

Fig. 11 Gráfica de aumentos y disminuciones de densidad de acuerdo con el incremento en porcentajes de sustancias componentes en el vidrio



3.2 RESISTENCIA A LA COMPRESION

La Resistencia a la compresión es relación que existe entre la carga máxima que puede soportar un material antes de fallar y el área de su sección trasversal sujeta a la carga que tiende a comprimirlo.

La expresión matemática de la resistencia del vidrio es la siguiente:

$$S = \frac{P}{A} = 10\,000 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2} = 1000 \text{ MPa}$$

S – Resistencia a la compresión
P – carga máxima aplicada
A - área

El vidrio tiene una resistencia muy alta

Esto significa que para romper un cubo de vidrio de 1cm por lado se necesita una carga aproximada de 10 toneladas como lo representa la Figura 12

En la tabla 4 se muestra la resistencia a la compresión de diferentes materiales comparada con las del vidrio.

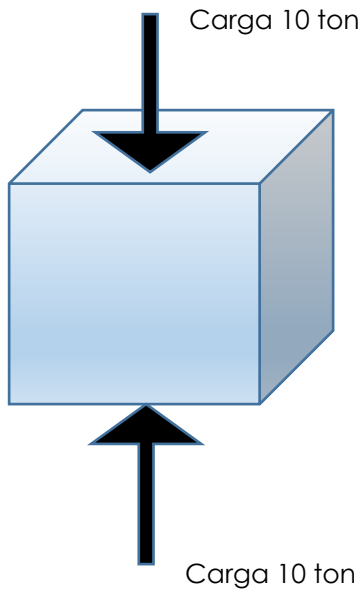


Fig. 12 Cubo de vidrio aplicando una carga

Tabla 4. Resistencia a la compresión de algunos materiales	
Material	Resistencia (MPa)
Acero	520
Vidrio	1000
Hueso (compresión)	270
Hormigón	17

3.3 RESISTENCIA A LA FLEXION

La Resistencia a la flexión se define como su capacidad para oponerse a la aplicación de una fuerza que le provoque un giro o doblez de su sección transversal.

El vidrio tiene poca resistencia a la flexión, sometido a una fuerza presenta en una de sus caras esfuerzos de compresión, y en la otra, esfuerzos de tensión (Ver fig. 13). La resistencia a la ruptura de flexión es casi de:

40 MPa para un vidrio recocido

120 a 200 MPa para un vidrio templado

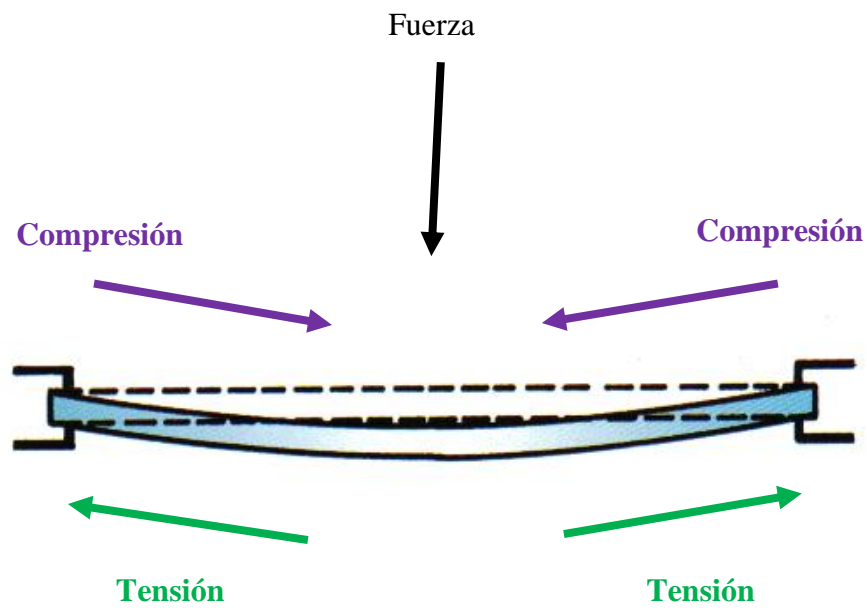


Fig. 13 Vidrio sometido a flexión

3.4 ELASTICIDAD (MODULO DE YOUNG)

Con ciertos esfuerzos el vidrio es un material elástico que no presenta deformaciones permanentes, sin embargo, el vidrio es un material frágil que, sometido a una flexión creciente, puede llegar a quebrarse sin ninguna señal previa.

Los parámetros utilizados para caracterizar la elasticidad de un material son el módulo de Young y el coeficiente de Poisson.

Módulo de Young

Es un parámetro que caracteriza el comportamiento de un material elástico, según la dirección en la que se aplica una fuerza.

Cuando un material se somete a una carga se generan esfuerzos que, a su vez, producen deformaciones. Para ciertos niveles de carga los esfuerzos son proporcionales a las deformaciones. En la tabla 5 se muestra el módulo de Young de diferentes materiales comparada con la del vidrio.

Matemáticamente el módulo de Young se expresa como:

$$E = \frac{F/A}{\Delta L/L}$$

E = es el módulo de Young

F = es la fuerza aplicada para producir el alargamiento

A = es el área

L = es la longitud del vidrio,

ΔL = aumento de longitud final menos inicial

Tabla 5. Módulo de Young de algunos materiales

Material	E (Pa)
PVC	0.29x10 ¹⁰
Madera	1x10 ¹⁰
Cuarzo	5.6x10 ¹⁰
Vidrio	7x10 ¹⁰
Aluminio	7x10 ¹⁰
Bronce	10x10 ¹⁰
Cobre	12x10 ¹⁰
Acero	22x10 ¹⁰

3.5 COEFICIENTE DE POISSON

El Coeficiente de Poisson (μ) es la relación entre la contracción unitaria en la dirección perpendicular al sentido del esfuerzo y el alargamiento unitario en la dirección del mismo. Los vidrios utilizados en la construcción tienen un valor de $\mu=0.2$.

En la tabla 6 se muestra el coeficiente de Poisson de diferentes materiales comparado con el del vidrio.

<i>Tabla 6. Coeficiente de Poisson de algunos materiales</i>	
Material	Coeficiente
Aluminio	0.16
Acero	0.19
Vidrio	0.22
Bronce	0.26
Hierro	0.27
Cobre	0.32
Níquel	0.36
Plomo	0.43

3.6 COEFICIENTE DE DILATACION LINEAL

La dilatación lineal es el aumento de longitud que experimenta al incrementar su temperatura un grado (Ver figura 14) y el coeficiente mide la magnitud del cambio de longitud, su coeficiente es representado en la siguiente expresión:

$$k = \frac{\Delta L}{L_0 \Delta t}$$

k = coeficiente de dilatación en °C
 ΔL = aumento de longitud final menos inicial
 L_0 = Longitud inicial
 Δt = temperatura final menos temperatura inicial en °C

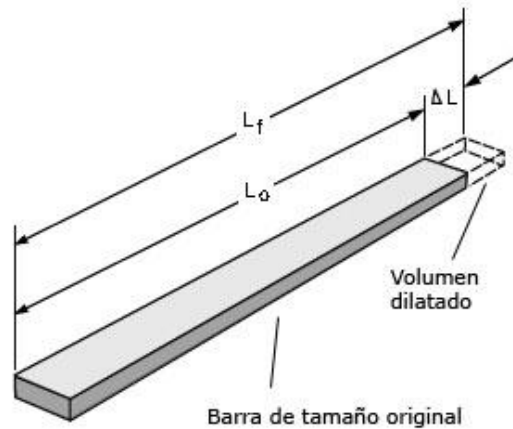
En la tabla 7 se muestra el coeficiente de dilatación de diferentes materiales comparada con la del vidrio.

El coeficiente de dilatación lineal del vidrio es 9×10^{-6}

Eso quiere decir que, si se incrementa 30°C la temperatura de un vidrio de 2m de largo, sufrirá un alargamiento de 0.54mm, este valor se obtiene despejando y sustituyendo los valores en la fórmula del coeficiente.

Tabla 7. Coeficiente de Dilatación lineal de algunos materiales	
Material	Coeficiente
Madera de pino	4×10^{-6}
Ladrillo	5×10^{-6}
Zinc	6.5×10^{-6}
Platino	8.9×10^{-6}
Vidrio	9×10^{-6}
Acero	12×10^{-6}
Cemento	14×10^{-6}
Cobre	16.6×10^{-6}
Bronce	18×10^{-6}
Aluminio	23×10^{-6}
Pvc	70×10^{-6}

Fig. 14 Dilatación lineal del vidrio



3.7 ESFUERZOS DE ORIGEN TERMICO

Puesto que el vidrio posee una débil conductividad térmica, su calentamiento o enfriamiento parcial supone ciertas limitaciones que pueden provocar roturas térmicas.

El ejemplo más frecuente es el choque térmico, el cual resulta de los cambios rápidos de la temperatura ambiente que producen gradientes térmicos en los miembros de las estructuras y que afectan a los bordes de un acristalamiento absorbente colocado en la ranura de la cancelería.

El acristalamiento es sometido a una intensa exposición solar, lo que provoca que los bordes se calienten más lento que la superficie del mismo.

Es importante considerar las condiciones térmicas a las que estará sujeto el vidrio colocado para tomar las precauciones que sean necesarias.

Un tratamiento térmico complementario (templado) permite al vidrio soportar diferencias de temperatura mayores que las que soporta un vidrio recocido.

En la siguiente tabla se resumen de propiedades físicas del vidrio

<i>Propiedades Físicas del vidrio</i>	
Densidad	2.5 g/cm ³
Resistencia a la compresión	1000 MPa
Resistencia a la flexión	40 Mpa
Módulo de Young	70x10 ¹⁰ Pa
Coefficiente de Poisson	0.22
Coefficiente de dilatación lineal	9 x 10 ⁻⁶

FABRICACION DE VIDRIO Y TIPOS NECESARIOS PARA LA CONSTRUCCION

El vidrio es un material muy noble que permite desempeñar muchas prestaciones más allá de las características intrínsecas como transparencia e impermeabilidad. Es importante conocer los procesos que pueden hacer esto posible para poder aprovechar al máximo sus bondades.

Los Tipos de vidrios para la industria de la construcción son muy variados, para fines de esta tesis se mencionarán los siguientes: Vidrio recocido, Vidrio Laminado, Vidrio templado, Vidrio doble y Vidrio low-e

En Europa los vidrios con valor agregado tienen más auge.

4.1 PROCESO DE FABRICACION DE VIDRIO FLOTADO (RECOCIDO)

El método actual para la fabricación es el llamado "float". El proceso de vidrio float fue inventado por Alastair Pilkington en 1952 y ha sido adoptado como el método universal de fabricación para vidrio de alta calidad

Se realiza de acuerdo con las siguientes etapas:

Componente vítreo

A la mezcla vitrificable (susceptible de convertirse en vidrio) se le agrega vidrio pulverizado para disminuir su temperatura de fusión. El transporte de la materia prima, peso, mezcla y horneado se realizan automáticamente. Después la mezcla se humifica para evitar la separación de los granos de distintos materiales y el desprendimiento de polvo.

Horno de fusión

Se distinguen tres fases esenciales:

- ✧ La fusión, en la cual las materias primas se funden a temperaturas cercanas a las 1 550 °C como se muestra en la figura 15.
- ✧ El afinado, durante el cual el vidrio se homogeneiza y limpia de burbujas de aire
- ✧ El acondicionamiento térmico, en donde el vidrio poco viscoso se enfría hasta que su viscosidad corresponda a las exigencias del proceso en el cual se le dará forma.

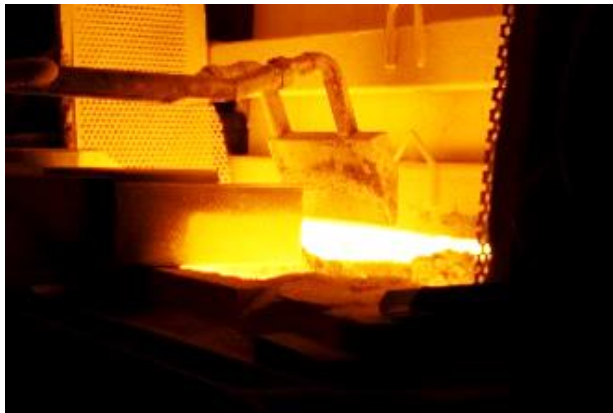


Fig. 15 Fundición de Materias Primas

Baño de estaño

El vidrio líquido se vierte sobre estaño fundido aproximadamente a 1 000 °C. El vidrio, menos denso que el estaño, "flota" sobre éste y forma un listón con un espesor natural de 6 a 7 mm. La superficie del estaño pule una de las caras del vidrio y el fuego la otra, sin necesidad de ser sometida a una operación posterior de desbaste y pulido

Horno recocido

Al salir del baño de estaño, el listón de vidrio, que ya se endureció, pasa por un túnel de enfriamiento (Ver Fig. 16) donde la temperatura del vidrio baja de 620 a 250 °C. Luego se somete a un enfriamiento lento a temperatura ambiente, este enfriamiento controlado es clave, lo cual permite que el vidrio pierda los defectos internos que podrían provocar su rotura durante el cortado, y además a un control de verificación final con rayos láser que garantiza la calidad del vidrio.

Cortado

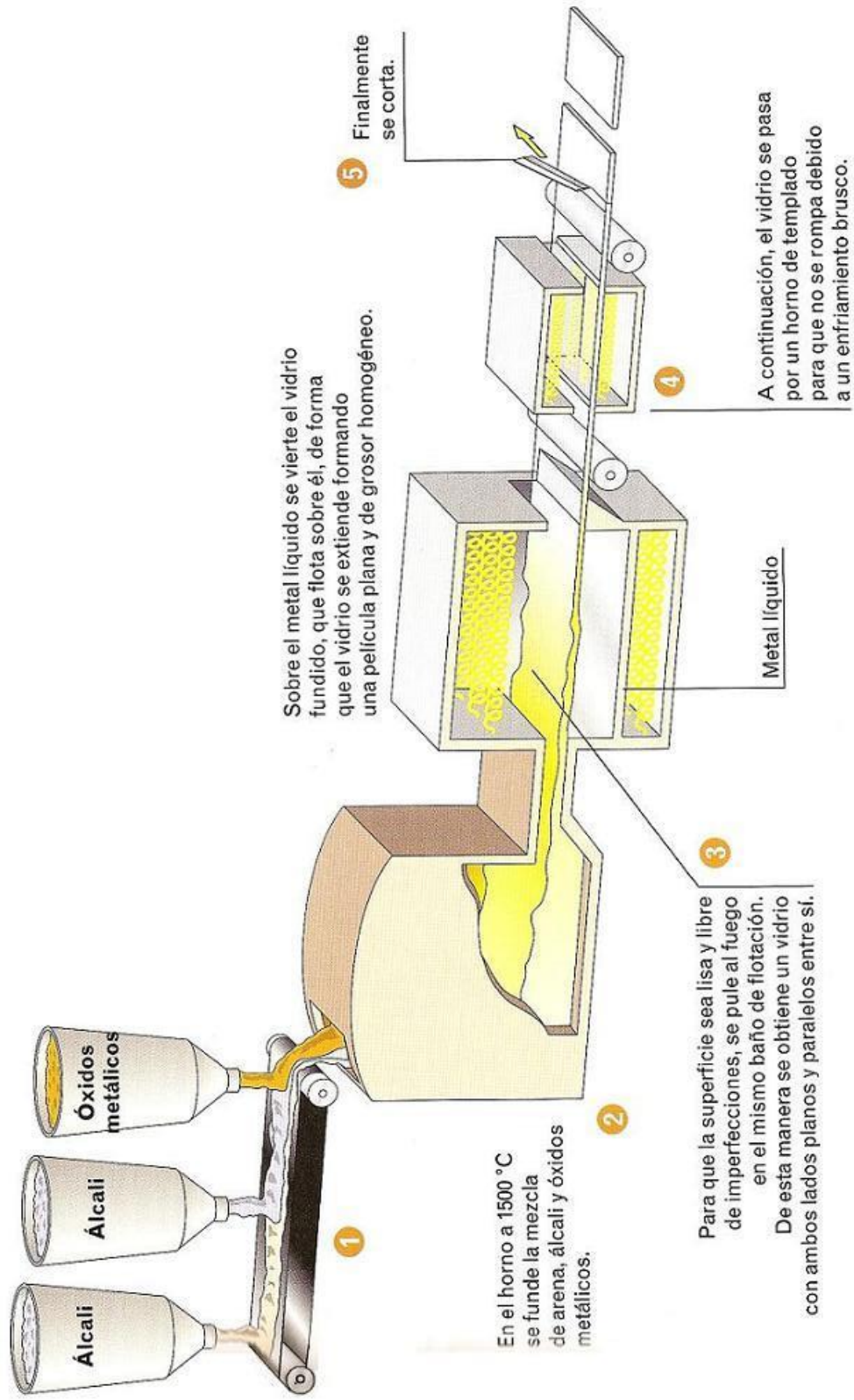
Finalmente, el listón de vidrio, que hasta este momento había permanecido entero, se corta de manera automática en hoja de diversas medidas.



Fig. 16 Túnel de enfriamiento

El Diagrama 1 nos esquematiza el proceso de fabricación del vidrio flotado en todas sus etapas

Diagrama 1. Proceso de fabricación de vidrio flotado



Esquema de fabricación de vidrio flotado.

4.2 VIDRIO LAMINADO

El vidrio laminado se compone de dos o más vidrios monolíticos (ya sea recocido o templado) unidos entre sí mediante láminas plásticas de Poly Vinil Butiral (PVB) aplicadas a presión y calor, que poseen muy buena adherencia, transparencia, resistencia y elasticidad, esta configuración hace que el vidrio tenga más características.

El PVB es un material flexible (Ver Fig.18) y se pega a una temperatura de aproximadamente 20°C, es por ello que se mantiene a una temperatura de 10°C. A fin de evitar el riesgo de pegado las hojas de PVB se separan entre ellas por una hoja de polietileno. Las hojas de PVB son habitualmente transparentes, pero existen los PVB de color (gris, bronce, verde, azul,...) y también el mate.

Proceso de Fabricación del vidrio laminado:

- ✧ El ensamblaje se produce a la salida de la lavadora.
- ✧ La hoja de PVB se coloca sobre el vidrio, acto seguido la segunda hoja de vidrio, sujeta por medio de una ventosa se coloca sobre el PVB,
- ✧ El conjunto es conducido a un horno de precalentamiento.
- ✧ Con esta operación se trata de eliminar el aire existente entre el vidrio y el PVB.
- ✧ Las unidades se calientan hasta una temperatura aproximada de 70°C.
- ✧ La eliminación del aire se produce por medio de la destrucción parcial de la superficie del film. Los cantos son enseguida cerrados a fin de impedir la posible entrada de aire durante la operación final de la autoclave
- ✧ El vidrio es conducido a una autoclave (Ver fig. 17), en el interior del cual la presión es de 12 a 14 kg/cm² con una temperatura entre 135°C y 150°C.

Se trata de conseguir una flexibilidad suficiente del PVB para crear una adhesión perfecta entre los vidrios. Los tiempos de los ciclos están en función del espesor de las unidades. Es lógico que un envidriado con mayor espesor necesita un tiempo netamente más largo para esperar que la temperatura necesaria llegue al interior de la unidad y además permitir un enfriamiento correcto y completo al final del ciclo. De todas maneras, la duración de esta operación está entre las 10 y 12 horas.

La lámina de butiral absorbe las radiaciones ultravioletas y ofrece ventajas acústicas pues atenúa el fenómeno de resonancia. Ver fig.18

Una de las características más relevantes de este tipo de vidrio es su alta resistencia al impacto y la penetración, motivo por el cual se lo utiliza para protección de personas y bienes.

Esto significa que, ante un impacto sobre el vidrio laminado, la película de PVB absorberá la energía del choque al mismo tiempo que mantiene su adherencia al vidrio. Así los trozos de vidrio no se desprenden y el conjunto se mantiene en el marco, reduciendo así los riesgos de daños en caso de accidentes.

Aunque el PVB es un material opaco en su estado natural, luego del proceso de autoclave (esterilización por vapor y presión) es transparente, de modo tal que no se ven afectadas las propiedades de transmisión lumínica del vidrio.

El espesor de PVB standard es 0.38 mm, pero para aplicaciones especiales de seguridad o de control acústico se utilizan espesores de 0.76 mm, 1.14 mm y 1.52 mm.



Fig 17. Autoclave. Aparato para esterilizar por vapor que consiste en un recipiente cilíndrico, de paredes resistentes, metálicas, y con cierre hermético autoclave, en cuyo interior, que contiene un líquido, generalmente agua, el objeto se somete a presiones y temperaturas elevadas sin llegar a hervir

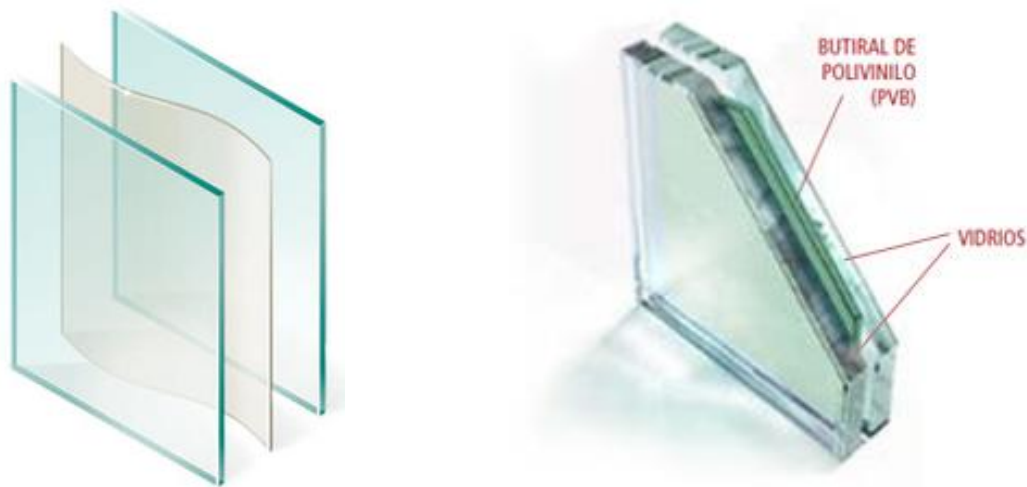


Fig. 18 Vidrios laminados con PVB

4.3 VIDRIO TEMPLADO

El proceso de templado se realiza calentando los vidrios a una temperatura un poco más baja que la de ablandamiento y luego se enfrían bruscamente mediante chorros de aire frío por su superficie.

Esto hace que la placa de vidrio quede sometida a fuerzas externas de compresión mientras que internamente aparecen fuerzas de tracción. El templado otorga al vidrio mayor resistencia mecánica y de seguridad pues si llega a la rotura, se parte fragmentándose en pequeños trozos sin astillarse.

Después de haber sido templadas, no es posible realizar ningún tipo de corte.

Para fabricar vidrio templado térmicamente, el vidrio flotado se calienta gradualmente hasta una temperatura de reblandecimiento de entre 575 y 635 °C para después enfriarlo muy rápidamente con aire (Ver Fig. 22) De esta manera se consigue que el vidrio quede expuesto en su superficie a esfuerzos de compresión y en el interior esfuerzos de tensión, confiriéndole mayor resistencia estructural al impacto 5 a 7 veces más que un vidrio sin tratar, teniendo la ventaja adicional de que en caso de rotura se fragmenta en pequeños trozos inofensivos en forma cubica (Ver Fig. 23), por lo cual se le considera uno de los tipos de vidrio de seguridad. Todas las manufacturas, ya sean cortes de dimensiones, canteados o taladros deberán ser realizadas previamente al templado. De realizarse posteriormente, se provocaría la rotura del vidrio.

Los procesos que deben realizarse antes del proceso del templado son:

- ✧ Canto pulido que pueden ser muy variados (Ver Fig. 19)
- ✧ Barrenos (Ver Fig. 20)
- ✧ Saques (Ver Fig. 21)
- ✧ Avellanados
- ✧ Chaflán
- ✧ Bisel
- ✧ Esmerilado (completo y cenefas)
- ✧ Grabados (bajo y alto relieve)

El vidrio cuando es templado, aparte de lo comentado anteriormente, adquiere otras propiedades importantes. La resistencia a la flexión del vidrio recocido al templarlo aumenta desde 40 Mpa hasta 120–200 Mpa, lo que equivale de 4 a 5 veces la resistencia de un vidrio normal. La resistencia al choque térmico (diferencia de temperatura entre una cara y otra de un paño que produce la rotura de éste) pasa de 60 °C a 240 °C, por lo que es recomendado en puertas de hornos de cocina y lámparas a la intemperie.

Fig 19 Diferentes tipos de cantos

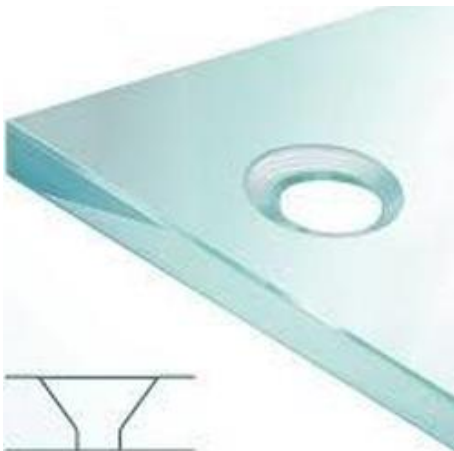
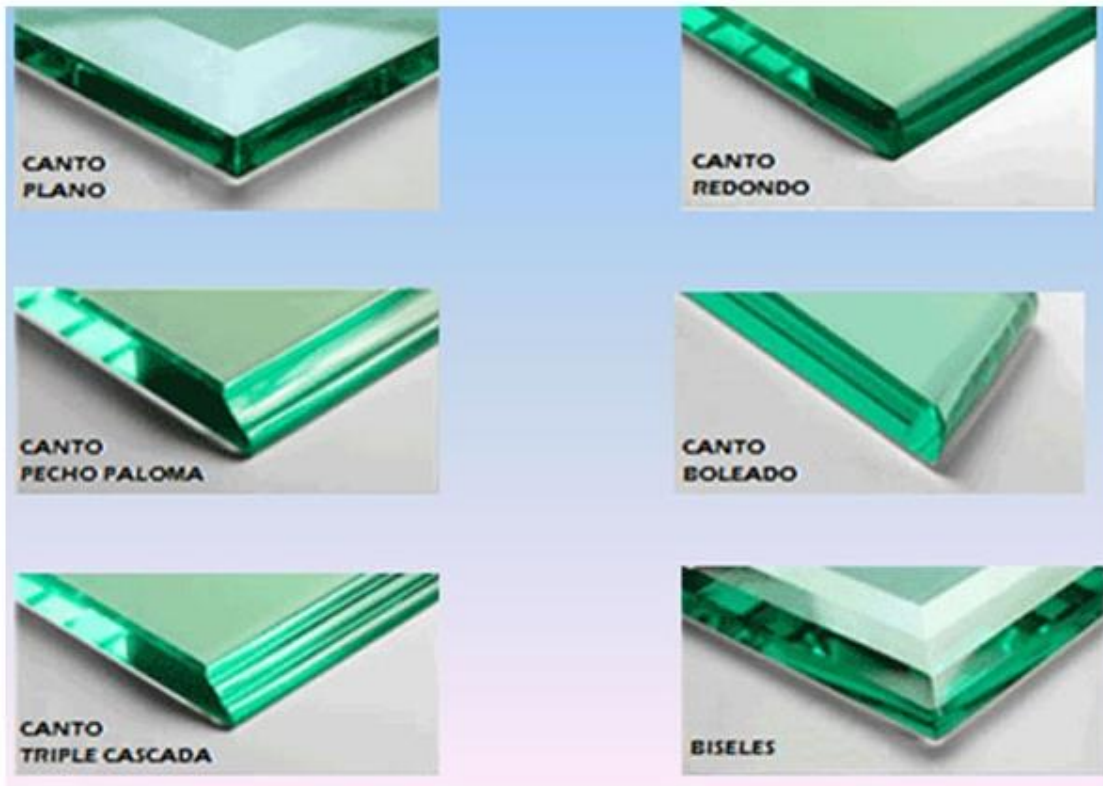


Fig. 20 Barreno



Fig. 21 Saques



Fig. 22 Horno de templado



Fig. 23 Rotura de vidrio templado

4.4 VIDRIO DOBLE O INSULADO

El doble acristalamiento es un sistema compuesto por dos o más vidrios separados entre sí por un perfil metálico perimetral formado por cámaras de aire deshidratado cuyo espesor puede ser más comúnmente de 6, 9 o 12mm, (Ver Fig. 24) lo que resulta un eficaz aislamiento, proporcionando confort térmico pues elimina el efecto pared fría en zonas cercanas al vidrio, tiene la gran ventaja de no condensar, lo que ofrece mejor estética y fácil mantenimiento.

La separación entre vidrios se define por un perfil metálico entre ellas también puede ser de goma de butilo y los mejores son de espuma de silicón, en cuyo interior se introduce un producto desecante y se asegura la estanqueidad con doble sellado perimetral; el primero a base de butilo y el segundo con un polisulfuro.

El sistema de doble acristalamiento es una solución eficaz porque reduce el flujo de energía lumínica, térmica y sonora al atravesar el acristalamiento, así disminuye los coeficientes de transmisión energética y de ruidos.

El doble acristalamiento tiene las siguientes aplicaciones:

Ofrece iluminación y visibilidad con confort.

Permite resolver acristalamientos con mejores condiciones térmicas, acústicas y ahorro energético.

Posee control solar, regulando los aportes energéticos excesivos sin renunciar al aislamiento térmico en épocas invernales o de menor asoleamiento, siendo posible el uso de vidrios de baja emisividad.

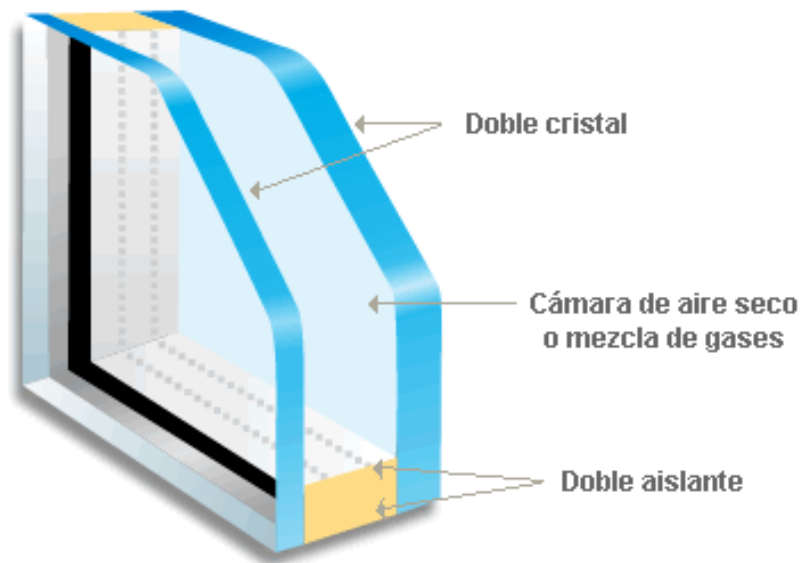
Disminuye las consecuencias en accidentes domésticos por el empleo de vidrios de seguridad.

La reducción de los flujos de calor que proporciona el acristalamiento doble respecto de un acristalamiento simple es debida a la resistencia térmica del aire seco y en reposo encerrado en su cámara. El calor siempre tiende a pasar por conducción a través del acristalamiento desde la zona caliente a la zona fría. (Ver Fig. 26)

En un edificio o terraza con frentes acristalados sencillos se producen pérdidas de energía de no menos de un 20% a través de la superficie de las ventanas. El doble acristalamiento disminuye dicha pérdida a menos de la mitad, con el consiguiente ahorro de gas o electricidad, por tanto, ya sea invierno o verano, el doble acristalamiento proporciona un interesante ahorro en el consumo de energía hasta de un 70%, y en el tamaño y rendimiento de las correspondientes instalaciones.

Al tratarse de una combinación de dos o más vidrios unidos entre sí por un perfil intercalado, las posibilidades de utilización de distintos tipos de vidrio son infinitas. Desde la combinación más clásica de dos vidrios monolíticos de 6mm con una cámara de 6mm hasta combinaciones de vidrios templados, laminados, decorativos, de control solar, de baja emisividad, mateados, entre otros; en diferentes espesores, colores y diseños.

Fig.24 Vidrio doble



También conocido como vidrio insulado, doble vidrio, doble acristalamiento o vidrio cámara. Es un arreglo en el que al menos dos láminas de vidrio se unen por un separador perimetral dejando una cámara de aire o gas en el interior que le brinda propiedades aislantes térmicas y acústicas.

La cámara de aire que queda aislada al exterior entre los vidrios debe contar con un separador con desecante para que permanezca seca durante su tiempo de vida. (Ver Fig. 25)

Uno de los vidrios puede tener un recubrimiento en una de sus caras para reflejar el calor y los rayos ultravioleta, pero dejando pasar una buena cantidad de luz. Este recubrimiento o capa puede hacer que el vidrio se vea más reflectivo o que tenga propiedades de baja emisividad dependiendo de la eficiencia deseada, tema que se tratara en el siguiente capítulo

Un vidrio aislante debe tener elementos que cumplan con estrictos requisitos: La calidad de estos vidrios debe ser visual y operativa

- ✧ Visualmente se debe cuidar que ambos vidrios se encuentren muy limpios en el interior, sin rayas ni manchas muy evidentes, un vidrio de calidad internacional debe estar certificado por organismos internacionales como la IGCC para asegurar que su desempeño es el adecuado.
- ✧ Operativamente tiene que asegurar muchos años de vida por lo que debemos cuidar que los materiales y procesos de producción sean los óptimos para prevenir cualquier problema en su funcionamiento.

Fig. 25 Vidrio doble con separador desecante No.4

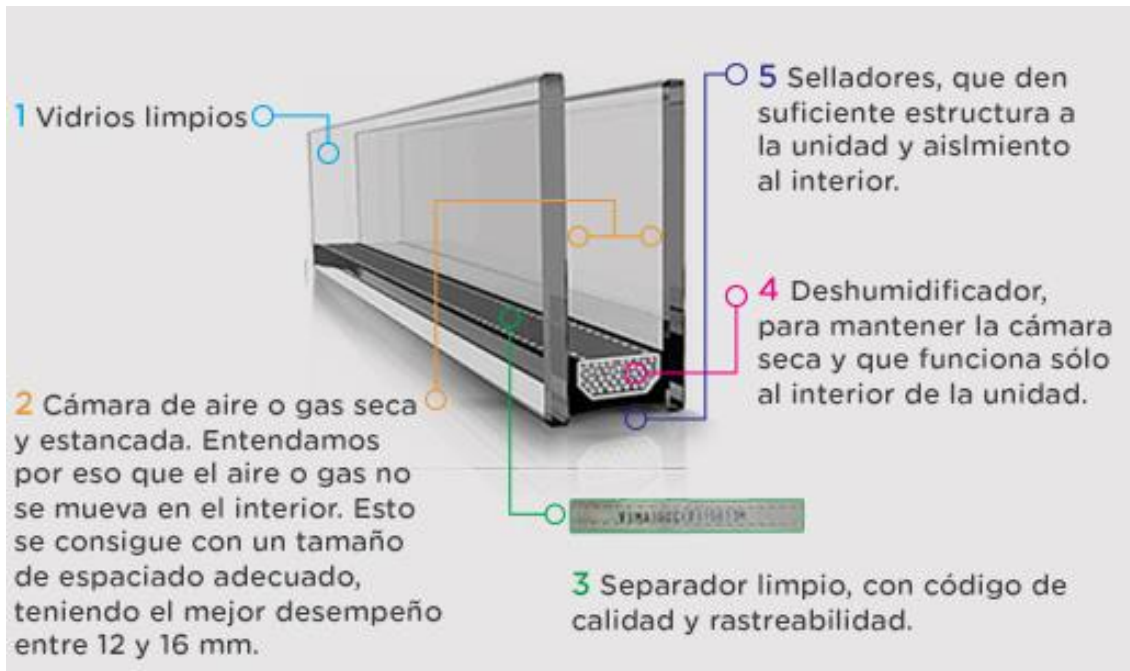
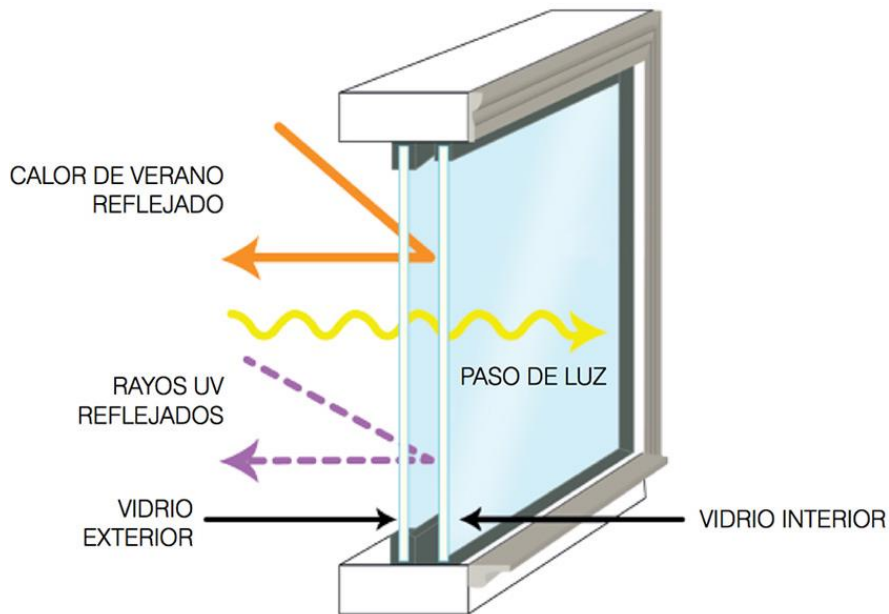


Fig. 26 Comportamiento de los rayos en un vidrio doble



En estos vidrios también se puede usar Gas argón en la cámara, El gas argón es un gas noble, es muy común y es más pesado que el aire normal. Cuando llenamos la cámara interior del doble vidrio con gas argón, se tienen dos ventajas principales:

Se reduce el coeficiente de transmisión térmica. Es decir, el calor tarda más tiempo en pasar del exterior al interior y viceversa.

Se alarga la vida de la unidad. Al no tener nada de humedad relativa, el desecante y la unidad tienen una vida más larga.

Existe la idea de que poner gas en las unidades aislantes no funciona porque al final se terminará saliendo y siendo reemplazado por aire normal. Esto es cierto, entre 1 y 2% del gas se irá saliendo anualmente por lo que la unidad tendrá argón entre 50 y 100 años. El argón sigue siendo la opción más barata para reducir la transmisión térmica (U) entre un 10 y 20%.

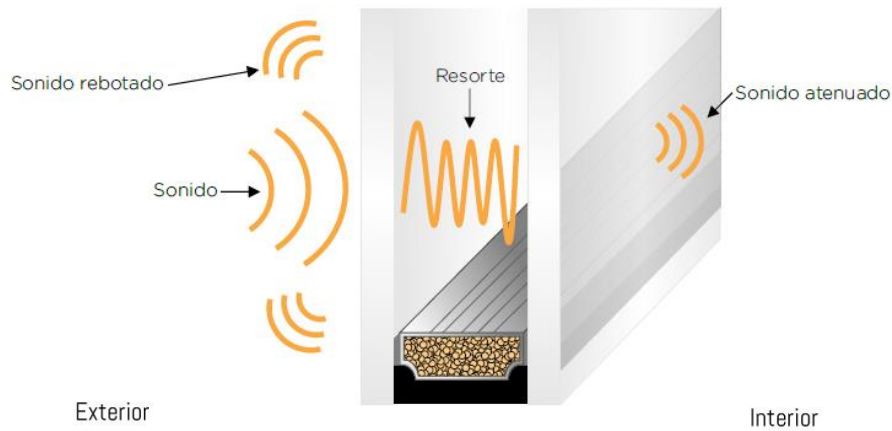
Propiedades Acústicas del doble vidrio

Aproximadamente el 80% de los ruidos en las casas y edificios se da por filtraciones en puertas y ventanas, dados los materiales y la instalación de los mismos. Éste problema se ha comprendido en otros países a tal grado que las normas de construcción obligan a que todas las edificaciones nuevas y remodelaciones, deben usar materiales aislantes, entre ellos el vidrio aislante. No todos los ruidos son iguales, el sonido posee frecuencias, intensidad y amplitud de ondas distintas de acuerdo a la fuente sonora que lo emite y el medio por el que se transmite. Por tanto la composición de un vidrio aislante de ruido puede variar en función del tipo de ruido que se pretenda atenuar.

Comúnmente el sonido se desplaza en el aire por medio de ondas (vibraciones) que al chocar con una superficie son atenuadas o rebotadas. El vidrio aislante no es la excepción. Una parte del sonido choca con la primera lámina de vidrio y es rebotada, otra parte vibra en el vidrio, se absorbe por la masa del vidrio y produce un efecto de resorte que lo impulsa por la cámara de aire o gas, en la que dependiendo de las vibraciones, viajarán a menor o mayor velocidad y perderán intensidad.

Luego ese resorte de sonido llegará a la segunda lámina con menor intensidad y chocará con la superficie causando el mismo efecto de rebote en una parte de las vibraciones y una parte es absorbida, así finalmente el ruido que logra pasar llegará atenuado, como lo indica la figura 27

FIG. 27 Comportamiento del sonido en un vidrio doble



Sin embargo, como comentamos anteriormente, no todos los sonidos son iguales, por lo que hay que tomar diversas consideraciones. Existe un efecto llamado "De coincidencia" en donde la masa de todos los materiales al vibrar, ceden a las ondas incidentes y las dejan pasar.

Un vidrio aislante es ideal ya que se pueden variar los espesores de los vidrios, por lo que se tendrán coincidencias distintas y se atenuarán mayor cantidad de ruidos, Igualmente se pueden integrar unidades con laminado acústico que aumentará su efectividad. Es importante destacar que el ruido no se mide de manera aritmética, sino exponencial, lo cual quiere decir que para percibir el doble de ruido no es necesario tener el doble de decibeles, 10 decibeles son suficientes para aumentar al doble la intensidad.

Para conseguir un mayor aislamiento acústico al doble acristalamiento se le sustituye uno de sus vidrios por un vidrio laminado de seguridad. El vidrio laminado deberá situarse hacia el interior.

Se fabrica con doble y triple acristalamiento. (Ver Fig. 28 y 29) Puede fabricarse con mayor número de cámaras, según el grado de aislamiento y el destino.



Fig. 28 Vidrio insulado con un laminado y monolítico

Fig. 29 vidrio insulado con triple laminado y monolítico



La mejor manera de saber la solución adecuada para un lugar determinado es mediante un estudio acústico y de filtración de sonido. Sin embargo, existen medidas preventivas que se pueden tomar para asegurar un aislamiento acústico adecuado en una construcción desde el principio o como parte de una remodelación.

Las paredes, techos, pisos y ventanas son el perímetro de las casas y deben brindar un aislamiento adecuado. De estos, las ventanas son las que cuentan con una densidad menor y por tanto es el elemento al que debemos poner mayor atención.

En la composición de la ventana es tan importante el marco como el cerramiento, el acristalamiento y el material del marco. El cerramiento debe ser hermético para que no deje pasar filtraciones de sonido. El marco debe ser de un material denso y contar con distintas cámaras que ayuden a reducir el paso de las ondas sonoras

4.5 VIDRIO LOW-E

El vidrio Low e llamado así por sus siglas en inglés (Low Emissivity / Baja Emisividad).

Low e, es la forma práctica para indicar que un vidrio es de Baja Emisividad o que permite poca radiación

El vidrio low e tiene una capa muy delgada de dióxido de plata que es el de todos los metales el de más baja emisividad, también tiene otros metales por la cara de adentro de tal manera que no tienes contacto con ella, esta funciona dejando entrar la luz solar (luz visible) y repele ciertas longitudes de onda como la de los rayos UV o infrarrojos. Cuando estos rayos entran, lo que hacen es calentar lo que esté en el área y cuando esto pasa, el aire se calienta, subiendo la temperatura de la habitación. El Low E evita que esto pase y mantiene la casa más fresca.

Existen más de 300 combinaciones de low e de diferentes fábricas del mundo que se pueden usar para lograr la estética y el desempeño adecuado de cada proyecto.

Los denominados vidrios Low-E son productos de control solar que permiten, gracias a su transparencia, el paso de un amplio porcentaje de luz natural al mismo tiempo que proporcionan un importante ahorro en el consumo de energía eléctrica. Se producen exponiendo el vidrio a un bombardeo de átomos magnéticos de Plata, capas protectoras y endurecedores.

Este tipo de vidrios bloquean la entrada de los rayos ultravioletas protegiendo del envejecimiento y la decoloración los muebles, cortinas, alfombras, pintura y otros acabados.

Para hacer eficiente su uso es indispensable instalarlos en unidades de doble acristalamiento.

Existen dos tipos de vidrios low-e: los de capa dura (pirolíticos) y capa suave. La diferencia entre estos dos tipos radica en su proceso de fabricación que hace que el de capa suave sea de mayor eficiencia.

El Vidrio Low e capa dura (pirolítico), Es un vidrio que permite el paso de la luz visible y las ondas de calor a los espacios. Sirven para ser usados en lugares o regiones frías, pues una vez que el calor ha entrado no lo dejan salir. (Ver figura 30)

El vidrio low e de capa suave, el cual refleja todas las ondas de calor, por lo que funciona para lugares con calor o frío, de este tipo de Low existe una mayor variedad de capas, colores y desempeños. (Ver Figura 31), los low e con capa suave no deben tener sus caras expuestas a la intemperie ya que pueden degradarse con las inclemencias del tiempo o limpieza del vidrio al grado de oxidarse, por lo cual la cara tratada debe estar dentro de la cámara.

La cara en la cual debe colocarse el vidrio low e depende de su capa y del clima, como se observa en la figura 32 y 33.

Fig. 30 comportamiento de los rayos en un low e capa dura

PIROLÍTICO

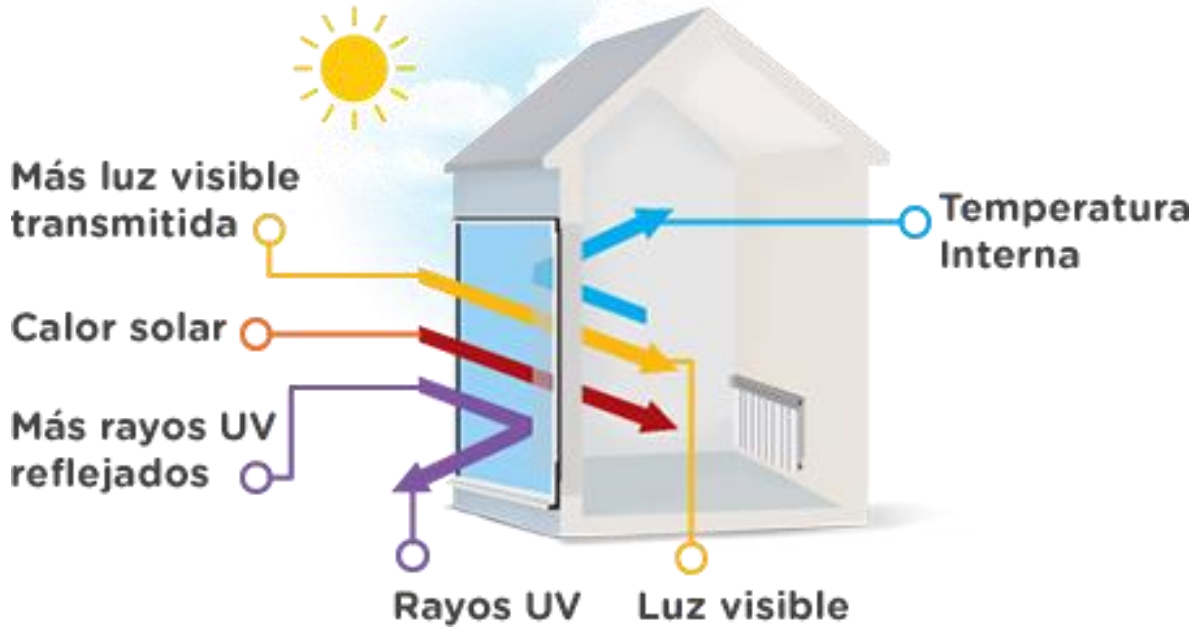
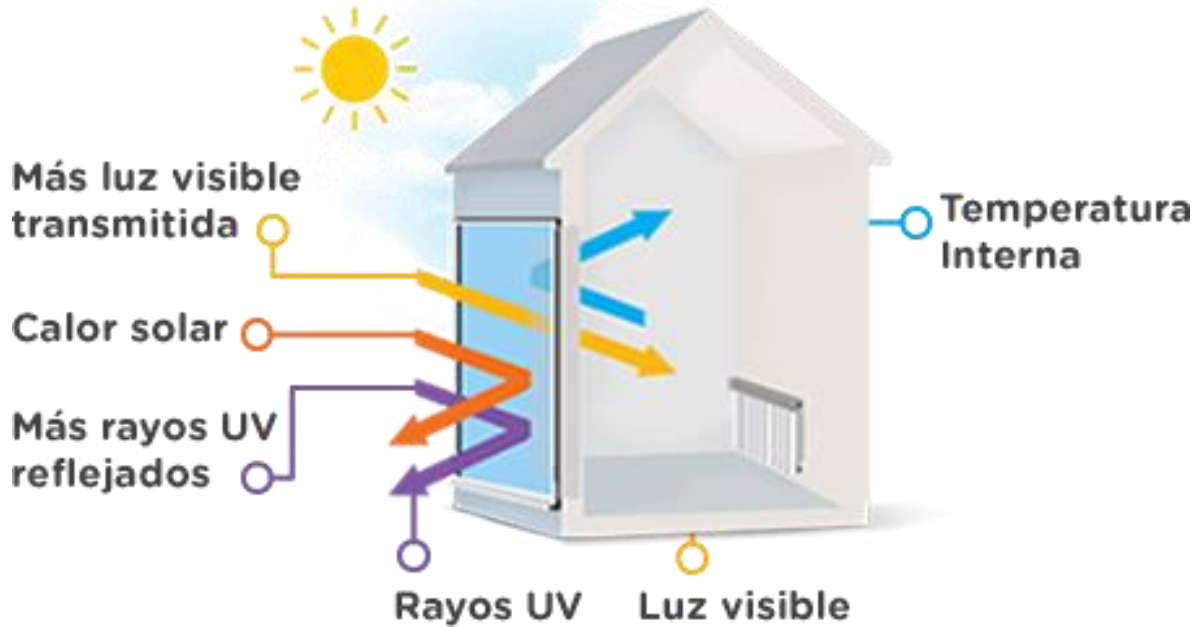


Fig. 31 Comportamiento de los rayos en un vidrio low e capa suave

CAPA SUAVE



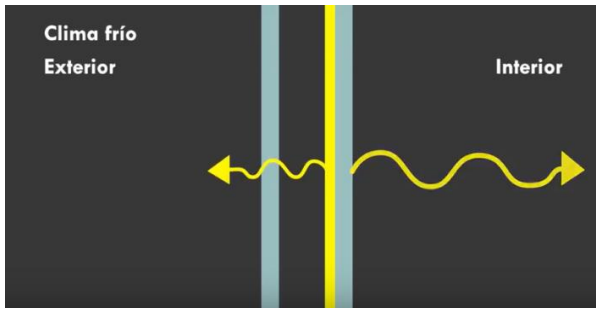
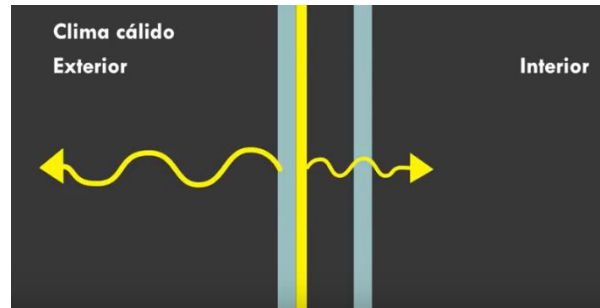


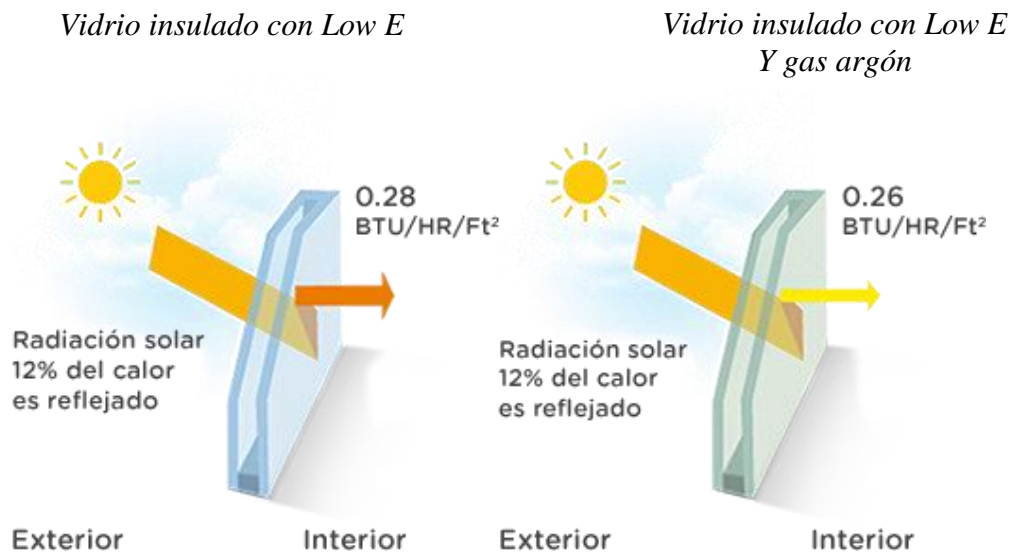
Fig. 32
 En climas fríos el Vidrio low e debe ir en cara 3, ya que el vidrio interior tiene dificultades para emitir calor hacia la cámara de aire y devuelve una parte del calor hacia el interior

Fig. 33
 En clima cálido el Vidrio low e debe ir en cara 2, para que el calor acumulado en la cara exterior no pase al interior



Una vez conociendo los diferentes tipos de vidrio podemos observar como la mejor configuración respecto a ahorro energético se muestra en la figura 34 se puede apreciar la eficiencia del vidrio insulado combinado con low e, donde además de utilizar gas argón, nos da una eficiencia del 7%

Fig. 34 Eficiencia de vidrio insulado con low e y gas argón



PROPIEDADES ESPECTROFOTOMETRICAS

La espectrofotometría es la medición de la cantidad de energía radiante que absorbe o transmite un sistema químico en función de la longitud de onda; es el método de análisis óptico más usado en las investigaciones químicas y bioquímicas. El espectrofotómetro es un instrumento que mide la cantidad de intensidad de luz absorbida después de pasar a través de una solución muestra.

Las propiedades espectrofotométricas es el conjunto de valores de Transmisión, Reflexión y Absorción, energéticos y luminosos, de las radiaciones solares a través de un acristalamiento

El calor se transmite a través de un vidrio de tres formas (Ver Fig. 35)

- ✧ Por su condición de sólido transmite el calor por conducción.
 - ✧ Por transferir calor entre la superficie de un sólido y un fluido líquido o gaseoso por convección
- En ambos casos intervienen fenómenos de convección superficial.
- ✧ Por su característica transparente e intercambio entre dos cuerpos que se encuentran a temperaturas diferentes, transmite el calor por radiación.

Fig. 35 Formas en que se transmite el calor



El proceso de transmisión de calor, siempre se produce desde un espacio o cuerpo más caliente hacia uno menos caliente. Evitar el ingreso excesivo de calor en verano e impedir que el calor procedente de los sistemas de calefacción escape hacia el exterior durante el invierno, son aspectos de importancia durante la elección de vidrios para una edificación. La razón por la que dichos factores son tenidos en cuenta es porque inciden en el confort térmico interior y porque determinarán el consumo permanente de energía de una construcción durante su vida útil.

Por lo cual se consideran importantes en este ámbito las siguientes propiedades

5.1 FACTOR SOLAR (FS)

El factor solar "g" de un vidrio es la relación entre la energía solar (energía total) que atraviesa dicho vidrio y la energía solar incidente sobre esa misma superficie. Esta energía total es la suma de la energía solar que entra por transmisión directa y de la energía cedida por el vidrio al medio ambiente interior después de su calentamiento por absorción energética. (Ver Fig. 36)

El factor solar se representa con la siguiente expresión:

$$\% \text{ Factor solar} = \frac{\text{energía solar que atraviesa un vidrio}}{\text{energía solar que incide en el vidrio}}$$

La expresión "este vidrio posee un factor solar del 40%" significa que únicamente deja pasar el 40% de la energía solar. Por eso, cuanto menor es el porcentaje de factor solar de un vidrio, mayor es la capacidad del vidrio de evitar el ingreso de energía solar.

Algunos valores de FS:

FS vidrio de 6mm incoloro = 0.82 FS

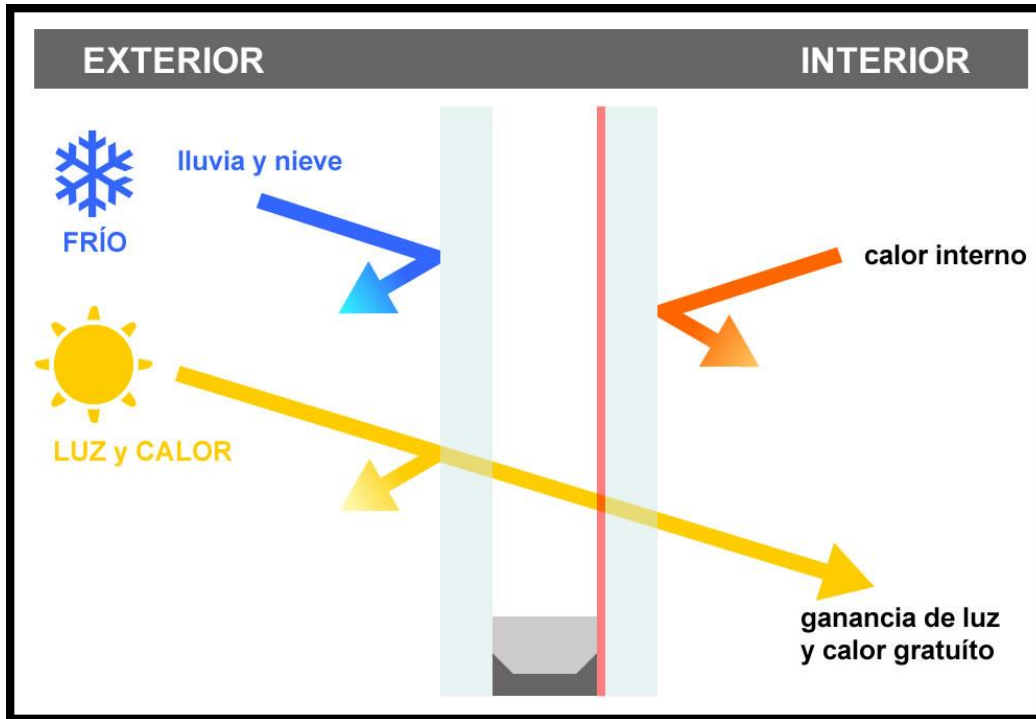
Reflectivo Eclipse Evergreen 6 mm #2 = 0.59

Vidrio insulado formado con un vidrio low e y un vidrio incoloro disminuye el FS entre el 20 y el 25%, respecto al FS del vidrio de control solar sólo. Ver Figura 37

Fig. 36 Factor solar en vidrios



Fig. 37 Factor solar en vidrio insulado con un vidrio recocido y un low e



Un bajo factor solar permite:

- Reducir el recalentamiento excesivo y con ello las cargas de refrigeración.
- Como consecuencia reduce el gasto en aire acondicionado.
- Dimensionar los equipos de climatización ajustados a unas menores necesidades, reduciendo así su costo.
- Contribuye a la conservación del medio ambiente, al reducir el consumo de energía y de emisiones de CO₂ asociadas.

5.2 TRANSMISION TERMICA (U)

La Transmisión térmica U con unidades (W/m²K) de un vidrio, Es la ganancia o pérdida de calor a través del vidrio por la diferencia de temperaturas entre el exterior y el interior, Por lo tanto, es lo contrario a la resistencia térmica.

La transmisión térmica se representa con la siguiente expresión:

$$U = \frac{W}{S * K}$$

U = transmisión en watt por metro cuadrado y kelvin.

W = potencia en watt.

S = superficie en metros cuadrados.

K = diferencia de temperaturas en kelvin.

R = resistencia térmica

$$U = \frac{1}{R}$$

La transmisión térmica sirve para calcular las necesidades de potencia del equipamiento energético (calefacción o aire acondicionado) de una habitación.

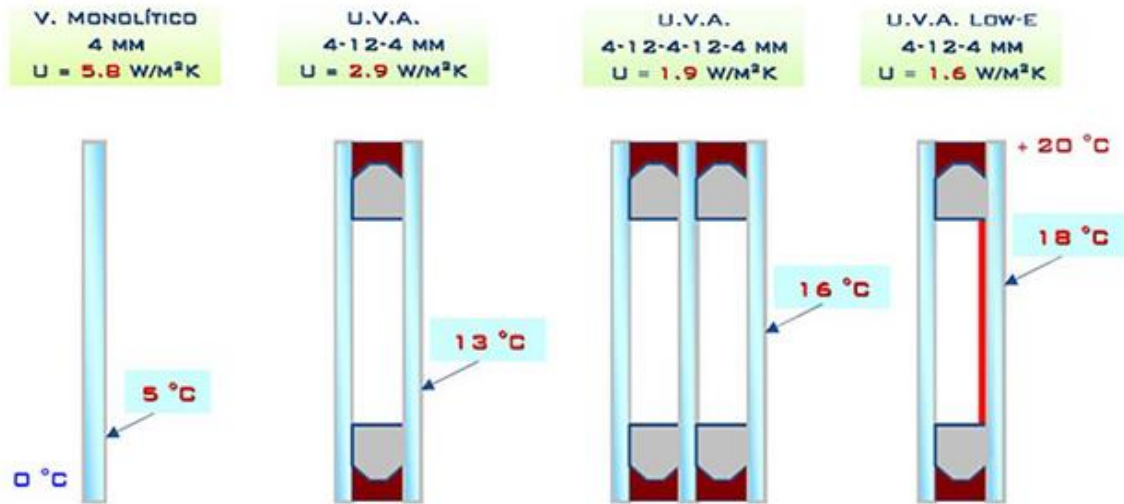
Cuanto menor sea el valor-U menor será el paso de energía entre ambas caras y por tanto la capacidad aislante del vidrio será mejor. Ver Figura 38

Fig. 38 Transmision termica en vidrios



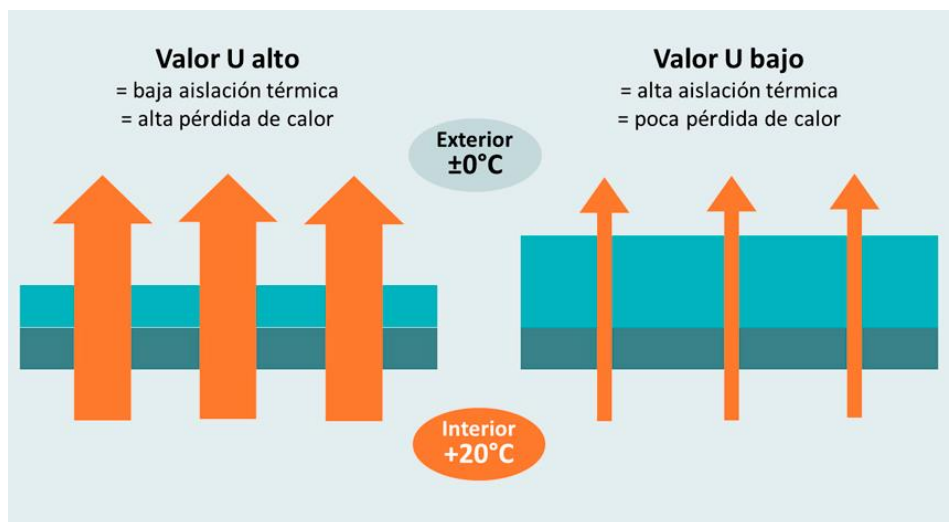
Este coeficiente varía según el tipo de vidrio como se muestra en la figura 39

Figura 39 Valor U en diferentes vidrios (monolítico, doble, triple y vidrio low e. Cuanto menor sea el valor U, más aislante será el vidrio



Este coeficiente representa la corriente de calor que atraviesa 1 m² de pared para una diferencia de temperatura de 1° entre el exterior e interior de un edificio, este valor es inversamente proporcional a la pérdida de calor. Ver figura 40

Fig 40 Pérdida de calor inversa al valor U



5.3 COEFICIENTE DE SOMBRA (CS)

El coeficiente de sombra de un vidrio es la relación entre el calor de la radiación solar que se gana a través de un vidrio específico, en comparación el calor de radiación solar que se gana a través de un vidrio incoloro de 3mm de espesor, el vidrio de referencia en un vidrio simple, flotado, incoloro, bajo idénticas condiciones es 0.87

El coeficiente de sombra se representa con la siguiente expresión:

$$CS = \frac{FS_{\text{vidrio}}}{FS_{\text{vidrio inc 3mm}}}$$

A mayor valor de CS mayor será la ganancia de calor por radiación; a menor valor de CS, menor será el ingreso de calor por radiación a través del mismo.

Ejemplo, si un vidrio tiene un CS de 0.82 significa que bloque el 18% de energía calorífica del sol, un vidrio con CS de 0.21 es decir que desvía el 79 por ciento de la energía calorífica. Algunos valores del coeficiente de sombra son representados en la Tabla 8

Tabla 8 Coeficientes de diferentes vidrios

6mm gris	0.66
6mm bronce	0.73
solar -E #2	0.61
6mm reflectivo EWclipse Evergreen #2	0.44
6mm supergrey	0.39

CS muy bajos. Corresponden a vidrios que permiten muy poco paso de luz lo que provoca un aumento del consumo en iluminación y calefacción

CS óptimo. El valor del factor de sombra que minimiza el consumo dependerá del porcentaje de vidrio y el coeficiente de transmisión del vidrio empleado en el edificio, pero el rango óptimo parece estar entorno de 0.6

CS altos. Los vidrios muy transparentes tienen una gran ganancia de radiación solar, lo que provoca un aumento del consumo de refrigeración.

El coeficiente de sombra depende del color del vidrio y el grado de reflectividad. Este valor juega un papel significativo en la selección del vidrio, especialmente en áreas de alta temperatura, por lo general en esas zonas se requiere baja CS para reducir la ganancia de calor solar a través del vidrio.

5.4 TRANSMISION DE LUZ (TL)

La Transmisión de luz visible (VLT, por sus siglas en inglés) mide la cantidad de luz natural que un vidrio transmite al interior de un edificio.

El mecanismo a través del cual los vidrios de Control Solar logran disminuir el CS, generan una absorción de la luz visible que puede atravesar el vidrio, disminuyendo así la luminosidad del ambiente. El índice de Transmisión de luz (%TL) es la fracción de luz visible que, incidiendo en forma normal, es transmitida a través del vidrio.

Los valores mayores de %TL corresponderán a los vidrios incoloros y, aunque en principio es deseable un valor de TL% alto, debe recordarse que el exceso de luz solar puede producir deslumbramiento y molestias visuales a las personas por lo que la disminución del porcentaje de luz visible que pasa a través de un vidrio es un aspecto que siempre debe tenerse en cuenta. Un índice de transmisión del 30 al 60 % es, en la mayoría de los casos, un valor suficiente para evitar el deslumbramiento.

En la tabla 9 se muestran valores típicos de CS y %TL para distintos tipos de vidrios donde se puede ver que cuando el coeficiente de sombra es menos, también la transmisión de luz lo es.

Tabla 9 Coeficiente de sombra y transmisión de luz de diferentes vidrios

Tipo de vidrio	CS	TL %
Incoloro 6 mm	0.95	88%
Bronce 6 mm	0.72	50%
Gris 6 mm	0.69	42%
Bronce 10 mm	0.89	33%
Gris 10 mm	0.56	25%
Reflectivo Bronce 6 mm	0.53	50%
Reflectivo Gris 6 mm	0.53	20%

5.5 INDICE DE SELECTIVIDAD

La selectividad de un vidrio es la relación entre su transmisión luminosa y su factor solar. Cuando este factor se aproxima al número 2, más selectivo es el cristal, se representa con la siguiente expresión:

$$\text{Selectividad} = \frac{TL}{FS}$$

Una selectividad más alta significa que la luz solar que entra en la habitación es más eficiente para la iluminación natural, especialmente para las condiciones de verano en las que se desea más luz con menos ganancia solar. Esta relación es la medida usada para determinar si el acristalamiento es "espectralmente selectivo".

Cuanto más alto sea la selectividad, más brillante será la habitación sin agregar cantidades excesivas de calor.

En términos de porcentaje absoluto, si el valor es igual a 1, significa que pasa la misma cantidad de luz y de calor, si el valor es igual o mayor a 2, significa que la proporción de luz es el doble y la transmisión de calor es menor. Entre más alto es la selectividad el vidrio es más eficiente.

Los acristalamientos con una proporción de Ganancia solar con relación a la luz de 1.25 o superior se han definido como vidrios con selectividad espectral, esto quiere decir que deja pasar mucha luz visible mientras que bloquea al máximo los rayos ultravioletas y cercanos a los infrarrojos, según los lineamientos para acristalamientos comerciales del Programa Federal de Gestión Energética (Federal Energy Management Program, FEMP) del Departamento de Energía de Estados Unidos.

El índice de selectividad nos ayuda a tener un mejor ahorro de energía entre más se acerquen al valor 2. Ver Figura 41

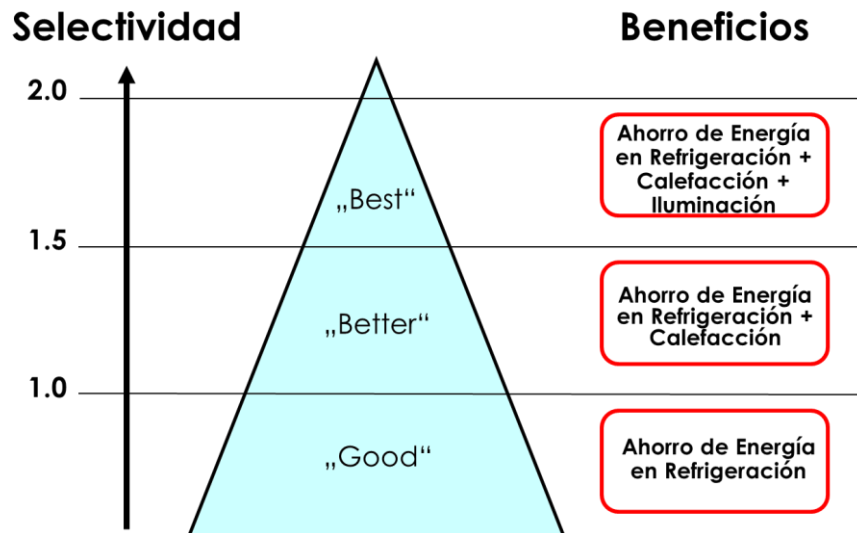


Fig. 41

En la siguiente tabla se resumen las propiedades espectrofotométricas del vidrio para tener un vidrio más eficiente.

Propiedades Espectrofotométricas	Valor	Eficiencia
Factor solar (FS)	Menor	-calor
Transmitancia térmica (U)	menor	-calefacción (uso de energía) +aislamiento de vidrio
Coeficiente de sombra (CS)	menor	+bloqueo de radiación
Selectividad	≥ 2	+brillante -calor
Transmisión de luz (T)	30% al 60%	Rango para no deslumbra

EL VIDRIO EN LA EDIFICACION ACTUAL

Desde mediados del siglo XX las fachadas de vidrio se han convertido en una seña de identidad casi imprescindible de los grandes edificios de las principales urbes del mundo. Estas fachadas suelen estar realizadas mediante piezas de vidrio plano con una amplísima gama de colores, lo que facilita la labor creativa de los diseñadores. Estos vidrios normalmente son sometidos a los procesos que se trataron en el capítulo 4 que mejoran sus propiedades de aislamiento térmico, acústico y su capacidad de atenuación de la luz exterior. El vidrio es un material que ha tenido grandes avances en los últimos años. La constante optimización y desarrollo de láminas con mayor resistencia y costos competitivos, ha facilitado los proyectos en la construcción. Cuando se incorpora el vidrio a la ingeniería estas construcciones adquieren algunas características que las hacen ligeras, evanescentes y frágiles, se aprovechan las cualidades de dicho material que es, iluminación, amplitud, vista, panorama y protección.

Cuando se elabora una construcción se toman en cuenta múltiples aspectos, pero uno de los más importantes es la forma en la que la luz se esparcirá por la casa, eso determina que habitaciones tendrán una mayor temperatura y cuales por lo contrario se mantendrán más frescas, pero también es importante en el ahorro energético, porque una habitación muy bien iluminada puede requerir en menor medida el uso de luz artificial, por ello se prevé el número de ventanas el tamaño y sobre todo el tipo de vidrio que se ocupara para cubrirlo, la transparencia, brillo y dureza del vidrio lo hace un material ideal para el encerramiento de edificios, pues aprovecha la luz natural y permite que los ocupantes posean una buena vista exterior. Si bien en construcción es generalmente utilizado en las fachadas integrales y otras áreas exteriores de la obra, también puede ser aprovechado en separaciones interiores.

La buena elección de un vidrio relacionados con el uso eficiente de energía a considerar están los factores de asoleamiento, el clima, temperaturas del emplazamiento, presión esperada del viento, régimen de lluvias o nevadas y altura del edificio, además de la polución sonora del lugar, la selectividad (coeficiente LSG) es un elemento clave para escoger un vidrio. Mientras mayor sea su nivel de selectividad, mejor se adaptará a las condiciones climatológicas, lumínicas y a la orientación del edificio.

El vidrio desde su invención se ha utilizado también en la mayoría de las construcciones como elemento aislante, pues en gran medida inhibe el ruido exterior y también las corrientes de aire, pero también permite tener visibilidad, a veces sólo del exterior, impidiendo que pueda verse al interior, o en ambas direcciones según el tipo de vidrio.

Además existen otros criterios, que van ligados factores estéticos y de uso mismo del edificio, a los que está sujeto la elección de un vidrio, como son: el color, dimensión, espesor, la cantidad de luminosidad, la aislación del ruido ambiental, privacidad, control térmico, seguridad en caso de romperse, etc.

El tipo de vidrio a elegir dependerá de muchos aspectos constructivos: la superficie por cubrir, la seguridad requerida: resistencia a la compresión, flexión y tensión, las condiciones de confort buscadas: control de ruido, temperatura, iluminación, ahorro

energético, etc. La estética: vidrios metálicos, coloreados, vidrios cerámicos, vidrio laser, impreso, tintado, serigrafiado, etc.

Es importante saber que el vidrio y la cancelería elegidos tienen comportamientos y propiedades diferentes, pero que no se puede concebir uno sin el otro. Por tanto, se debe pensar que siempre van a actuar como un sistema único aunado a la estructura de un edificio. Para lograr el sistema único vidrio-cancelería trabaje de una manera adecuada y eficiente ante cualquier fenómeno físico que se presente es necesario que ambos tengan independencia entre sí; es decir, que existan elementos de libertad y transición, como holguras, calzas y empaques y a la vez mantengan un criterio adecuado de compatibilidad entre vidrio y cancelería para que interactúen entre sí, sin que exista ninguna falla.

Los vidrios recocidos, templados, laminado y dobles deben estar colocados en tal forma que en ningún momento puedan sufrir esfuerzos debido a contracciones o dilataciones propias del vidrio o de los bastidores que lo enmarcan, o a deformaciones aceptables y previsibles del asentamiento de la obra, como pueden ser flechas de los elementos resistentes. En general siempre deben evitarse los contactos vidrio-vidrio, vidrio-metal y vidrio-concreto.

Según el sistema de cancelería elegida se debe diseñar la forma de fijación para lograr la independencia entre el vidrio y el cancel, es necesario mencionar que el diseño de las formas de fijación debe ser hecho por especialistas y en caso de obras monumentales, respaldarse con una memoria de cálculo.

6.1 EN INTERIORES Y VENTANAS

◆ VIDRIOS EN INTERIORES

Hoy en día, el vidrio se ha convertido en un elemento primordial en la decoración de interiores gracias a su elegancia, transmisión de la luz exterior y su transparencia, el vidrio hace que los espacios se conviertan en amplios y limpios. Para ello la elección del vidrio adecuado es muy importante sobre todo para los diseñadores que son los que hacen uso de este material para la creación de sus proyectos.

Además, al tener distintos colores y texturas, el vidrio se puede utilizar de formas numerosas en infinidad de elementos interiores, tales como:

****Cancel de baño.-** Los cancelles para baño incluyen una amplia gama de modelos y diseños. Dependiendo de las necesidades, el espacio disponible y el gusto de la persona, se pueden fabricar corredizos, en escuadra, curvos y abatibles. Ver figura 42

****Espejos.-** Superficie de cristal, cubierta en su cara posterior por una capa de mercurio o por una plancha de metal, en la que se reflejan la luz y las imágenes de los objetos que hay delante. Ver figura 43



Fig. 42 Cancel de baño de vidrio



Fig. 43 Espejos

****Barandal.-** El barandal un elemento arquitectónico de protección que sirve para evitar la caída al vacío de personas, animales u objetos de un balcón, terraza, escalera, puente u otros elementos similares que presenten desniveles entre diferentes planos. Los barandales de vidrio templado se pueden adaptar a cualquier necesidad: pueden utilizarse con herrajes, postes, empotrados. Además, pueden instalarse sobre firme, muretes, escaleras y otras formas, son idóneos para aquellos lugares en donde se desea un estilo de construcción vanguardista y altos niveles de estética, además de ser una alternativa segura, transparente y duradera proporcionan una sensación de amplitud y luminosidad. Ver figura 44



Fig. 44 Barandal de vidrio

****Mampara divisoria.-** Una mampara es una estructura divisoria de dos espacios. Ver figura 45



Fig. 45 Mamparas de vidrio

Losa de vidrio.- En los últimos años, este material (aparentemente frágil), se está empezando a utilizar como elemento estructural, transmitiendo su carga a las columnas y muros. Ver figura 46

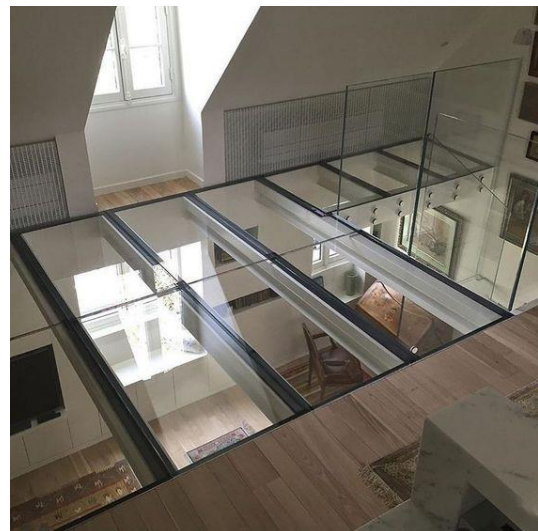


Fig. 46 Losa de vidrio

**Domo. - Cúpula que puede ser de forma plana o redonda para cubrir el techo de un área, Ver figura 47



Fig. 47 Domo de vidrio

**Paredes de vidrio. - otro elemento estructural que es utilizado en la construcción. Ver figura 48



Fig. 48 Pared de vidrio

◆ VIDRIOS EN VENTANAS

Una de las principales misiones que cumple una ventana es la de ventilación, permitiendo a través de ella la comunicación del interior de la estancia con el exterior. Es evidente que, tratándose de un recinto habitable, la exposición al ambiente externo no puede ser permanente por razones climatológicas, de ahí que se precise disponer de un sistema de cierre eficaz. No obstante, las hojas de la ventana que sirven de cerramiento no deben impedir otro de los aspectos funcionales de ésta: la iluminación. Para permitir el paso de la luz a su través las hojas deben ser acristaladas. Aunque antes del siglo XX existían algunas desventajas, como pueden ser el excesivo soleamiento interior o la propia iluminación en circunstancias no deseadas y la reducción de aislamiento térmico, dadas las prestaciones del vidrio aislante a principios del siglo XXI, se puede considerar que estos inconvenientes han sido resueltos.

La ventana a principio era de madera (Ver Fig. 49) lo cual se decoraba con pintura o barnices dándole un estilo único y duradero, luego aparecieron y comenzaron a utilizarse las de acero (Ver Fig. 50) que carecía de un tratamiento para prevenir la corrosión, posteriormente aparecieron las hojas de aluminio este metal es más ligero que el hierro y no se oxida (Ver Fig. 51), el único problema es que es más caro. Por ultimo apareció el empleo del PVC o policloruro de vinilo que es un material con unas propiedades asombrosas como la durabilidad, aislamiento térmico o aislamiento acústico, con vidrios sencillos o vidrios dobles (Ver Fig. 52)



Fig 49 Ventanas de madera



Fig. 50 ventanas de herrería



Fig. 51 Ventanas de aluminio



Fig. 52 Ventanas de PVC

Existen diferentes tipos de ventanas según su apertura como lo indica la figura 53, con ellas se pueden hacer diferentes combinaciones, además de utilizar vidrios de control solar, para temas de acústica no es recomendable el tipo Corredera (Ver fig. 54) ya que no es hermética

Fig. 53 Tipo de ventanas

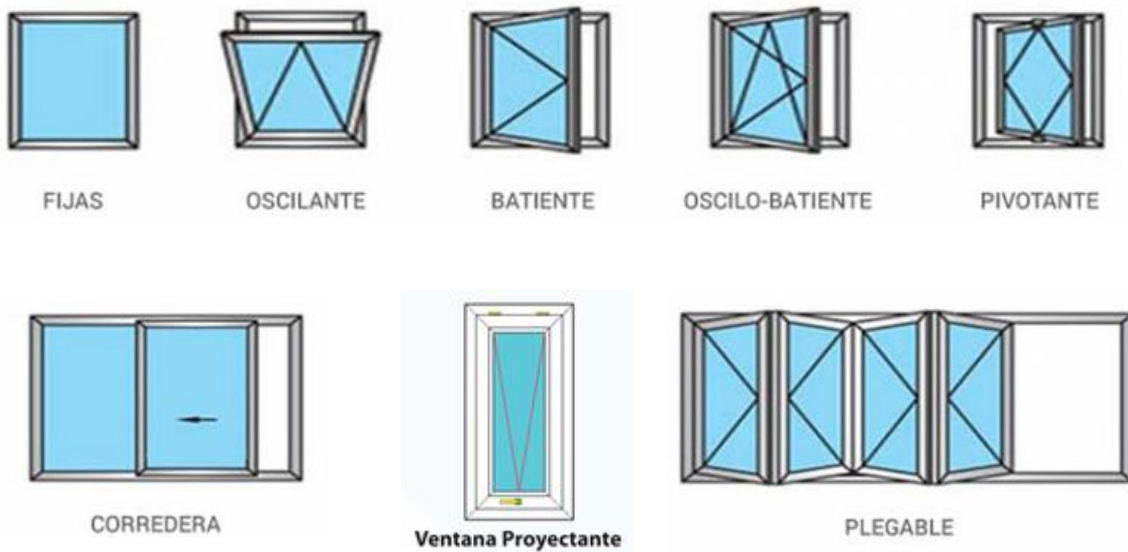


Fig. 54 Ventana no hermética

6.2 EN FACHADAS SUSPENDIDAS

El sistema de fachadas suspendidas requiere aditamentos que no son propiamente una cancelería, sino una serie de elementos de sujeción. Para estos sistemas se utilizan diferentes conectores.

Este sistema consiste en una estructura en la parte superior del edificio, de la cual se suspenden o "cuelgan" las piezas de vidrio que componen la fachada, las que a su vez están unidas entre sí por piezas metálicas especiales como son placas de unión, conectores (Ver Fig. 58), ángulos articulados (Ver Fig. 56) con aleaciones metálicas muy resistentes rigidizado con un elemento vertical de vidrio conocido como costilla la cual se sujeta con ángulos (Ver Fig. 55)

La estructura superior de la cual cuelga el sistema de envidriado es preferentemente metálica. Pueden ser vigas estructurales o armaduras de alma abierta, diseñada en ambos casos para soportar las cargas debidas al peso propio del vidrio, así como las cargas accidentales debidas al viento o a un sismo. Lo anterior proporciona una carga sin armazón, ya que las hojas de vidrio, que siempre deben ser templadas, cuelgan de la estructura del edificio.

A las juntas entre vidrio se le aplican selladores de silicón, para la cual se usan estabilizadores (placas de unión) para vidrio templado en cada vertical, y para dar rigidez lateral contra las cargas del viento se colocan costillas (Ver Fig. 57 y 59). Este sistema de envidriado permite que la fachada este suspendida en todo momento, lo que elimina los problemas relacionados con los movimientos diferenciales ente los componentes, dando como resultado fachadas con un alto grado de seguridad, es necesario mencionar que la instalación requiere mano de obra especializada, ya que durante el montaje, el sistema tiene mucho movimiento.

Las dimensiones de las hojas de fachadas suspendidas rara vez es limitado por las deflexiones, con este sistema se pueden alcanzar alturas hasta de 21 metros y de longitud ilimitada. Los principales componentes de este sistema de envidriado son el vidrio que debe ser templado, los sujetadores o placas metálicas de diseño especial, la estructura superior de soporte y los selladores.

La aplicación de fachadas suspendidas permite el paso de la luz con gran transparencia y ligereza en las edificaciones, con un mínimo de barreras visuales.

Fig. 55 Angulo porta costilla para fachadas Suspendidas. Elemento para cargar en la parte de arriba y abajo las costillas de vidrio templado



Fig. 56 Angulo articulado sirve como conexión entre los vidrios templados de una fachada suspendida y la costilla de soporte.



Figura 57. Fachada suspendida con costilla y ángulos articulados



Figura 59. Fachada suspendida con costilla y conectores



Figura 58. Conector



◆ FACHADAS SUSPENDIDAS CON ARAÑA

La fachada suspendida con arañas es nombrada así porque su sistema se caracteriza por utilizar elementos de sujeción llamados "arañas", las cuales son herrajes estructurales de acero inoxidable que se fijan a conectores estabilizadores como costillas de vidrio, tensores de acero galvanizado o vigas de acero.

La araña son piezas de una, dos, tres o cuatro brazos, (Ver Fig. 60) consiste en una cruz de metal con un barreno al centro para ser conectada al sistema estructural. En cada extremo de la cruz o patas lleva rotulas (Ver Fig. 61) que reciben el tornillo de fijación al vidrio y lo conectan a un soporte elástico. Este soporte es el que permite que cuando el vidrio reciba cargas de vientos fuertes, se flexione y por lo tanto reduzca sus esfuerzos. Gracias al sistema de rotulas existe la posibilidad de construir fachadas curvas con diferentes grados de curvatura por cada araña.

Al no transmitir esfuerzos de un vidrio a otro, se amplían las posibilidades arquitectónicas con superficies de vidrio templado en grandes dimensiones y variedad de formas, como inclinadas, domos (Ver Fig. 65), curvas (Ver Fig. 66), esféricas o libres, aplicadas a techos, paredes o pisos.

Fig. 60. Araña de 4 brazos



Fig. 61 Rotulas para arañas



Opciones para sistema de arañas:

- ✧ Columnas estructurales de acero. Ver Fig. 62
- ✧ Costillas estructurales de vidrio templado. Ver Fig. 63
- ✧ Tensores estructurales de acero inoxidable. Ver Fig. 64

En este tipo de fachadas se puede utilizar Vidrio templado monolítico, templado laminado, y vidrio insulatedo

*Fig. 62 Araña de 4 brazos
Sobre estructura*



*Fig. 63 Araña de 4 brazos
Para costilla*



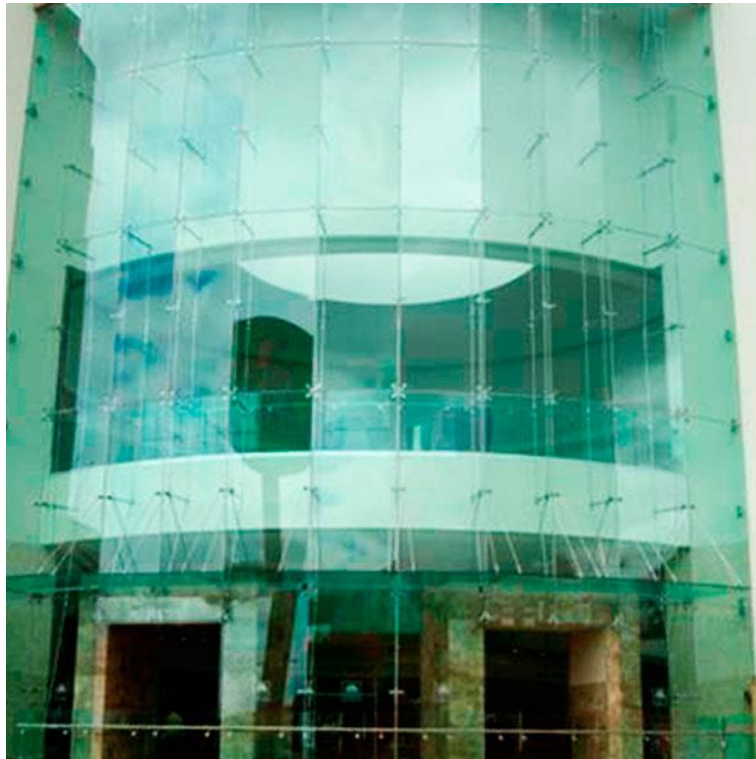
*Fig. 64 Araña de 4 brazos
Para tensor de acero inoxidable*



Fig. 65 Domo con arañas



Fig. 66 Fachada suspendida curva con arañas



6.3 EN FACHADAS MODULARES

La fachada modular o también llamada ligera se define como un sistema de fachada con elementos de aluminio horizontales y verticales conectados conjuntamente que se ancla en la estructura un edificio, El marco de aluminio suele estar ocupado con vidrio hasta formar una superficie continua y ligera que delimita completamente el espacio interior respecto del exterior del edificio, no carga con ningún peso muerto de la construcción que no sea el propio.

Las fachadas ligeras están siempre fijadas a la estructura resistente del edificio, pero no forman parte de la misma, es decir, no contribuyen a aumentar la resistencia propia de la estructura del edificio, sino que gravitan sobre ella. Por ello, la fachada ligera debe estar diseñada para poder resistir por sí misma las acciones que incidan sobre sus componentes y posteriormente trasladarlas a la estructura general del edificio.

Las fachadas ligeras se ejecutan a partir de unos elementos verticales (montantes) y de otros elementos horizontales (travesaños) que dan origen a una retícula en la que se colocan vidrios para conseguir las zonas de visión y de entrada de luz natural, se sitúan paneles opacos para conseguir las zonas ciegas, y se colocan elementos practicables para facilitar la ventilación y/o la limpieza de la fachada.

Los montantes quedan fijados a la estructura maestra del edificio por medio de anclajes que permiten el movimiento en los tres ejes cartesianos. Unos acoplamientos especiales ayudan a anclar los montantes en la estructura de hormigón y, a su vez, hacen posible la unión de montante con montante, absorbiendo posibles dilataciones.

Control solar y ahorro energético en fachadas ligeras

Existen múltiples posibilidades de elementos adicionales a la fachada ligera diseñados específicamente para disminuir el flujo de radiación solar directa incidente sobre la superficie acristalada, sin por ello impedir la visibilidad desde el interior.

El doble acristalamiento con control solar le confiere una apariencia más o menos reflectante. Añade a sus propiedades de control solar las ventajas de un buen aislamiento térmico para el ahorro energético. Su bajo Factor Solar consigue reducir la cantidad de energía solar no deseada en el interior de un edificio y, debido a que es capaz de mantener uniforme la temperatura interior, ayuda a ahorrar energía.

Confort Acústico en fachadas ligeras

Para obtener una óptima atenuación acústica, es preciso respetar unas sencillas normas en cuanto a la composición del doble acristalamiento: piezas de mayor espesor mejoran el aislamiento, pero, lo más importante, es que las dos lunas del acristalamiento tengan un espesor diferente, e instalar este acristalamiento con cámaras de 16 mm. de espesor para optimizar los valores de eficiencia energética. Sin embargo, como cualquier otro acristalamiento, se puede fabricar con cámaras de otros espesores.

Desde el punto de vista de su aspecto exterior se dividen en:

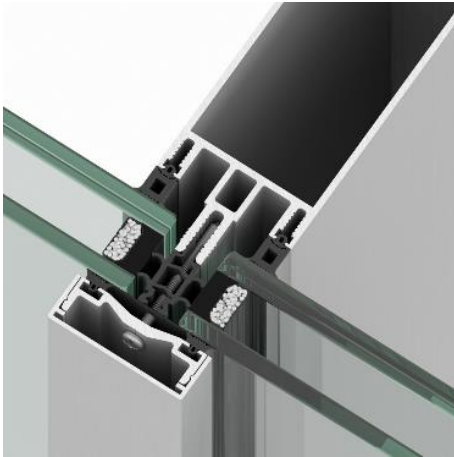


Fig.67 Fachada integral con tapa

Fachadas integrales - De Aluminio Visto desde el exterior del edificio se pueden apreciar tanto los vidrios (fijos y móviles) como el aluminio, la denominada "tapa". Ver Fig. 67

Fachadas estructurales- De Silicona Estructural, desde el exterior de la fachada, solo se pueden ver los diferentes vidrios (fijos y móviles) quedando oculta a la vista la estructura de aluminio, solo visible por el lado interior. Ver Fig. 68

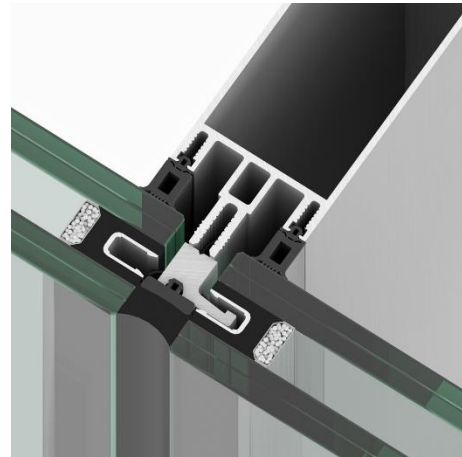


Fig. 68 Fachada estructural con silicón

◆ MURO CORTINA

Un tipo de fachada ligera es el Muro Cortina o Curtain Wall (Ver Fig. 69) el cual permite ejecutar proyectos de alturas más elevadas (edificio de vidrio). La pared cortina resiste a las fuertes ráfagas de viento, a la vez que presenta un acabado estético y da libertad de ejecución a formas irregulares para el vidrio, esta fachada ligera es una estructura que trasmite a la principal los esfuerzos estáticos y dinámicos que actúan sobre ella.

Se instala frente a losas proporcionando un completo cierre de la obra gruesa, dando un aspecto de modernidad al entorno, un excelente acabado en los edificios, cuentan con la ventaja de dar confort, los espacios contarán con luz natural, y contienen un ahorro altamente energético, de hasta un 70 por ciento. También, permite un aislamiento tanto térmico, como acústico. Se puede instalar con diferentes colores y variedad de diseños.

El muro cortina tradicional se forma por una zona de antepecho, donde se ubican las losas, llamada zona ciega y en donde generalmente se utilizan vidrios opacos y un área de visión donde se utilizan vidrio que dejen pasar la luz,



Fig. 69 Muro Cortina

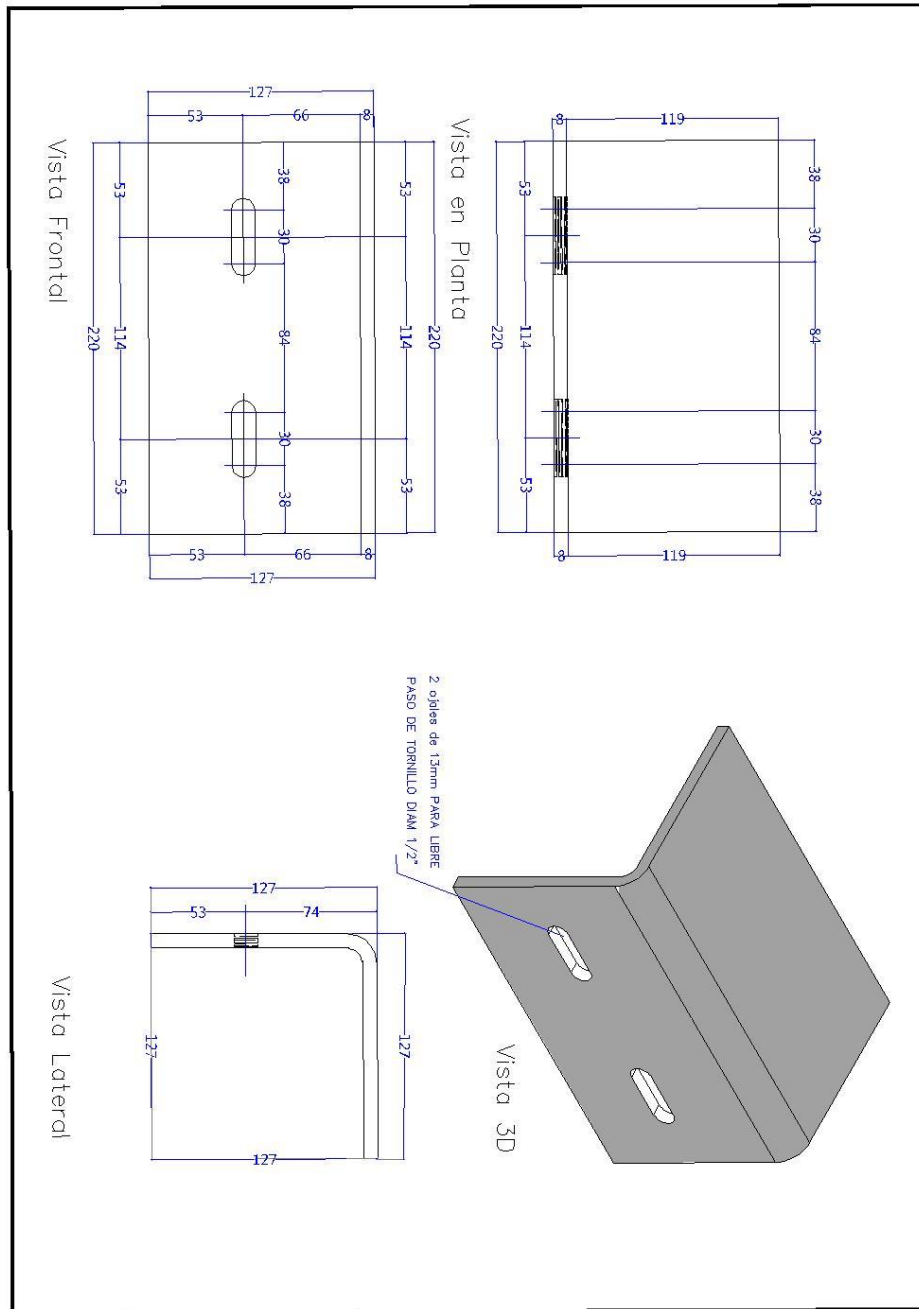
Para realizar el diseño de un muro cortina se debe tomar en cuenta las condiciones atmosféricas, geográficas y climáticas de cada ubicación, demandan suma atención en la planeación del proyecto, es aquí en donde la ingeniería realiza un minucioso análisis sobre la altitud, frecuencia de lluvias, temperatura, zona eólica, topografía, orientación, niveles y tipo de contaminación, altura del edificio, movimientos extremos esperados, entre otros requerimientos que permiten deducir las características del material a utilizar, como lo es el tipo de anclaje y las propiedades del vidrio que se adapten a la perfección para la consolidación del proyecto

A continuación, observaremos planos que son de suma importancia para la ejecución de un muro cortina, tanto para su armado como para su montaje

En los siguientes planos M1, M2 Y M3 se representan las maquillas de anclas para muro cortina, los cuales fueron calculados previamente tanto en espesores, materiales y dimensiones, estos elementos son muy importantes ya que soportan el peso de todo el sistema.

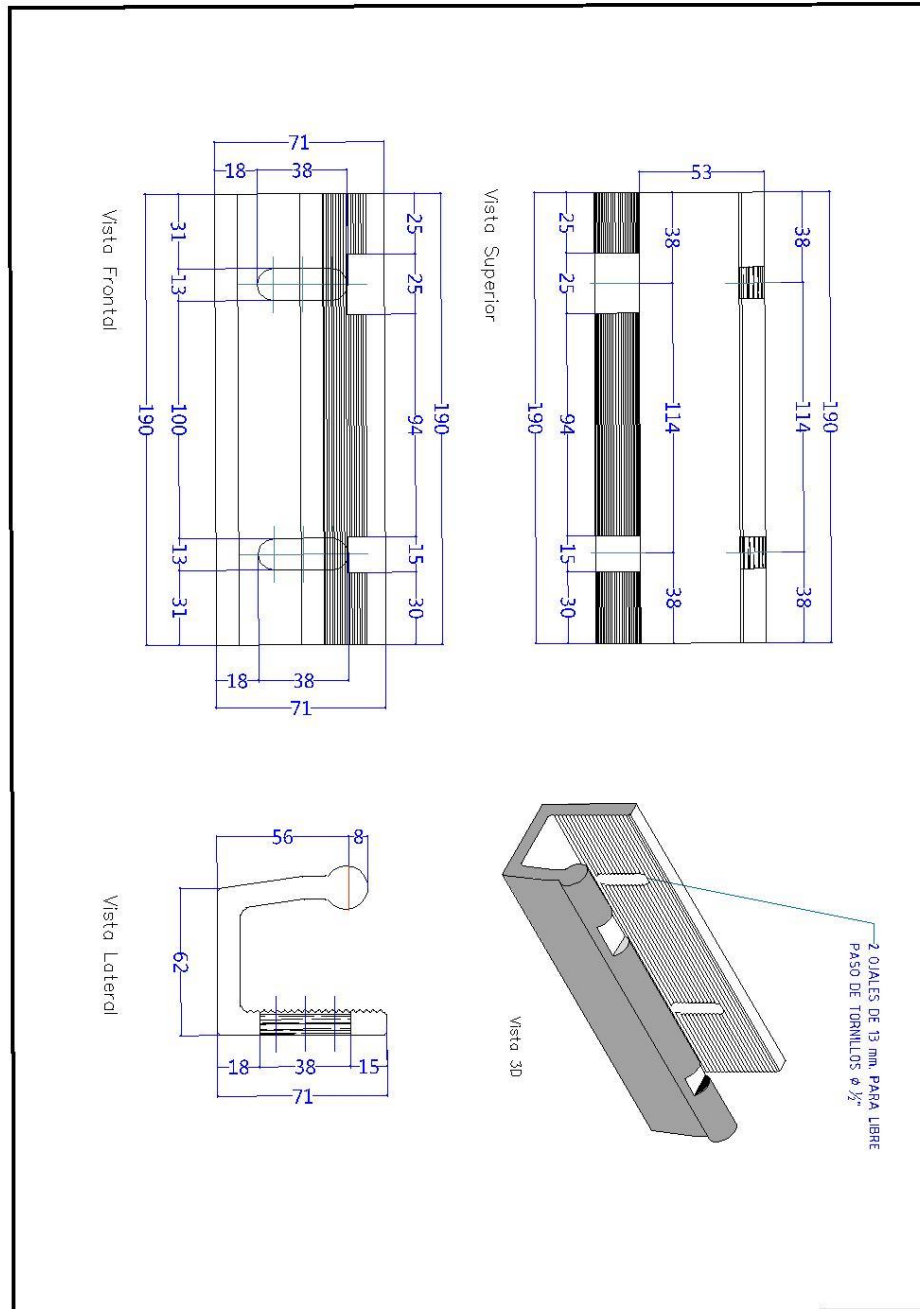
En el Plano KC se representa el corte de la fachada modular en el cual podemos observar la colocación de las anclas, las zonas ciegas, zonas de visión y detalles más específicos de los perfiles utilizados para este sistema. (Ver planos KD-1, KD-2 y KD-3)

Plano M1. Ancla de hierro



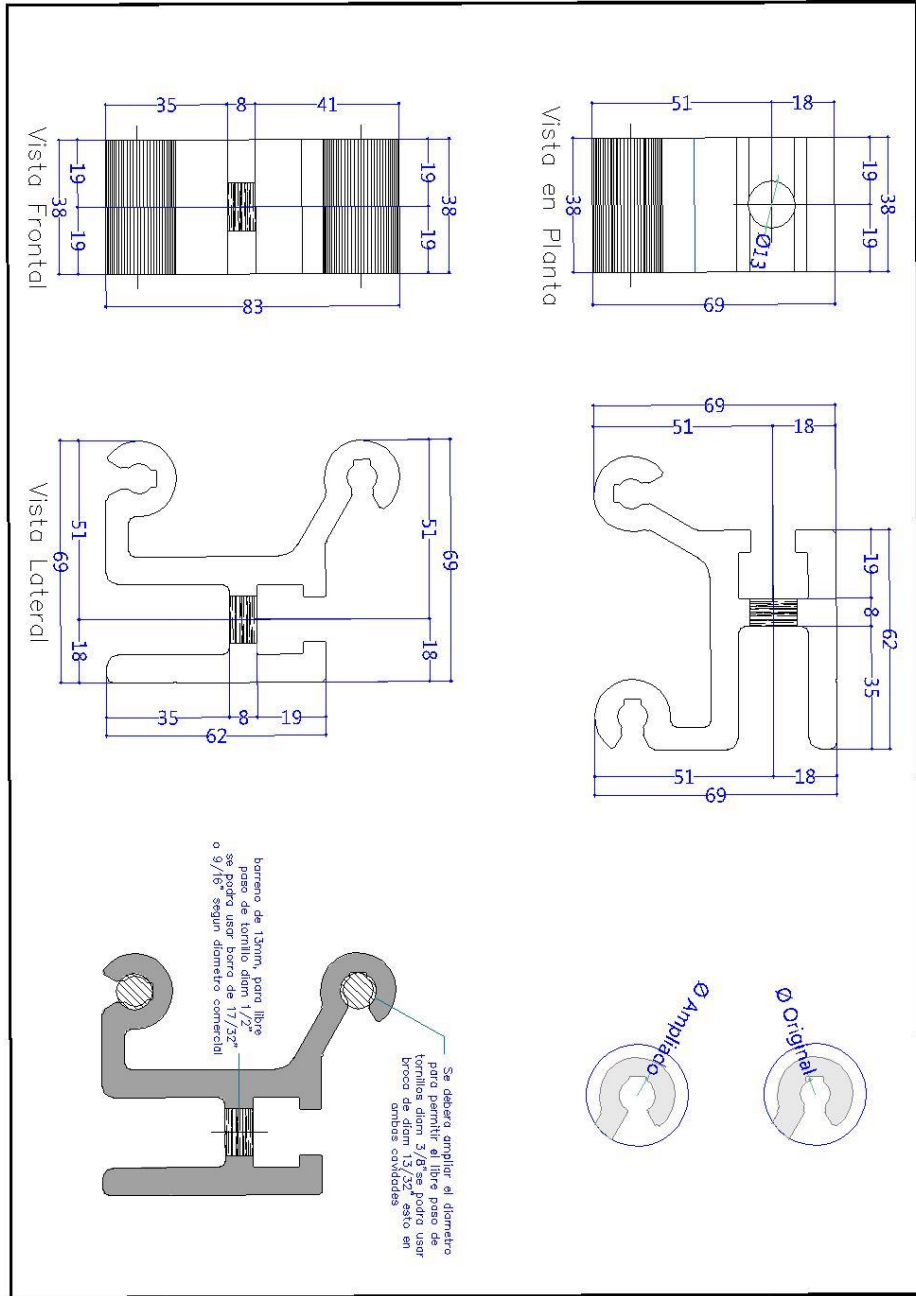
Dibujó	Responsable de Fab.	OBRA	RUBEN.DARIO	Orden de Producción a Clave en B/D
Aprobó Fabricación	Autorizó Fabricación	Concepto	ANCLA.DE.FIERRO.PARA.OR	N° Obra: 8506
YUNUEN.MORA	YUNUEN.MORA	Material	PLACA.DE.FIERRO.DE.3/8"	CANTIDAD
Escala	1:2	Acabado	PRIMER.2.CAPAS.COLOR.GRIS	Juego
Acotación	MM			Piezas
Fecha	FEB.2019			M1

Plano M2. Ancla Soporte



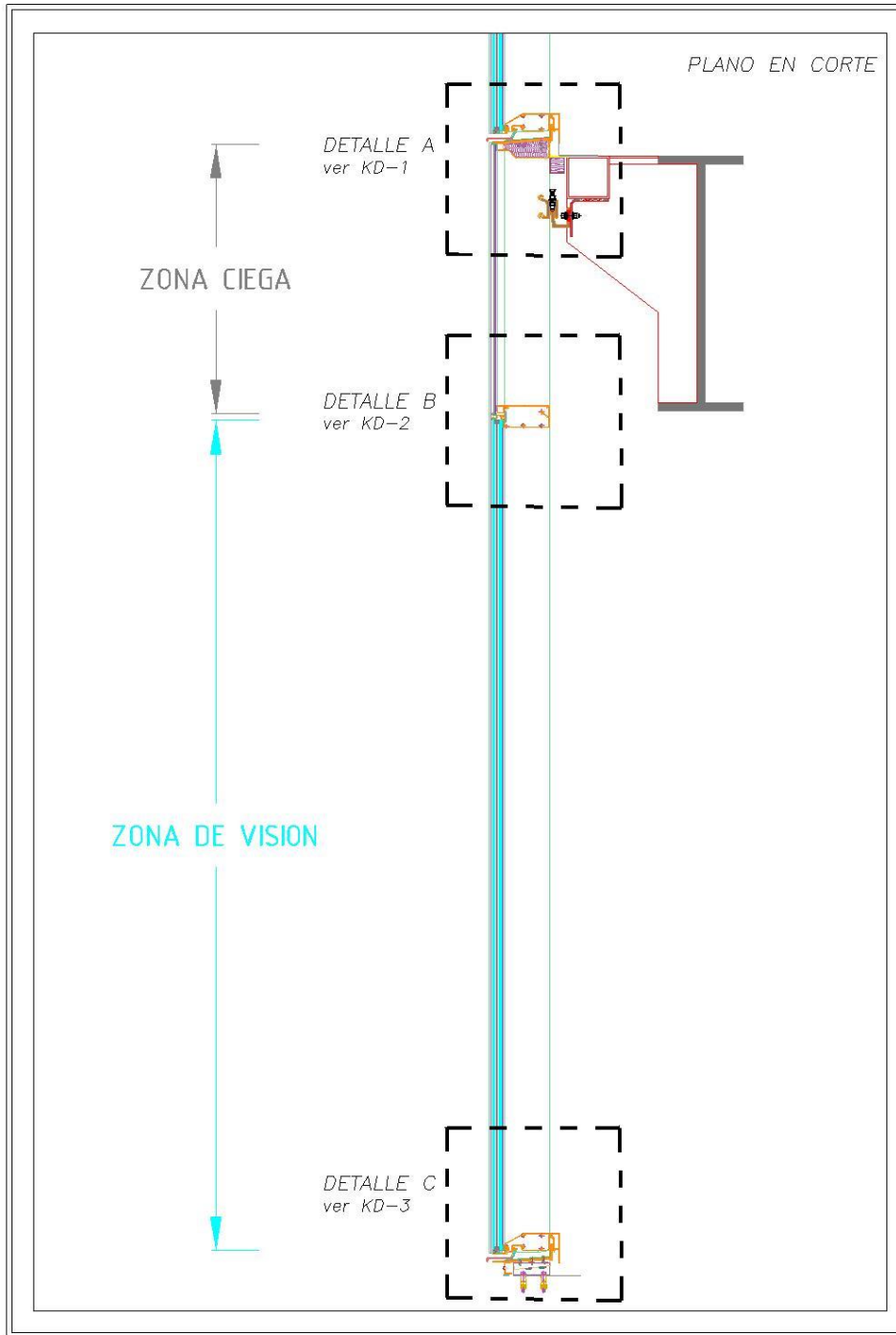
Dibujó	Responsable de Fab.	OBRA	RUBEN.DARIO	Orden de Producción ó Clase en US
Agente Fabricación	Auxilio Fabricación	Concepto	ANCLA.SOPORTE	Nº Obra: 8506
YUNUEN.MORA	YUNUEN.MORA			CANTIDAD
Escala	1:1.5	Material	ALUMINIO	Placas
Acotación	MM	Acabado	SIN.ACABADO	M2
Fecha	FEB.2019			

Planos M3. Ancla Montante



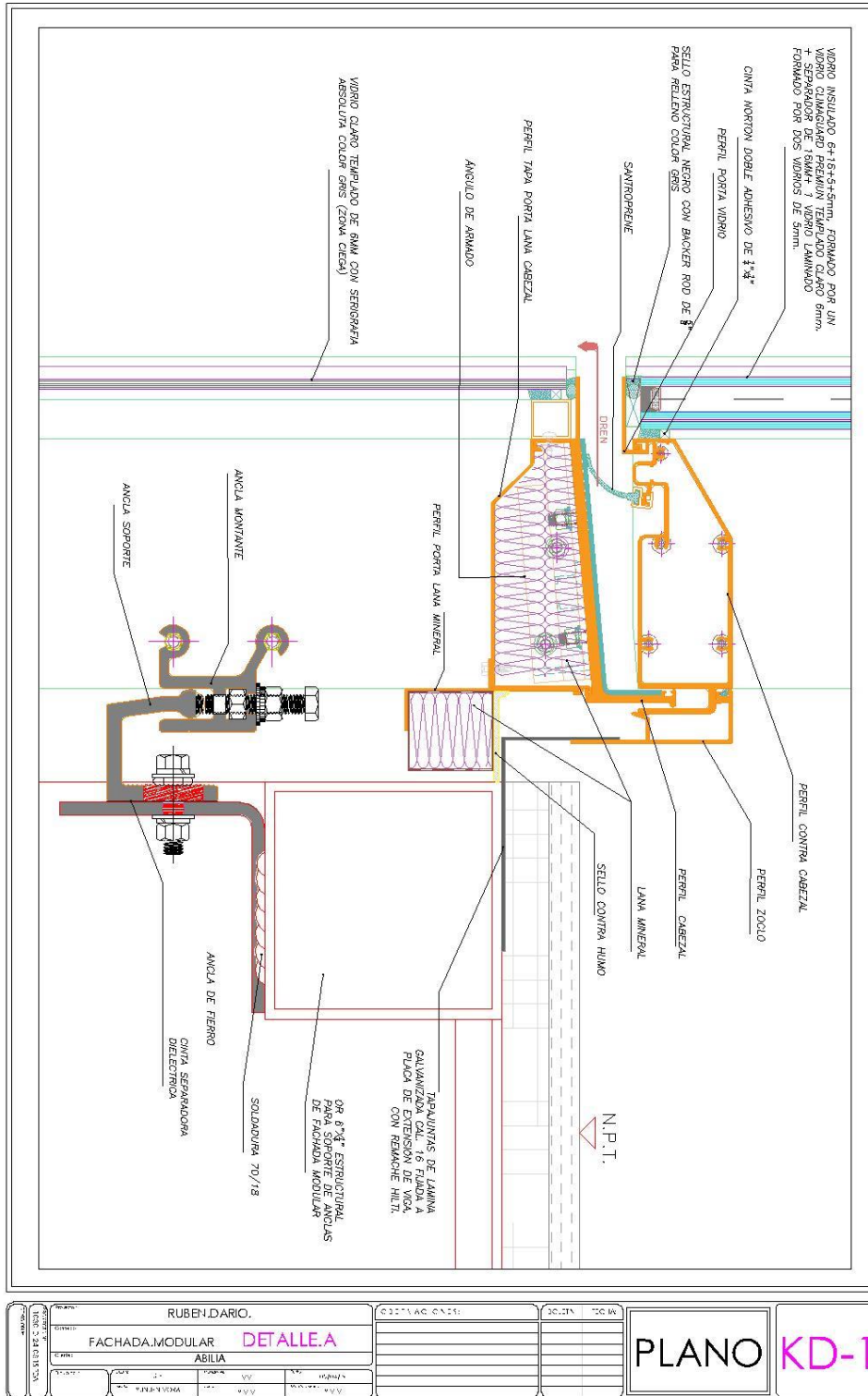
Dibaja	Responsable de Fab.	OBRA	Orden de Producción a Clave en BID
Aprobó Fabricación	Autorizó Fabricación	Concepto	N° Obra: 8506
YURIEN.MORA	YURIEN.MORA	ANCLA.MONTANTE	CANTIDAD
Escala	1:1	Material	Placa
Asociación	MM	Acabado	M3
Fecha	FEB.2019		

Plano KC. Plano en Corte de Muro Cortina



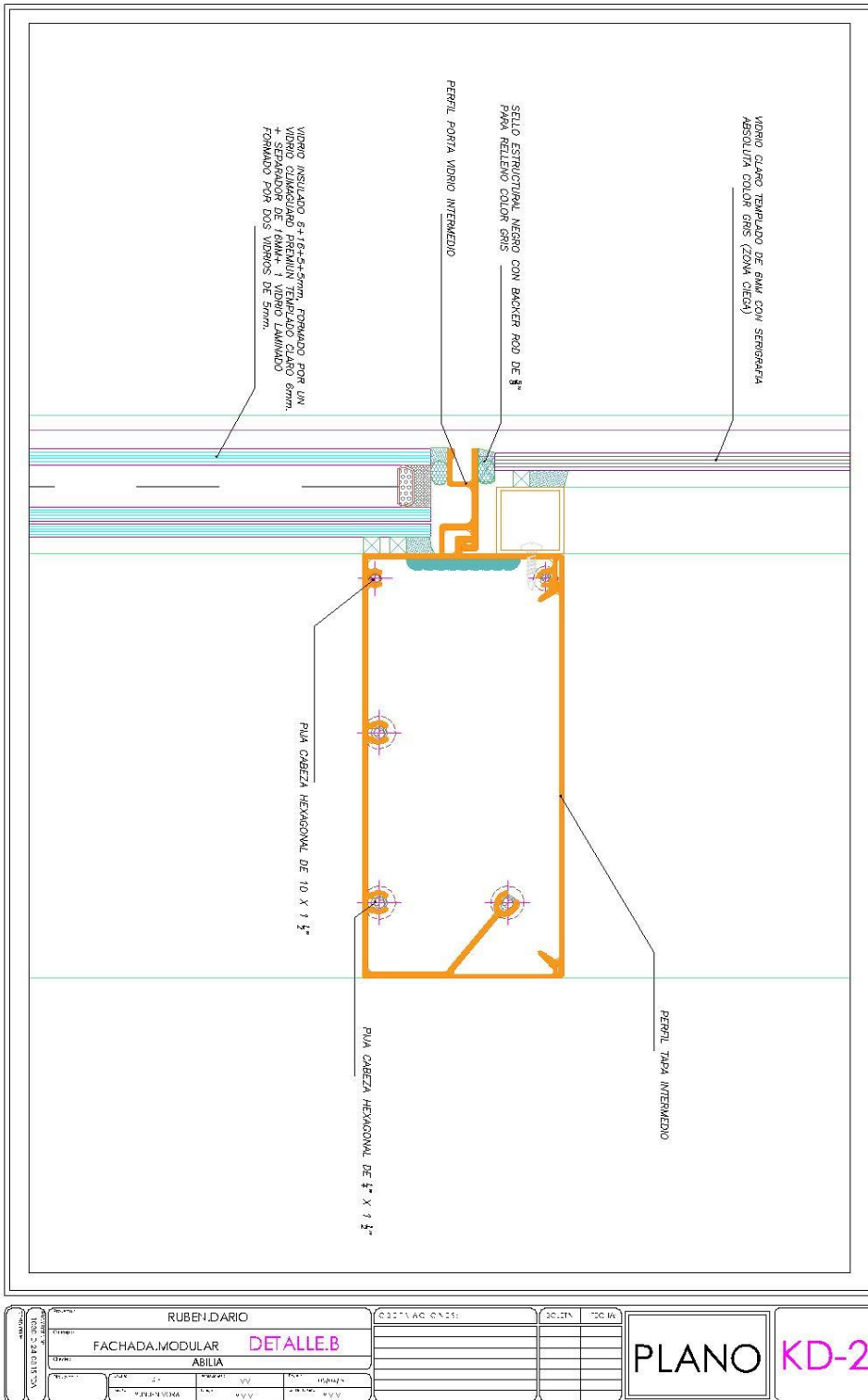
<small>PROYECTO</small> <small>CLIENTE</small> <small>CONCEPTO</small> <small>FECHA</small>	RUBEN DARIO				<small>COORDINADAS</small> <small>BOLETA</small> <small>FOG W.</small>	PLANO KC
	FACHADA MODULAR CORTE					
	ABILA					
<small>PROYECTADO</small> <small>REVISADO</small> <small>APROBADO</small>	<small>FECHA</small> <small>FECHA</small> <small>FECHA</small>	<small>FECHA</small> <small>FECHA</small> <small>FECHA</small>	<small>FECHA</small> <small>FECHA</small> <small>FECHA</small>	<small>FECHA</small> <small>FECHA</small> <small>FECHA</small>	<small>FECHA</small> <small>FECHA</small> <small>FECHA</small>	<small>FECHA</small> <small>FECHA</small> <small>FECHA</small>

Plano KD-1



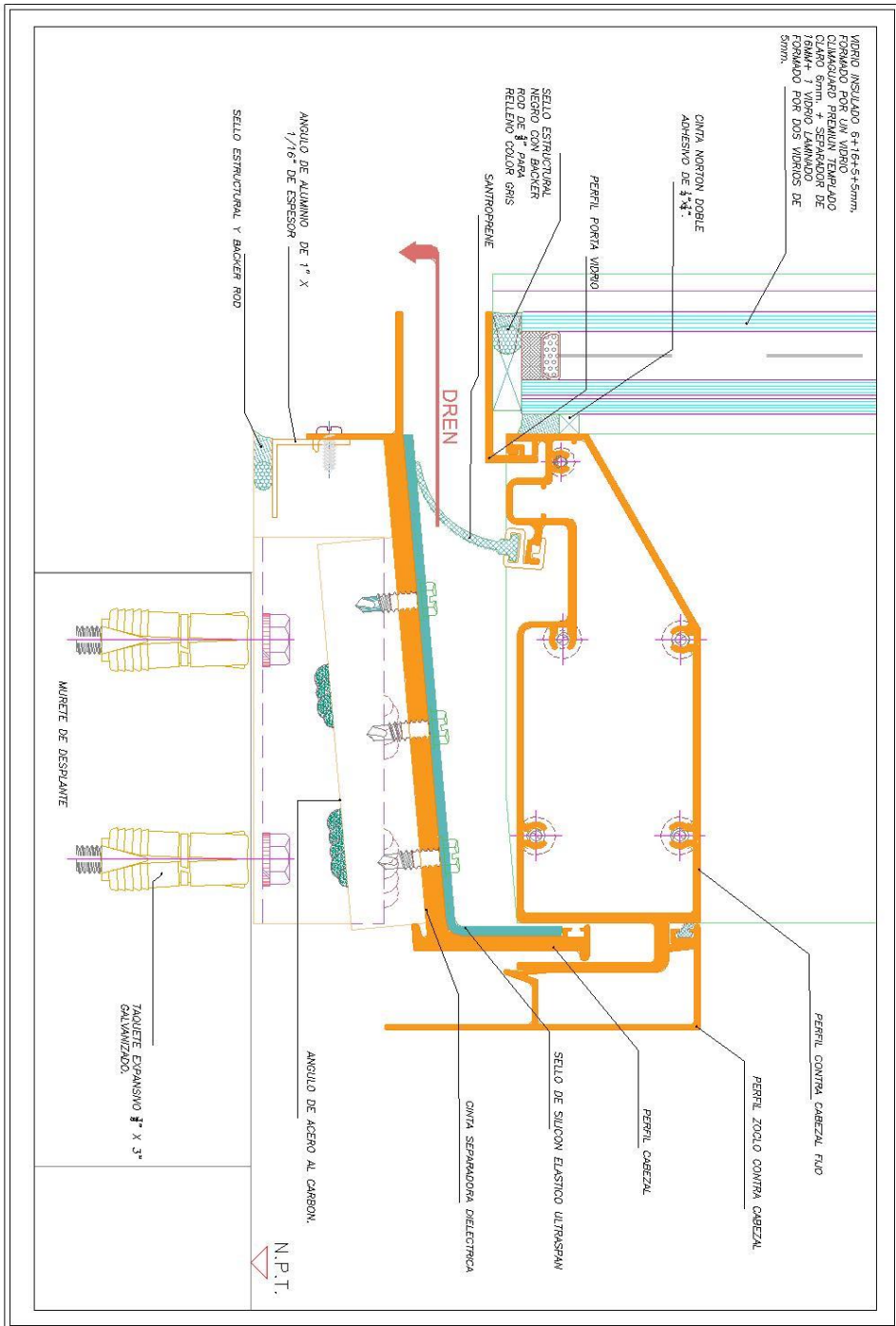
RUBEN DARIO		CALLE VAGONES		DISEÑO		PLANO KD-1	
FACHADA MODULAR DETALLE A							
ABILIA							
FECHA	NO. DE PLANOS	NO. DE PLANOS	NO. DE PLANOS	NO. DE PLANOS	NO. DE PLANOS	NO. DE PLANOS	NO. DE PLANOS
1/2024	1	1	1	1	1	1	1

Plano KD-2



RUBEN DARIO		DETALLE B		PLANO KD-2	
FACHADA MODULAR		ABILIA			
NO. PROYECTO	FECHA	ESTADO	PROYECTISTA	REVISOR	APROBADO

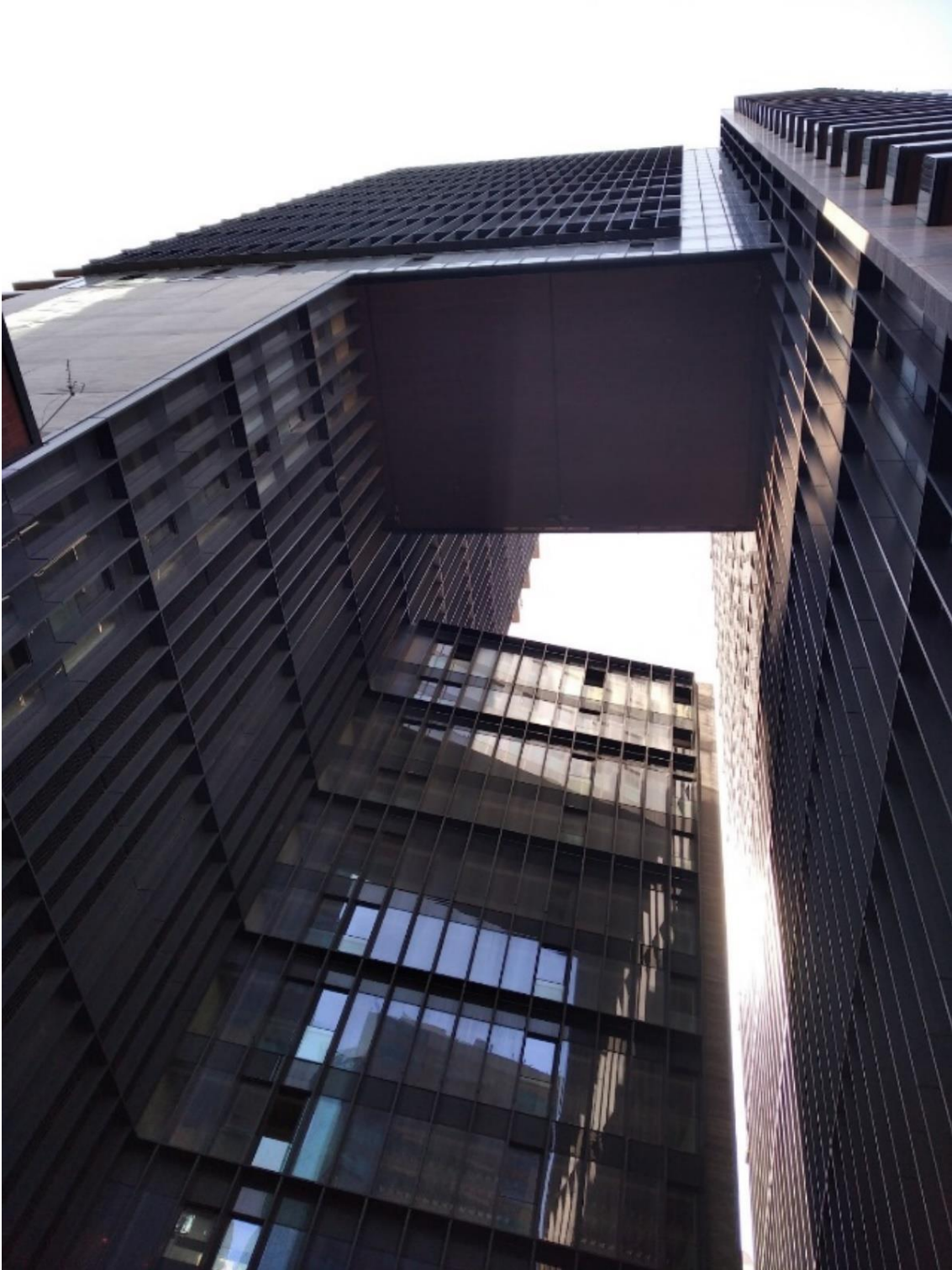
Plano KD-3



RUBEN DARIO		DETALLE.C		PLANO KD-3	
FACHADA MODULAR		ABILIA			
PROYECTO	FECHA	ESCALA	HOJA	AUTOR	
REVISADO	FECHA	ESCALA	HOJA	PROYECTO	
APROBADO	FECHA	ESCALA	HOJA	CLIENTE	

Las siguientes imágenes presentan fotos de la fachada Modular en Calle Ruben Dario #225 Col. Polanco





EL Muro cortina puede instalarse por medio de dos sistemas: sistema Stick o Sistema Frame

◆ SISTEMA FRAME

El sistema Frame se basa en módulos prefabricados (Ver Fig. 70) y autoportantes que salen de fábrica, aquí la instalación del muro cortina se realiza con la estructura de aluminio y el vidrio ya unidos que son instalados listos en fachada. Esta característica obliga a que en general cada módulo sea igual a otro, de manera de permitir una fabricación en serie.

Son muy útiles para edificios de gran tamaño. En el sistema frame el muro cortina se compone de paneles de aluminio y vidrio, previamente armados en el taller, revisados y clasificados según su ubicación en la obra. Su principal ventaja es la rapidez en el armado y montaje, aunque requiere de anclajes especiales que deben ser ajustados para corregir las posibles diferencias de nivel (plomo) en la superficie de la construcción.

Ventajas del sistema Frame:

- ✧ Permite combinar distintos materiales dentro de una misma estructura y por ende logra adaptarse y dar solución a cada caso
- ✧ El método establece la necesidad de pensar en forma detallada cada pieza, obligando a precisar la ejecución de obra y por lo tanto la optimización de recursos.
- ✧ Se puede cumplir una mejor logística que comprende la producción de cada elemento, la línea de montaje y la colocación. Consecuentemente la ejecución y montaje es manejado con rapidez y precisión, las instalaciones son producidas de forma sencilla y eficiente. (Ver Fig. 71, 72 y 73)
- ✧ Optimiza los recursos sin producir desperdicios.
- ✧ Al ser ensamblado en taller hay más precisión en el ensamblaje

La ventaja fundamental de que lleguen a la obra los módulos completamente armados y listos hacen de la ejecución de la obra una tarea más estricta, con mano de obra especializada, pero muy rápido en relación con el sistema stick. Los materiales que se emplean son muy resistentes incluso en ambientes agresivos como el marítimo. En general es el silicón el que falla primero, limitando la vida útil de la obra a un periodo entre 50 y 80 años.



Fig. 70 Módulos prefabricados

Logística de maniobra para módulos prefabricados



Fig. 71 Módulos prefabricados transportados en canastillas y tráiler.

Fig. 72 Izaje de módulos prefabricados con grúa torre

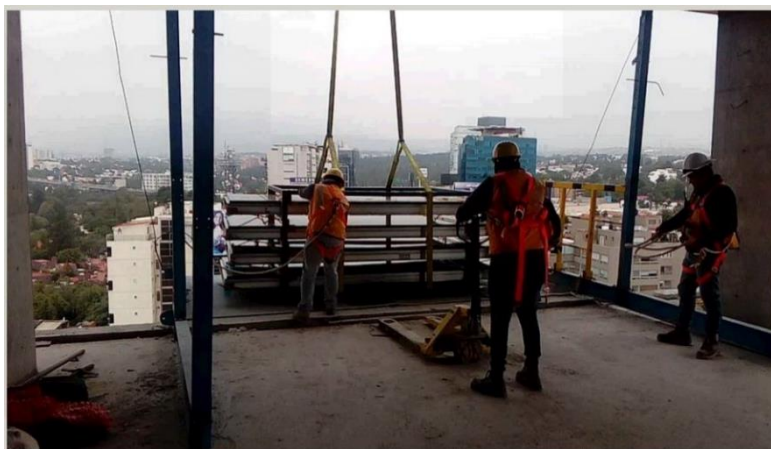


Fig. 73 Los módulos prefabricados se reciben en una plataforma apuntalada en la losa

◆ SISTEMA STICK

El sistema Stick se basa en la elaboración de módulos en obra, Primero se instala la estructura soportante, y posteriormente se instalan elementos ligeros del cerramiento, los vidrios y sellos correspondientes. Esta modalidad permite la instalación en construcciones en que las medidas de cada paño de vidrio son diferentes entre si. Se aplica principalmente a edificios de pequeña a mediana envergadura.

En este sistema la fachada se instala pieza por pieza, como primer paso se colocan los anclajes de la estructura de la losa, luego se procede con los montantes y travesaños como último paso se colocan los vidrios. Un detalle muy importante a tener en cuenta es el cuidado del plomo con respecto a la estructura.

El envidriado se ejecuta por el exterior, estando adherido al módulo por un perfil-marco bastidor de aluminio con silicón estructural. La principal ventaja de este método es la economía y la flexibilidad, la propia metodología transfiere tareas de taller a la obra, en consecuencia, requiere de continuos controles de obra. Ver imagen siguiente

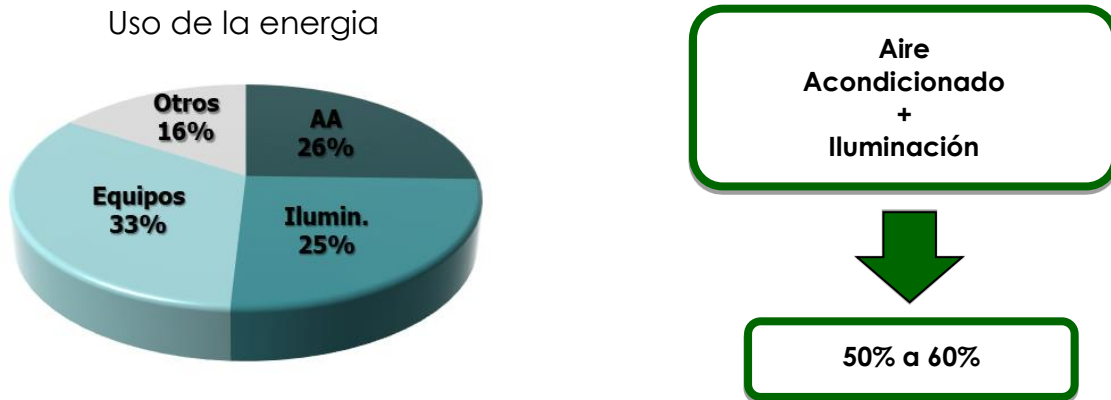


Colocación de estructura soportante y vidrios en obra

6.4 CONSUMO DE ENERGIA EN EDIFICIOS

Hasta la mitad del consumo de energía en edificios comerciales puede ser afectado según el tipo de vidrio usado en las fachadas.

En el siguiente diagrama se representa el uso de energía

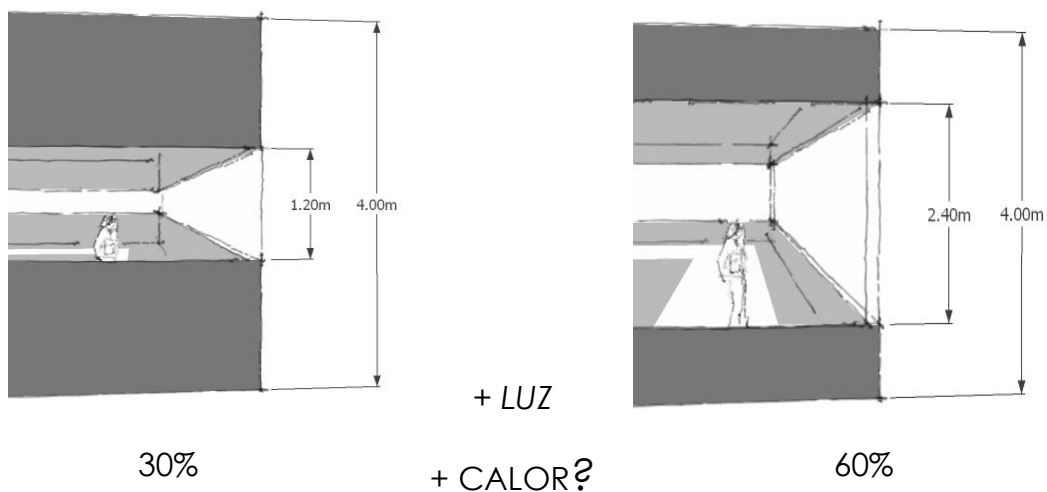


A continuación, se hará el estudio de un caso por simulación para entender más a detalle la importancia del vidrio en relación con la energía.

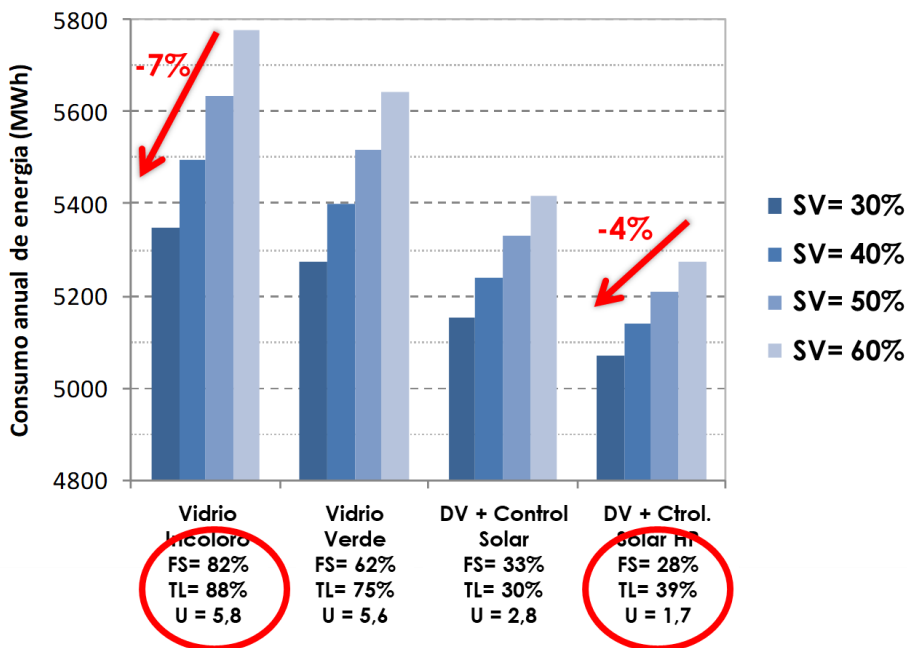
Hare la comparación entre dos modelos con un área de superficie vidriada (SV) muy diferente: 30% frente a 60%.

Se observa cuánto el edificio está más "cerrado" con la mitad del área de la ventana del otro modelo, representado en la figura 74, según SV nos proporcionan más luz pero es directamente proporcional al calor?, será motivo del análisis de la gráfica 1

Fig. 74 Superficies vidriadas al 30% y 60%

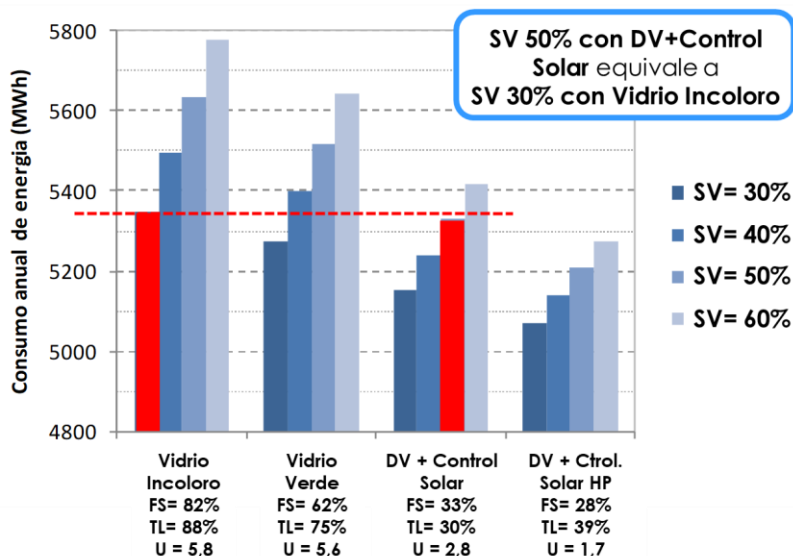


Gráfica 1. Simulación de luz y calor para 4 tipo de vidrios



Estos son algunos resultados de la simulación para los 4 tipos de vidrio analizados. Hay una reducción del 7% en el consumo anual de energía al reducir el área de la ventana del 60% al 30% en los modelos que utilizan vidrio incoloro común. Por supuesto, para aquellos modelos con mejor vidrio, en este caso el doble vidrio, el ahorro con la reducción de la zona de la ventana es mucho menor, 4%.

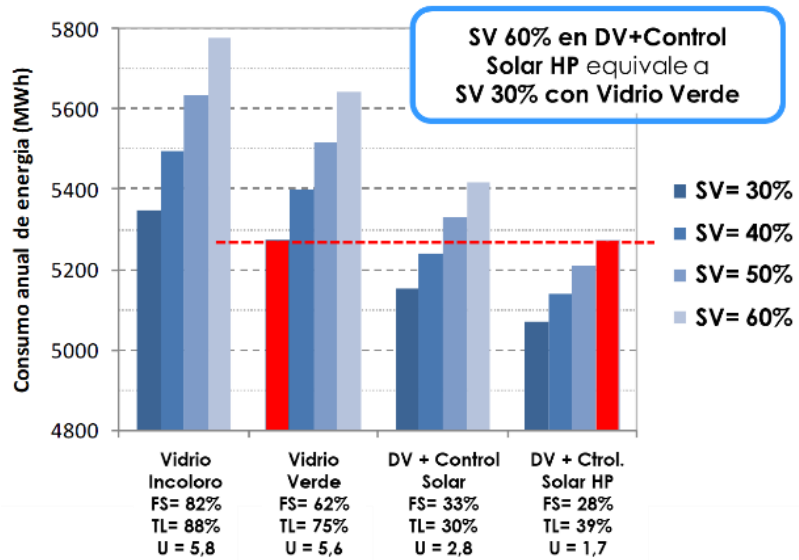
Tomando en cuenta la gráfica anterior analizaremos la gráfica 2 y 3



Gráfica 2. Análisis de gasto de energía

La gráfica 2 nos indica que un vidrio sin proceso (incoloro) nos hace gastar la misma energía, que un vidrio doble que ofrece más luz y menos calor

Gráfica 3. Análisis de gasto de energía



En la gráfica 3 podemos observar que, aun cambiando el color del vidrio (verde) nos hace gastar la misma energía, que un vidrio doble high performance que ofrece más luz y menos calor.

Conclusión de la simulación:

Al utilizar un vidrio doble con control solar se tienen los siguientes beneficios:

- ✧ Certificaciones y etiquetado que exigen un desempeño elevado
- ✧ Aumentar el ahorro de energía
- ✧ Reducir emisiones de CO₂
- ✧ La envolvente puede representar hasta el 50% de la carga de energía

Al seleccionar una especificación adecuada de vidrio permite garantizar un elevado desempeño térmico por:

- ✧ Mayor Transmisión de luz
- ✧ Menor Factor solar
- ✧ Eficiente aislación térmica

CERTIFICACION LEED EN EDIFICIOS

LEED (sigla de Leadership in Energy & Environmental Design) es un sistema de certificación de edificios sostenibles, desarrollado por el Consejo de la Construcción Verde de Estados Unidos (US Green Building Council). Fue inicialmente implantado en el año 1993, utilizándose en varios países desde entonces.

Se compone de un conjunto de normas sobre la utilización de estrategias encaminadas a la sostenibilidad en edificios de todo tipo. Se basa en la incorporación en el proyecto de aspectos relacionados con la eficiencia energética, el uso de energías alternativas, la mejora de la calidad ambiental interior, la eficiencia del consumo de agua, el desarrollo sostenible de los espacios libres de la parcela y la selección de materiales.

La certificación, de uso voluntario, tiene como objetivo avanzar en la utilización de estrategias que permitan una mejora global en el impacto medioambiental de la industria de la construcción.

LEED es un sistema de puntuación en el cual las edificaciones obtienen puntos LEED por satisfacer criterios específicos de construcción sostenible.

En cada una de sus categorías, los proyectos deben satisfacer determinados pre requisitos y ganar puntos o créditos LEED. Las cinco categorías son:

- ✧ Sitios sostenibles (SS)
- ✧ Ahorro de agua (WE)
- ✧ Energía y atmósfera (EA)
- ✧ Materiales y recursos (MR)
- ✧ Calidad ambiental de los Interiores (IEQ).

Una categoría adicional, Innovación en el diseño (ID), atiende la pericia de la construcción sostenible, así como las medidas de diseño que no están cubiertas dentro de las cinco categorías ambientales anteriores.

El número de puntos obtenidos por el proyecto determina el nivel de certificación LEED que el proyecto recibirá. La Certificación LEED está disponible en cuatro niveles progresivos de acuerdo con la siguiente escala:

- ✧ certificado (LEED Certificate) – 40 a 49 puntos
- ✧ plata (LEED Silver) – 50 a 59 puntos
- ✧ oro (LEED Gold) – 60 a 79 puntos
- ✧ platino (LEED Platinum) – 80 o más puntos, de los 6 créditos de prioridad.

Existe una base de 100 puntos; además de 6 posibles puntos en Innovación en el diseño y 4 puntos en Prioridad regional.

Creditos de certificacion LEED

- ✧ Ubicación y Transporte (16 puntos)
- ✧ Sitios sostenibles (10 puntos)
- ✧ Uso Eficiente del Agua (10 puntos)
- ✧ Energía y Atmósfera (35 puntos) - Debe cumplir con los requerimientos mínimos del Standard ASHRAE 90.1-2007 para un uso eficiente de la energía que utilizamos en nuestros proyectos, para esto se debe demostrar un porcentaje de ahorro energético (que va desde el 12 % al 48 % o más) en comparación a un caso base que cumple con el estándar. Además, se debe asegurar en esta categoría un adecuado comportamiento de los sistemas del edificio a largo plazo. Ver Fig. 75

- ◇ Materiales y Recursos (14 puntos)
- ◇ Calidad Ambiental Interior (15 puntos)
- ◇ Innovación en el diseño (6 puntos)
- ◇ Prioridad Regional (4 puntos)

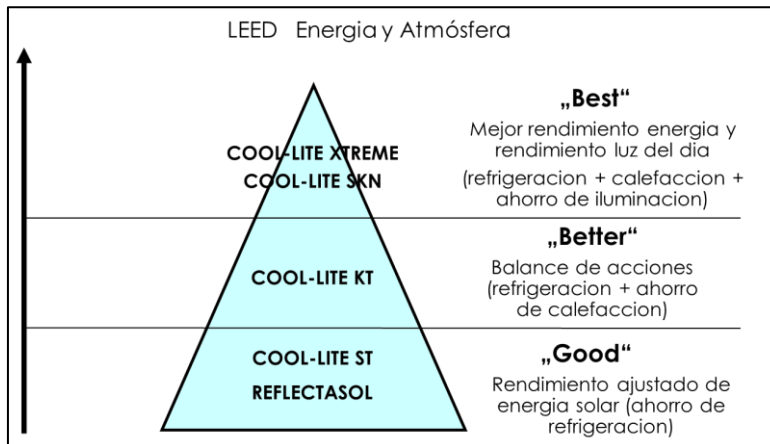


Fig.75 Ejemplo de vidrios que pueden aportar puntos para una certificación LEED, hasta 35 puntos.

Beneficios de la certificación;

La certificación LEED es la validación por parte de terceros del rendimiento de una construcción. Los proyectos certificados LEED combinan el rendimiento ambiental, económico y el rendimiento orientado a los ocupantes. Estas construcciones son menos costosas de operar y mantener, ahorran agua y energía. Además, tienen tasas más altas de arrendamiento que los edificios convencionales en sus mercados, son más saludables y seguras para los ocupantes y son una representación física de los valores de las organizaciones que las poseen y las ocupan. En la tabla 10 podemos observar los países se preocupan por el medio ambiente y han obtenido certificaciones.

Tabla 10 Países con más certificaciones (dato Dic 2018)

Lugar	País	Num de proyectos
1	USA	33,632
2	Canada	3254
3	China	1494
4	India	899
5	Brasil	531
6	Mexico	370
7	Turquia	337
8	Alemania	327
9	España	299
10	Taiwan	144
11	Corea del Sur	143

Fig. 76 Torre Bancomer



Uno de los casos más recientes es el de la Torre BBVA Bancomer de Ciudad de México, (Ver Fig. 76) que ha obtenido el certificado LEED Platino hace apenas dos semanas gracias a la incorporación de criterios sostenibles y de alta eficiencia en su funcionamiento y mantenimiento. La torre Bancomer se convierte así en el único edificio en México de más de 230 de altura en obtener dicho reconocimiento.

La certificación LEED -Liderazgo en Energía y Diseño Ambiental, por sus siglas en inglés- fomenta el diseño y la construcción de edificios sostenibles, siendo la de la categoría BD+C (diseño y construcción de edificios) una de las más complejas de obtener, ya que considera desde los materiales utilizados en la construcción, el uso eficaz de los recursos, como el agua y el consumo de energía, hasta los aspectos finales de calidad de vida y confort en el interior del edificio.

El compromiso del grupo BBVA con el medio ambiente, la sociedad y sus empleados se demuestra con sus 14 inmuebles con certificación LEED en el mundo, de los cuales tres cuentan con el sello plata, 10 ostentan el sello oro y ahora la Torre BBVA Bancomer con el sello platino.

BBVA movilizará 100,000 millones de euros hasta 2025 para luchar con el cambio climático e impulsar el desarrollo sostenible. Ver Fig. 77

Compromiso 2025

Estrategia de cambio climático y desarrollo sostenible de BBVA



Financiar

Ayudaremos a crear la **movilización de capital** para frenar el cambio climático y conseguir los Objetivos de Desarrollo Sostenible

€100.000
MILLONES
MOVILIZADOS

- Financiación verde
- Infraestructuras sostenibles y agribusiness
- Inclusión financiera y emprendimiento



Gestionar

Gestionaremos nuestros riesgos ambientales y sociales para **minimizar los potenciales impactos negativos directos e indirectos**

70%
ENERGÍA
RENOVABLE
68%
REDUCCIÓN
EMISIONES
DIRECTAS

- Transparencia en la exposición a combustibles fósiles
- Alineamiento con el escenario de 2°C para 2050
- Normas sectoriales en minería, energía, agribusiness e infraestructura



Involucrar

Involucraremos a todos los grupos de interés para **impulsar de forma colectiva** la contribución del sector financiero al desarrollo sostenible

COLABORACIÓN
ACTIVA

- Implementación de las recomendaciones TCFD para 2020
- Educación y educación financiera
- Promoción del modelo de Banca Responsable en la industria

Nuestro propósito: poner al alcance de todos las oportunidades de esta nueva era

Fig. 77 Compromisos BBVA

CONCLUSIONES

El vidrio es terreno abonado a la investigación y desarrollo de nuevas aplicaciones. En el capítulo 2 pudimos observar la gran controversia que existe acerca de su definición, su estado en temperatura ambiente o su estructura interna. La averiguación de esta última característica podría permitirnos elaborar nuevos materiales, como el metal vidriado, que revolucionaría la construcción debido a su ligereza y resistencia. Sin embargo, la comunidad científica no ha resuelto una teoría que sea mayoritariamente aceptada. Por lo tanto, si bien la composición del vidrio es plenamente conocida, su ordenación estructural, definición y naturaleza, es todavía motivo de polémica. En cuanto a la evolución histórica y su origen, probablemente asociado a la metalurgia, cabe resaltar su antiquísimo pasado, siendo originariamente pieza de lujo hasta convertirse, gracias a la industria, en material habitual en cualquier hogar. Si tenemos que resaltar algún aspecto relativo a su fabricación, este sería su complejidad. Si bien es cierto que en un principio puede parecer un proceso relativamente sencillo, sin embargo, la sensibilidad en la composición que presenta el material, la dificultad de una fusión plenamente homogénea, un moldeo que proporcione el grosor deseado y un enfriamiento escalonado e igual en cada parte de la pieza, convierte la fabricación del vidrio en un juego de cifras y parámetros. Deteniéndonos en las tipologías del material podemos apreciar su versatilidad y capacidad de adaptarse a los diferentes requisitos que se le exijan. Sus aplicaciones, generalmente en el sector del aislamiento acústico y el control solar, no hacen más que crecer y la sensibilización de la sociedad en cuanto al ahorro energético, así como la implantación de nuevas normativas que apuntan en esa dirección, fomentan que ese desarrollo se consolide debido a la alta demanda del mercado. Diversos sistemas, que utilizan al vidrio como elemento principal, se encaminan a tomar ese rumbo y, no solo eso, sino que en paralelo se siguen investigando y elaborando nuevos productos. En definitiva, el vidrio se sitúa, en la actualidad, como material de vanguardia en el mundo de la construcción, siendo impensable un futuro de esta que no pase por la mejora y desarrollo del vidrio, sus sistemas y el incremento de sus aplicaciones

La variedad de usos que se le ha encontrado solamente está limitada por la capacidad y el ingenio del hombre. Su versatilidad es difícilmente sustituible, por lo que su estudio se vuelve más interesante

La constitución de los vidrios al ser investigada más a fondo se presta a buscar nuevos elementos los cuales agreguen propiedades específicas que cumplan con requerimientos exigidos por el avance de la tecnología

Las estructuras de los vidrios tratados durante todo el trabajo dejan en claro la variedad de elementos que pueden ser utilizados para conseguir el material deseado y nos dan idea de la presencia en la naturaleza que tienen estos materiales que a simple vista los consideramos todos iguales, pero sus usos diferentes entre ellos gracias a las modificaciones hechas tanto por agregado como por disminución de elementos a las mismas

Las aplicaciones de los vidrios son extensas e importantes, y no se reducen a el hecho de ocuparlo en las ventanas, las diversas composiciones que puede tener un vidrio nos abren una gama de opciones para usos que nos convengan, como fue demostrado en esta tesis, podemos tener una reducción significativa en costos y consumo de energía

Como punto importante en esta finalización del trabajo es recalcar el hecho de que no existen muchos datos e información abierta a las personas sobre este tema, por lo que esta investigación será útil para quien la analice, pues contiene datos necesarios para comprender todo acerca de los vidrios, composición, propiedades, comportamiento, espectrofotometría, aportaciones ambientales y el porqué de los usos que le damos en la industria de la construcción, haciendo cumplir los objetivos de esta tesis.

BIBLIOGRAFIA

- ✓ "Breve historia de las aplicaciones del vidrio plano en la construcción". Cortés Pizano Fernando. Revista del Vidrio Plano, núm. 64, pp. 1019. 2001.
- ✓ The History of Glass. Crescent Books. Klein Dan, Lloyd Ward. New York 1989.
- ✓ Manual del Vidrio, Saint-Gobain Glass
1era. Edición, 2002, Plazola Editores. Fig 12, tabla 3, 4, 5, 6 y 7
- ✓ El Vidrio
Maritza Vilca el Dec 17, 2011
- ✓ Timoshenko Resistencia de Materiales". J.M. Gere. / Edit. Thomson
- ✓ "Mecánica de Materiales". F.P. Beer, E.R. Johnston, J.T. DeWolf, D.F. Mazurek. / Edit. McGraw Hill
- ✓ Ortiz Berrocal, L., *Elasticidad*, McGraw-Hill, 1998, [ISBN 84-481-2046-9](#).
- ✓ Historia antigua, temas científicos
Enciclopedia de la ciencia y la tecnología (CODEX) fabricación de vidrio
La historia del vidrio, volumen 1
- ✓ González T. C. Cristal Cortado y Cristalería Artística. Edit. Banco de México. Oficina de Investigaciones Industriales núm. 38, 1953.
- ✓ Cortés Pizano Fernando. "Breve historia de las aplicaciones del vidrio plano en la construcción". Revista del Vidrio Plano, núm. 64, pp. 1019. 2001.
- ✓ Centro Nacional del Vidrio. Vidrio de la Granja. Real Fábrica de la Granja San Ildefonso. Edit. Ministerio de Cultura. Dirección de Bellas Artes y Archivos Mondadori. España. 1988.
- ✓ Drahotova Olga. El arte del vidrio en Europa. Edit. Libsa. Madrid 1990.
- ✓ Klein Dan, Lloyd Ward. The History of Glass. Crescent Books. New York 1989.
- ✓ Pastor Rey de Viñas Paloma. Historia de la Real Fábrica de Cristales de San Ildefonso durante la Época de la Ilustración (1727-1810). Edit. Fundación Centro Nacional del Vidrio. Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Patrimonio Nacional. España. 1994.
- ✓ Cousins, M., *20th Century Glass*, Chartwell Books, Nueva Jersey, 1989.
- ✓ Drahotová, O., *El arte del vidrio en Europa*, Libsa, Madrid, 1990.
- ✓ Hammersfahr, J. E. y C. L. Stong, *Creative Glass Blowing*, W. H. Freeman, San Francisco, 1968.
- ✓ Harrison, H. (comp.), *Glass. Source Book*, Chartwell Books, Nueva Jersey, 1990.
- ✓ López, T., J. Méndez y L. Herrera, "Vidrios", *Contactos*, Nueva Época, 7, 1992.
- ✓ Morey, G. W., *The Properties of Glass*, Reinhold Publishing, Nueva York, 1954.
- ✓ Uhlmann, D. R. y N. J. Kreidl (comps.), *Glass Science and Technology*, vol. 1, Academic Press, EUA, 1983.
- ✓ Wheeler, F. L., *Scientific Glassblowing*, Interscience Publishers, EUA, 1958.
- ✓ Programa Integración de Tecnologías a la Docencia, Vicerrectoría de Docencia, Universidad de Antioquia, Martha zapata, Medellín – Colombia 2010

- ✓ Universidad de Concepción Chile, el vidrio en la construcción sustentable, Virginio Gómez
- ✓ Castells, Xavier Elías (10 de octubre de 2012). *Residuos vitrificables: Reciclaje de residuos industriales*. Ediciones Díaz de Santos. ISBN 9788499693774. Consultado el 2 de marzo de 2018.
- ✓ Mesomorfo: Estado de la materia intermedio entre un sólido y un líquido
- ✓ Navarro, José María Fernández (2003). *El vidrio*. Editorial CSIC - CSIC Press. ISBN 9788400081584. Consultado el 2 de marzo de 2018.
- ✓ Philip Gibbs. «Is glass liquid or solid?». Consultado el 21 de marzo de 2007.
- ✓ Philip Gibbs, *Glass Worldwide*, (May/June 2007), pp. 14-18

- ✓ Coeficientes para el cálculo de propiedades del vidrio (cuadro)
- ✓ *Pascal Chartier, Saint Gobain Glass, France*
- ✓ *Carlos Henrique Mattar. CEBRACE, Brazil*
- ✓ Historia Invisible, el fascinante relato de cómo el vidrio cambió el mundo 9 oct 2006 de Alan Macfarlane y Gerry Martin (Autores)
- ✓ Universidad Nacional Autónoma de Honduras, Nuevas herramientas como espectrofotómetros de transformada de Fourier, espectrofotómetros de absorción atómica, espectrofotómetros de emisión
- ✓ Bovea Edo, María Dolores (2013). «Capítulo 3. Evaluación de impacto ambiental». Gestión ambiental en la empresa. Legalización, puesta en marcha y explotación
- ✓ Guía del Hábitat Ecológico para la Bioconstrucción (edición 2007). EcoHabitar. p. 232.
- ✓ Acosta, Wladimiro. 1976. Vivienda y Clima. Ediciones Nueva Visión. Buenos Aires.
- ✓ Bedova, César. 1982. Las Energías Alternativas. Colegio oficial de Arquitectos de Madrid.
- ✓ Billington, N.S. 1952. Thermal Properties of Building. Cleaver-Hume Press Ltd
- ✓ Clark, William H. 1998. Análisis y gestión energética de edificios.
- ✓ CAVIPLAN
Cámara del Vidrio Plano y sus Manufacturas de la República Argentina, Ing Carlos Pearson
- ✓ El vidrio para la construcción, Ing Ligia Ma. Velez M.
- ✓ Historia del vidrio, Pablo Solis Nov 24 2009.

MESOGRAFIA

- <https://es.scribd.com/doc/75935782/Tema5-VIDRIO>. Fig 1, tabla 1
- <https://es.scribd.com/document/23054765/CAPITULO-1-Historia-Del-Vidrio>. Fig. 2
- <https://elcuarzorosa.com/obsidiana/obsidiana-roja-propiedades-usos/> Fig. 3
- <https://navegantecalfornio.wordpress.com/2015/03/10/obsidiana-negra-obsidian-black-arrowhead-spear-head-puntas-de-flecha/> Fig. 4
- <https://es.wikipedia.org/wiki/Vidrio> Fig 6 y 7
- <https://es.wikipedia.org/wiki/Cuarzo> Fig 8
- <https://conceptodefinicion.de/diamante/> Fig. 9
- <http://adriangonzalez-eaf.blogspot.com/2012/05/el-vidrio.html> Fig. 10
- http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen3/ciencia3/137/html/sec_6.html Fig. 11
- https://html.rincondelvago.com/vidrios_1.html Fig. 13, tabla 2
- http://www.sapiensman.com/medicion_de_temperatura/ Fig. 14
- http://www.cristalyvidrio.com/wp-content/uploads/2014/06/DSC_9040.jpg Fig. 15 y 16
- <http://pa.bibdigital.uccor.edu.ar/1382/1/TF%20ING.IND344%20%2B%20ANEXOS.pdf> diagrama 1
- <https://www.maquinariainternacional.com/autoclaves-para-vidrio-laminado-akarmak/> Fig. 17
- <http://www.cerramientosmeyer.com.ar/vidrios-laminados/>
- <http://www.astiglass.com/productos-vidrios-de-seguridad/> Fig. 18
- <http://www.cerramientosmeyer.com.ar/vidrios-laminados/>

- <https://articulo.mercadolibre.com.pe/MPE-429023190-tableros-de-vidrio-variedad-de-modelos- JM?quantity=1> Fig. 19
- <http://www.seycaconstrucciones.com.mx/pages/barrenos.html> Fig. 20
- <http://www.fortavidrio.com/ws/barrenos-y-resaques/> Fig. 21
- <https://www.vidrioperfil.com/es/home-espana> Fig. 22
- <http://mrdomingo.com/2011/10/04/breve-historia-del-vidrio/> Fig. 23
- <https://www.lacristaleriadevalladolid.es/vidrio/vidrio-de-camara-valladolid> Fig. 24
- <https://www.vidrihogar.es/badajoz/tag/confort/> Fig. 29 y 30
- <https://www.vitrogenera.com.mx> Fig. 25, 26, 27, 28, 31, 34, 35
- https://www.youtube.com/watch?v=c_A7sPBn4Sw Fig. 32 y 33
- <https://www.youtube.com/watch?v=uRplNXzPbzE> Fig. 36 y 38
- <https://vidrioweb.me/el-factor-solar/> Fig. 37
- www.cristalyvidrio.com Fig. 39
- <http://www.arquitecturayenergia.cl/home/el-valor-u-la-transmitancia-termica-en-edificacion/> Fig. 40
- <https://www.gerenciadeedificios.com/201902256288/noticias/empresas/top-10-de-paises-con-mayor-cantidad-de-proyectos-leed-en-2018.html> Tabla 10
- <https://www.pinterest.com.mx/> Fig. 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52
- <https://www.arrevol.com/blog/5-claves-a-tener-en-cuenta-para-cambiar-elegir-las-ventanas-de-tu-vivienda> Fig. 53 y 54
- <http://www.herralum.com.mx/familia/herrajes-para-fachada/78> Fig. 55 y 56
- <https://www.pinterest.nz/pin/337558934547618379/?lp=true> Fig. 57
- <http://www.bruken.com.mx/CatalogoenLinea/tabid/75/CategoryID/59/List/0/Level/a/ProductID/363/language/es-MX/Default.aspx> Fig. 58, 59, 60, 61
- <https://www.vitrum.es/storage/post/aranaspdf> Fig. 62
- <http://grupocubica.com/producto/6/fachadas-de-cristal-templado> Fig. 63 y 64
- <https://pueblac.anunciosya.com.mx/fotos/G584> Fig. 65
- <https://solaire.com.sv/producto/sistema-spider/> Fig. 66
- <https://www.riventi.net/tipos-de-muro-cortina/> Fig. 67 y 68
- <https://www.archdaily.mx/mx/02-77161/en-detalle-muro-cortina/dsc00954> Fig. 69
- <https://slideplayer.es/slide/3435577/> Fig. 41, 74, 75 y grafica 1, 2 y 3
- <https://blog.structuralia.com/que-es-exactamente-la-certificacion-leed> Fig. 76
- <https://www.bbva.com/es/bbva-movilizara-100-000-millones-euros-2025-luchar-cambio-climatico-impulsar-desarrollo-sostenible/> Fig. 77
- <https://www.gerenciadeedificios.com/201902256288/noticias/empresas/top-10-de-paises-con-mayor-cantidad-de-proyectos-leed-en-2018.html> Tabla 10