

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CATALUÑA  
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE ARQUITECTURA DE BARCELONA



Trabajo de Fin de Máster  
**APLICACIONES DEL VIDRIO OPALINO PARA  
REVESTIMIENTO DE PARAMENTOS**

Trabajo final para optar por el título de máster

TECNOLOGÍA EN LA ARQUITECTURA  
CONSTRUCCIÓN ARQUITECTÓNICA - INNOVACIÓN TECNOLÓGICA

Sustentante:  
ENMANUEL JOSE PEREZ PEREZ, ARQUITECTO

Tutor:  
JOAN LLUIS ZAMORA MESTRE, DOCTOR ARQUITECTO

BARCELONA, 2015



A Dios, Creador y Arquitecto Divino

A mis padres,  
Por su constante dedicación y aliento  
A mi hermana, siempre presente.

A mis familiares, y amigos  
Por siempre darme una razón para continuar.

A mis profesores y compañeros de Máster  
Por acompañarme en esta provechosa travesía.





## INDICE

RESUMEN.....	8
ABSTRACT.....	9
DELIMITACION DEL CAMPO.....	10
OBJETIVOS.....	11
INTRODUCCION.....	12
ANTECEDENTES.....	14
CAPITULO I.....	20
EL VIDRIO OPALINO.....	20
1.1 El vidrio.....	20
1.2 El Vidrio Opalino.....	21
1.3 Clasificación de los vidrios opales según la naturaleza de la fase opalizante.....	22
1.3.1 Vidrios opalizados por dispersión de partículas microcristalinas de diversa génesis.....	22
1.3.2 Vidrios opalizados por inmiscibilidad de fases liquidas.....	22
1.4 Fabricación del vidrio opalino.....	23
1.4.1 Materias Primas y Composición.....	23
1.5 Defectos del vidrio.....	24
CAPITULO II.....	25
El vidrio Opalino como Material de Revestimiento.....	25
2.1. Revestimiento de paramentos.....	25
2.2 Aplicaciones del Vidrio Opalino como Material de Revestimiento.....	25
2.3 Productos de vidrio opalino para revestimientos.....	26
2.3.1 Mosaicos Vítreos.....	26
2.3.2 El Trencadis.....	27
2.4 Situación Industrial.....	28
2.4.1 Escala de producción.....	28
2.4.2 Situación Industrial.....	28
2.5 Proceso Productivo.....	30
2.6 Perfil Ambiental.....	32
CAPITULO III.....	34
Propiedades y Prestaciones de los Revestimientos vítreos.....	34
3.1 Propiedades de los revestimientos de vidrio.....	34
3.1.1 Propiedades Físicas.....	34

3.2 Propiedades Químicas.....	36
3.3 Prestaciones de los revestimientos en vidrio .....	36
3.3.1 Comportamiento frente al fuego .....	36
3.3.2 Aislamiento Acústico.....	37
3.3.3 Aislamiento Térmico .....	38
3.3.4 Resistencia de los colores a la luz .....	38
CAPITULO VI.....	39
Puesta en Obra.....	39
4.1 La Puesta en Obra .....	39
4.2 Paramentos.....	40
4.3 Materiales de agarre.....	41
4.3.1 El Fenómeno de la adherencia.....	41
4.3.2 Tipos de adhesivos .....	42
4.3.4 Ensayos de adherencia.....	44
4.4 Juntas de Alicatado .....	45
4.4.1 Juntas de Colocación.....	45
<i>Materiales de rejuntado.....</i>	45
4.5 Técnicas de Colocación .....	48
4.6 Operaciones de alicatado.....	50
4.7 Patologías de la puesta en obra .....	53
4.8 Mantenimiento y Limpieza .....	55
Capítulo III.....	57
Utilización Arquitectónica.....	57
3.1 Dimensión y aspecto .....	57
3.2 Repertorio expresivo.....	58
3.3 Posibilidades de comunicación .....	60
3.4 Obras de referencia .....	62
Arquitectura Interior .....	62
Arquitectura Exterior .....	63
CONCLUSIONES.....	67
ANALISIS DAFO.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
REFERENCIAS.....	70

## RESUMEN

El empleo de vidrios opales en el ámbito arquitectónico, específicamente como material de revestimiento, data desde tiempos antiguos, destacándose en las civilizaciones romana y bizantina, como una aplicación de carácter más bien decorativo. Estas primeras formas de aplicación, fueron evolucionando a principios de s. XX en productos para revestimientos arquitectónicos de gran interés, aunque aquellos que implicaban elementos a mayor escala no alcanzaron un éxito comercial que les permitiera perdurar hasta hoy.

El Vidrio Opalino, se caracteriza por dar lugar a una visibilidad nula y permiten la obtención de un amplio rango de colores. Su aplicación arquitectónica más extendida es la de piezas de pequeñas dimensiones, -mosaicos vítreos- para alicatado de paramentos. De este producto analizamos sus propiedades como material de revestimiento, normativas, puesta en obra, así como la producción industrial.

En su aplicación al ámbito arquitectónico de los revestimientos, presenta muy prestaciones dadas las propiedades intrínsecas del vidrio, lo cual le constituye en un producto de interés en el mercado de los alicatados. Sin embargo, su desarrollo se ha visto limitado al formato de piezas pequeñas, buscando una mejor adaptación ante los inconvenientes de adherencia y fragilidad que presenta el vidrio material de alicatado.

Destaca su producción a partir de vidrios 100% reciclados, logrando gran economía de recursos y sobre todo un positivo impacto ambiental. Así como su ámbito de producción que abarca tanto a nivel artesanal como industrial.

Tras la revisión de estos aspectos, planteamos como conclusiones las Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas que enfrenta este material, a fin de enfocar a través de estas el panorama actual y el planteamiento de líneas de acción para el mismo.

Las inquietudes acerca de la resistencia mecánica de estos vidrios, nos lleva a participar en el desarrollamos de un básico ensayo no destructivo, como una aproximación a las propiedades mecánicas de los vidrios opales.

**PALABRAS CLAVE:** Vidrio opalino – Revestimientos de paramentos –Alicatados –Mosaicos de vidrio.



## ABSTRACT

The use of opal glasses in the field of architecture, specifically as a cladding material, dates from ancient times, since the Roman and Byzantine civilizations. These ancient applications, of rich decorative character, evolved in early 20s to architectural products coatings of great interest, although those products of a large scale did not achieve commercial success that allowed them to endure to this day.

The opal glass, features result in zero visibility and can achieve a wide range of colors. Its most widespread architectural application is the production small pieces, -glass mosaics- to tile walls. From this product we analyze their properties as a cladding material, regulations, commissioning work as well as industrial production.

In its application to the field of architectural cladding, it has very good performance given the intrinsic properties of the glass, what makes it a product of interest in the market. However, its development has been limited to small format pieces, in an effort to adapt to the restrictions that impose its drawbacks of adhesion and fragility, characteristic of the glass material.

It highlights its production from 100% recycled glass, achieving great economy of resources and above all a positive environmental impact. His production includes a wide range from artisanal to industrial level.

After reviewing these issues, we propose as conclusions an analysis of the Strengths, Weaknesses, Opportunities and Threats that faces this material, in order to address these through the current outlook and approach lines of action for the same.

Concerns about the strength of these glasses, leads us to participate in the development of a basic non-destructive testing method as an approach to comprehend the mechanical properties of opal glasses.

KEYWORDS: Opal glasses -Wall Cladding –Glass Mosaic.

## **DELIMITACION DEL CAMPO**

Al hablar de vidrio opalino, nos referimos a aquellos vidrios en cuya masa se agregan una serie de partículas que provocan la dispersión de una considerable cantidad de luz a través de ellos dando lugar a una visibilidad esencialmente nula. Así hacemos la distinción respecto a otros tipos de vidrio opacificados en superficie, como son los lacados, mateados, impresos, etc. que no forman parte de este estudio.

Analizamos vidrio opalino como material y su desempeño como material de revestimiento, específicamente en el ámbito de los revestimientos de paramentos verticales, tanto interiores como exteriores, excluyendo los pavimentos, así como revestimientos especiales, como es el caso de las piscinas.

Si bien, este material ha sido experimentado en productos de revestimiento en grandes formatos, - como aplacados de fachadas-, en este trabajo nos centraremos en las aplicaciones de pequeñas dimensiones, mosaicos vítreos para alicatados, dado que constituyen el producto de vidrio opalino que ha perdurado comercialmente, habiendo adquirido un mayor auge y difusión comercial en los últimos años.

## OBJETIVOS

### OBJETIVO GENERAL

Realizar un estudio que nos permita obtener una visión general sobre las aplicaciones del vidrio opalino como material de revestimiento de paramentos verticales. Partiendo de sus antecedentes históricos, definición del vidrio opalino como material y descripción de los productos de vidrio para revestimiento, destacando sus características, las propiedades, fabricación, así como su puesta en obra y utilización arquitectónica.

### OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Establecer los antecedentes y desarrollo histórico de las aplicaciones del vidrio opal como material de revestimiento.
- Estudiar el vidrio opalino como material, conociendo sus características, fabricación, materias primas, etc.
- Documentar la oferta actual de productos de vidrio opalino para revestimientos, sus características, normativas y propiedades, empresas fabricantes y puesta en obra.
- Destacar el papel de los revestimientos de vidrio opalino en la obra arquitectónica.
- Establecer conclusiones y líneas de acción acorde con lo aprendido sobre el material y sus aplicaciones.

## INTRODUCCION

El vidrio es un material de construcción que ha logrado un gran auge gracias a una característica distintiva con relación a los demás materiales, la transparencia. Así el gran auge del uso del vidrio en la construcción se debe fundamentalmente a su cualidad de transparencia, que permite el paso de la luz así como la interacción visual con el exterior, mientras su uso, haciendo un aprovechamiento lógico de esta cualidad, se enfoca al ámbito de los cerramientos, constituyendo un elemento casi indispensable en la arquitectura actual.

Al trabajar el tema del Vidrio Opalino planteamos líneas de desarrollo alternas para el vidrio como material tanto en cuanto sus propiedades ópticas, al plantear la opalescencia en contraposición con la transparencia, y por vía de consecuencia en su aplicación arquitectónica, al plantearla como material de revestimiento de paramentos opacos.

Las primeras formas del vidrio fueron opales, y los primeros usos arquitectónicos fueron los de material de revestimiento. La milenaria técnica del mosaico, y su versión más reciente, el trencadís, permitieron en su momento demostrar las cualidades decorativas del vidrio opalino por su brillo y color, y aun hoy dan testimonio a través de las obras de la durabilidad y buenas propiedades del vidrio.

Por sus características y prestaciones, las mejoras en su puesta en obra, y la existencia de una oferta cada vez más pujante en un escenario dominado por los materiales cerámicos, el vidrio opalino se presenta como una alternativa real a la oferta de materiales para revestimientos arquitectónicos como alicatados.

Este escenario nos motiva en su estudio a fin de conocer su situación y aplicaciones actuales, como punto de partida para un enfoque de su situación actual y a futuro.

*Puede decirse que de todos los materiales empleados por el hombre es el vidrio el que, ya desde los albores de la Humanidad, le ha acompañado más fielmente a su paso por el mundo, permitiéndole conjugar siempre lo útil y lo bello. A lo largo de su milenaria historia, fue incorporándose a la cultura de los pueblos, entrando primero a formar parte de sus manifestaciones artísticas y contribuyendo más tarde a engrosar el acervo de sus conocimientos científicos y tecnológicos.*

*Jose M. Navarro*

## ANTECEDENTES

### *Origen de los vidrios opales*

El descubrimiento del fuego le dio acceso al hombre a las altas temperaturas y le permitió desarrollar las artesanías basadas en él: la alfarería, la metalurgia y la vidriería. Y es muy probable que como consecuencia de una de las dos primeras se obtuviera el primer vidrio como un subproducto de la fundición de metales conteniendo escorias vítreas opacas o y coloreadas, o como vitrificación accidental de uno de sus barros cocidos.

Si bien las muestras más antiguas de vidrios y vidriados se conocen se han encontrado en Egipto, se supone que estas procedían de Siria, donde se situaron las primeras manufacturas vidrieras de importancia. El arte de producir vidrio se perfeccionó alrededor del año 1500 a. C. en Egipto y Cercano Oriente.

Las primeras formas de vidrio obtenidas eran opales. Dado los rudimentarios medios de la época, solían obtenerse en forma de una pasta opaca que se moldeaba en un estado plástico altamente viscoso. El producto de fusión de esta mezcla, aunque no totalmente incoloro, lo era lo suficiente para poder tomar diferentes coloraciones que se conseguían incorporando fritas generalmente azules o verdes (Navarro, 1991).

Con fechas que datan del periodo 669-626 a.C., la biblioteca de tablillas de arcilla del rey asirio Asurbanipal contiene textos en escritura cuneiforme con formulas del vidrio, la más antigua de las cuales dice, aproximadamente: "Tome 60 partes de arena, 180 partes de plantas marinas, 50 partes de creta, y obtendrá vidrio". En esencia esta composición del vidrio contiene todos los materiales usados en las formulaciones de la actualidad, aun cuando no en las mismas proporciones (Amstock,1999).

Dado que el vidrio desarrollo su transparencia comparativamente tarde en su desarrollo, las posibilidades decorativas fueron las primeras en ser explotadas. Una tecnología del color comparable en brillo, aunque no en rango, con las formulas de producción actuales, fue desarrollada desde la antigüedad, primero como imitación de gemas y piedras desarrollada desde la antigüedad, primero como imitación de gemas y piedras preciosas y más tarde en forma de placas que podían ser fijadas a los muros interiores (Navarro, 1991)

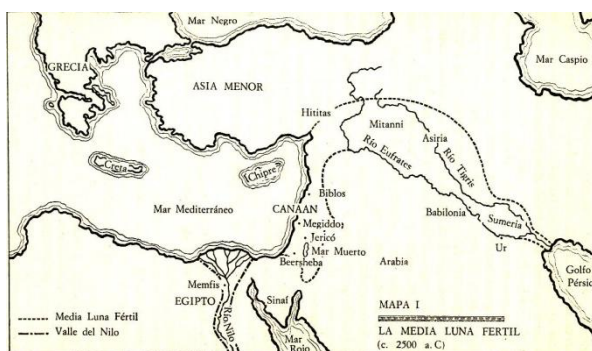


Fig. 1.-Region de la "Media Luna Fértil"  
Fuente: [www.sofiaoriginals.com/f1015a13.jpg](http://www.sofiaoriginals.com/f1015a13.jpg)

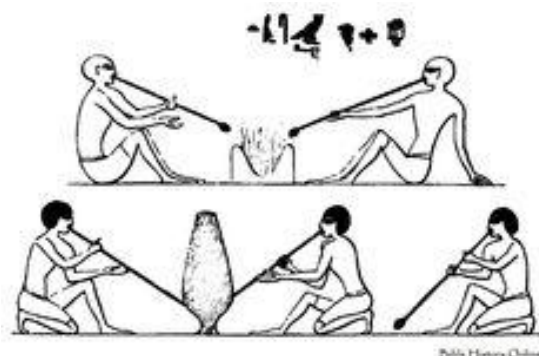


Fig. 2.-Técnica de Soplado de Vidrio en Egipto  
Fuente: [www.pinterest.com/hrhdelyna/history-egyptians](http://www.pinterest.com/hrhdelyna/history-egyptians)

### *Primeras aplicaciones arquitectónicas como material de revestimiento*

En sus más tempranos inicios consistió en la incrustación de motivos ornamentales de pequeñas piezas de vidrio coloreado o la fijación a las paredes de pequeñas placas decoradas. En este caso el vidrio era usado más bien para dar la apariencia de piedras preciosas. La adaptabilidad del vidrio fue más tarde explotada para imitar el mármol (Mc Grath & Frost, 1961).

En la antigua Roma, se abre al vidrio el camino de sus aplicaciones arquitectónicas empleándose en forma de placas para revestimientos de paredes, (cuya anticipación del vidrio opal moderno tendrá lugar más tarde). Este uso debió ser muy frecuente, según permite suponer una referencia de Seneca que afirma que «puede considerarse muy pobre quien no tiene su habitación recubierta con placas de vidrio». Era un vidrio cuya tonalidad varía entre el azul verdoso y verde amarillento, mientras su composición llama la atención por su gran semejanza con la del vidrio plano actual (Navarro, 1991).

Tras la escisión del Imperio Romano, los vidrieros bizantinos lograron un singular desarrollo artístico de la técnica de los mosaicos, desarrollando en los muros de los templos una rica decoración narrativa con el objetivo de mejorar la comunicación con los fieles (Carrascosa et al, 2004). En este sentido, las escenas representadas se dotaron cada vez de más realismo, para ello fue necesario buscar gran variedad de tonalidades de teselas. En este contexto, debido a la escasez de las materias primas como mármoles y/o piedras semipreciosas, se empezaron a emplear teselas de pasta de vidrio (CIDM, 2014). Este material era de más fácil obtención, más económico y pesaba menos que las teselas de mármol, lo que facilitó su aplicación en muros y techos (Vallespin, 2012). El procedimiento que seguían era el de aplicar una capa de cemento sobre la superficie a decorar, encima de la cual colocan pequeños trozos de vidrio, generalmente de forma cubica (teselas) que alternaban con trozos de mármol y nácar. Estas piezas se disponían sobre la superficie, según color y forma, y se realizaban principalmente sobre grandes superficies planas, como paredes, suelos o techos (Mc Grath & Frost, 1961).

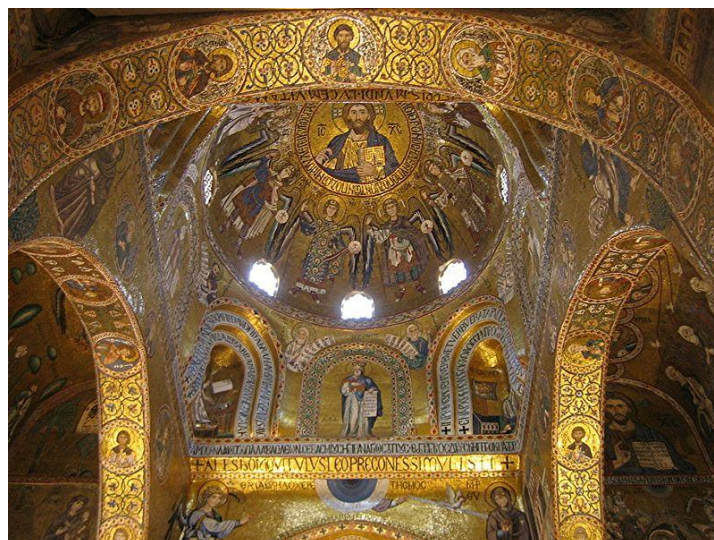


Fig. 3.- Teselas de pasta de vidrio policromizada y metalizada. Cúpula interior de la iglesia de Santa Sofía  
Fuente: <http://www.taringa.net/posts/info/1935478/El-imperio-Bizantino-Primera-Parte.html>:



Entre los siglos VII y X, cerca de Venecia se desarrollo un centro de fabricación de vidrio donde se perfeccionaron nuevas composiciones, colores, técnicas, de formado y habilidades artísticas. Los vidrieros venecianos se dedicaron principalmente a la fabricación de teselas o pequeñas piezas cubicas de vidrio para la construcción de mosaicos de estilo bizantino que, bajo la fuerte influencia de la moda arquitectónica entonces imperante, fueron profusamente empleados principalmente en Ravenna, Italia, se convirtió en el centro del arte del mosaico, realizándose grandes obras decoradas con mosaicos de altas cualidades artísticas. Muchas de ellas, como la iglesia de San Vitale (538-547 d.C), conservan todavía hoy sus mosaicos de teselas de pasta de vidrio y mármol. Después de la desaparición del Imperio Bizantino, la influencia de su estilo artístico y arquitectónico perduró en construcciones de las regiones de Venecia y Sicilia. Como en el caso de la Capilla Palatina de Palermo (1142 d.C.) o la Basílica de San Marco en Venecia (1063-1617d.C), que poseen numerosos mosaicos de estilo bizantino.

El *arte islámico*, debido a la invasión, por Bizancio, de parte de sus territorios durante del siglo VII d.C., también se vio influenciado en sus orígenes por la cultura bizantina y sus técnicas decorativas (González, 1995). De ahí que las principales obras religiosas islámicas de esa época, como por ejemplo la Cúpula de la Roca (697-691 d.C.) en Jerusalén, incorporaron revestimientos de mosaico en el interior y el exterior de la edificación propios de este nuevo estilo adquirido (Fierro, 1991).

Durante el periodo del medioevo el mosaico decorativo fue relegado a un segundo plano por la pintura. No fue hasta el periodo del *Renacimiento*, en el siglo XVI, cuando con el movimiento de recuperación de la cultura de la antigüedad, el mosaico reapareció de nuevo artísticamente (Vaccoli, 2010). El Papa Gregorio XII, inmerso en la contrarreforma, promovió la decoración interior de la Basílica de San Pedro mediante mosaicos con teselas de vidrio, con el objetivo recuperar el arte paleocristiano (Belmote et al, 2008), Lo que propició la creación de uno de los principales centros artísticos de esta técnica en la capital y condujo a su difusión por todas las cortes europeas (Vacoli, 2009).



Fig. 4.-Mosaicos del Abside de Santa Maria Assunta

Fuente: <http://www.newliturgicalmovement.org/>

Fig. 5.-Teselas de pasta de vidrio en la cupula de la Mezquita de cordoba

Fuente: <http://www.venise-tourisme.com/torcello.html>

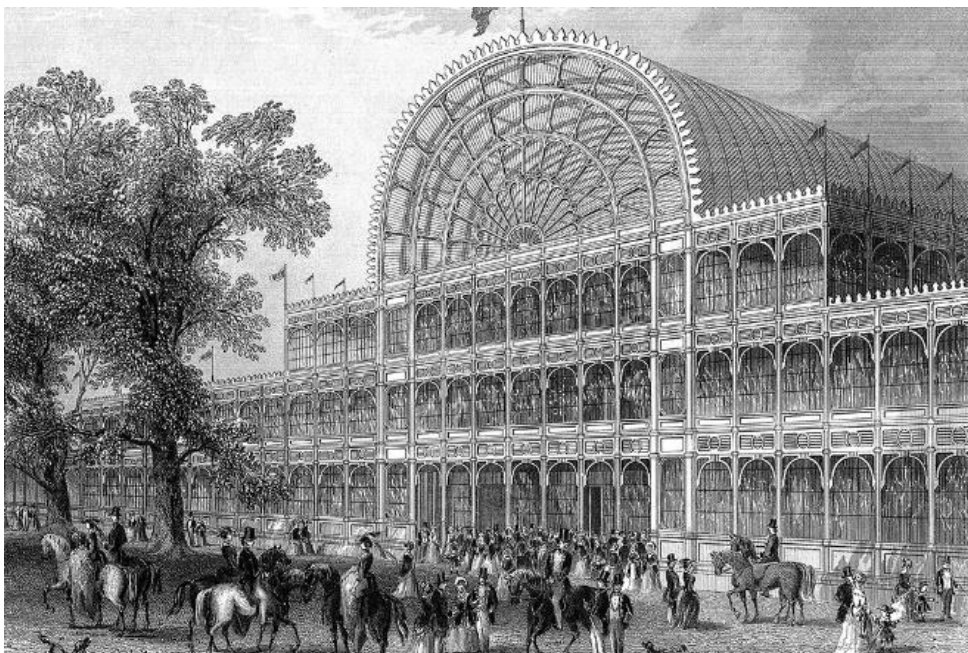


*El vidrio a partir del Siglo XVIII, su evolución tecnológica y su contribución a la ciencia*

Los siglos XVII y XVIII representan una época de afianzamiento de la industria del vidrio en el mundo. Una serie de acontecimientos dieron gran impulso a la ciencia y tecnología del vidrio y a la extensión de su fabricación (Navarro, 1991). Entre estos factores destacan la divulgación de los conocimientos que prácticamente monopolizaron los vidrieros venecianos, así como el desarrollo de factorías se multiplicaron en todo el mundo. El siglo XVII también se caracterizó por la introducción de una serie de importantes mejoras en la tecnología del vidrio y en sus procesos de fabricación con el empleo de carbón como combustible para los hornos de fusión.

A partir de la Revolución Industrial, producción a gran escala exigida por las cada vez más numerosas aplicaciones de este material, obligó a emplear grandes hornos de balsa con capacidad para la fusión de centenares de toneladas de vidrio y a la mecanización de sus métodos de elaboración. Estos permitieron también la fabricación de vidrio plano en régimen continuo.

Desde la primera guerra mundial el vidrio y su tecnología se desarrollan simultáneamente en todos sus campos: perfeccionamiento de los sistemas automáticos de fabricación, mejoramiento de los materiales refractarios para los hornos de fusión, nuevos tipos de vidrios y un avance cada vez mayor en el conocimiento de sus propiedades. En ese escenario el vidrio plano transparente pasó a ser el principal producto del sector, quedando desde ese entonces los vidrios opales relegados a aplicaciones singulares de índole decorativa.



*Fig.-6. Crystal Palace. - Durante la Revolución Industrial la lámina plana transparente pasa a ser el producto principal del vidrio para la construcción.*

Fuente: <http://www.building.co.uk/rebuilding-the-crystal-palace/5059036.article>

### **Aplicaciones del Vidrio opalino en el s. XX**

El vidrio opalino, como material de revestimiento, encontró durante el siglo XX formas de aplicación completamente diferentes en cuanto a escala de utilización e industrialización del material. Por un lado, como revestimiento de alicatados, se aplicaron en la forma de mosaicos vítreos y el *trencadís*, estos como técnica de tipo manual, herencia de la tradición vidriera decorativa del vidrio veneciano de aplicación de pequeñas piezas en teselas. La otra forma de aplicación, constituyo un primer intento de industrialización a escala importante de aplicación industrializada en la producción de aplacado vidrio opalino, en la forma de paneles modulares para revestimientos.

#### - Técnica del *Trencadís*

En plena revolución industrial y en un contexto de progresiva evolución técnica, apareció un nuevo movimiento por toda Europa de recuperación del pasado y de las técnicas artesanales. Genéricamente este estilo fue denominado como *Art Nouveau*, aunque también fue conocido como *Modern Style*, *Jugendstil*, *Sezession*, *Florale* o *Modernismo*, en función de las particularidades adoptadas en cada territorio (*Freixa et al, 2000*).

Durante esta época en Cataluña aparece una nueva técnica de mosaico denominada como *trencadís* (*Vacoli, 2009*). A diferencia del mosaico tradicional, el *trencadís* se realizaba con piezas poligonales irregulares que se disponían en el revestimiento de manera aleatoria. Ello permitió adaptarlos a las sinuosas formas de la arquitectura modernista, emplear distintos tipos de materiales (mármol, piedras, vidrio,...) y utilizar todos los formatos de piezas e, incluso, aquellas que estuvieran rotas.

El termino *trencadís* proviene de la lengua catalana y podría traducirse como troceado o *Picadillo*. Relata una anécdota de la vida del artista, que Gaudí fue al taller de Lluís Brú y al ver como colocaban las piezas, agarró una baldosa y una maceta y rompiéndola exclamó: «A puñados se tienen que poner, si no, no acabaremos nunca». Se ha considerado a Josep Maria Jujol el encargado de aplicar esa 'técnica' y quien le dio la personalidad característica.

Mientras en sus primeras obras empleaba vidrios irregulares, como trozos de botellas rotas, ya para Sagrada Familia planteo el uso de piezas de vidrio opal (vidrio de murano), para el revestimiento de los pináculos, dadas las mejores propiedades de durabilidad del vidrio en comparación con la cerámica, material tradicionalmente empleado.



Fig.7.- Técnica del *trencadís* empleando piezas de vidrio opalino.

Fuente: <https://www.youtube.com/watch?v=ey6F7NzC6EU>

- Mosaico vítreo flexible

Esta variable del Mosaico de vidrio, se dio a conocer a mediados del siglo XX. Fue conocido con los nombres 'verre mural' (Francia), 'Flex-a-glass' y 'vitroflex' (Gran Bretaña). El material era de espejo u opaco, montado sobre un tejido de apoyo, cortado en unidades cuadradas o rectangulares. El tejido de apoyo permanece sin cortar y es usado para sostener el material en la superficie de la pared. Al ser flexible puede ser fijado en esquinas curvas y puede aplicarse sobre casi todo tipo de subestructura (Mc Grath & Frost, 1961).

- Industrialización de los vidrios opales para revestimiento

A partir de los años 20 tiene lugar la primera aplicación a gran industrial del vidrio opal como material de revestimiento. Una serie de productos modulares industrializados empezaron a producirse para revestimientos arquitectónicos tanto exteriores como interiores.

Destaca la variante inglesa, conocida como 'Vitrolite' fue producido a partir de los años 30. Se disponía en tamaños de hasta 144x62 pulgadas. Pero se recomendaba emplear los denominados "tamaños estándares de sillar", que eran de 15x10, 15x15, 18x12, 21x14, y 12x12 pulgadas. La maquinaria empleada para su corte y aseguraba un tamaño exacto y absoluta regularidad. Posteriormente se agregó un rango de dimensiones modulares de 12x 12, 16x16, 20x12, y 20x16 pulgadas. Estos tamaños tenían la intención de adaptarse al modulo de 4 pulgadas.

Era producido por colado y laminado a rodillo. Naturalmente duro, brillante, de superficie pulida al fuego. Se presentaba en espesores de ½ pulgada. Era producido en blanco, negro y una gama de colores. En ese sentido era ampliamente empleado donde eran requeridas superficies impermeables, e higiénicas, como baños, cocinas, barras, piscinas, estaciones de metro, hospitales salas de cirugías, lavanderías y laboratorios (Mc Grath & Frost, 1961).

Dado su u fragilidad este material dejo de ser producido, siendo reemplazado por otros materiales más duraderos y baratos (wikipedia, Vitrolite 2015).



Fig.8,9 y 10.- Aplicaciones del Vitrolite en revestimiento de fachadas

Fuente:

[https://en.wikipedia.org/wiki/Vitreous\\_marble](https://en.wikipedia.org/wiki/Vitreous_marble)

<https://roadsidenut.wordpress.com/2012/08/28/day-36-chicago-trip-wrap-up/>

<http://www.vitrolitespecialist.com/>

## CAPITULO I. EL VIDRIO OPALINO

### 1.1 El vidrio

Si bien las definiciones más comunes de “vidrio” en el ámbito arquitectónico, se refieren de forma predominante a las láminas de vidrios transparente para cerramientos, el término “vidrio” abarca un espectro más amplio por cuanto describe en realidad no una composición y propiedades definidas del producto, sino un estado de la materia.

Así por ejemplo, si solo se consideran sus principales propiedades técnicas del vidrio común, suele definirse como un *producto inorgánico amorfo, constituido predominantemente por sílice, duro, frágil y “transparente”, de elevada resistencia química y deformable a altas temperaturas.*

Las especiales características estructurales de los vidrios, intermedias entre las de los sólidos cristalinos y las de los líquidos; de otro, las peculiaridades de su estado físico, su complejidad y heterogeneidad química y la diversidad de su aplicaciones técnicas, impide enunciar con rigor una definición que compagine con la concisión y generalización deseables.

En ese sentido, una definición más abarcante es la adoptada por la American Society for Testing and Materials (A.S.T.M) que considera que un vidrio es un *material inorgánico fundido que se ha enfriado hasta un estado rígido sin experimentar cristalización*; o bien la del Manual del Vidrio en la construcción (Amstock,1999), que lo describe como *Una sustancia amorfa producida por el calentamiento de un serie de materiales como arena, sosa (carbonato de sodio) y piedra caliza a temperaturas superiores a los 1300°C.*

Coeficientes para el cálculo de propiedades del vidrio<sup>9</sup>

Propiedad	Valor	Unidades	Fuente
Densidad a 25 °C <sup>(1)</sup>	2,49	g/cm <sup>3</sup>	Gilard & Dubrul
Coefficiente de dilatación lineal a 25 °C <sup>(2)</sup>	8,72·10 <sup>-6</sup>	°C <sup>-1</sup>	Wilkelman & Schott
Conductividad térmica a 25 °C	0,002	cal/cm.s.°C	Russ
Tensión superficial a 1200 °C	319	dinas/cm	Rubenstein
Índice de refracción (a 589,3 nm) <sup>(3)</sup>	1,52	-	Gilard & Dubrul
Módulo de elasticidad a 25 °C	719	kbar	Appen
Módulo de Poisson a 25 °C	0,22	-	Wilkelman & Schott
Resistencia a la tracción a 25 °C <sup>(4)</sup>	~ (900)	bar	Wilkelman & Schott
Constante dieléctrica (4.5.18 <sup>9</sup> Hz)	7,3	-	Appen & Bresker
Resistencia eléctrica a 1100 °C	1,06	Ω.cm	
Resistencia eléctrica a 1500 °C	0,51	Ω.cm	
Calor específico a 25 °C	0,20	cal/g°C	Sharp & Ginter
Atacabilidad química DIN 12111 <sup>(5)</sup>	13,52	ml de HCl 0,01N	R. Cuartas

Tabla .1.- Coeficientes para el calculo de propiedades del vidrio.

Fuente: <https://es.wikipedia.org/wiki/Vidrio>



## 1.2 El Vidrio Opalino

Más allá de las definiciones parciales que califican como vidrio a los materiales transparentes, las propiedades ópticas de un vidrio definen que este pueda ser incoloro o coloreado, transparente, translucido u opaco.

La transparencia de una masa vítrea se pierde cuando se generan en su seno minúsculas inclusiones heterogéneas, uniformemente distribuidas, de distinto índice de refracción que el de la matriz vítrea donde se hallan embebidas.

Para estos vidrios son usados los términos opal, opacificado, opalino u opalescente, dada su propiedad de dispersar una considerable cantidad de los rayos luminosos, desviándolos de su dirección primitiva por reflexión, refracción y difracción, dando lugar a una visibilidad esencialmente nula.

El grado de opacificación del vidrio depende de la diferencia entre los índices de refracción de ambas fases y del número y tamaño de las partículas de la fase dispersa. A igualdad del volumen total de las partículas, la opacificación es mayor cuanto más elevado sea su número y menos su tamaño.

Cuando el diámetro de estas es mayor que la longitud de onda de la luz incidente, los rayos luminosos al chocar contra dichas partículas sufren una serie de reflexiones parciales y de refracciones sucesivas, dispersándose en múltiples direcciones y dando, como resultado, un aspecto lechoso al vidrio y una opacidad más o menos intensa.

Si el tamaño medio de las partículas es del mismo orden de la longitud de onda de la luz, se produce predominantemente una difracción de esta. Para partículas más pequeñas que la longitud de onda se la luz incidente no se produce opacificación o, a lo sumo, se observa una débil opalescencia o turbidez (Navarro, 1991).



Fig.11, 12 y 13.- Aplicaciones del Vidrio Opalino. a) Luminotecnicas, b) Decorativas, c) Arquitectonicas

Fuente: <http://www.abalartesubastas.com>, [https://en.wikipedia.org/wiki/Vitreous\\_marble](https://en.wikipedia.org/wiki/Vitreous_marble), <http://www.ebay.es/>

## 1.3 Clasificación de los vidrios opales según la naturaleza de la fase opalizante

### 1.3.1 Vidrios opalizados por dispersión de partículas microcristalinas de diversa génesis.

Se pueden desarrollar estas partículas en el vidrio por adición de componentes cuya temperatura de fusión sea superior a la del vidrio y su solubilidad en el vidrio sea pequeña.

Era la causa de opalización, sin duda involuntaria, de muchos de los primeros vidrios sirios y egipcios antiguos. Como procedimiento industrial presenta poco interés, limitándose a vidrios que fundan en un corto intervalo de tiempo y esmaltes cerámicos. Los óxidos usados con este fin son el  $\text{SnO}_2$ , el  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{ZrO}_2$  y  $\text{CeO}_2$ . Todos estos se caracterizan por su elevado índice de refracción y por su alta temperatura de fusión.

Otra forma de opalización por partículas emplea compuestos cristalinos formados por reacción de sustancias. Los vidrios opales de mayor interés técnico son aquellos opalizados por fluoruros, halogenuros, así como por desvitrificación. Desde que empezaron a emplearse como opalizantes a fines del s XIX, los compuestos de flúor han pasado a ocupar el lugar principal en la producción industrial de vidrios opales. Si bien, presenta el problema de elevadas pérdidas por volatilización durante su elaboración, con efectos económicos y contaminación atmosférica<sup>1</sup>.

### 1.3.2 Vidrios opalizados por inmiscibilidad de fases líquidas

Estos deben su opalización a la existencia de multitud de diminutas gotitas de naturaleza vítrea formadas durante el enfriamiento del vidrio durante su proceso de elaboración.

La opalización por fosfatos constituye el procedimiento más antiguo para la producción de vidrios opales. Aunque ya conocida por los vidrieros venecianos desde el siglo XIV, no llegó a ser una práctica habitual hasta que, tres siglos después, los vidrios traslucidos comenzaron a adquirir gran auge tratando de imitar la porcelana. Hoy en día encuentran aplicaciones en el campo de la luminotécnica.

Otra variante de los vidrios opales de fosfato son los opalizados por arseniatos y antimoniatos. Su aplicación es más bien limitada, empleados en bisutería y otros sectores especiales por su intenso y bello aspecto opal. Tienen un interés histórico por su empleo por los sirios y egipcios.

Otros tipos de composiciones presentan inmiscibilidad de fases líquidas opalizantes, su interés se centra en vidrios ternarios de borosilicatos alcalinos, alcalino térreos y otros, que se caracterizan por un bajo coeficiente de dilatación. Entre estos se presentan los vidrios de tipo Vycor®, aunque no sea precisamente la opalización la que le proporcione su valor técnico.

Otro sistema muy estudiado con miras a la obtención de vidrios opales de elevada resistencia química es el  $\text{ZnO-B}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$  (Navarro, 1991).

## 1.4 Fabricación del vidrio opalino

### 1.4.1 Materias Primas y Composición

#### *Composición básica*

Desde que se inicio su fabricación hace 3500 años y hasta finales del siglo XIX, la composición de los vidrios se ha mantenido fiel a una formulación tradicional sílico - sódico - cálcica, ( $\text{SiO}_2 - \text{CaO} - \text{NaO}_2$ ).

Es esta la composición básica del vidrio plano empleado en la construcción. Destacan por sus buenas propiedades mecánicas, bajo coeficiente de dilatación térmica y elevada resistencia química. La principal limitación de estos es la de su elevado punto de fusión y gran viscosidad, por lo que requieren altas temperaturas de elaboración.

La fabricación de los vidrios opales parte de esta composición base de los vidrios convencionales. La adición de agentes opalizantes le confieren su cualidad de opalino dando lugar composiciones muy variadas.

#### *Materias Primas*

Las materias primas para la fabricación de los vidrios pueden considerarse como el conjunto de sustancias naturales, productos químicos y material reciclado que integran la mezcla vitrificable.

Pueden clasificarse, siguiendo un criterio empírico basado en el papel que desempeñan durante el proceso de fusión, en cuatro grupos principales:

**1- Vitrificantes:** El óxido de sílice ( $\text{SiO}_2$ ) constituye el esqueleto estructural de estos vidrios y, por tanto, las que les proporcionan sus características principales, formando hasta aproximadamente tres cuartas partes de la composición de estos vidrios.

La arena de cuarzo es la única fuente que masivamente consume la industria vidriera. Su utilización para los vidrios transparentes queda limitada por la cantidad de partículas minerales, dado el poder colorante que poseen, lo cual en cambio, puede ser aprovechado en la obtención de vidrios opales. Otro formador de vidrio es el anhídrido fosfórico. Sin embargo su empleo industrial se limita únicamente a algunos vidrios opales, presentando el inconveniente de elevada solubilidad.

**2-Fundentes:** La finalidad de este grupo de componentes es favorecer la formación de vidrio, rebajando su temperatura de fusión, y elaborar su elaboración. Estos son óxidos modificadores de red siendo los alcalinos, y en particular el Oxido de sodio. ( $\text{NaO}_2$ ) es el que en mayor proporción entra en los vidrios ordinarios. El Carbonato sódico, es la materia prima más frecuentemente utilizada para introducir el óxido de sodio en el vidrio, comúnmente llamado sosa.

**3-Estabilizantes:** La adición de estabilizantes tiene por objeto compensar el efecto negativo producido por la incorporación de iones alcalinos usados como fundentes. Generan un aumento de la resistencia mecánica, un mejoramiento de la estabilidad química, disminución del coeficiente de dilatación térmica y consecuentemente una mejor resistencia al choque térmico. Se emplean como

estabilizantes el Oxido de calcio, Oxido de magnesio, Oxido de bario, Oxido de plomo, Oxido de cinc, etc.

**4-Componentes secundarios:** Aquí se incluyen los constituyentes minoritarios con función específica de opalizantes y/o colorantes, ya descritos en el apartado anterior (1.2.1). Como materias primas opalizantes se emplean más comúnmente los óxidos  $\text{SnO}_2$ ,  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{ZrO}_2$  y  $\text{CeO}_2$ , todos los cuales se caracterizan por su elevado índice de refracción y por su alta temperatura de fusión. Puesto que el efecto de estos óxidos se basa en su baja solubilidad en el vidrio, se comprende que la composición de este ejerza una gran influencia en su rendimiento opacificante. Por eso no puede establecerse la concentración óptima de cada óxido, ya que esta depende del tipo de vidrio. Desde el punto de vista práctico determinan una elevada dispersión de la luz y dan lugar a vidrios de muy baja transmisión luminosa.

**5-Otros componentes:** Aunque no puedan ser considerados como materias primas propiamente dichas, deben también citarse aquí otros componentes, cuya adición a la mezcla vitrificable constituye una práctica habitual en la fabricación industrial. Se trata del agua y del denominado casco o calcin, consistente en fragmentos de vidrio que habitualmente proceden de las roturas y desechos producidos en la propia fábrica. Ambas adiciones tienen un efecto acelerador de las reacciones de formación del vidrio y contribuyen a mejorar su homogeneidad (Navarro, 1991).

## 1.5 Defectos del vidrio

En el vidrio, lo mismo que en otros materiales, pueden considerarse como defectos todas aquellas manifestaciones que, surgidas de manera accidental e indeseable, alteren su naturaleza o vayan en detrimento de las propiedades deseadas en los mismos.

Muchas de las irregularidades definidas como defectos en la lámina de vidrio plano transparente, en especial la falta de transparencia y la coloración, dejan de ser consideradas como tales en el vidrio opalino, siendo en cambio provocadas deliberadamente para conseguir efectos decorativos. En este caso, su conocimiento resulta aun más importante, ya que, si cuando se teme su aparición es necesario conocer sus causas para poder combatir las, mucho más profundamente debe dominarse el mecanismo de su formación para poder producirlas controladamente.

En términos generales los defectos del vidrio pueden considerarse en su mayoría como faltas de homogeneidad, bien de naturaleza química, bien de carácter físico.

Desde el punto de vista de las aplicaciones del vidrio como material de revestimiento, un defecto de particular atención es la presencia de porosidad que afecta las propiedades mecánicas, químicas y de absorción del vidrio (Navarro, 1991).



## CAPITULO II

### El vidrio Opalino como Material de Revestimiento

#### 2.1. Revestimiento de paramentos

Con el termino de revestimientos definimos el recubrimiento de un plano vertical (elementos constructivos), conformando la piel de un edificio ya sea para el exterior como también en paredes interiores, colocados sobre algún tipo de soporte, mediante técnicas de nivelado y regulación.

La finalidad de la aplicación de un revestimiento es doble:

-por un lado, busca protección al conferirle ciertas cualidades adicionales, como pueden ser, por ejemplo, protegerla de ataques exteriores: humedad, golpes, abrasión, etc.

-Y por otra parte, tiene preocupaciones de orden estético, al dotar los espacios de su aspecto final (textura, brillo, color) mediante el cual se busca una valoración estrictamente decorativa (De Cusa, 1995).

Como material de revestimiento el vidrio cumple ambas funciones, (funcionales y plásticas). agrupan en dos tipos de técnicas según las dimensiones y espesor de las piezas a emplear, son estas aplacados y alicatados:

#### 2.2 Aplicaciones del Vidrio Opalino como Material de Revestimiento

##### *Revestimientos de tipo Aplacados*

Actualmente se emplea del Vidrio Opalino en como material de aplacado, tras la salida del mercado del producto Vitrolite, expuesto en los antecedentes.. Al tratarse de elementos de dimensiones considerables, su conformación es más compleja requiriendo de mayor industrialización del proceso, en su lugar se emplean vidrios de tipo flotado y laminado, opacificados en superficie(mateados, lacados, etc.)

##### *Revestimientos de tipo Alicatados*

Las aplicaciones más extendidas del vidrio opalino como material de revestimiento, se da en el empleo de piezas planas de dimensiones reducidas, a modo de alicatados, fijados un soporte vertical mediante una capa de material de agarre. Las piezas más reducidas y su conformación por prensado, permite una ejecución menos compleja y más de tipo artesanal, se desarrolla básicamente en forma de mosaicos de vidrio.

Actualmente el sector de los alicatados se caracteriza por un predominio de los productos cerámicos esmaltados. En ese contexto los revestimientos vítreos se aprecian como aportaciones recientes de una industria auxiliar de la construcción. Si bien, los productos cerámicos deben su idoneidad como material de revestimiento, precisamente al tener su superficie vista recubierta por una capa de vidrio opalizado, a la que confieren gran parte de sus principales propiedades para revestir paramentos con fines higiénicos, impermeabilizantes y decorativos.

## 2.3 Productos de vidrio opalino para revestimientos

En la actualidad las aplicaciones de vidrios opales como material de revestimiento, se centra en la oferta de piezas para alicatado de pequeñas dimensiones siendo sus productos principales los mosaicos vítreos y las piezas para trencadis.

### 2.3.1 Mosaicos Vítreos

Este producto bien puede considerarse como una versión moderna del en su tiempo popular, mosaico veneciano.

A diferencia de otros productos vitrificados, los mosaicos vítreos se vitrifican de manera homogénea en la totalidad de las piezas, ya que el proceso afecta toda la masa. Así el material obtenido es compacto y uniforme.

La principal característica es el tamaño pequeño de las piezas, de forma y tamaño normalizados en formatos alrededor de los 20x 20mm. El empleo de pieza de vidrio de dimensiones reducidas, con muchas juntas, subsana los inconvenientes de baja resistencia a la flexión y poca adherencia de las láminas de vidrio.

Los mosaicos son agrupados, en planchas de muchas piezas, denominadas teselas, listas para colocar y rejuntar. Así presenta la ventaja de mayor rapidez de colocación y mejor adaptabilidad a cuerpos de geometría curva o compleja (De Cusa, 19)



Fig.14.- La portada de la Guía de la Baldosa Cerámica es el Mosaico Vítreo.

A nivel de oferta comercial, los mosaicos vítreos figuran como productos especiales en un mercado dominado por los alicatados cerámicos. Fuente: Guía de la Baldosa Cerámica Black and Decker

### 2.3.2 El Trencadis

Constituye una variante manual y artesanal de la técnica del mosaico. En lugar de emplear piezas regulares, utiliza fragmentos rotos e irregulares de vidrio. A menudo, se insiste en la aleatoriedad, aprovechando las ventajas de su rápida aplicación para ofrecer diseños muy espontáneos.

En su forma más tradicional, obtiene por la rotura de paneles de vidrio opal en piezas irregulares, las cuales son luego colocadas a mano, una por una. Esto conllevaba mayores costos y tiempos de ejecución.

Al trocear baldosas que ya tenían su propia decoración y realizar una nueva composición sin relación con los dibujos de las piezas enteras, unido a la mezcla de fragmentos de diversas piezas, se consiguen efectos visuales peculiares y distintivos de esta técnica (wikipedia, trencadis 2015).

Modernamente el trencadís se monta sobre unas mallas que se adaptan a las curvas que pueda poseerla superficie de colocación final. Las mallas son rellenas con pedazos de azulejo por operarios especializados en el montaje de trencadís. Las mallas han de encajar perfectamente entre ellas, el resultado es un trabajo a medida que evita mermas y rectificaciones de las piezas en obra (trencadis.es,2015).



Fig.15.- Trencadis en paramento a partir de piezas de vidrio vitrolite.  
Fuente:<http://es.dreamstime.com/>

## 2.4 Situación Industrial

### 2.4.1 Escala de producción

En las fabricas modernas de vidrio transparente común (vidrios float) funcionan hornos que generan cientos de toneladas de vidrio fundido al día y líneas de montaje que mueven la sustancia calentada a través del “baño de estaño fundido” por el proceso de enfriamiento (recocido) hasta obtener una banda de vidrio endurecido.

Estas plantas son caras; la construcción de una sola línea de flotación cuesta más de 150 millones de dólares. Una vez que se enciende el horno, se debe operar sin interrupción las 24 horas del día, siete días a la semana, 365 días al año (Amstock, 1999).

La elaboración industrial de vidrio opalino, requiere hacer variar la composición básica en el tanque de fusión, con la inclusión de sustancias opalizantes diversas según el grado de opalescencia y el color de vidrio a obtener. Debido a que esto conllevaría una operación larga y de gran escala, la producción industrial de láminas de vidrios opales se ha visto limitada a favor de la producción de vidrios con propiedades modificadas (mateados, lacados). Estos ofrecen la facilidad de que pueden producirse a partir del vidrio transparente básico, por modificación de la superficie o recubrimiento de esta ultima aplicado durante la fabricación o posteriormente.

### 2.4.2 Situación Industrial

La producción de los vidrios opacificados en masa abarca, según las aplicaciones, un amplio espectro que va desde la producción artesanal a la producción industrial a gran escala.

**Producción Artesanal:** Las empresas de fabricación artesanal, se enfocan en la producción de mosaicos de vidrio con técnicas manuales, formando esto parte del atractivo del producto. Como producto hecho a mano se esperan ligeras variaciones en cada color final obtenido. Pliegues arrugas y burbujas son normales dado el proceso de fabricación.



Fig.16.- Teselas de vidrios opales de producción artesanal.

Fuente: Bedrockindustries.com

***Producción Industrial:***

Estas empresas se caracterizan por disponer de una amplia oferta, para suplir el mercado tanto local, como para exportación. Cada fabricante se identifica por disponer su oferta propia de una variada oferta de modelos de mosaicos vítreos, en formatos estandarizados, así como colores, texturas y acabados.

En España, los principales centros de producción se ubican en torno a Castellón y en el País Vasco.

Fabricantes de mosaicos de vidrio opalino en España

**HISBALIT.**  
**HISPANO ITALIANA DE REVESTIMIENTOS, S.A.**  
Cantabria, España  
[www.hisbalit.com](http://www.hisbalit.com)

**ALTO GLASS**  
Castellón, España  
[alttoglass.com](http://alttoglass.com)

**MOSAVIT**  
Castellón, España  
[mosavit.com](http://mosavit.com)

**REVI GLASS**  
Guipuzcoa, España  
[Reviglass.es](http://Reviglass.es)

**VIDREPUR**  
Castellon, España  
[Vidrepur.es](http://Vidrepur.es)

**EZARRI, S.A.**  
Guipúzcoa,. España  
[www.ezarri.com](http://www.ezarri.com)



## 2.5 Proceso Productivo

El Mosaico Vitreo/Trencadis se compone de distintos elementos (sílice, cal, sosa, potasa, alúmina, magnesia, óxido de plomo, ácido bórico, ácido fosfórico entre otros...) y, a diferencia del vidrio convencional, incorpora plomo para facilitar su corte y óxidos y sales metálicas para la obtención de una gran variedad de tonalidades (*Chavarría, 2006; CIDM, 2014*).

El vidrio opalino, ha mantenido prácticamente invariable su composición y método de producción a lo largo de la historia, presentándose tres modalidades de fabricación:

- Vidrio opal a partir de pasta de vidrio.
- Vidrio opal a partir de vidrio 100% reciclado con colorantes agregados.
- Vidrio opal a partir de vidrio 100% reciclado sin colorantes agregados.

En numerosos casos constituye un proceso de elaboración típicamente artesanal, o combinación de técnicas manuales con procesos industriales a diferentes escalas.

Las mezclas se depositan en hornos en donde, al cabo de cierto tiempo, se funden. Manteniendo este estado fundente son extraídas del horno y sometidas a prensado, para obtener retortas de vidrio, las cuales son objeto de recocido seguido por el proceso de enfriamiento.. Posteriormente vendrá la operación del cortado en piezas y su pegado para formar las correspondientes teselas. A continuación describimos el proceso de fabricación del mosaico vítreo de la empresa Hisbalit.

### ***Etapa de Molienda:***

La materia prima, vidrio de reciclaje de diferentes tamaños y espesores, se muele en potentes molinos usando bolas de alúmina de alta densidad como elemento de molienda. El molino se carga con unos 800kg de vidrio y 1.500kg de bolas de diferentes diámetros. Las bolas nuevas cuando se introducen en el molino tienen 60mm de diámetro, pero debido al rozamiento con el vidrio sufren un desgaste hasta alcanzar unos 20mm de diámetro, momento en el que son extraídas del molino durante las descargas. Mediante movimientos de rotación, los trozos de vidrio se van machacando. El tiempo de la primera molienda tiene una duración de 10 minutos, tras los cuales se descarga la mitad del vidrio, el resto seguirá moliéndose durante 10 minutos más para obtener un polvo de vidrio con granulometría menor. Mediante un proceso de cribado se va separando el polvo de vidrio del material no molido, llamado rechazo. La pasta de vidrio obtenida es almacenada en silos hasta su utilización.

### ***Etapa de Pesado:***

Mediante el uso de una balanza automática, se pesan cargas de 80kg de pasta de vidrio que se transportan mediante un sistema de aspiración desde los silos donde estaba almacenada hasta las mezcladoras. Con básculas de precisión se pesan la cantidad adecuada de los distintos pigmentos, ya sean colorantes, fosforescentes, matificantes, etc. y se añaden manualmente al interior de la mezcladora.

### **Etapa de Mezclado:**

Esta etapa se realiza en las mezcladoras. Mediante movimientos de rotación de sus palas, se mezclan la pasta de vidrio con los pigmentos (colorantes cerámicos, fosforescentes, matizantes, etc.) en seco durante aproximadamente 10min y, posteriormente, de forma automática con el agua necesaria para el moldeado adecuado de las muestras (alrededor de un 1,5% de agua).

### **Etapa de Moldeado/Conformado:**

Mediante prensas mecánicas se conforman las piezas de mosaico con el tamaño y la forma deseada gracias a una matriz de machos y hembras fabricados con acero y metal duro (carburo de wolframio), material resistente a la abrasión del polvo de vidrio. La presión de prensado es de 150Tn. Habitualmente los tamaños utilizados son 2.5cm x 2.5cm y 4cm x 4cm, aunque también se suelen fabricar muestras redondas, hexagonales y de diversas formas.

### **Etapa de Sinterizado:**

Esta es la etapa de cocción, que se realiza en hornos eléctricos continuos de atmósfera libre con solera de cinta móvil de longitud aproximada de 25m. La velocidad de la cinta es 2m/min y transporta las muestras prensadas por el interior del horno durante un tiempo de aproximadamente 12 minutos, alcanzando una temperatura máxima de 880°C.

El proceso de cocción viene caracterizado por una curva de calentamiento, de gran importancia para configurar las propiedades del producto, aproximadamente hasta la mitad del horno. En los últimos 10m del horno se produce el enfriamiento libre del material.

### **Etapa de pegado:**

Las líneas de pegado sirven para emplacar las piezas de mosaico. Existen 3 tipos de pegado: con papel encolado, film de plástico y malla o trazos de poliuretano.

El sistema de trazos de poliuretano es un novedoso sistema de pegado en desarrollo en el que, siguiendo con nuestro compromiso medioambiental, se obtiene una reducción del consumo de cola de aproximadamente un 20%, lo cual disminuirá el impacto ambiental de esta etapa del proceso.

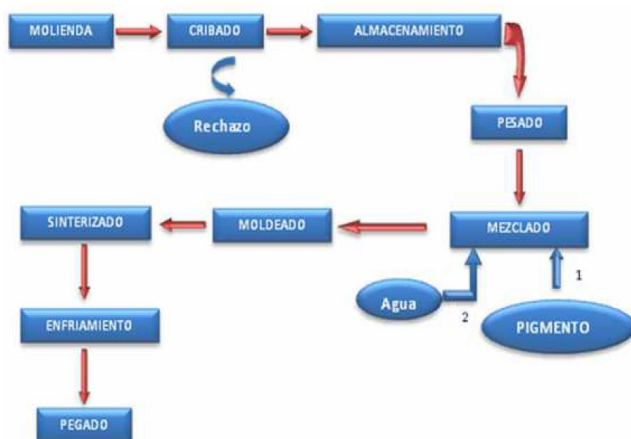


Fig.17- Esquema de Fabricación del Mosaico Vitro

Fuente: Hisbalit.com

## 2.6 Perfil Ambiental

Gran parte de los mosaicos vítreos presentes en el mercado destacan como productos en los que las materias primas provienen de vidrio 100% reciclado. El hecho de estar compuestos por en más de un 90% de material post consumo, los requisitos de la norma UNI EN ISO 14021:2012. Contribuye con la certificación Leed de edificios autosustentables. El producto califica para los puntos LEED, MR 4.1/4.2: Contenido Reciclado (1-2 puntos), y EQ 4.2: Low-Emitting Materials (1 point). Así logran una atracción en el mercado al promocionarse como productos 100% reciclables y ecológicos.

La fabricante Hisbalit, expresa acerca de su sistema productivo: *“El sistema productivo es totalmente limpio y respetuoso con el medio ambiente, al no emplear agua y usar hornos eléctricos de última generación que no generan residuos ni gases contaminantes..”*

Esta misma empresa realizó un Análisis de Ciclo de vida, para la etapa de producción de 1m<sup>2</sup> de material con el objeto de cuantificar los flujos de materiales y energía que conllevan los productos en su etapa de fabricación y analizar su impacto.

### Modelo de composición del producto

Composición en masa de cada una de las referencias de producto de mosaico vítreo de la marca Hisbalit y los sistemas de pegado considerados, para el formato de pastilla 2,5x2,5. Producto de referencia UNICOLOR 103, para modalidad de pegado tipo HT-K y pegado en papel.

Del estudio de la composición de este producto se recoge que:

- El vidrio reciclado alcanza más del 95% de la composición total del producto.
- No hay sustancias presentes en el producto catalogadas como SVHC (Candidate List of Substances of Very High Concern for authorisation) de acuerdo al reglamento 1907/2006/EC – REACH.

Material	Ref. UNICOLOR 103					
	Pegado HT-K			Pegado en papel		
	%	Peso	Unidad	%	Peso	Unidad
Vidrio reciclado	95,1%	8,163	kg	96,3%	8,163	kg
Colorante Blanco Cristal	0,7%	0,061	kg	0,7%	0,061	kg
Irisado 38A	---	---	---	---	---	---
Agua	1,8%	0,153	kg	1,8%	0,153	kg
Cola poliuretano HT-K	1,7%	0,147	kg	---	---	---
Papel HT-k	0,7%	0,060	kg	---	---	---
Papel pegado en papel	---	---	---	1,2%	0,100	kg
Total	100,0%	8,585	kg	100%	8,478	kg

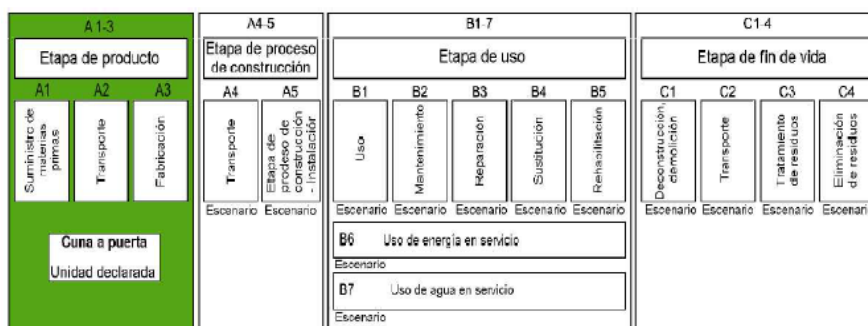
Vidrio Reciclado	Blanco cristal
95.1%	0.7%
Pegado HT-K	Agua
2.4%	1.8%

Ref.103 HT-K

Fig.18- Materiales empleados en la fabricación del Mosaico Vitre Unicolor 103, de Hisbalit  
Fuente: Hisbalit.com



### Análisis de ciclo de vida del producto



En el momento de realización del presente estudio englobe los módulos A1 a A3: Etapa de producto.

- A1: extracción y procesado de materias primas y procesado de materiales secundarios (UPSTREAM)
- A2: transporte al fabricante (CORE)
- A3: fabricación del producto de construcción (CORE)

Etapas del ciclo de vida de un producto de construcción (según la norma EN 15804). Las etapas del ciclo de vida cubiertas en la presente Declaración Ambiental de Producto se marcan en verde.

### PERFIL AMBIENTAL

	REF. 103. HT-K			
	A1	A2	A3	TOTAL
<b>IMPACTO AMBIENTAL</b>				
Calentamiento global (kg CO2 eq.)	3,53	0,283	0,186	4,00
Acidificación (kg SO2 eq.)	0,026	0,002	5,88E-04	0,028
Eutrofización (kg PO4 eq.)	0,006	4,07E-04	2,89E-04	0,006
Oxidación fotoquímica (kg C2H2eq)	0,012	0,001	3,84E-04	0,013
Destrucción capa ozono (kg CFC-11 eq.)	1,19E-07	5,83E-08	2,64E-08	2,03E-07
Disminución de rec abióticos (element) (kg Sb eq)	0,026	0,003	0,001	0,031
Disminución de rec abióticos (fósil) (MJ)	53,949	6,569	2,983	63,501
<b>CONSUMO DE RECURSOS</b>				
Energía Primaria renovable (excl.Materia prima) <sup>1</sup>	1,58E+01	9,12E-02	5,95E-01	1,65E+01
Energía Primaria renovable como materia prima <sup>2</sup>	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Energía Primaria renovable Total <sup>3</sup>	1,58E+01	9,12E-02	5,95E-01	1,65E+01
Energía Primaria No renovable (excl.Materia prima) <sup>4</sup>	7,32E+01	7,41E+00	3,15E+00	8,38E+01
Energía Primaria No renovable como materia prima <sup>5</sup>	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Energía Primaria No renovable Total <sup>6</sup>	7,32E+01	7,41E+00	3,15E+00	8,38E+01
Use de materiales secundarios (kg) <sup>7</sup>	8,20E+00	0,00E+00	1,08E-01	8,31E+00
Use de combustibles secundarios renovables (MJ) <sup>8</sup>	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Consumo de agua (m3)	2,39E+01	5,24E-01	2,78E-01	2,47E+01
<b>OTROS INDICADORES</b>				
Residuos peligrosos generados (kg)	4,22E-04	4,92E-04	9,35E-03	1,03E-02
Residuos no peligrosos generados (kg)	6,00E-04	1,18E-03	1,20	1,20E+00
Residuos Radiactivos	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00

1: Uso de energía primaria renovable excluyendo los recursos de energía primaria renovable utilizada como materia prima

2: Uso de energía primaria renovable utilizada como materia prima

3: Uso total de la energía primaria renovable

4: Uso de energía primaria no renovable, excluyendo los recursos de energía primaria no renovable utilizada como materia prima

5: Uso de la energía primaria no renovable utilizada como materia prima

6: Uso total de la energía primaria no renovable

7: Materiales secundarios: materiales reciclados de usos previos o residuos que reemplacen materiales primarios (chatarra, vidrio recicl, plástico recicl...)

8: Combustibles secundarios renovables: combustibles de usos previos o residuos que reemplacen combustibles primarios (biomasa, residuo de madera).

## CAPITULO III

# Propiedades y Prestaciones de los Revestimientos vítreos

## 3.1 Propiedades de los revestimientos de vidrio

Los revestimientos de vidrio, está sometido a distintos efectos y condicionantes que afectan su durabilidad. Estas piezas históricas han estado sometidas a diferentes agentes degradantes que las han dañado a lo largo de estos años, especialmente si su ubicación es exterior, debido a que las condiciones son más extremas (Molist Porta,2014).

Aquí se exponen propiedades del vidrio como material de revestimiento, y sus prestaciones en cuanto a los requerimientos técnicos exigidos por la normativa UNE-EN-ISO 10545, para baldosas cerámicas. La mayoría de estas propiedades son inherentes al material vítreo, otras se comparten con materiales similares, como las baldosas cerámicas vitrificadas. Para los vidrios opales se presenta variaciones en función la composición propia del vidrio.

### 3.1.1 Propiedades Físicas

#### *Absorción de agua*

La capacidad de absorción de agua de un revestimiento nos mide la porosidad abierta del producto; es decir, el volumen total de poros comunicados con el exterior y susceptibles de llenarse con un fluido a presión atmosférica. De esta se depende un buen número de otras características físicas, de ahí que sea una de las características más definitorias del tipo de producto en las normas europeas para la clasificación de los revestimientos y pavimentos. El método de ensayo descrito en la norma *UNE-EN ISO 10545-3, Baldosas cerámicas. Absorción de agua*, le confiere a los mosaicos vítreos una absorción de agua de un 0%.

#### *Resistencia Mecánica*

Las prestaciones mecánicas exigibles a este tipo de productos abarcan esencialmente la **resistencia al impacto** y a la **compresión**, la **resistencia a la flexión**, **dureza** de cara vista o resistencia al rayado. La resistencia a la abrasión superficial aplica para el caso de pavimentos (Porcar, 1987).

#### *Resistencia al impacto y la compresión*

Dada su condición frágil, el impacto de objetos pesados y de forma puntiaguda no solo puede dañar la superficie sino también llevar a la rotura. Dentro de su fragilidad, la resistencia del vidrio a la compresión es elevada. La resistencia a la compresión de un revestimiento vítreo está relacionada de forma muy directa con la puesta en obra del producto. No está contemplada en las normas y no suele considerarse como un parámetro evaluable a la hora de caracterizar la resistencia mecánica.

#### *Resistencia a la Flexión*

El vidrio en forma de láminas, es frágil en el sentido que se llega a la rotura en cuanto se supera el límite elástico, coincidiendo de hecho este último con el de rotura. A diferencia de los pavimentos, para los revestimientos es una característica de interés secundario, considerándose como un valor

referencial de su cohesión interna. La norma UNE-EN-ISO 10545-4 Baldosas Cerámicas. Parte 4 Determinación de la resistencia a la flexión y de la carga de rotura, describe el método de medida a la resistencia en función de la fuerza de rotura, la anchura de la pieza, su grosor y distancia entre sus apoyos.

#### *Dureza y resistencia a la abrasión*

La dureza o *resistencia al rayado superficial*, junto con la resistencia al desgaste por abrasión, son características relacionadas entre sí que nos indican la *durabilidad* o resistencia a la pérdida de aspecto superficial de un paramento vítreo. Aunque la durabilidad en si no es cuantificable directamente, si lo es – al menos cualitativamente-a través de las dos anteriores: el desgaste o pérdida de aspecto superficial dependerá, en igualdad de condiciones respecto al agente externo causante de la erosión, de las características físicas causantes de la superficie del revestimiento. En ese sentido, el control propuesto en la normativa de los dos parámetros anteriores nos da una información bastante aproximada del comportamiento futuro de un revestimiento. Acorde con la norma UNE- EN ISO 67. 101 los productos de revestimientos vítreos han arrojado valores de dureza Mohs que oscilan entre 4 y 6 (Mohs).

#### *Dilatación*

A los efectos de dilatación-contracción son atribuibles desprendimientos y roturas en los revestimientos, aunque nunca es el protagonista absoluto. Sobre la dilatación de un cuerpo vítreo únicamente interviene un efecto térmico, dado que la acción de la humedad no tiene un efecto significativo sobre estos. La variación dimensional de una pieza a causa del aumento de temperatura se mide usualmente mediante el coeficiente de dilatación térmica lineal, que en el vidrio oscila entre  $5-8 \times 10^{-6} \text{ C}^{-1}$ , lo cual significa que para un incremento de la temperatura de un grado centígrado tenemos un aumento de longitud variable entre 5-8 milésimas de milímetro por cada metro de longitud inicial. Así las piezas vítreas juegan un papel de casi inertes, respecto a otros materiales, en cuanto a dilatación térmica. Su medición está contemplada en la norma UNE-EN-ISO 10545-8 Baldosas Cerámicas. Determinación de la dilatación térmica lineal.

#### *Resistencia a los cambios bruscos de temperatura*

Puede considerarse como una propiedad inherente al vidrio. En el intervalo de temperaturas comprendido entre 0-150°C, soporta bien oscilaciones de temperatura en intervalos de tiempo reducidos por características microestructurales: a diferencia de otros, permanecen inalterados tanto en la forma y el aspecto superficial como en sus propiedades físicas.

Al aplicar la norma UNE-EN-ISO 10545-9 Baldosas Cerámicas. Parte 9 Determinación de la resistencia al choque térmico, el producto resiste bien esta prestación.

#### *Resistencia al Hielo*

La resistencia a la helada es una característica íntimamente relacionada con la porosidad abierta del elemento de revestimiento, influyendo no solo la cantidad de estos, sino también su tamaño y la distribución. La humedad condensada y el agua introducida ejercen con su solidificación una formidable presión sobre la estructura de la pieza, llevándola desde la fractura en escamas concoides hasta la total destrucción en sucesivos ciclos de helada.

En ese sentido, la baja porosidad del vidrio, le confiere una buena resistencia a las heladas. Se superan lo exigido en la norma UNE-EN-ISO 10545-12 Baldosas Cerámicas. Parte 12 Determinación de la resistencia a la helada. El fenómeno destructor del hielo no solo afecta el producto vítreo sino que puede provocar la destrucción del rejuntado y del material de agarre. Por estas razones se debe impermeabilizar el paramento – a nivel de la base y en la operación de rejuntado-para evitar la entrada de humedad, por filtración desde el interior o capilaridad desde el exterior.

## 3.2 Propiedades Químicas

### *Resistencia Química*

Bajo el termino *resistencia química* englobamos la **resistencia a las manchas** o grado de inalterabilidad de la superficie frente a la agresión provocada por sustancias químicas, así como la facilidad con que podemos eliminarla; también la resistencia a los productos domésticos de limpieza, que nos da cuenta del grado de atacabilidad de la superficie por la acción de los productos más comunes utilizados en la limpieza domestica, aditivos empleados en el agua de piscinas y también el ácido cítrico. Por último, la resistencia a los ácidos y la alcalis como medida directa en la resistencia química.

No existen en general, grandes limitaciones en cuanto a la resistencia química: los revestimientos vítreos soportan bien el ataque de la mayoría de los ácidos, excepto el ácido fluorhídrico y, a alta temperatura- el fosfórico. Los álcalis, sin embargo, atacan la superficie del vidrio. Si sobre el vidrio caen elementos típicos de la construcción (cal, cemento, etc.), los álcalis de esos productos al ser liberados por la lluvia causaran abrasión de la superficie del vidrio.

La baja porosidad superficial (o grado de impermeabilidad), la naturaleza (composición química) y la maduración del vidrio, son los parámetros que definen una mejor resistencia a la atacabilidad de sustancias químicas.

Por último, la existencia de relieves suele ser un obstáculo para la limpieza y un receptáculo de sustancias atacantes.

En la norma UNE-EN-ISO 10545. Parte 13 Determinación de la resistencia química, para productos químicos de bajas concentraciones y de uso domestico, se obtienen valores acorde con los parámetros exigidos, y Parte 14 Determinación de la resistencia a las manchas, el producto adquiere calificación de clase 5, por encima de los 3 exigidos.

## 3.3 Prestaciones de los revestimientos en vidrio

### 3.3.1 Comportamiento frente al fuego

Una parte importante, sino esencial, en la seguridad contra los incendios-además de las medidas preventivas descansa en los materiales empleados en la construcción, no solo en los materiales de estructuras portantes, sobre los que recae la posibilidad de evitar en lo posible el derrumbamiento parcial o total, sino también en las estructuras no portantes, que son las que contribuyen en mayor medida a la intensidad y difusión de las llamas, así como la formación de humos gases tóxicos.

El comportamiento frente al fuego de los materiales de revestimiento puede valorarse en base a tres criterios, resistencia a la acción destructiva de las llamas, posibilidad de contribuir a su difusión y emisión de humos o sustancias tóxicas.

El humo es peligroso por sí mismo, en cuanto que reduce la visibilidad, obstaculizando la posibilidad de evacuación de un edificio en llamas. Pero además, representa un riesgo de asfixia e intoxicación, ya que en todos los humos de combustión está presente en mayor o menor porcentaje el monóxido de carbono.

En un caso en que la concentración de oxígeno se reduzca al 14% y la visibilidad a un 20%, la concentración de monóxido de carbono alcanza el 0.5%. La combinación de estos tres factores reduce las expectativas de supervivencia a menos de cinco minutos.

#### Normativa CTE

El documento Básico seguridad en caso de incendio, expone las exigencias básicas de seguridad en caso de incendio. En cuanto a las clases de reacción al fuego de los elementos de revestimientos de techos y paredes se exigen valores de C-s2,d0 en Zonas ocupables, y de B-s1,d0, en pasillos y escaleras, B-s1,d0 en aparcamientos y recintos de riesgo especial y B-s3,d0 en espacios ocultos no estancos.

La clasificación europea de reacción al fuego de los materiales según el RD 312/2005 y la Norma UNE-EN 13501-1:2002. Euroclases.

Se define la reacción al fuego como la respuesta de un material ante el fuego en función de su contribución al desarrollo del mismo (para su propia combustión), en condiciones específicas de ensayo. En ese sentido se clasifica al vidrio como un material:

El vidrio se engloba en la Clase A1, No combustible. Sin contribución en grado máximo al fuego.

### 3.3.2 Aislamiento Acústico

Existe un creciente interés por el confort acústico en las viviendas, sobre todo en zonas urbanas de intensa contaminación sonora, clasificable en:

- Ruidos que llegan del exterior por vía aérea y se transmiten a través de paredes y ventanas.
- Ruidos de impacto o percusión sobre la propia estructura o paramentos.
- Ruidos generados por los servicios del propio edificio o colindantes.

Ante esta contaminación sonora, el confort acústico de un local se evalúa mediante dos parámetros fundamentales:

**Poder Fono aislante** de los cerramientos del local es un parámetro que expresa la atenuación del nivel de presión sonora de una frecuencia determinada que se produce al atravesar una superficie. A igualdad de material, es tanto mayor cuanto más elevado es el peso de la pared, aunque no en proporción directa-experimentalmente se ha demostrado que doblando la masa de una pared el poder fonoisolante aumenta en 4dB.- En ese sentido el sistema de revestimiento en vidrio y el material de agarre es poco importante, ya que solo contribuye a un aumento de masa.

El **Coefficiente de absorción acústica**, como relación entre la energía acústica absorbida por el paramento y la energía incidente, Por tanto, expresa, para una determinada frecuencia, la capacidad del material constitutivo del paramento para oponerse a la reflexión de sonidos producidos por el propio local. El vidrio posee un coeficiente de absorción acústica relativamente bajo, por lo cual su contribución general en términos de aislamiento acústico es poco importante.

### 3.3.3 Aislamiento Térmico

El confort térmico de un ambiente depende esencialmente de las características aislantes y la capacidad térmica de los paramentos que lo delimitan. Un buen aislamiento implica una baja conductividad térmica, limitando las dispersiones de calor en invierno y el flujo desde el exterior en verano. Una capacidad térmica elevada implica que se necesite una cantidad considerable de energía para calentar o enfriar un paramento, limitando así las fluctuaciones de temperatura.

La presencia de un revestimiento vítreo no tiene una influencia importante sobre los dos parámetros citados, a la hora de evaluar el confort térmico de un local. La contribución del revestimiento vítreo se reduce al aumento de la masa y el espesor del paramento.

### 3.3.4 Resistencia de los colores a la luz

Los revestimientos vítreos son inalterables a la luz solar para cualquier periodo de exposición. En el caso de los vidrios opacificados en masa, el color forma parte de la masa vítrea en sí. La resistencia química y a los cambios de temperatura, junto a esta propiedad, hacen de los revestimientos vítreos no sujetos a un desgaste cerámico permanezcan invariables durante siglos.

### 3.3.5 Conductividad Eléctrica

El vidrio es considerado como un material altamente aislante de la electricidad. Si bien no está contemplado en las normativas, es una característica importante desde el punto de vista de la seguridad. Pero a su vez, los revestimientos vítreos poseen otra propiedad importante inherente al confort del hábitat: no producen acumulación de cargas electrostáticas superficiales. Lo cual puede contribuir a la sensación de relajación fisiológica.

## CAPITULO VI

### Puesta en Obra

#### 4.1 La Puesta en Obra

El alicatado con vidrio, al tratarse de un material de acabado superficial no poroso y de nula absorción, genera una modificación importante en el sistema tradicional revestimiento-ligante-soporte que requerirá de unos materiales de agarre mejorados y con unas características de agarre superiores.

Esto ha limitado por un lado, los formatos, dando preferencia a la a la utilización de piezas de dimensiones reducidas con gran presencia de juntas, así como el sistema de colocación, que requiere la utilización de adhesivos especiales, de aplicación bajo el en el sistema de capa fina. Para ofrecer una visión más global de la puesta en obra analizamos las funciones y características de los elementos constructivos planos, los materiales y métodos de colocación, así como las patologías en los mismos.

En un paramento genérico de mosaico y/o *trencadís* se pueden distinguir 5 capas o materiales a lo largo de su sección constructiva, tal y como se muestra en la figura 2.6. En primer lugar, está la estructura de soporte (1) dónde se adhieren las distintas capas del revestimiento. A continuación, dependiendo de la planeidad de dicho soporte, se aplica una capa de regularización (2). Una vez seca esta superficie, se aplica la capa adhesiva (3) y sobre esta última, se fija la capa más superficial, compuesta por el material de rejuntado (4) y las teselas o piezas (5).

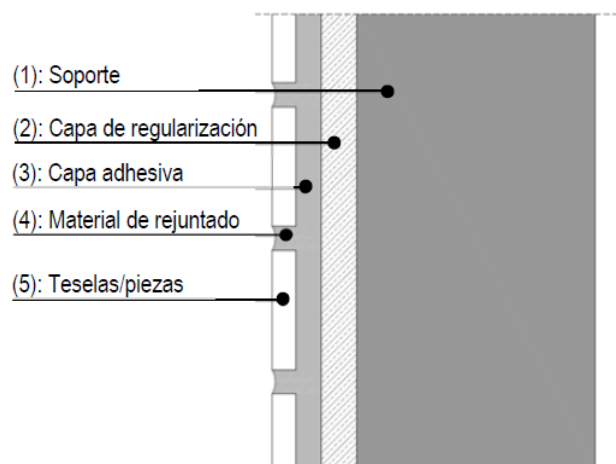


Fig.19- Sección constructiva de in revestimiento genérico mosaico/trencadís.

Fuente: (Gómez Ramio,2015)

Mientras la piezas de vidrio opalino han mantenido su composición básica a lo largo del tiempo, las superficies de paramentos, adhesivos, materiales de regularización y materiales de rejuntado han evolucionado a lo largo del tiempo, como se muestre en la tabla siguiente.

ETAPAS	CAPAS DEL MOSAICO / TRENCADÍS		
	SOPORTE	REGULARIZACIÓN	ADHESIVA REJUNTADO
<i>Bizantina (V- XII)</i>	Mampostería cerámica	Mortero de cal + Agregado de fibras vegetales o ladrillos machacados	Mortero de cal + Agregado de mármol
<i>Islámica (VII - VIII)</i>	Sillería de piedra	Mortero de yeso o cal	
<i>Renacentista (XII - XIX)</i>		Mortero de cal + Agregado de fibras vegetales	"Estuco romano"
<i>Modernista (XIX - XX)</i>	Mampostería cerámica	Mortero de cal	Mortero de cal; cemento o mixto;
<i>Actualidad (XX - XXI)</i>	Hormigón - Mampostería cerámica	Mortero polimérico + Adición de fibras plásticas	Mortero polimérico

Tabla. Evolución histórica de los materiales de puesta en obra de mosaicos/trencadís.  
Fuente: (Gómez Ramio, 2015)

## 4.2 Paramentos.

El mosaico y/o *trencadís*, debido a su gran adaptabilidad de formas, pudo aplicarse sobre cualquier perfil de soporte (un muro, una vuelta, una bóveda, una cúpula, etc...), lo único que se le requirió es que tuviera rigidez y que fuera continuo.

### **Funciones de los paramentos Verticales**

El cumplimiento de específicas funciones por parte de los paramentos susceptibles de acabados vítreos afecta de diferentes maneras a estos últimos. Se ha de considerar la aportación de peso y rigidez mecánica que supone la incorporación del revestimiento, y la previsión de deformaciones estructurales, que afectaran al sistema de colocación.

#### *Comportamiento frente a diferentes acciones*

Los paramentos sufren deformaciones de tipo mecánicas, térmicas, higrométricas, viscoplasticas (hormigón) y contracciones de secado (hormigón). La deformación de ciertos materiales obligara a condiciones especiales en la ejecución de revestimientos:

- Utilización de adhesivos elásticos, que permitan pequeños movimientos diferenciales entre la superficie de colocación y los mosaicos vítreos.
- Elección de mosaicos de formatos pequeños.
- Disposición de juntas de deformación en lugares convenientes, de forma que absorban parte del movimiento diferencial.
- Puesta en obra con juntas abiertas o de material elástico.



### **Naturaleza de los materiales de las superficies**

El comportamiento y características de las superficies a revestir son de importancia en la elección de materiales y métodos de colocación de los revestimientos vítreos. La diversificación de los sistemas constructivos ha introducido la introducción de nuevos materiales, con su consecuente diversificación de acabados superficiales, naturaleza física y química y otras características produciéndose por consiguiente, importantes modificaciones en el sistema soporte- ligante- revestimiento <sup>[7]</sup>.

Publicaciones como el “Manual TCNA para la Instalación de Recubrimientos Cerámicos, de Vidrio y Piedra 2011” del Consejo Cerámico de Norteamérica, detallan métodos de preparación del substrato y están organizados por designación alfanumérica.

-*Superficies de hormigón*, estos y en general, a los diferentes elementos constructivos a base de aglomerados, como superficies de colocación adecuadas para revestimientos.

-*Otros materiales*, como la madera, el yeso, materiales vidriados, hormigones aligerados, metales, etc., requieren de tratamientos especiales para habilitarlos como superficies de colocación. Estos deberán someterse a un tratamiento previo mediante una imprimación con productos específicos con el fin de obtener una textura superficial adecuada para el anclaje del material adhesivo. (Porcar, 1987).

## **4.3 Materiales de agarre**

La función técnica principal de estos materiales es asegurar la unión al soporte correspondiente, de manera que las exigencias de seguridad y durabilidad queden garantizadas a lo largo de la vida útil del paramento revestido. También adquieren otras funciones técnicas en cuanto que contribuyen a un buen comportamiento frente al fuego, una buena resistencia a las vibraciones mecánicas, una parcial o total estanqueidad al agua, una resistencia adecuada a los agentes agresivos, a la insonorización y, en general, a las propiedades específicas que se exijan a un paramento determinado.

### **4.3.1 El Fenómeno de la adherencia**

En el pasado se atribuía a la adherencia a una fundamentación mecánica, en la que el líquido adhesivo fluía o era forzado hacia las cavidades o poros de los adherendos donde, al endurecer, tenía lugar un anclaje entre adhesivo y adherendo. De hecho este entrelazamiento mecánico se produce en el caso de adherendos porosos y contribuye a incrementar la fortaleza de la unión, siendo uno de los motivos por los que en el reverso de los azulejos y baldosas cerámicas se suele diseñar un relieve <sup>[7]</sup>.

Actualmente se atribuye la adherencia a fuerzas químicas y electrostáticas, probablemente semejantes a las que aglutinan los átomos y moléculas de los adherendos. Este tipo de unión es el que se procura en las piezas de revestimientos en vidrio, por su casi nula porosidad y absorción, constituyen un material de difícil fijación, requiriendo que requiere de por adhesivos específicos para producto de absorción cero, que cumplan la normativa EN 12004 Y EN 12002 C2TES1.

### *Descripción y características*

En el alicatado de revestimientos vítreos, la selección del adhesivo ha de atender a los siguientes aspectos fundamentales:

- *Características de las piezas de vidrio.* Al considerar el tratamiento superficial del reverso, destaca la casi nula porosidad y predominio de la ausencia de relieve que dificulta su fijación.
- *Naturaleza y acabado,* de las superficies a revestir, superficies lisas y planas permiten usa películas adhesivas delgadas consiguiendo uniones satisfactorias con encogimientos uniformes.
- *Condiciones ambientales,* previstas durante las operaciones de alicatado, y a lo largo de la vida útil del paramento revestido, en lo referente a temperatura, presencia de agua o humedad, riesgo de helada, etc.(Porcar, 1987)

### **4.3.2 Tipos de adhesivos**

#### ***Mortero tradicional***

El mortero tradicional de colocación en capa gruesa, compuesto de cemento, agua y otros aditivos, si bien ha sido el material de agarre sobre elementos constructivos y materiales tradicionales, no es recomendado para adherir piezas planas de vidrio, dado la baja porosidad de estos.

#### ***Colas: Adhesivos de colocación en capa fina***

Para las piezas de vidrio, se recomiendan adhesivos de colocación en capa fina. Los cementos cola específicos para producto de absorción cero, de ligantes mixtos y deformables. Estos deben cumplir la normativa EN 12004 Y EN 12002 C2TES. “Adhesivos para baldosas cerámicas. Requisitos, evaluación de la conformidad clasificación y designación”. Si bien, presenta un precio alto en relación al mortero tradicional, por otro lado las ventajas de velocidad de rendimiento de colocación.

Estos han permitido la mejora de las propiedades de los morteros de cemento empleados en esta capa adhesiva, especialmente en términos de flexibilidad y de adherencia (*Jenni et al, 2006*). Además, la especialización de estos materiales permitió la separación entre la capa adhesiva y de rejuntado, puesto que se buscó dar respuesta a los distintos requerimientos de cada aplicación. Por esta razón, la capa adhesiva alcanzó mínimos espesores de aplicación entre  $0,3 \leq e \leq 1,5$  cm. En función de su base adhesiva, pueden ser:

#### ***1. Colas a base de cemento:***

##### **-Morteros-cola**

Contienen, además de cemento Portland gris o blanco y arena silíceo de granulometría controlada, productos orgánicos de naturaleza diversa, con cauchos naturales o sintéticos, resinas acrílicas, acetato de polivinilo, metil-celulosa, etc. que proporcionan al mortero propiedades elásticas y de otro tipo sin desmerecer las propiedades del cemento Portland. Todo ello se traduce en una mejora

sustancial de la plasticidad, poder adhesivo y capacidad de retención de agua respecto a los morteros tradicionales.

*Características de los morteros-cola:*

- Capacidad de retención del agua, que hace innecesario el mojado de las baldosas y superficies de colocación.
- Buena resistencia inicial y elevado poder adhesivo, asumiendo una notable resistencia mecánica.
- Ofrecen un tiempo abierto de manipulación elevado, facilitando la ajustabilidad y rectificaciones durante la colocación.
- Resistencia a la humedad y a la intemperie, superiores a los morteros tradicionales.
- La inclusión de determinados aditivos en la fabricación de los morteros-cola da lugar a productos especializados, que permiten fraguados ultrarrápidos, propiedades elásticas, mortero-cola especial para yeso, resistencia al ataque químico, etc.

**-Cementos Cola**

Estos contienen además del aglomerante hidráulico, una fuerte proporción de caseína, cuyo poder autoalisante dificulta algo la colocación, y son ligeramente solubles en agua. Son productos aptos para la colocación de revestimientos murales en interiores y no en exteriores, baños o cocinas. En cualquier caso, su uso queda restringido siempre a la utilización de azulejos o baldosas de pequeño formato.

Las superficies de colocación apropiadas para este tipo de producto son el hormigón y los enfoscados. El tiempo de endurecimiento o tiempo cerrado de los cementos-cola es corto.

**2. Colas de Bases Orgánicas**

Son adhesivos que endurecen por evaporación del agua o un disolvente, o como consecuencia de reacciones químicas internas. Las bases más frecuentes de estos adhesivos son: gomas naturales o sintéticas, copolímeros vinílicos o acrílicos, resinas de polietileno, resinas epoxicas, etc. La naturaleza de estas hace innecesario el humedecimiento de baldosas y soportes.

*Se comercializan bajo dos formas:*

**-Adhesivos en dispersión:** *listos para su uso.* Son compuestos, bien a base de gomas naturales o sintéticas disueltas en un líquido orgánico, o bien a base de acetato de polivinilo o resinas acrílicas en dispersión acuosa. En ambos casos contienen además cargas minerales y aditivos seleccionados. El endurecimiento se produce por evaporación del disolvente.

Generalmente no son resistentes al agua y la helada, por lo que no deben emplearse en zonas húmedas ni exteriores. Sin embargo ofrecen en estado sólido altos valores de elasticidad; de aquí su inestimable utilidad en superficies sometidas a vibraciones o deformaciones estructurales de origen mecánico o térmico. Admiten una extensa variedad de soportes, entre los cuales: yesos tradicionales, yesos proyectados, prefabricados de yeso, morteros, hormigón, amianto-cemento, bloque prefabricados, madera prensada, etc.

#### **-Adhesivos de reacción de dos componentes**

Desarrollan su poder adhesivo mediante la reacción química de dos componentes, normalmente resinas de polietileno, poliuretano, furán o epoxídicas, y un endurecedor. Las uniones resultantes son gozan de una excepcional adherencia y resistencia mecánica, siendo además impermeables y carentes de contracción, además de ser resistentes al ataque químico y la alcalis. Esto lo hace idóneo para revestimientos en industrias químicas, laboratorios, piscinas, baños, etc.

Los soportes admisibles son prácticamente ilimitados: morteros, hormigones, madera, PVC, cemento-amianto, prefabricados, yeso, metales, etc. Su única limitación es su elevado precio respecto a los adhesivos tradicionales; por ello, su uso debe estar plenamente justificado (Porcar, 1987).

#### **4.3.4 Ensayos de adherencia**

Las normas contemplan métodos de ensayo de adherencia a través de la medida necesaria para despegar, por tracción o cizalladura, una baldosa adherida a un determinado soporte mediante el adhesivo ensayado, y habiendo sometido el conjunto –también llamado maqueta- a unas condiciones físicas determinadas.

La mayoría de los ensayos de adherencia suelen ser de despegue a tracción. Estas pruebas se realizan montando previamente una maqueta, sobre la que se colocan baldosas (de dimensiones, grosos y reverso determinados) con el adhesivo a controlar siguiendo un método de colocación también preestablecido. Los ensayos mas usuales son:

- *-Ensayo a resistencia inicial:* Transcurridos 28 días desde la colocación, se efectúan ensayos a tracción en condiciones normales de humedad y temperatura.
- *-Ensayo de resistencia al choque térmico,* se somete la maqueta a un determinado numero de ciclos en que pasa alternativamente de la temperatura ambiente a una temperatura elevada (normalmente 70°C).
- *-Ensayo de resistencia a ciclos de hielo-deshielo,* análogo al anterior, cambiando el ciclo de temperaturas (de -10 o -15°C a +15°C).
- *-Ensayo de resistencia a la humedad subyacente,* en este se mide la resistencia al despegue por tracción tras mantener la maqueta en un baño de arena humedecida de manera permanente.
- *-Ensayo de resistencia al riego de agua,* se mide el arranque por tracción tras mantener la probeta a un chorro de agua de 72 horas.

- *-Ensayo de resistencia al envejecimiento*, ensayos de arranque que se efectúan una vez transcurridos periodos de tiempo dilatados (de medio a tres años), durante los cuales las maquetas sufren cambios bruscos de temperatura y los efectos del hielo (Porcar, 1987).
- 

## 4.4 Juntas de Alicatado

Con el término juntas de colocación nos referimos básicamente a juntas de colocación y juntas de deformación:

### 4.4.1 Juntas de Colocación

Estas son líneas o zonas de unión, de anchura variable, entre mosaicos o baldosas. Presentan las siguientes funciones:

*-Funciones Mecánicas:* Las juntas de colocación absorben las posibles deformaciones del soporte a nivel del recubrimiento vítreo, e impiden el desarrollo de tensiones de tracción de excesiva cuantía en la parte inferior de los soportes al someterlos a carga.

*-De adherencia:* Las juntas de colocación aumentan la superficie de contacto entre adhesivo y adherente. Será mayor en función del ancho de las juntas y de los formatos de las piezas empleadas.

*-Estética:* Las juntas de colocación contribuyen al efecto decorativo de texturación y modularidad de la superficie revestida.

*-Difusión de vapor e impermeabilización al agua:* En buena parte de revestimientos vítreos, las juntas de colocación tienen una doble función que puede parecer como contradictoria: permitir la difusión del vapor procedente del interior del paramento y evitar la penetración del agua de lluvia o deshielo hacia el interior del elemento constructivo. Para conseguir ambas funciones de forma simultánea, las juntas se fabrican con materiales no excesivamente compactos ni duros, pero que, al mismo tiempo, no den lugar a grietas de contracción.

***Dimensionado de las juntas de colocación.*** La anchura de este tipo de juntas viene condicionada por:

- La tipología del revestimiento, atendiendo a la constancia de sus magnitudes dimensionales.
- El formato del revestimiento o pavimento
- Necesidades de difusión de vapor de los locales afectados por los revestimientos.

### ***Materiales de rejuntado***

A lo largo de la historia, el material del rejuntado era el mismo de la capa adhesiva. En la *actualidad*, existen morteros poliméricos específicos para el rejuntado. Estos se caracterizan por una reducida retracción (<1,5 mm), altas propiedades mecánicas, elásticas e impermeables, con el fin de absorber las deformaciones dimensionales de las piezas del revestimiento y evitar la penetración de agua hacia el interior del mismo (Gomez Ramio, 2015).

Las juntas se clasifican según la norma europea EN UNE 13888, siguiendo la siguiente clasificación:

- CG 1: Morteros de juntas cementosas normal.
- CG 2: Morteros de juntas cementosas mejorados.
- RG: Mortero de juntas de resinas reactivas. Su endurecimiento resulta de una reacción química. Normalmente son bicomponentes.

**-Materiales con bases orgánicas:** Son productos que tienen por bases cauchos siliconizados, poliuretano o diferentes clases de resinas: formaldehídricas, furánicas, epoxídicas, etc. Endurecen por evaporación o reacción química y, por tanto, en ausencia total de retracción. En el primer caso la resistencia a la humedad es limitada, mientras que en el segundo, por lo general, es siempre óptima. Casi todos presentan una buena resistencia al ataque químico destacando de manera especial los fabricados a base de resinas furan y epoxídicas. Estos últimos poseen además un excelente comportamiento frente a las variaciones térmicas.

**-Morteros de cemento Latex,** son morteros prefabricados a base de cemento, arena de granulometría controlada y aditivos a base de gomas sintéticas(latex) en dispersión acuosa. Con estos morteros se obtienen juntas más compactas y de menor porosidad y absorción de los anteriores. Posee una elevada resistencia a la abrasión y un cierto grado de elasticidad. Su resistencia a los ácidos y álcalis es baja, mientras que soportan bien las variaciones térmicas.

**-Morteros de Cemento dry-set,** son productos pre fabricados a base de cemento, arena de granulometría controlada, resinas sintéticas y otros aditivos que confieren al mortero una considerable capacidad de retención de agua. Se pueden usar en exteriores y piscinas, aunque presentan una baja resistencia a los ácidos y álcalis.

#### 4.4.2 Juntas de deformación

Estas juntas permiten y compensan las eventuales variaciones dimensionales diferenciales que se originen en el sistema multicapa. Según las acciones que se trate de amortiguar tendremos:

**-Juntas de separación o estructurales:**Se colocan en correspondencia a las juntas que estática y constructivamente sean necesarias y que se encuentren convenientemente dispuestas en los edificios. Dichas juntas deben reproducirse en los revestimientos con una anchura suficiente, con tal de garantizar la integridad de los revestimientos frente a todo tipo de cargas mecánicas previstas al proyectar el edificio.

**-Juntas de Unión:** Tienen la misión de aislar el revestimiento, junto con su correspondiente capa de adhesivo o mortero, de otras superficies revestidas o pavimentadas-encuentro pared/pared o Pared/suelo- o de otros elementos constructivos, como pilares, bastidores de ventanas, etc. Las juntas entre paredes y suelos serán siempre necesarias para superficies superiores a los 12m<sup>2</sup>.

**-Juntas de dilatación:** Estas permiten las deformaciones diferenciales ocasionadas por las variaciones térmicas y/o higroscópicas entre las baldosas, la capa adhesiva y el soporte.

**-Juntas de retracción:** Mediante ella se procura compensar los movimientos diferenciales de retracción originados durante la maduración del cemento en los morteros u hormigones. La disposición de estas juntas será en función de la naturaleza del elemento constructivo de hormigón que constituya el soporte y del tiempo transcurrido desde su conformación, así como del sistema de colocación que empleemos, (en caso de emplear morteros).

#### Dimensionado de las juntas de deformación

A la hora de su dimensionado se recomienda tener en cuenta lo siguiente:

- Las juntas de unión nunca deben tener anchuras menores de 5mm, y para el resto de las juntas de deformación la anchura mínima será de 8mm.
- Las juntas de deformación deberán llegar a los soportes o, en su caso, hasta la capa de separación.
- La profundidad mínima de los materiales de obturación o sellado deberá ser de 6mm en el centro de la junta y de 10mm en los laterales de dicha junta.
- La proporción entre la anchura de la junta y la profundidad del material de sellado deberá ajustarse a las recomendaciones.

MATERIALES DISTRIBUIDOS POR EZARRI				
Código	Descripción	Packaging	Rendimiento	Utilización
<b>Adhesivos</b>				
A001	Adhesivo Keraflex Blanco 25 kg	25 kg	2,5 kg/m <sup>2</sup>	Adhesivo cementoso mejorado. C2TE. Color blanco. Para soporte de hormigón
A007	Adhesivo Keraflex Gris 25 kg	25 kg	2,5 kg/m <sup>2</sup>	Adhesivo cementoso mejorado. C2TE. Color Gris. Para soporte de hormigón
A005	Adhesivo Superflex 8 kg	8 kg	1,6 kg/m <sup>2</sup>	Adhesivo bicomponente. R. Color blanco. Para soporte de poliéster
<b>Juntas Epoxi</b>				
J004	Junta Epoxi Antracita C240 5kg	5 kg	1,4 kg/m <sup>2</sup>	Junta epoxi gris antracita. RG
J005	Junta Epoxi Artic Blue C390 5kg	5 kg	1,4 kg/m <sup>2</sup>	Junta epoxi azul medio. RG
J006	Junta Epoxi Bianco C470 5kg	5 kg	1,4 kg/m <sup>2</sup>	Junta epoxi blanca. RG
J007	Junta Epoxi Turchese C400 5kg	5 kg	1,4 kg/m <sup>2</sup>	Junta epoxi azul turquesa. RG
J008	Junta Epoxi Zaffiro C260 5kg	5 kg	1,4 kg/m <sup>2</sup>	Junta epoxi azul oscuro. RG
J009	Gold 0,150 kg	0,150 kg	0,150 kg / 5kg de Junta Epoxi	Efecto Gold a emplear con 5 kg de junta epoxi
J010	Spotlight 0,150 kg	0,150 kg	0,150 kg / 5kg de Junta Epoxi	Efecto Spotlight a emplear con 5 kg de junta epoxi
<b>Juntas cementosas</b>				
J001	Junta Kerakolor FF Blanco 100 - 25kg	25 kg	1,25 kg/m <sup>2</sup>	Junta cementosa blanca. CG2
J003	Junta Kerakolor FF Gris Antracita 114	25 kg	1,25 kg/m <sup>2</sup>	Junta cementosa gris antracita. CG2
A006	Isolastic Latex 5 kg	5 kg	consultar	Latex para juntas. Piscinas de poliéster

Fig.20- Productos adhesivos y rejuntados de mosaicos vítreos.

Fuente: Ezarri.com



## 4.5 Técnicas de Colocación

### **Cortado de las piezas**

Antes de abordar el tema de las técnicas de realización del mosaico y/o *trencadís*, es necesario mencionar que existe un trabajo previo de *corte de las teselas o piezas*. Este procedimiento hasta la actualidad fue un procedimiento mecánico y manual, mediante la utilización principalmente de martillos, cinceles y tenazas. La evolución de la industria permitió realizar este proceso de manera totalmente automatizada, alcanzado un corte "limpio" (Pico et al, 2005). Sin embargo, este progreso fue en detrimento de la adherencia de las piezas, puesto que se redujo la rugosidad superficial de sus laterales y por consiguiente, el anclaje mecánico con el rejuntado.



Fig. 21.-Piezas de pasta de vidrio cortados  
Fuente: Bedrockmosaiciles.com

### **Técnicas de aplicación**

Para la realización de un mosaico y/o *trencadís* existen 2 técnicas de aplicación: la directa y la indirecta (CIDM, 2014; Chavarria, 2006).

La *técnica directa* se realiza directamente sobre el soporte cuando la capa adhesiva aún se encuentra húmeda. En ese momento, se plasma la tinta del diseño mediante un papel y a continuación se adhieren las teselas o piezas a esta superficie (CIDM, 2014). Para finalizar, se extiende por encima el material de rejuntado rellenando todos los espacios huecos.

La técnica directa es un proceso lento y totalmente artesanal. En la actualidad, para minimizar los tiempos de colocación y aumentar la adherencia del revestimiento, las teselas o piezas vienen prefijadas a una malla de fibra de vidrio de entre 30 y 60 cm de largo. A continuación, este conjunto de piezas se adhiere directamente a la superficie con una capa de mortero cola.

La *técnica indirecta o inversa* consiste en configurar el mosaico del revés sobre un molde provisional, generalmente de pequeño grosor. Posteriormente, el molde se rellena con el mortero, el cual se filtra por las juntas de las piezas y forma un único bloque. El panel de mosaico obtenido se transporta hasta el soporte y se adhiere a éste mediante la aplicación de la capa adhesiva. Esta técnica fue usada habitualmente en los revestimientos de las construcciones islámicas y especialmente en la realización de mosaicos de azulejos cerámicos (González et al, 1995).

### **Sistemas de pegado**

#### **Colocación en Papel ó Film**

En este caso las fichas de gresite se unen gracias a un papel pegado en la parte trasera que hay que quitar cuando se coloca el gresite. Destaca por su mayor agarre.

#### **Colocación en Malla**

Las piezas de vidrio están unidas por una malla o trama que se queda entre el los mosaicos y el material de pegado utilizado. Con este modelo no hay que enlechar (cubrir las uniones de las diferentes piezas cerámicas). Destaca por su mayor facilidad de colocación y ahorro de tiempo

#### **Colocación PVC**

La unión se realiza aplicando unas gotas de PVC sobre la parte que se pega al cemento. Tampoco hay que enlechar. Destaca por su mayor facilidad de colocación y ahorro de tiempo.

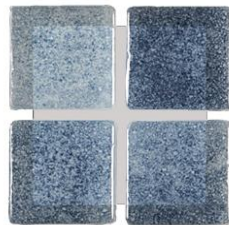
#### **Colocación HTK**

Este sistema de agarre une mediante un cordón de termo polímero aditivado, formando una malla extremadamente dúctil y resistente, que puede ser doblada enroscada, arrugada, etc. Ofrece mayor superficie de agarre entre las piezas y el paramento.

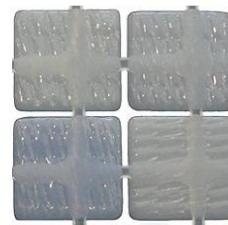
### SISTEMAS DE PEGADO



Papel encolado



Film transparente



Malla HT-K

Fig.22.- Sistemas de pegado de las teselas

Fuente: [www.hisbalit.com](http://www.hisbalit.com)

## 4.6 Operaciones de alicatado

### **1. Preparación de la superficie**

Para lograr una buena adhesión al soporte, se inicia con una limpieza escrupulosa del plano de colocación, de todo tipo de residuos. A continuación se procederá a la inspección y verificación de planitud del soporte de colocación. En paramentos verticales en exteriores será necesario proceder con máxima severidad, regularizando la superficie con un material adecuado y compatible con el paramento cuando sea necesario. Después de la limpieza, se procede también a la señalización de las diferentes juntas de deformación sobre el paramento, tanto de las juntas estructurales preexistentes, como de las de unión, dilatación o retracción que se dispongan en las operaciones de colocación.

### **2. Preparación y aplicación del adhesivo**

Las operaciones de dosificación, mezcla y homogeneización del adhesivo, deberán conseguir una mezcla homogénea y cremosa, con total ausencia de grumos y burbujas de aire. La cantidad a preparar dependerá del tiempo de uso disponible y de la velocidad de aplicación. La aplicación del adhesivo se realizara con llana, según las diferentes modalidades para cada tipo de solado o alicatado, según las instrucciones del fabricante:

Algunas observaciones de carácter general son:

-La extensión del adhesivo debe ejecutarse por fases de superficie reducida, especialmente en aplicaciones exteriores, con el fin de evitar un velo antiadherente .

-El tipo de llana y la anchura, forma y profundidad de los dientes vendrán dados en función del formato del mosaico y de la profundidad, determinando el espesor de la capa del adhesivo y garantizando, al mismo tiempo su uniformidad en toda la superficie de colocación.

En el caso de aplicación de adhesivos en revestimientos interiores sobre soportes de yeso o madera, en los que la presencia de humedad puede representar una distribución de la adherencia, es aconsejable controlarla sobre la superficie del paramento.

### **3. Colocación de las piezas**

Si se han realizado correctamente las operaciones anteriores, el proceso de colocación de revestimientos resultara sencillo y rápido. Es práctica habitual iniciar el alicatado desde la parte inferior del paramento, bien por la primera hilada o bien, también, por la segunda. Los mosaicos se colocaran ejerciendo una ligera presión sobre su superficie, con una llana de goma o madera con el fin de que penetre en la capa de cemento-cola. Al mismo tiempo que se instalaran las correspondientes crucetas o separadores, con el fin de mantener la anchura de junta. Se ha de cuidar la alineación, procurando que la distancia entre las teselas sea regular entre ellas, para que todas las juntas sean iguales.

#### **4. El rejuntado**

Antes de aplicar la lechada se inspeccionaran las juntas en lo que respecta a limpieza de material adhesivo en toda su sección, también se controlara el grado de humedad: algunas pastas requieren de humidificación previa, otras conviene aplicarlas sobre junta seca o casi seca. La lechada se extiende con un rastrillo de goma blanda y llana de goma dura y filo vivo. Después de la correcta aplicación de la pasta de rejuntado, se procede a repasar las juntas con el dedo o con una goma blanda de sección adecuada, dándole el característico acabado muy ligeramente cóncavo.

#### **5. Limpieza**

Tras la aplicación de la lechada viene una primera operación de limpieza, cuando el material ha perdido su plasticidad, pero todavía no ha endurecido. Esta se realiza con esponja húmeda (no mojada), limpiada frecuentemente en agua y escurrida de nuevo. A esta primera limpieza con esponja seguía una segunda con un trapo seco y limpio, una vez haya secado completamente la superficie cerámica.

#### **6. Sellado de las juntas de deformación**

Las juntas de deformación deben quedar limpias de material adhesivo y de rejuntado en toda su sección y con los bordes perfectamente alineados. Así se procederá al sellado de las juntas en el siguiente orden:

- *Introducción de material de relleno.* Los más utilizados son los cordones circulares compresibles de polietileno u otro material similar de constitución espumosa o celular.
- *Imprimación del material de relleno y de los laterales de las juntas* con la aplicación de una película de primer. Este aumenta la adherencia del material sellante.
- *Aplicación del material sellante.* Se aplicara con una espátula de goma o plástico-nunca metálica- presionando el material hacia el interior de la junta, con el fin de obtener un relleno completo, regular y compacto. Se valorara en forma general su elasticidad, adherencia e impermeabilidad.

En el caso de juntas de deformación muy anchas (mayores de 30mm), o aquellas que prevean cargas mecánicas elevadas, se deberá añadir un cubrejunta. Se trata de perfiles metálicos o de PVC, montadas por presión y ajuste.

## INSTALACIÓN DE MOSAICO

Blue, Facets, Geologie, Harmonia, Muse, Tessera

Para mosaicos Geologie (mezcla de vidrio y pizarra) utilice una llana de 1/4"x 1/4" dentada-cuadrada. Para otras líneas de productos de mosaico utilice una llana de 3/16"x 1/4" dentada en V.



**Paso 1** Para iniciar la capa adhesiva, utilice el lado plano de la llana y aplique firmemente adherente al substrato.



**Paso 2** Para establecer la profundidad adecuada de la cama de instalación, utilice una llana dentada para aplicar el adherente adicional y peine en una dirección.



**Paso 3** Use el lado llano de la llana para aplanar los surcos y lograr una cama de instalación fina y consistente.



**Paso 4** Aplique las hojas de mosaico en la cama de instalación, con el papel hacia usted, usando una presión leve y bien distribuida. Compruebe periódicamente que no se esté descarapelando (secando ligeramente). Si se descarapela, retire el material de instalación y repita.



**Paso 5** Para lograr una superficie lo más uniforme y plana, dé un leve golpeteo en las hojas usando un bloque rectangular de madera y un martillo. Para uniformar la superficie de una hoja, otra vez dé un leve golpeteo de una hoja a la siguiente.



**Paso 6** Después de 15-30 minutos (los pisos pueden ser quitados antes), humedezca ligeramente el papel. Mantenga el papel húmedo frotando con una esponja húmeda varias veces durante un periodo de 5-10 minutos. Después de que el papel haya absorbido el agua, el pegamento se desprenderá.



**Paso 7** Pele el papel comenzando en la esquina de la hoja. Quitar el papel mientras el material de instalación está aún fresco permite el ajuste individual de los azulejos y la reinspección de la consistencia del color.



**Paso 8** Enderece los azulejos individuales previamente a la instalación final con el objetivo de crear un campo consistente de mosaicos. Ponga especial atención a las uniones entre las hojas para eliminar el patrón de hoja.



**Paso 9** Después de 24 horas (algunas instalaciones pueden requerir un tiempo de cura más largo) utilice agua y un cepillo de nylon para retirar los restos de pegamento de los azulejos, enjuague y seque con una toalla.



**Paso 10** Aplique la boquilla con una flota de goma, forzándola hacia dentro de las uniones hasta llenarlas.



**Paso 11** Deje que la boquilla se endurezca (firme) y realice un acabado fino con una esponja húmeda. Después de aproximadamente 2 horas, retire la boquilla con una esponja ligeramente húmeda.



**Paso 12** Para la eliminación final de la boquilla, limpie con un paño limpio y suave.

Fig. 22.- Proceso de puesta en obra del mosaico vítreo.

Fuente: [www.glasstile.com](http://www.glasstile.com)



## 4.7 Patologías de la puesta en obra

Incluimos aquí las lesiones de alicatado cuyo origen se encuentre en la naturaleza, comportamiento o condiciones de ejercicio del paramento o su superficie de colocación.

FASES	CAUSAS / FACTORES
DISEÑO	1) Errores de diseño
	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Selección de materiales inadecuados</li> <li>▪ Solución constructiva inadecuada</li> </ul>
CONSTRUCTIVA	2) Fallos en la aplicación
	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Inadecuada preparación del sustrato</li> <li>▪ No uniformidad de la capa adhesiva</li> <li>▪ Exceso de tiempo abierto de los morteros</li> </ul>
	3) Retracción del mortero durante el secado
SERVICIO	4) Entrada de agua
	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Reacciones químicas nocivas</li> <li>▪ Fenómenos de carácter expansivo</li> </ul>
	5) Movimientos diferenciales en las interfases
	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Ciclos de choque térmico</li> <li>▪ Ciclos de mojado/secado</li> <li>▪ Ciclos de hielo/deshielo</li> </ul>
	6) Movimientos estructurales o sísmicos

Tabla 2.3: Causas o factores de la pérdida de adherencia en los revestimientos de mosaico/trencadís

TABLA.- Causas o factores de la pérdida de adherencia en los revestimientos de mosaico/trencadís.

Fuente: (Gomez,2015)

### **Lesiones derivadas del elemento constructivo entregado**

El denominador común de este tipo de lesiones es la creación de tensiones diferenciales entre el recubrimiento vítreo –incluidos los materiales de agarre y rejuntado- y la base del alicatado y solado. Estas pueden ser localizadas o generalizarse en toda la superficie revestida. En el primer caso suelen ser consecuencia del tipo de ejercicio a que se someta el recubrimiento vítreo; las de segundo tipo son consecuencia de la naturaleza y comportamiento del elemento constructivo sobre el que se asienta aquel.

### **Retracciones de fraguado o maduración de los elementos constructivos.**

Asentamiento de las estructuras con los subsiguientes fenómenos de deformaciones diferenciales sobre los elementos constructivos.

- Deformaciones –dilataciones y contracciones-de origen térmico o higroscópico.
- Sometimiento a vibraciones de origen acústico o mecánico.
- Superficies de colocación en mal estado o de naturaleza parcialmente incompatible.

Las soluciones a este tipo de patologías pasa necesariamente por:

- La desolidarización lo más completa posible del recubrimiento vítreo respecto a la base del alicatado.
- Juntas de deformación y de colocación suficientemente dimensionadas, en especial las juntas de unión, estructurales y de dilatación.
- Utilización de adhesivos y materiales de rejuntado con propiedades elástica

### ***Lesiones derivadas de los materiales de agarre y rejuntado, y de la ejecución del recubrimiento***

Según la entidad de la patología, las lesiones afectaran a piezas individuales o paños completos del recubrimiento, dándose una gran variedad de situaciones en función de la naturaleza del adhesivo.

El diagnostico de este tipo de lesiones obligara a al análisis de la composición del adhesivo, y la evaluación del método de puesta en obra en todos sus factores.

### ***Lesiones derivadas de las condiciones ambientales y de uso***

Estas son motivadas fundamentalmente por las condiciones ambientales y de ejercicio a las que se somete el recubrimiento cerámico:

La acción del agua, la humedad y la difusión de vapor como causa de la provocación de fisuras, abombamientos, deterioro de la base del alicatado y deformaciones del paramento debido a su naturaleza.

- La acción del hielo en recubrimientos exteriores
- Deformaciones de origen térmico, provocando dilataciones o contracciones diferenciales en la base del recubrimiento vítreo.
- Ataque químico a nivel de las juntas de colocación, de la capa de agarre e incluso de la base del alicatado, causado por productos agresivos de limpieza y, en general, cualquier tipo de agente químico que este en contacto con el recubrimiento.
- Acción destructora del hielo sobre la base del alicatado.
- Formación de fisuras e incluso desprendimiento de piezas sobre elementos constructivos sometidos a temperaturas diferenciales importantes (recubrimientos exteriores en condiciones climáticas severas, particiones con radiadores adosados a una de sus caras, etc.

### ***El caso de sagrada familia***

El *trencadís* de vidrio de Murano de los pináculos a lo largo de estos años se vio degradado por los efectos ambientales y climatológicos. Dicha degradación, se presento en los pináculos de mas reciente construcción, mientras en los correspondientes a la época de Gaudí (1915-1930), no presentaron problemas relevantes. En el caso de los pináculos de la Fachada de la Pasión (años 1952-1978) y en pináculos Sotoo (1985-2012) se detectaron desprendimientos de piezas del revestimiento. Se considera que dado que el hormigón ha evolucionado durante la construcción de la obra, incrementando su resistencia y rigidez. Ello puede haber modificado la interacción entre los materiales del revestimiento, dado que el hormigón tiene menos capacidad de absorber las deformaciones dimensionales de las piezas de vidrio, o bien, existir alguna interacción química que haya producido fenómenos expansivos (Gomez,2015).



## 4.8 Mantenimiento y Limpieza

### ***Mantenimiento***

El mosaico es un material altamente resistente que apenas requiere mantenimiento. Se recomienda una limpieza normal, como la que se hace a nivel doméstico en cuartos de baño o cocinas. El mosaico es inalterable a los químicos y por lo tanto se puede utilizar cualquier limpiador doméstico.

La vida útil del producto una vez instalado es de 20 a 30 años, según la aplicación del mismo y las condiciones del ambiente.

Los revestimientos vítreos no necesitan ningún mantenimiento especial después de concluir todas las operaciones de puesta en obra, a no ser que como mantenimiento, también se incluyan las normales operaciones de limpieza ordinaria o extraordinaria.

### ***Durabilidad y limpieza***

La durabilidad del vidrio bajo condiciones de exposición ordinarias es tan buena, que la posibilidad de deterioro es usualmente ignorada. Sin embargo, todos los vidrios son susceptibles en algún grado de algún tipo de ataque atmosférico y con vidrios de baja calidad, o bajo condiciones de exposición ligeramente superiores a lo normal, pueden ocurrir cambios serios.

De los muchos agentes atmosféricos que pueden llevar al desgaste, uno de los que pueden actuar más activamente sobre el vidrio es el agua. Aun el agua pura puede ejercer una ligera acción solvente sobre el vidrio, y una vez que la acción ha iniciado se extiende de forma acelerada.

El efecto visible de este tipo de ataque sobre el vidrio es la rugosidad de la superficie expuesta y la producción de un filme iridiscente u opalescente. El ataque puede, sin embargo, ir más profundo de la superficie provocando algunas grietas y pérdida de brillo.

### ***Ácidos y alcalinos***

Los ácidos diluidos, con la excepción de ácido hidrofúorico, y algunos ácidos concentrados, tienen en general un efecto no mayor que el de el agua pura. De hecho, la presencia de estos ácidos puede a menudo reducir y algunas veces casi prevenir ataques sobre el vidrio. Las soluciones alcalinas por otro lado, atacan el vidrio fácilmente. Afortunadamente estos no se forman en la superficie del vidrio, con raras excepciones de sustancias alcalinas extraídas del vidrio mismo. Las soluciones alcalinas medias son, de hecho, usadas en la limpieza de vidrio, aunque no se suelen mantener en el vidrio el tiempo suficiente como para provocar un ataque. Un daño mayor puede surgir ocasionalmente del empleo de removedores de pintura alcalinos en superficies adyacentes al vidrio.

Otra forma de ataque ha sido observada donde baldosas de vidrio son montadas sobre mortero de cemento portland. Las baldosas han agrietado y silicato de sodio ha penetrado o por las grietas.

### ***Condiciones de exposición***

La resistencia del vidrio al desgaste por agentes ambientales dependerá obviamente de la composición, algunos silicatos son más fácilmente atacados por el agua que otros. Pero la intensidad y extensión de la acción de desgaste para un vidrio particular es determinado en gran medida por las

condiciones de exposición. Así la atmosfera cargada de polución en una ciudad es más perjudicial que el aire puro del campo y un vidrio que mostrada poco o ningún cambio en ambiente seco puede ser atacado más rápidamente en un ambiente húmedo y condiciones de niebla. La acción puede no estar confinada a la superficie exterior del vidrio, en algunas circunstancias, la humedad persistente de la cara interior puede conllevar a daños. Un mismo vidrio puede mostrar efectos que varíen de la presencia de un film casi imperceptible en su superficie, a la corrosión activa de acuerdo al ambiente al cual está expuesto.

### ***Efectos de la suciedad***

La cantidad de suciedad que se acumula sobre el vidrio es también un factor de importancia. El filme de sucio que se acumula es poroso y es capaz de retener agua en contacto con la superficie del agua. Esta agua se hace alcalina y más fuertemente corrosiva y la resultante rugosidad de la superficie del vidrio permite que la suciedad quede imbuida de tal forma que la limpieza por proceso ordinario resulta insuficiente. Se ha demostrado que este filme favorece el inicio de acciones bacteriológicas que resultan en una más rápida desintegración del vidrio.

### ***Limpieza***

Para el mantenimiento y la limpieza de las superficies en mosaico de vidrio, utilizar detergentes de uso común (a excepción de los que contienen ácido fluorhídrico o ácido fosfórico) y aclarar con abundante agua. Evitar los detergentes alcalinos.

### ***Propiedades Bactericidas y Fungicidas***

El estudio *Revestimientos Vítreos con propiedades bactericidas y fungicidas*, de L. Cuoghi Fenollar y publicado en el Boletín de la sociedad Española de Cerámica y Vidrio, de Marzo –Abril 2012, plantea la obtención de un mosaico vítreo con propiedades bactericidas y fungicidas, que no requieran la incidencia de radiación UV y por lo tanto se puedan utilizar tanto en exteriores como interiores (hospitales, mataderos, restaurantes, instalaciones industriales, guarderías, etc.).

Se persigue conseguir una superficie bactericida, logrando que los principios activos estuvieran integrados en la fase vítrea de la tesela, pero quedando en superficie. Para la función fungicida se propone incorporar de cationes que inhiban la proliferación de microorganismos a diferentes composiciones de vidrios en el estado de oxidación con mayor actividad bactericida/ fungicida.

Se propone valorar la eficacia bactericida del nuevo producto utilizando una norma de referencia a nivel internacional, la norma JIS Z 2801 (actualmente ISO 22196) y normas experimentales en acción.

## Capítulo III

### Utilización Arquitectónica

#### 3.1 Dimensión y aspecto

Los mosaicos vítreos son elementos modulares de una superficie revestida. La geometría y el aspecto de la cara vista caracterizan el paramento alicatado.

Aunque pueden revestirse paramentos con piezas de geometría o tratamiento superficial diferentes, siempre con la intencionalidad de un resultado estético predeterminado, como es el caso del trencadis. La exigencia más frecuente es la exigencia de uniformidad a nivel de zona o porción de un paramento, a nivel de paramento completo o a nivel de ambiente tridimensional. En estos casos, la modularidad de los revestimientos se asocia a la uniformidad.

#### Dimensiones

Como características dimensionales consideramos la longitud y anchura en piezas, el grosor, la rectitud de las aristas cantos vivos de la pieza, la ortogonalidad del ángulo de los vértices y la planitud de la superficie de la pieza, que incluye la curvatura (central: desviación del centro de la pieza respecto al plano definido por tres de sus cuatro vértices; y lateral; desviación del centro de uno de los lados respecto al mismo plano) y el alabeo (desviación del cuarto vértice de una pieza respecto al plano definido por los otros tres).

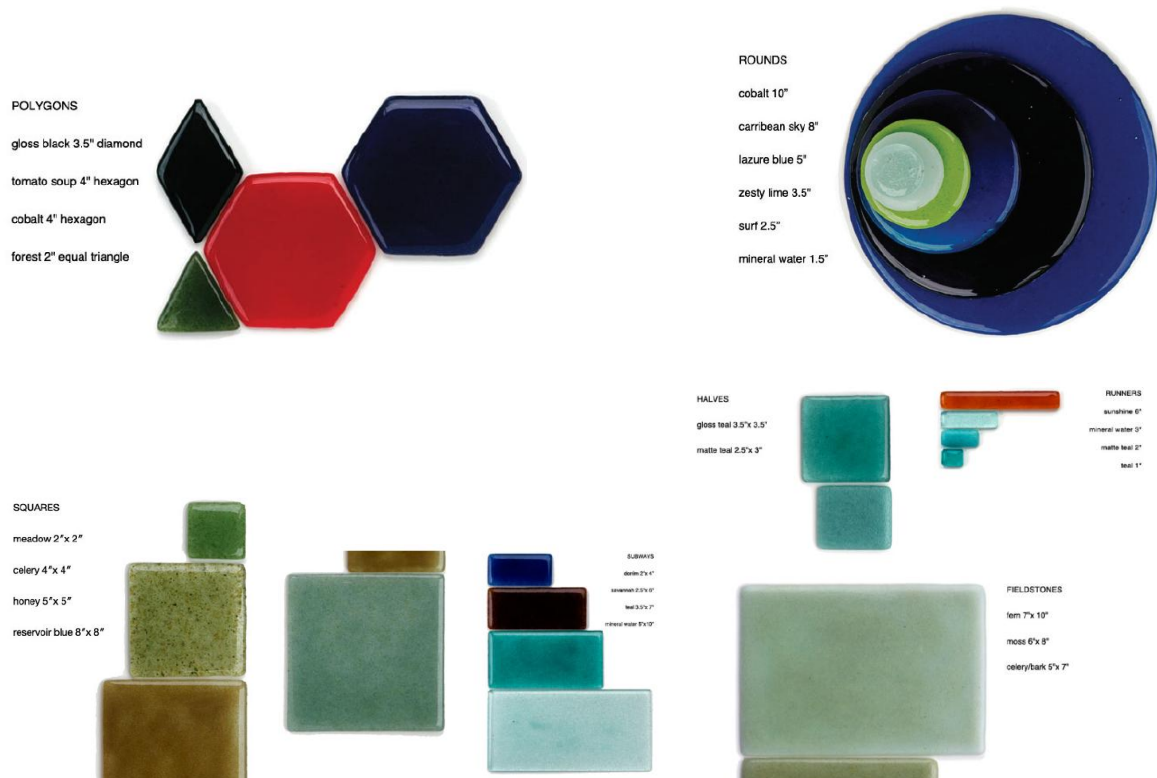


Fig.23.- Formatos y formas de teselas de vidrio opalino hechos a mano. Bedrock Industries

Fuente: [www.bedrockindustries.com](http://www.bedrockindustries.com)

### 3.2 Repertorio expresivo

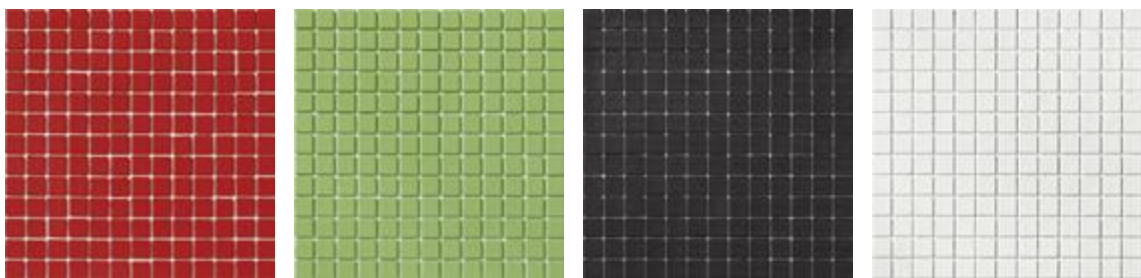
La extensa variedad de colores, combinaciones con otros materiales y formatos lo hacen bastante dúctil a la hora de jugar con el realizando combinaciones.

Se destacan dos formas de operar con las piezas vítreas: mediante *combinación de formatos* y mediante *composición de decoraciones*.

#### **CROMATISMO**

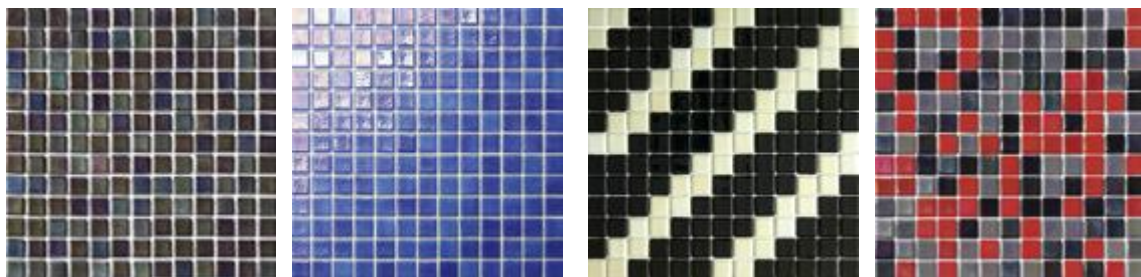
##### **Monocromo:**

Se basan en el empleo de piezas de vidrio de un único color, de acabado brillo o mate.



##### **Iridiscente:**

Los moteados son una combinación aparentemente aleatoria de uno, dos o tres colores junto con el blanco. Para que posea cierta gracia estética, se suele combinar un color con un tono bajo (Cobalto, Botella, Burdeos...) con uno o dos colores de tono medio o alto, junto con el blanco.



**Degradados:** Se trata de una transición gradual de un color a otro. Para ello se suelen utilizar tres o cuatro colores y blanco. Para que posea cierta gracia estética, se combina un color de tono bajo (Cobalto, Botella, Burdeos...) con uno o dos colores de tono medio o alto. No es imprescindible que el último color sea blanco.

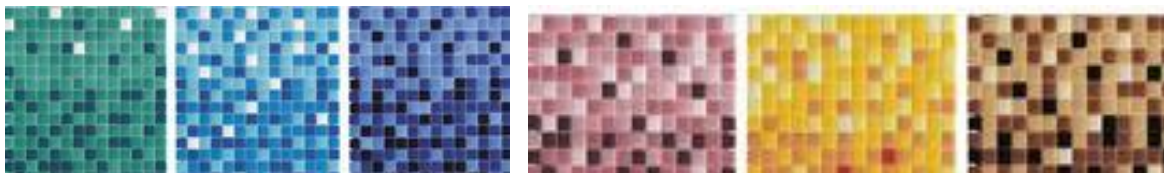


Fig.24.- Modelos de mosaicos vitreos. Alttoglass  
Fuente: [www.Alttoglass.com](http://www.Alttoglass.com)

### Formatos y combinaciones

En lo referente a los formatos la posibilidad mas obvia es la de jugar con un solo formato cuya superficie varíe de color. Por lo tanto, con un solo formato o con varios, siempre existen dos posibilidades de composición añadidas: por un lado, la rotura de la malla por desplazamiento de las piezas sobre alguno de sus ejes principales; por otro lado, el giro de dicha malla respecto de los ejes arquitectónicos, de modo que, según la dirección, no veamos cuadrados, sino rombos.

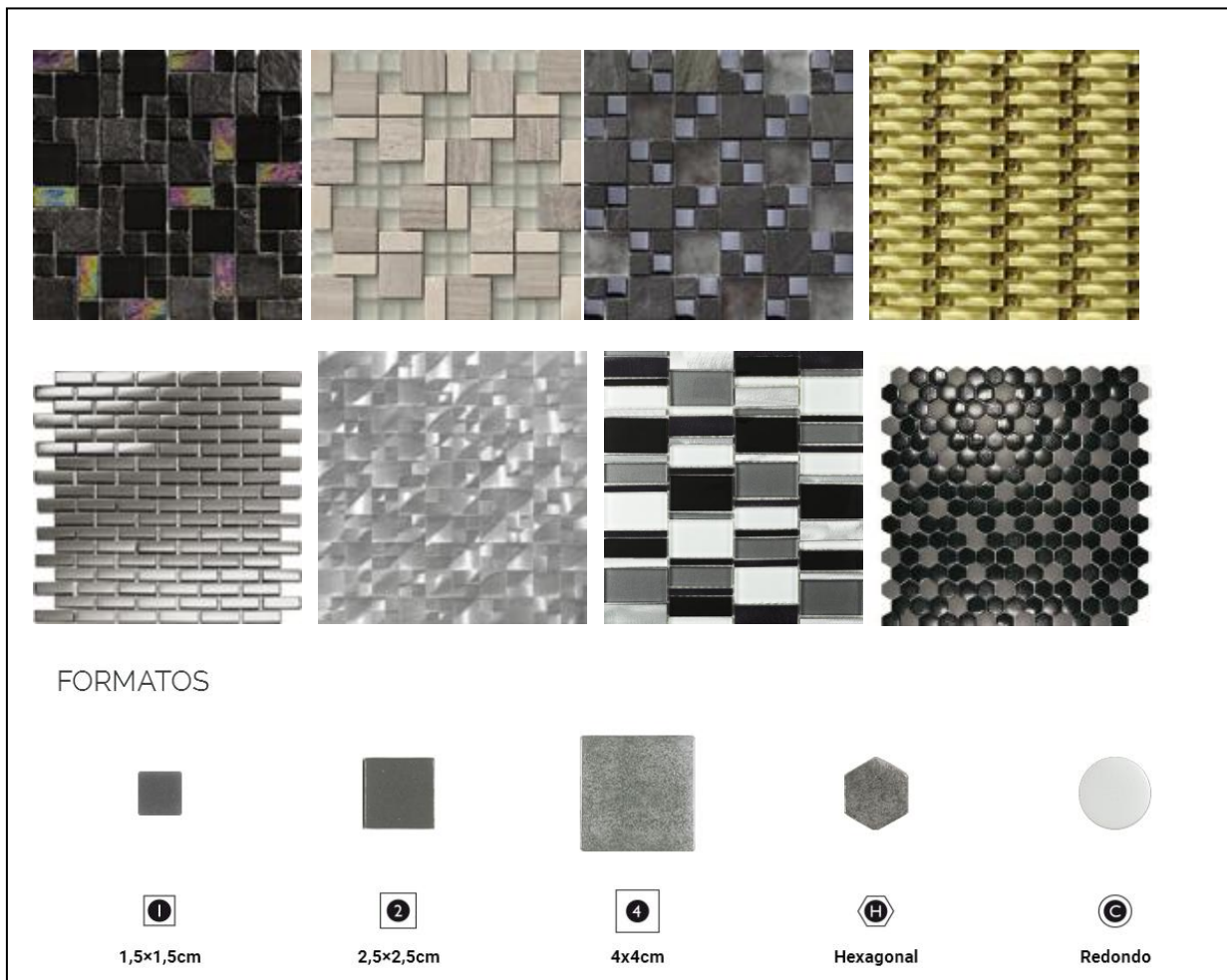


Fig.25.- Formatos y combinaciones de teselas. Alto Glass

Fuente: [www.Altoglass.com](http://www.Altoglass.com)

En cuanto a la combinabilidad de formatos hay que remarcar los siguientes aspectos:

A mayor cantidad de formatos interviniendo en un sistema expresivo, mayores tolerancias debe albergar-en general- la malla de juntas. En cuanto se pasa a ofrecer un sistema de formatos combinables, se entra en el mundo de la *combinación modular*, y en tal caso la dimensión de las piezas debe pensarse tomando en cuenta el espesor de las juntas; de lo contrario, dicho sistema puede caer en contradicciones. Así, se hace necesario el dimensionado previo de la piezas tomando en cuenta los espesores de las juntas.



### 3.3 Posibilidades de comunicación

#### Combinación de teseras para formar figuras



Fig.25.- Patrones gráficos del mosaico vítreo Hisbalit

Fuente: [Hisbalit.com](http://Hisbalit.com)

#### Mosaico Impresos

La tecnología inkjet permite imprimir cualquier fotografía digital sobre los mosaicos vítreos, permitiendo reproducir composiciones en base a imágenes.



Fig.26.- Mural de mosaico vítreo reproduciendo una fotografía digital.

Fuente: [Mosavit.com](http://Mosavit.com)

### **Mosaico Fotoluminiscente**

Es un revestimiento fabricado a base de vidrio molido mezclado con un pigmento fosforescente sometido a un proceso de sintetización. Los materiales fotoluminiscentes tienen la capacidad de absorber la luz ambiente, ya sea natural o artificial reteniendo esa energía lumínica mientras sigan recibiendo luz y luego cuando dejan de recibirla van a exteriorizar esa energía en forma de larga luminiscencia.

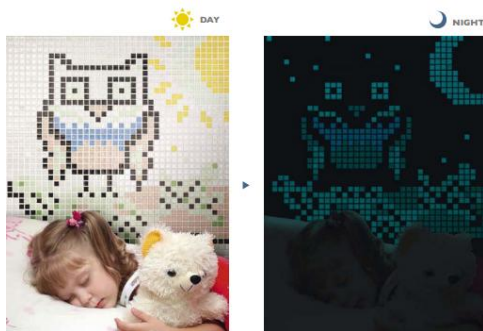
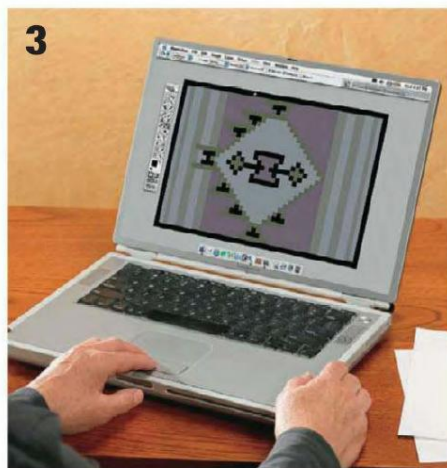


Fig.27.- Mosaicos fotoluminiscentes. Alto glass

Fuente: [www.alttoglass.com](http://www.alttoglass.com)

### **Personalización de la composición del mosaico**

Posibilidad de componer un diseño propio de mosaicos empleando herramientas de diseño por ordenador.



**Deje un par de cuadrantes alrededor** de la imagen para crear el borde. Cuando escoja la imagen deseada agregue el borde. Puede ser de un color sólido o variado, pero en lo posible debe contrastar con las baldosas adyacentes.



**Imprima la imagen al tamaño original.** Colóquelo sobre el piso y obsérvelo desde diferentes ángulos —quizás va a lucir diferente que en la pantalla del computador—. Haga los ajustes que crea necesarios para mejorar el diseño.

Fig.28.- Mosaicos fotoluminiscentes. Alto glass

Fuente: [Black and Decker](http://Black and Decker)



### 3.4 Obras de referencia

#### Arquitectura Interior

El empleo de mosaicos vítreos, al igual que los alicatados en general, tienen su uso predominante en interiores, específicamente el ámbito de las áreas húmedas (baño y cocina), así como ambientes donde se quieran otorgar cualidades y texturas.



Fig.29.- Mosaico de vidrio en estancia interior

Fuente: [mosavit.com](http://mosavit.com)



Fig. 30.- Mosaico de vidrio en baño.

Fuente: [mosavit.com](http://mosavit.com)



Fig.31.- Mosaico de vidrio en cocina.

Fuente: [kasellaskitchen.co](http://kasellaskitchen.co)

## Arquitectura Exterior

### **Templo expiatorio Sagrada Familia**

Barcelona

1920 –(en construcción).

Arq. Antoni Gaudí

Consciente de la degradación de los revestimientos a la intemperie y dada la dificultad de acceso a estas estructuras para una posible reparación, Gaudí vio en el vidrio de Murano empleado en obras históricas de mosaico, como por ejemplo la Basílica de San Marco, un material suficientemente resistente para esta aplicación. La elección de un material tan singular como la pasta de vidrio procedente de Venecia para el *trencadís* de los pináculos, no es una decisión aleatoria dado que, Gaudí conocía el comportamiento de otros materiales (mármol, piedra, cerámica) colocados a la intemperie en sus obras anteriores.



Fig. 32.- Hiperboloides de las naves decorados con prefabricados revestidos con *trencadís* de vidrio de Murano  
Fuente: [sagradafamilia.org](http://sagradafamilia.org)

Fig. 33.- Pináculos revestidos con *trencadís* de vidrio de Murano  
Fuente: [gauidesigner.com](http://gauidesigner.com)

### Del Revestimiento al Prefabricado

La solución adoptada en los pináculos de la Sagrada Familia, a través de prefabricados de hormigón armado, es un paso más en la evolución de este sistema constructivo. En un molde semiflexible, se colocan manualmente los pequeños fragmentos de pasta de vidrio en el fondo de este molde, mediante una silicona de fácil eliminación. A continuación, se coloca en el interior una armadura de acero inoxidable y, seguidamente, se vierte el mortero o micro-hormigón, debido al pequeño tamaño del árido utilizado. Con este sistema de fabricación se conseguían las complejas geometrías del arquitecto con un acabado liso y se facilitaba su puesta en obra para este revestimiento a gran altura.



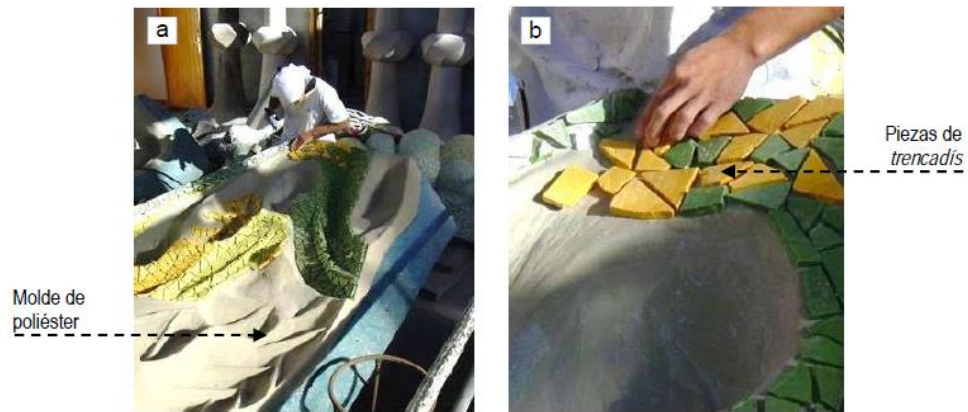


Fig. 34.- Colocación de piezas de vidrio en moldes para elemento prefabricado  
Fuente: (Gómez Ramio, 2015)

### Vidrio de Murano

La pasta de vidrio empleada para realizar el revestimiento de *trencadís* de dichas piezas sigue siendo suministrada por la misma fábrica de Murano de la época de Gaudí (Orsoni S.L), productora de este material desde el año 1888.

Este tipo de vidrio importado desde Murano sigue siendo de fabricación artesanal y es producido mediante dosificaciones patentadas por la empresa productora. Por consiguiente, los vidrios de aproximadamente 10 mm de espesor adoptan características compositivas y estéticas distintas en función de cada fundición y de las condiciones de su secado. Las diferentes partidas de pasta de vidrio de diversas tonalidades se reciben en la obra en forma de placa rectangular de aproximadamente 250x400 mm.

Con posterioridad, éstas son cortadas en los fragmentos de *trencadís* manualmente mediante una sierra de disco y unas tenazas especiales (ver figura 3.19b). En el 2009 los técnicos de la obra detectaron roturas en algunas de las partidas de vidrio que no eran aptas para su utilización.

Consecuentemente, la Dirección Facultativa estableció procedimientos de control de calidad basados en métodos de choque térmico y mecánico, con el fin de descartar aquellas partidas de baja calidad y con posibilidad de rotura una vez puestos en la obra (Vicente, 2009).

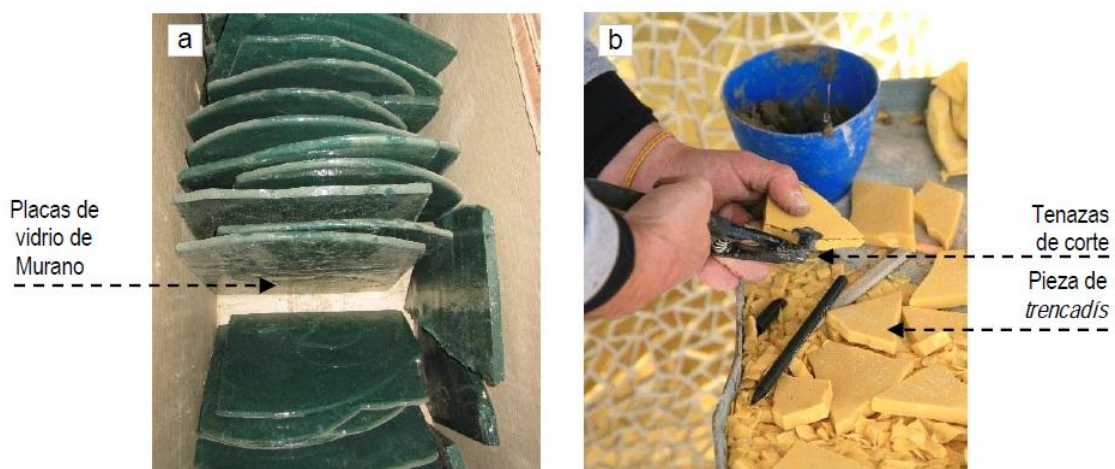


Fig. 35.- Placas de Vidrio de Murano y corte de la pasta de vidrio en piezas de trencadís.  
Fuente: (Gómez Ramio, 2015)

**Abraj Al-Bait Tower complex**

**Mecca Royal Hotel Clock**

Mecca, Arabia Saudita

Dar al-Handasah Shair & Partners

2012

La altura total de la torre es de 601 metros, haciendo de este el segundo edificio mas alto del mundo, tras el Burj Khalifa en Dubai. En este ambicioso proyecto, la empresa Trend Group, de Vicenza Italia, ha suplido 98 millones de piezas de mosaicos vítreo, para un total de 40,000 metros cuadrados incluyendo una porción considerable de mosaicos vítreo con hoja de oro para las fachadas del reloj.

La superficie de colocación son paneles composite con adhesivos y lechada. La solución debió considerar la exposición al exterior y las rigurosas exposiciones al sol y las altas temperaturas. Para estas condiciones la firma Mapei desarrollo el producto Kerapoxi Adhesive FR, un mortero epoxy resistente a los acidos. Estas piezas fueron ejecutados en los Emitaros Arabes y luego trasladadas y montadas a la estructura (cofindustriacerámica.com).



Fig. 36 y 37.- Vista general y detalle de estructura de coronación.

<http://www.spec-net.com.au/>



Fig. 38 y 39.- Detalles de paneles composite revestidas de Vidrios opales

Fuente: <http://www.spec-net.com.au/>



*Centro científico y cultural en Hungría.*



*Fig. 40.- Mosaico vítreo iridiscente en Edificio científico y cultural en Hungría.  
Fuente:mosavit.com*

Edificio Serpentín, París, Francia



*Fig. 41.- Renovación edificio serpentín, París.  
Fuente: mosavit.com*

## CONCLUSIONES

En el Vidrio opalino encontramos un material con una tradición milenaria en su aplicación en paramentos. Su atractivo visual y estético, la posibilidad de trabajarlo para obtener diversas texturas, formas, etc. así como sus propiedades y el cumplimiento de exigencias le hacen un material idóneo para el revestimiento de paramentos.

Sin embargo, encontramos a su vez múltiples limitaciones en el desarrollo el mismo. A diferencia de la cerámica, que si ha experimentado una evolución significativa en sus cualidades y sistemas de producción en la obtención de piezas de gran tamaño y alta resistencia mecánica, los vidrios opales han quedado rezagados en el tiempo, constituyendo pastas de vidrio con limitaciones en cuanto a formato, escala de producción, etc.

Recogemos estas observaciones a modo de Conclusión en el siguiente análisis FODA

### FORTALEZAS

*-Las aplicaciones del Vidrio Opalino como material de revestimiento tienen una gran tradición histórica por la técnica milenaria de los mosaicos.*

*-El vidrio como material posee excelentes características de resistencia y propiedades (baja absorción de agua, resistencia a la helada, a los químicos, a la luz, a la intemperie), comprobada a demás en obras singulares (Sagrada Familia, Mecca Tower), que le hacen propicio como material de revestimiento.*

*-Dado que el color es parte de la masa vítrea, el material presenta la ventaja de brillo y color perennes ante las condiciones ambientales.*

*-El desarrollo de la tecnología de los adhesivos ha contribuido a mejorar las condiciones de adherencia del vidrio, y ha ampliado el espectro de materiales de colocación sobre el cual pueden colocarse.*

*- Las técnicas del mosaico y del trencadís permiten una alta adaptabilidad a geometrías compleja.*

*-No requiere un alto nivel de mantenimiento.*

*-Presencia de varias fabricas especializadas en el vidrio opalino, mantienen la dinamca del producto.*

## OPORTUNIDADES

- *Permite su producción a nivel artesanal, lo cual permitiría su producción sin grandes requerimientos de inversión o en contextos con bajo nivel de industrialización.*
- *El material puede ser obtenido 100% a partir de material reciclado, lo cual reduce los costos y genera una positiva incidencia medioambiental. Esto da la opción de obtener puntos para la certificación LEED a los edificios que lo empleen.*
- *Desarrollo de innovación en prestaciones especiales, como mosaicos luminiscentes, mosaicos impresos, Mosaico con prestaciones fungicidas, que amplían las posibilidades de los mismos.*
- *El desarrollo de técnicas de puesta en obra por malla, papel y THK constituyen contribuciones que ahorran tiempo en la puesta en obra.*
- *Los vidrios opales admiten un radio de materias primas mas amplio que los vidrios transparentes. Así pueden obtenerse a partir de pasta de vidrio, vidrio reciclado, etc.*
- *Experimentar aplicaciones alternas del vidrio opalino en el ámbito de los revestimientos, con piezas de mayor dimensión, como aplacados fijados mecánicamente, etc.*

## DEBILIDADES

- *Limitación en su aplicación en formatos pequeños, debido a fragilidad del vidrio en sí, y la incertidumbre en cuanto a resistencia mecánica, que trae consigo el proceso de elaboración artesanal, así como difícil adheribilidad, escasa evaporación de agua desde el paramento, etc.*
- *Dificultades de fijación, lo cual requiere el empleo de adhesivos especiales de mayor costo que los morteros tradicionales.*
- *Dado que los vidrios opales se presentan en múltiples modelos cada uno con una pigmentación y composición diferente, la demanda de estos elementos unitarios por sí solos se hace baja para ser industrializados a gran escala, a diferencia del vidrio transparente.*
- *La ausencia de una normativa propia para los productos vítreos, ya que este depende de las normativas de baldosas cerámicas.*

## AMENAZAS

- *Los mayores costos de puesta en obra, por el costo del vidrio al requerir de adhesivos especiales.*
- *Las aplicaciones del vidrio opalino como material de revestimiento se han centrado en el ámbito del baño y la cocina, su aplicación a gran escala en exteriores se ha visto limitado a obras singulares (Sagrada Familia, Mecca Tower), limitando así la difusión del material.*
- *Los vidrios opales se producen como pastas de vidrios, habiendo variado muy poco evolucionado a lo largo de los años, esto le ha impedido alcanzar las prestaciones que sí han logrado los alicatados cerámicos.*



*-El descuido del campo de aplicaciones arquitectónicas del vidrio opalino, a favor de otros tipos de vidrio (transparente, float, laminado), lo cual le hace quedar cada vez mas rezagado con relación a estos.*

*-La diversificación y avances de la industria cerámica, así como la innovación en nuevos productos, (cerámica vitrificada, gres) constituyen una fuerte competencia que ha ganado bastante terreno en el ámbito de los revestimientos*

## REFERENCIAS

AMSTOCK, J. S.

*Vidrio en la construcción*. Mexico: Mc Graw Hill Interamerica editorial S.A. de C.V. (1999).

BLACK AND DECKER

Guía completa sobre la baldosa Cerámica. Minneapolis. Creative Publishing International. (2011)

CRITALERIA, S.-G.

*Manual del Vidrio*. Madrid: Saint Gobain Glass. (2001).

DE CUSA, J.

*Revestimientos 2*. Barcelona: Grupo Editorial Ceac. (1995).

Mc GRATH, R., & Frost, A. C.

*Glass in Architecture and Decoration*. Londres: The Architectural Press. (1961).

NAVARRO J: L.;

*El Vidrio*. Madrid: Consejo Superior de Investigaciones Científicas. (1991)

PORCAR, J L

*Manual-Guía Técnica de los Revestimientos y Pavimentos Cerámicos*.

Instituto de Tecnología Cerámica. (1987) *Vidriería. Prescripciones del Instituto Eduardo* Madrid, España: (1969).

## REFEENCIAS DE CONSULTA INDIRECTA

BELMONTE, C; SALERNO, C.S;

*Mosaic glass made in Rome between the sixteenth and seventeenth centuries: Rome glassmakers for the Fabbrica di San Pietro*. Journal of Cultural Heritage. Diciembre ,2008.

CARRASCOSA MOLINER, B; PAÍSES OVIEDO, T;

*La conservación y restauración del mosaico*. Editorial de la Universidad Politécnica de Valencia. Valencia, 2004. (2004).

FIERRO, M;

*En torno a la decoración con mosaicos de las mezquitas omeyas*. Homenaje al profesor Jacinto Bosch Vilá. Granada, 1991.

GONZÁLEZ-RAMIREZ, M.L;

*El trazado geométrico en la ornamentación del Alcázar de Sevilla*. UNIVERSIDAD DE Sevilla y Consejería de Obras Públicas y Transportes, 1995.

JENNI, A; ZURBRIGGEN, R; HOLZER, R; HERWEGH, M;

*Changes in microstructures and physical properties of polymer-modified mortars during wet storage*. Cement and Concrete Research, 2006.

PICO, J; SÁNCHEZ, A; BONDIA, J; ESCUDERO, D; TARREGOSA, A; CORRECHER, C;  
*Intelligent robotic cell for Trencadis mosaics manufacturing*. IEEE Transactions on Systems Man and Cybernetics Part C (Applications and Reviews), 2005.

OZKAHRAMAN, H. T.; IŞIK, E. C;  
*The effect of chemical and mineralogical composition of aggregates on tensile adhesion strength of tiles*. Construction and Building Materials. Vol. 19, núm. 4

VALLESPÍN, A;  
*La luz dibujada en bizancio*. EGA. Revista de expresión gráfica arquitectónica, Vol. 17, núm 19,

VOCCOLI, O;  
*La rinascita dell'arte musiva in epoca moderna in Europa. La tradizione del mosaico in Italia, in Spagna e in Inghilterra*. Directora: Mireia Freixa. Tesis Doctoral. Departament d'Història de l'Art. Universitat de Barcelona. (2010).

## TESINAS

MOLIST PORTA M.,  
*Evaluación de la durabilidad de piezas de trencadis mediante ensayos no destructivos*.  
Barcelona: Universidad Politécnica de Cataluña. (2014).

GOMEZ RAMIO.  
Los Pináculos de Sagrada Familia: Restauración y Obra Nueva. Tesis Doctoral.  
Barcelona: Universidad Politécnica de Cataluña. (2015)

## ARTICULOS

L. CUOGHI FENOLLAR1  
Revestimientos vítreos con propiedades bactericidas y fungicidas.  
Boletín de la sociedad española de cerámica y vidrio.  
Web sociedad española de cerámica y vidrio

## SITIOS WEB

Wikipedia.org

- Trencadis:
- Vitrolite:
- Vidrio Opalino
- Vidrio
- Vitrolite

## SITIOS WEB

- [AlttoGlass.com](http://AlttoGlass.com)
- [BedrockIndustries.com](http://BedrockIndustries.com)
- [Ezarri.com](http://Ezarri.com)
- [Hisbalit.com](http://Hisbalit.com)
- [Mosavit. Com](http://Mosavit.Com)
- [Reviglass.com](http://Reviglass.com)
- [Trend.com](http://Trend.com)

#### Características Técnicas de productos por fabricante

Bisazza.

Especificaciones Técnicas de productos.....

Vidrepur.....Especificaciones

Hisbalit

Errazzi

Altto Glas

Mosavit

Reviglass

Trend