

CUADERNOS INTEMAC

Cálculo de muros cortina

Engineering curtain walls

Jesús M^a Rodríguez Romero
Ingeniero de Caminos

Francisco Santos Olalla
Ingeniero Industrial

José Ramón Arroyo Arroyo
Ingeniero Industrial

Prof. Ramón Álvarez Cabal
Dr. Ingeniero Industrial



INTEMAC

INSTITUTO TECNICO DE MATERIALES Y CONSTRUCCIONES

N.º 32

4.º TRIMESTRE '98



METIRE UT SCIAS

INTEMAC

INSTITUTO TECNICO DE MATERIALES Y CONSTRUCCIONES

LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES Y CONSTRUCCIONES

CONTROL DE PROYECTO

CONTROL DE OBRA

GARANTIA DE CALIDAD

SONDEOS, ENSAYOS E INFORMES GEOTECNICOS

INFORMES DE PATOLOGIA, REHABILITACION Y REFUERZOS DE CONSTRUCCIONES

OBRAS PUBLICAS
EDIFICACION
INSTALACIONES



INTEMAC
AUDIT

AUDITORIA TECNICO-ECONOMICA DE CONSTRUCCIONES

- ASESORIA EN EL PLANTEAMIENTO Y EN LA CONTRATACION DE LA OBRA
- SEGUIMIENTO DE COSTOS Y PLAZOS DURANTE LA CONSTRUCCION
- VALORACIONES DE TERRENOS, INMUEBLES Y CONSTRUCCIONES
- AUDITORIAS DE TRABAJOS PARCIALES Y DE LIQUIDACION DE LA OBRA



INTEMAC
ECO

AUDITORIA TECNICA MEDIOAMBIENTAL

CONTROL DE IMPACTO AMBIENTAL

Obras Públicas

Edificación

Instalaciones

CONTROL DE CALIDAD AMBIENTAL

Aire

Agua

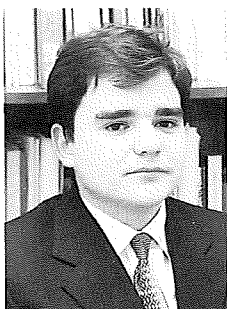
Ruido

AUDITORIA MEDIOAMBIENTAL

ASESORAMIENTO EN MATERIA DE MEDIO AMBIENTE

CÁLCULO DE MUROS CORTINA

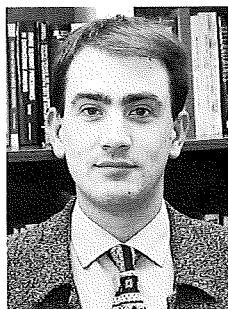
ENGINEERING CURTAIN WALLS



Jesús Mª Rodríguez Romero

Ingeniero de Caminos
Sección de Estructuras
de INTEMAC

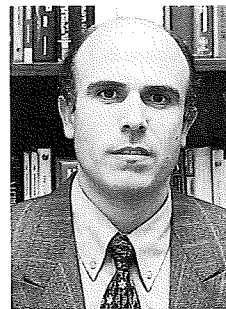
Civil Engineer
Structures Section
of INTEMAC



Francisco Santos Olalla

Ingeniero Industrial
Sección de Estructuras
de INTEMAC

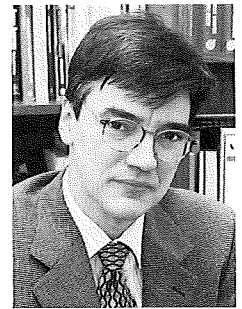
Mechanical Engineer
Structures Section
of INTEMAC



José Ramón Arroyo Arroyo

Ingeniero Industrial
Sección de Estructuras
de INTEMAC

Mechanical Engineer
Structures Section
of INTEMAC



Prof. Ramón Álvarez Cabal

Dr. Ingeniero Industrial
Jefe de la Sección de
Estructuras de INTEMAC

PhD. Mechanical Engineer
Head of the Structures
Section of INTEMAC

Copyright © 1999, INTEMAC

Todos los derechos reservados. Ninguna parte de esta publicación puede ser reproducida o distribuida de ninguna manera ni por ningún medio, ni almacenada en base de datos o sistema de recuperación, sin el previo permiso escrito del editor.

All rights reserved. No part of this publication may be reproduced or distributed in any form or by any means, or stored in a data base or retrieval system, without the prior written permission of the publisher.

ISSN 1133-9365

Depósito legal: M - 2.270 - 1999
Infoprint, S.A. - San Vicente Ferrer, 40

INDEX

- 1. INTRODUCTION**
- 2. DESCRIPTION AND CLASSIFICATION**
- 3. DESIGN GUIDELINES**
- 4. ACTIONS**
- 5. COMPONENT VERIFICATION**
- 6. BIBLIOGRAPHY**

ÍNDICE

- 1. PRESENTACIÓN**
- 2. DESCRIPCIÓN Y CLASIFICACIÓN**
- 3. BASES DE PROYECTO**
- 4. ACCIONES**
- 5. COMPROBACIÓN DE ELEMENTOS**
- 6. BIBLIOGRAFÍA**

SUMMARY

The spectacular development of prefabricated enclosure solutions, and curtain walls in particular, in recent years has not been mirrored by the sort of regulatory or bibliographic attention the importance of the issue would seem to merit; in fact, information on the subject in general is relatively scant.

This paucity is an obstacle to the engineering and control of enclosure design, both of which should be based on rules of good practice that can be found in building codes for only very specific cases.

Such a situation, in our view, warrants the publication of a review compiling and recording the basic information contained in international standards and references of particular interest. The intention is not to make original contributions of any kind, but merely to provide a listing, annotated as appropriate, of the engineering criteria and verification methods most commonly used on the European market. In order to limit the length of the paper, only structural aspects are addressed.

1. INTRODUCTION

The direct cost of building enclosures in today's office buildings is as high as the cost of the structure itself or any other overall item. Moreover, the total cost associated with facades, in relation to the overall cost of the building throughout its useful life, together with upkeep, occasional repair, renovation expenses, etc., is substantial enough to warrant any effort designed to rationalise and systematise the processes involved in their design, execution and exploitation. Structural behaviour is one of the factors that plays an instrumental role in the final result.

Indeed, maintaining appearance, watertightness or even strength at required levels places very stringent demands on the structural system which must, for instance, be able to accommodate long-term structural movements along the plane of the wall without transferring them to the facade but must at the same time be sufficiently rigid along the normal plane to afford effective support for the enclosure panels to enable them to withstand wind action. Moreover, other non-structural demands which do not condition system performance must also be met: thus, for instance, the system should be sufficiently simple to allow for speedy and safe assembly, sufficiently tolerant of structural geometric deviations to preclude improvised solutions, sufficiently light rule out any need for inordinately costly or complex freighting arrangements, sufficiently sturdy to withstand anomalous situations during assembly and so on.

Compared to the obvious importance (and financial implications) of the subject, the literature and regulations in this regard are surprisingly scant. This may be due to the fact that facades are an area in which responsibilities are not clearly delimited in practice, a no-man's land between architects and engineers. They are not part of the "structure" but involve issues that constitute a challenge for any engineer, forced to combine rigidity, strength, simplicity, economy, etc. Another possible reason for the lack of attention may be that since the loads involved are not normally very large, such walls are not, generally speaking, a decisive factor from the standpoint of criteria that address strength only – the only ones usually applied to verify structural soundness.

The following notes on the design and structural verification of curtain walls in construction intend merely to delimit the importance of each aspect and identify the most pressing regulatory needs.

2. DESCRIPTION AND CLASSIFICATION

Originally conceived as a solution to very specific needs, existing in exceptional buildings only, curtain walls have become so popular that they are now a common component of the urban landscape in certain areas of most Western cities.

Many factors have contributed to such rapid market growth. Some of the ones ordinarily mentioned are the clear (albeit slow) tendency to industrialise construction, cost trends (with the gradual reduction of the cost of materials compared to labour), the increasing importance of planning reliability, ease of replacement, etc.

It is also generally acknowledged, however, that this popularity is waning among the public at large, which has begun to tire of the monotony to which the indiscriminate use of this solution has given rise (Photo 1). Aware of this problem, architects have hastened to include new materials and functional and structural designs. Obviously, the

RESUMEN

El espectacular desarrollo experimentado en los últimos años por las soluciones prefabricadas de cerramiento, y en particular por los muros cortina, no ha sido acompañado por un desarrollo parejo de la normativa, de la bibliografía y, en general, de la información que la importancia del tema aconsejaría.

Esta carencia dificulta tanto la redacción como el control de proyectos de cerramientos, toda vez que ambas actividades han de establecerse sobre reglas del buen hacer que solamente en casos muy específicos se reflejan en normas de referencia.

Tal situación justifica, en nuestra opinión, la publicación de un Cuaderno que recoja y registre la información básica contenida en normas y referencias internacionales de especial interés. No se pretende presentar aportación u originalidad alguna sino la relación, justificada si hace al caso, de los criterios de proyectos y métodos de comprobación más utilizados en el mercado Europeo. El contenido se ha limitado a los aspectos estructurales al objeto de acotar la extensión del documento.

1. PRESENTACIÓN

El coste directo de ejecución del cerramiento se sitúa en los edificios actuales de oficinas en niveles tan importantes como los que representa la propia estructura o cualquier otra partida global. Si, por otra parte, se piensa en el coste global del edificio a lo largo de su vida útil y se consideran los gastos de mantenimiento, los derivados de ocasionales reparaciones, renovaciones etc, resulta un coste global asociado a las fachadas tan importante que justifica cualquier esfuerzo destinado a la racionalización y sistematización de todos los procesos que conlleva su proyecto, ejecución y explotación. Entre ellos, uno de los que de forma más determinante influye en el resultado final es el comportamiento estructural.

En efecto, el mantenimiento a lo largo de los años de las condiciones exigidas de apariencia, estanqueidad, e, incluso, resistencia, plantean exigencias muy estrictas sobre el sistema estructural, que ha de ser, por ejemplo, capaz de acomodar los desplazamientos a largo plazo de la estructura en el plano del cerramiento sin transmitírselos a éste, mientras que, al mismo tiempo, ha de ser suficientemente rígido en el plano normal como para dar apoyo efectivo a los paneles de cierre frente a las acciones de viento. Por otra parte, a tales exigencias hay que añadir otras que, sin carácter estructural alguno, condicionan el éxito del sistema, el cual ha de ser, por ejemplo, lo suficientemente simple como para permitir un montaje rápido y seguro, lo suficientemente tolerante con las desviaciones geométricas de la estructura como para no exigir soluciones improvisadas, lo suficientemente ligero como para no requerir medios desproporcionados de carga, lo suficientemente robusto como para admitir situaciones anómalas durante el montaje,...

Frente a la clara importancia (siquiera económica) del tema resulta sorprendente la relativa escasez bibliográfica y normativa al respecto. Quizás ello sea debido a que las fachadas constituyen un ámbito sobre el que no se delimitan en la práctica claras responsabilidades, una tierra de nadie entre el arquitecto y el ingeniero: No es "estructura" pero encierra detalles que constituyen un reto para cualquier ingeniero, obligado a aunar rigidez, resistencia, simplicidad, economía,.... También puede ser causa de la citada falta de atención el que las cargas normalmente manejadas no son importantes, lo que implica que los criterios exclusivamente resistentes - los únicos en los que descansa la comprobación estructural en muchos casos - no suelen ser determinantes.

En lo que sigue se exponen algunas notas sobre el proyecto y la comprobación estructural de muros cortina en edificación que no pretenden sino acotar la importancia de cada aspecto y señalar las necesidades normativas más acuciantes.

2. DESCRIPCIÓN Y CLASIFICACIÓN

Planteado en sus orígenes como solución a unas necesidades muy concretas, presentes tan sólo en edificios singulares, el uso del muro cortina se ha extendido de forma tal que constituye ya un elemento común en el paisaje urbano de, al menos, zonas concretas de las ciudades occidentales.

Son muchos los factores que han contribuido a ese desarrollo tan rápido del mercado. Se suelen citar, entre otros, la clara (aunque lenta) tendencia a la industrialización del sector de la construcción, la evolución de los costes (con la progresiva reducción de los de material frente a los de mano de obra), la creciente importancia de la fiabilidad en la planificación, la facilidad de sustitución,...

structural system used for light glass enclosures is less effective when it has to bear heavy brick or stone cladding (although this assertion cannot be taken categorically, either: the overall weight of very thin stone wafers pasted on to a strong lightweight base is very moderate).

The result is that there is a sizeable number of prefabricated enclosures on the market at this time. Some authors distinguish three types (although they explicitly admit a fourth, consisting of any combination of the other three):

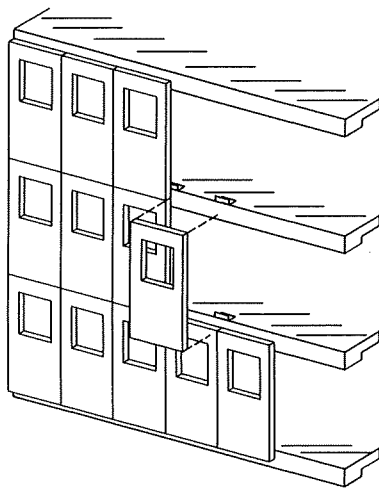


Fig. 1

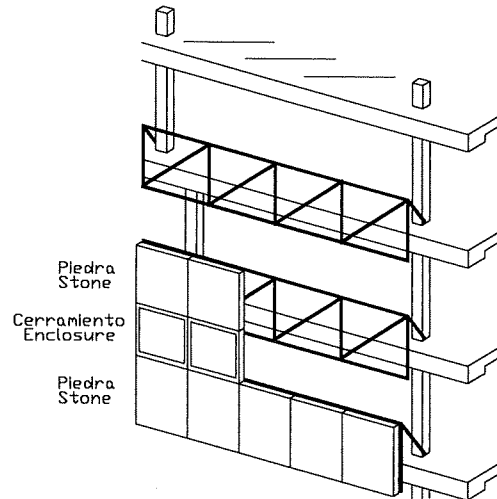


Fig. 2

- *Integral panels*
These shop-manufactured panels constitute a structural and functional unit which includes all surfacing, structural and insulation components in such a manner that the only sitework required is to hoist them into position and attach them to fixings previously set into the structure (Figure 1 and Photo 2). The system adapts to materials as diverse as (usually fibre) concrete or lightweight sandwich systems (whose external appearance is the same as in profile systems).
- *Frames*
If the exterior is fragile and/or small (stone, brick...), an intermediate structure is required to hold it in place and fill in the bays between building supports (Figure 2). As in the preceding case, each shop-manufactured unit is designed for immediate on-site placement.
- *Profile systems*
These small, lightweight panels (on occasion not more than glass panels) are attached to a profile lattice previously built into the structure (Figure 3 and Photo 3). This is what is commonly known as a "curtain wall". The vertical components are usually continuous whereas the horizontal components are placed in between them.

Parallel to these systems, certain others typically applied to glass enclosures have also been developed. In this specific field the pursuit of maximum lightness and apparent simplicity has led to the gradual reduction of the size of the visible portion of the profiles, which are concealed behind the glass, forming, in extreme cases, what is known as structural glass, a term designating enclosures in which glass is bonded to frames by means of a silicon sealant, thereby doing away with the need for any kind of mechanical fixing.

The other extreme consists of enclosures based on mechanical, point-by-point fixing for the glazing (Photo 4), made possible by enhanced mechanical characteristics. Thanks to such new systems and materials and the lower costs of concomitant standardisation and industrialisation, glass construction (Photo 5 to 8) has remained popular throughout the Twentieth Century, and indeed, there is a number of splendid and well conserved early examples of this building style in our country.

Nonetheless, the new systems referred above are not essentially different from traditional curtain walling. The structural systems are identical, albeit concealed. Systems in which the enclosure contributes to load strength are quite a different development, however. The best known example of this is the use of glass as a chord in the horizontal lattice work exposed to wind pressure (Figure 4).

3. DESIGN GUIDELINES

As stated above, curtain walls are a challenge for structural engineers, who must counterbalance conflicting features. The points to be addressed are set out below:

En el sentido opuesto, se reconoce que tal éxito ha conducido a cierto agotamiento del público, hastiado de la monotonía a que el uso indiscriminado de la solución ha dado lugar (Fotografía N°1). Conscientes de este problema, los arquitectos no han dudado en incorporar nuevos materiales y nuevos esquemas funcionales y estructurales. Evidentemente, el sistema resistente utilizado en cerramientos ligeros de vidrio pierde eficacia al soportar pesados paños de fábrica o de piedra (si bien esta última afirmación también requiere sus matices: existen losas de piedra de espesor mínimo encoladas sobre una base resistente muy ligera de forma que el peso final del conjunto es muy reducido).

Como resultado, en la actualidad conviven en el mercado un gran número de soluciones prefabricadas de cerramiento. Algunos autores distinguen tres tipologías (aunque explícitamente admiten una cuarta constituida por cualquier sistema híbrido entre las tres restantes):

- **Paneles integrales**
Constituyen una unidad estructural y funcional que, fabricada en taller, incorpora todos los elementos de acabado, resistentes, y de aislamiento en forma tal que en obra tan sólo es preciso elevarla a su posición y apoyarla sobre anclajes previamente dispuestos en la estructura (Figura 1 y Fotografía N°2). El sistema se adapta a materiales tan dispares como el hormigón (usualmente con fibras) o los ligeros sistemas tipo "sandwich" (cuya apariencia exterior puede ser idéntica a la de los sistemas de perfiles).
- **Bastidores**
Si el acabado exterior es frágil y/o de pequeña dimensión (piedra, fábrica,...), se requiere la disposición de una estructura intermedia a la que sujetarlo y que salve la luz entre los apoyos del edificio (Figura 2). Como en el caso anterior, cada conjunto se fabrica en taller de forma que en obra tan sólo se requiere su posicionamiento.
- **Sistemas de perfilería**
Los paneles son de pequeña dimensión y peso (en ocasiones quedan reducidos al simple acristalamiento) y se anclan a una retícula de perfilería previamente dispuesta en la estructura (Figura 3 y Fotografía N°3). Es a lo que comúnmente se denomina "muro cortina". Normalmente los elementos verticales mantienen la continuidad mientras que los horizontales se tienden entre aquellos.

En paralelo a estos sistemas se han desarrollado algunos otros de aplicación típica al caso de cerramientos de vidrio. En este campo concreto la búsqueda de la máxima ligereza y simplicidad aparente ha sido la causa de la progresiva reducción del tamaño expuesto de los perfiles, que se esconden tras los cristales llegando al extremo conocido como vidrio estructural, término que designa a los cerramientos en los que el vidrio se pega a los marcos con siliconas, desapareciendo todo anclaje mecánico.

En el extremo opuesto, son numerosas las realizaciones basadas en el anclaje mecánico y puntual de los vidrios (Fotografía N°4), lo que ha sido posible gracias a la mejora experimentada en sus características mecánicas. Estos nuevos sistemas y materiales han permitido la reducción de costes que, a través de la normalización y la industrialización, ha hecho posible la permanencia de las construcciones de vidrio (Fotografías N°5 a N°8), un tipo de edificación en auge a principios de siglo y de los cuales nuestro país conserva algún ejemplo magnífico.

Con todo, lo anterior no introduce diferencias fundamentales respecto a los sistemas clásicos de muro cortina. Se mantienen, aunque escondidos, idénticos sistemas resistentes. Un desarrollo muy distinto es el sistema en el que el cerramiento colabora en la resistencia a las cargas. El ejemplo más conocido es el uso del vidrio como cordón de la celosía horizontal dispuesta a viento (Figura 4).

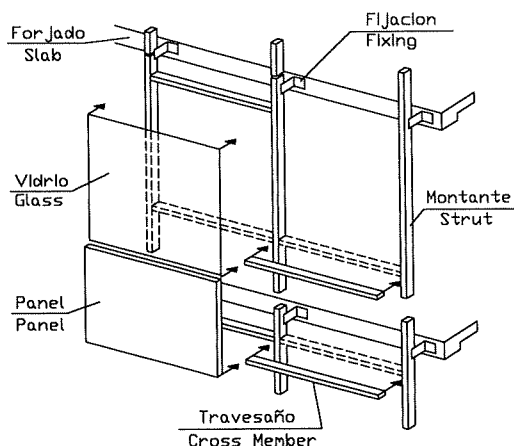


Fig. 3

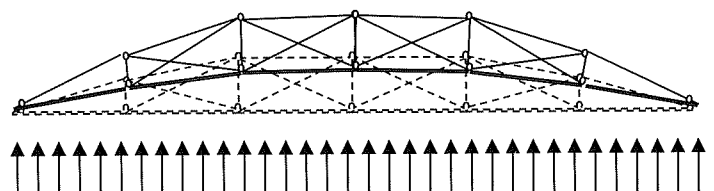


Fig. 4

System tolerance

One of the demands of curtain walling refers to tolerance during assembly. Whereas in traditional facades geometric deviations are disguised by the existence of discontinuous openings, the rough texture of materials (brick, stone...) and the unpolished finish on the surfacing, just the opposite is encountered in curtain walls. The continuous lines defined by the profiles, the smooth texture of the materials (steel, aluminium, glass...) and, often, the shiny finish on such materials, make any geometric imperfection (on the order of millimetres) readily perceptible

This calls for assembly systems that enable precise adjustment of position in any direction, systems which, at times, require the use of fitting screws (Figure 5 and Photo 9 shows a common system for vertical adjustment) which, once fastened by any method (back nuts, adhesives, etc.) may form a part of the final load transfer system (although normally their function is only temporary and the final fixing system is bolted or welded).

Profile systems are more flexible in this regard than panel or frame systems, due simply to the fact that an additional element, the profiles, is placed between the prefabricated enclosure components and the structure, providing further leeway for adjustments.

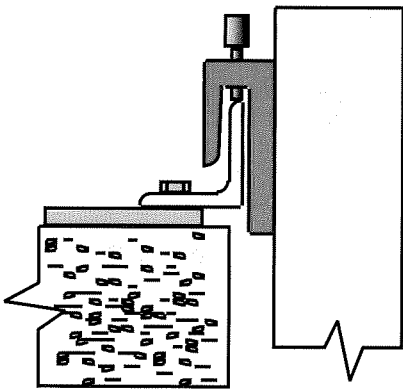


Fig. 5

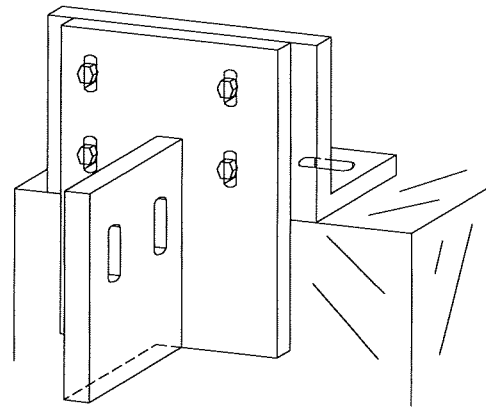


Fig. 6

Structural tolerance

Although the same principle is involved, a distinction has been drawn between wall component assembly tolerance and tolerance involving building structures. The magnitude of deviation differs widely in the two cases (the scale is in millimetres in curtain walls and centimetres in structural components), which is indicative of a need for very different systems of adjustment. Shims, slotted holes and, in general, components allowing for rather coarse, imprecise adjustments (compared to the precise but narrow adjustment allowed by the screw systems described above) are often used to correct structural deviations (Figure 6 and Photo 10). Moreover, such deviations are usually corrected by means of components located between the structure and the fixing, whereby the latter is set into place within wall tolerances, and the final adjustment is made with the screws used to fasten to the panels in place.

The gaps between the wall and the structure left to accommodate the substantial tolerances called for by the fixing system in turn condition (Figure 7) the system as a result of the eccentricity arising between gravitational loads and the structure. Such gaps likewise condition building performance in the event of fire, making it necessary to use some kind of filling able to separate levels without placing further constraints on the wall.

Sensitivity to structural deflection

The dimensions of enclosure components are usually much smaller than the structural bays. This means that their supports must often be set into intermediate points on floor slabs (in profile systems for low-rise buildings the vertical members can be directly grounded on the lowest level so the fixings on the different storeys fasten the panels horizontally only). As a result the enclosure is impacted by deflection in the slabs on which it is grounded in two ways. On the one hand, there is long-time concrete slab deflection which affects the slabs on all storeys in more or less the same way.

On the other, the deflection caused by live loads generally leads to differential deflection in the various storeys. In extreme cases such differential displacement may be so substantial that it needs to be minimised with tension members placed between the facade beams, each one of which involves the ones above it in its own deformation.

In any case, provision must be made for panel rotation which, in practice, means horizontal mechanical allowance: the larger the ratio between panel height and width, the larger will be the allowance required (Figure 8). If no such provision is made, since the facade may become very rigid along its own plane, reactions would be redistributed

3. BASES DE PROYECTO

Como decíamos anteriormente, el muro cortina supone, en sus aspectos estructurales, un reto para el ingeniero estructural, que ha de aunar aspectos contrapuestos. Ha de atenderse a los puntos que se relacionan:

Tolerancias del sistema

Una de las exigencias de los muros cortina se refiere a las tolerancias en el montaje. Mientras que en las fachadas tradicionales las desviaciones geométricas quedan disimuladas por la existencia de huecos discontinuos, por la textura rugosa de los materiales (ladrillo, piedra,...) y por el acabado mate de los mismos, en los muros cortina se produce la situación opuesta. Las líneas continuas definidas por la perfiles, la textura lisa de los materiales (acero, aluminio, cristal, ...) y, en muchos casos, el acabado brillante de éstos, contribuyen a que cualquier imperfección geométrica (del orden de milímetros) sea fácilmente detectable a la vista.

Ello requiere sistemas de montaje que permitan el ajuste preciso de la posición en cada una de las direcciones del espacio, sistemas que, en ocasiones, requieren el uso de tornillos de calibración (en la Figura 5 y en la Fotografía N° 9 se muestra un sistema común para la regulación en sentido vertical), que, una vez anclados mediante cualquier procedimiento (contratuercas, adhesivos,...) pueden ser parte del sistema definitivo de transmisión de cargas (aunque lo más normal es que su misión sea temporal y que el anclaje definitivo quede asegurado por tornillos de fuerza o soldadura).

Los sistemas de perfiles son más flexibles, en este sentido, que los de paneles o bastidores, debido simplemente a que entre los elementos prefabricados de cierre y la estructura se dispone un sistema adicional, los perfiles, que permiten un nivel adicional de ajuste.

Tolerancias de la estructura

Aunque se trata en realidad del mismo problema se ha preferido distinguir entre las tolerancias de montaje de los elementos del muro y las de la fabricación de la estructura. La magnitud de las desviaciones es muy diferente en ambos casos (es normal hablar de milímetros en referencia a los muros cortina y centímetros en el caso de la estructura), lo que implica la necesidad de sistemas muy distintos de ajuste. Para corregir las desviaciones de la estructura se suelen utilizar (Figura 6 y en la Fotografía N°10) forros, agujeros rasgados y, en definitiva, elementos que permitan un ajuste amplio aunque no de gran precisión (frente al ajuste preciso, pero de poca amplitud que permiten los sistemas de tornillería descritos anteriormente). Las desviaciones de la estructura se suelen corregir mediante elementos situados entre ésta y el anclaje, de forma que este último se coloque ya dentro de las tolerancias del muro, procediéndose al ajuste final mediante la tornillería solidaria a los paneles.

La necesidad de considerar tolerancias de importancia obliga a dejar entre el muro y la estructura separaciones que condicionan (Figura 7) el sistema de anclaje en virtud de la excentricidad introducida entre las cargas gravitatorias y la estructura. Tal separación condiciona igualmente el comportamiento ante fuego, siendo necesario disponer algún tipo de relleno que separe los niveles pero que no introduzca coacciones al muro.

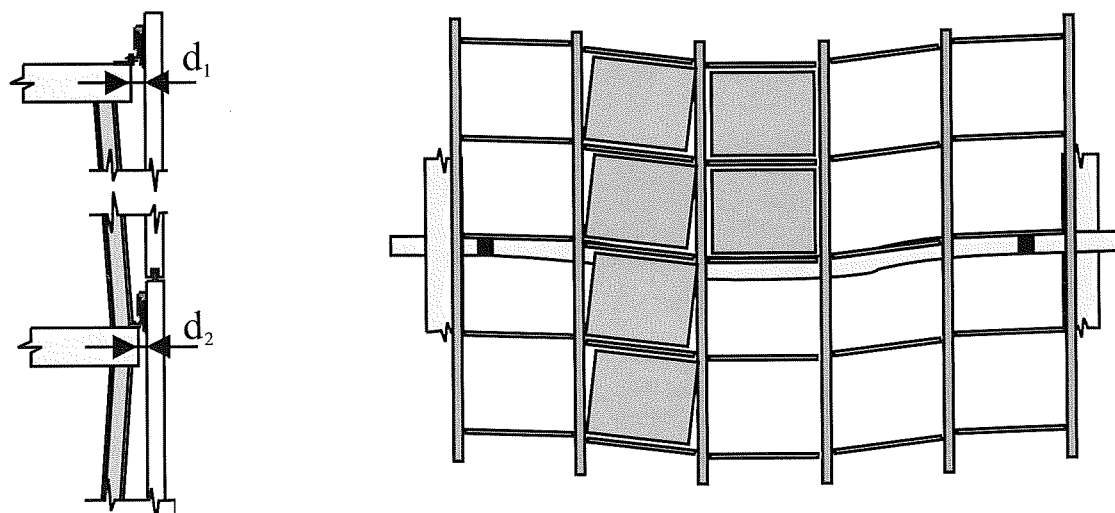


Fig. 8

Sensibilidad a los desplazamientos de la estructura

Las dimensiones de los elementos de cerramiento son, normalmente, muy inferiores a las luces de la estructura. Ello implica que sus apoyos habrán de realizarse frecuentemente en puntos intermedios de los forjados (en edificios de poca altura en los que se utilizan sistemas de perfiles es posible apoyar directamente los elementos verticales al nivel más bajo, haciendo que los anclajes en las plantas únicamente introduzcan restricciones horizontales).

along the supports in the direction of the fixings closest to pillars, which would, then, be acted upon by loads much greater than the ones for which they were engineered (Figure 9).

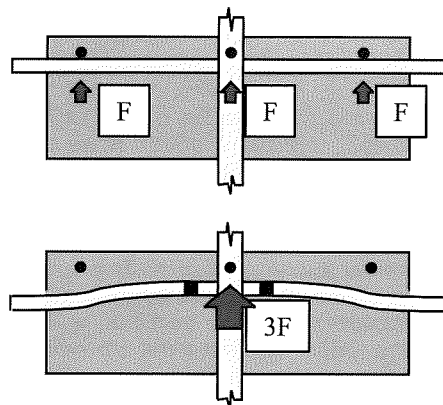


Fig. 9

Sensitivity to thermal deflection

The temperature differences to which enclosures are subject constitute important constraints on both the organisation of the enclosure itself and the fixing system.

With respect to the former, as the magnitude of deformations obviates concentrating the effects on separate joints, each panel should be assembled with sufficient movement space to ensure that it will not collide with the adjacent panels in the event of extreme expansion. As far as the fixings are concerned, each panel (or, in other words, each profile or frame component) must be isostatically engineered to be able to accommodate the relative deflections between panel and structure (which is less exposed to differences in temperature).

The above is of enormous importance when enclosures are fragile. Specifically, in the case of glass, independence is postulated (Manual del vidrio (Glass handbook), [36]) to be a basic principle:

"...Glass products, annealed or tempered, must be placed in a way that they should never be subject to stress due to:

- *Contraction or expansion of the glass itself.*
- *Contraction, expansion or deformation of adjacent frames.*
- *Acceptable and foreseeable structural slumping deformation, such as deflection in bearing construction.*
- *Plate glass panels should never be in contact with one another, nor should glass and metal, except in the case of profiles and soft metal such as lead and annealed aluminium.*
- *In general, there is to be no contact between glass components, glass and metal components or glass and concrete components..."*

With respect to the specific values of joint width or the run on sliding fixings, standard BS 8200 [35] recommends values on the order of 2 mm/m for metallic components and 1 mm/m for glass. Such values must naturally be regarded with some caution because they are the result of experience in environments in which conditions are much less harsh than in many cities in our country. The above mentioned glass handbook recommends allowances of from 2 to 6 mm for glass and for the joint between glass and frame, depending on the kind of glazing, thickness and length of perimeter.

It is no easy matter, in practice, to meet isostaticity requirements in panel fastening, since this calls for fixings able to constrain against loads in one direction only, without affecting the others. In arrangements most commonly used, such as screws in slotted holes (typical of fixings for vertical profiles, attached to the slab from which they are hung via normal holes and to all others via slotted holes – Figure 10) undesirable restrictions always arise in the other degrees of freedom due to friction. Such connections also entail certain durability and execution-related complications discussed below.

Over-engineering

The above isostatic nature of panel fixtures renders the set-up essentially fragile, with no way of redistributing stress if any structural component reaches the limit state. In such cases the entire body of existing standards recommends over-engineering fragile components by application of a safety coefficient (in the U.S.A. values of around 1.3 are normally adopted) which, in other words, means engineering for larger loads. Thus, where a panel is designed for a wind pressure of 1.0 kN/m², each one of the horizontal fixings should be engineered to bear loads deriving from a pressure of 1.3 kN/m².

Como consecuencia el cerramiento quedará afectado por las flechas del forjado en el que apoya en dos formas. En primer lugar, la flecha diferida de los forjados de hormigón, que afectará de forma semejante a los forjados de todas las plantas. En segundo lugar, la flecha inducida por las sobrecargas que, en general, causará desplazamientos diferenciales entre las plantas. En casos extremos estas últimas pueden llegar a ser tan importantes que exijan la colocación de tirantillos entre las vigas de fachada al objeto de que cada una arrastre en su deformación a las superiores, minimizando los desplazamientos diferenciales.

En cualquier caso, es necesario prever una capacidad de giro de los paneles que se convierte, en la práctica, en una holgura mecánica en sentido horizontal tanto mayor cuanto mayor sea la relación entre la altura y la anchura del panel (Figura 8). En caso contrario, como la fachada puede llegar a ser muy rígida en su plano, se produciría una redistribución de las reacciones en apoyos hacia los anclajes próximos a los pilares, que soportarían cargas muy superiores a las de cálculo (Figura 9).

Sensibilidad a desplazamientos térmicos

Las diferencias de temperatura a las que están sometidos los cerramientos plantean importantes condicionantes tanto a la organización del propio cerramiento como al sistema de anclaje.

En lo que respecta al primer aspecto, la magnitud de las deformaciones impide concentrar su efecto en juntas aisladas y, por tanto, cada panel ha de montarse con la holgura suficiente como para no topar con los alledaños en caso de dilatación extrema. En lo que respecta al anclaje, cada panel (o, lo que es igual, cada elemento de perfilería o cada bastidor) exige un esquema isostático capaz de acomodar los desplazamientos relativos entre panel y estructura (que al estar a resguardo no sufre las diferencias de temperatura).

Lo anterior cobra la máxima importancia cuando los cerramientos son frágiles. En concreto, en el caso del vidrio se postula (Manual del vidrio, [36]) como principio básico el de independencia:

"...Los productos vítreos, recocidos o templados, deben estar colocados de forma tal que en ningún momento puedan sufrir esfuerzos debidos a:

- Contracciones o dilataciones del propio vidrio
- Contracciones, dilataciones o deformaciones de los bastidores que lo enmarcan
- Deformaciones aceptables y previsibles del asentamiento de la obra, como pueden ser las flechas de los elementos resistentes.
- Las lunas, jamás han de tener contactos entre si, evitándose igualmente el contacto vidrio - metal, salvo en aquellos casos de perfiles y metales blandos, como pueden ser el plomo y el aluminio recocido.
- En general, los contactos vidrio - vidrio, vidrio - metal y vidrio - hormigón están prohibidos..."

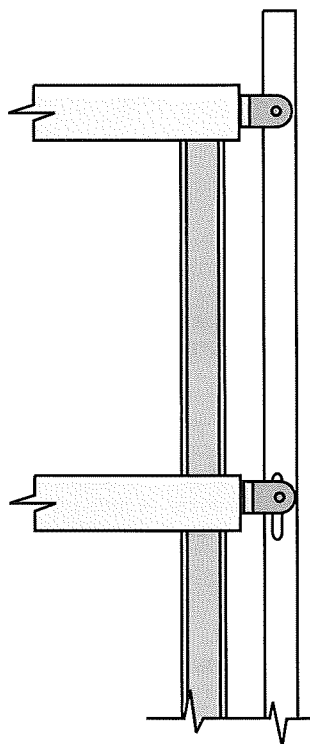


Fig. 10

En lo que se refiere a los valores concretos de anchura de junta o de la carrera de los anclajes deslizantes, la norma BS 8200 [35] aconseja valores del orden de 2 mm/m para los elementos metálicos y de 1 mm/m para el vidrio. Naturalmente, estos valores han de ser contemplados con cierta precaución porque resultan de la experiencia en un entorno menos exigente que el de muchas ciudades de nuestro país. El ya citado Manual del vidrio aconseja, para este material y para la junta entre el vidrio y su marco, holguras entre 2 y 6 mm en función del tipo de acristalamiento, de su espesor y de su perímetro.

En la práctica no resulta fácil cumplir las condiciones de isostaticidad en la sujeción de los paneles, ya que ello requiere anclajes capaces de coaccionar una única dirección sin afectar a las restantes. Las disposiciones mas comunes, como los tornillos en agujeros rasgados (típica en el anclaje de los perfiles verticales, que se unen con agujeros normales al forjado del que cuelgan y con agujeros rasgados en los restantes -Figura 10-), siempre introducen a través del rozamiento, restricciones indeseadas en los restantes grados de libertad. Estas uniones presentan, además, algunas complicaciones derivadas de los aspectos de durabilidad y ejecución que se plantean más adelante.

Sobre - resistencia

El anteriormente citado carácter isostático de la sujeción de los paneles resulta esencialmente frágil, sin ninguna posibilidad de redistribución de esfuerzos en caso de agotamiento de cualquier elemento resistente. En estos casos toda la normativa aconseja el cálculo de los elementos frágiles con un mayor coeficiente de seguridad (en los E.E.U.U. es normal adoptar valores en torno a 1.3) o, lo que es igual, para unas cargas mayores. Así, aunque un panel se calculase para una presión de viento de 1.0 kN/m², cada uno de los anclajes horizontales se calcularía para soportar la carga derivada de una presión de 1.3 kN/m².

Redundancy

For much the same reason as discussed above, some degree of redundancy is advisable. No panel should be secured by a single fixing. According to BS 8200 [35]: *"...For design purposes, it should be assumed that any one fixing may be ineffective and the component or unit concerned should be adequately supported by the remaining fixings, at acceptable stresses. This means a component or unit should never be secured with only one fixing and, if only two are used, then each should be adequate to take the full load..."*

Although, obviously, it does not seem reasonable to provide for both redundancy and over-engineering in any one fixing, these concepts should be borne in mind in the design of each specific component.

Engineering guidelines

Any verification format (allowable stress or partial coefficients) is acceptable, although it should be noted that safety coefficients are usually greater than similar factors applied in conventional structures. Specifically, overall values (including load and material factors) of between 2 and 3 are common, although in very specific cases much larger coefficients may be applied. Hence, prEN1302-1 "Glass in building" [33]-[34] calls for load factor values for structural sealants of up to 4 (which, added to the coefficient of 1.5 specified by the same standard for wind action, brings the overall figure to 6).

The reason for such high values lies in the greater uncertainty involved in stress assessment, both as regards estimation of (wind) loads and the engineering methods themselves. As far as the latter are concerned, it should be borne in mind that assumptions generally accepted in building engineering are not always applicable to the components involved in curtain walling, because they do not meet the minimum geometric ratios required to model deflection in beams, bars subjected to axial stress, internal stress induced by welding that completely alters the stress state and so forth.

The most recent standards, such as the above-mentioned prEN13022-1 "Glass in building" [33]-[34], contain some criteria for combined actions, using the partial safety factor approach.

4. ACTIONS

The present section reviews the actions that should typically be considered in verifying curtain walls, with particular emphasis on the most specific aspects.

Dead loads

Gravitational loads

Self weight

This is the load most readily assessed and obviously calls for no further comment.

Dead weights

As in the preceding case, these are readily assessed and the only comment that may be in order as a design criterion is that components should not be too lightweight since, all other factors being equal, greater mass generally means better thermal and sound insulation.

Underpressure

This refers to the pressure differences between the atmosphere and the air inside the building. Although in view of their small size they are not usually a determining factor for verifying the limit state at ultimate rupture, they may cause problems because the permanent deformation they provoke in glass and sealants can have adverse effects on watertightness. There are various causes for such pressures:

Pressure induced by air conditioning

The difference in indoor and outdoor temperatures provokes concomitant differences in pressure.

Chimney effect

In very tall buildings warm air rises to the upper storeys, increasing the effects of the pressure differences discussed above.

Redundancia

Por las mismas razones expuestas con anterioridad es siempre conveniente establecer cierto nivel de redundancia. Nunca se debería basar la seguridad del panel en un solo anclaje. Según la BS 8200 [35]: *"...A efectos del cálculo, debería suponerse que el fallo de cualquier anclaje no afecta a la seguridad del elemento soportado, ello implica que ningún elemento debería estar anclado con un sólo dispositivo y que, si solamente se utilizan dos, cada uno debería ser capaz de soportar toda la carga..."*

Aunque, evidentemente, no parece razonable aplicar simultáneamente las ideas de redundancia y sobre - resistencia a un mismo anclaje, son principios a considerar en el proyecto de cada elemento en concreto.

Bases de cálculo

Cualquier formato de comprobación (tensiones admisibles o coeficientes parciales) es aceptable y únicamente cabe reseñar que los coeficientes de seguridad suelen ser mayores que los adoptados en la comprobación de estructuras convencionales. En concreto, son normales valores globales (comprendiendo la mayoración de las cargas y la minoración de resistencias) entre 2 y 3, si bien, en casos muy concretos se alcanzan coeficientes muy superiores. Así, la prEN13022-1 "Glass in building" [33]-[34] especifica valores del coeficiente de minoración que, para la resistencia de las siliconas estructurales, alcanzan valores de 4 (que, considerados conjuntamente con el 1.5 que la misma norma prescribe para la acción de viento conduce a coeficientes globales de 6).

La razón de tan altos valores radica en el mayor grado de incertidumbre en la evaluación de las solicitaciones tanto por lo que se refiere a la estimación de las cargas (viento) como en lo que se refiere a los propios métodos de cálculo. Respecto a estos últimos, cabe pensar que se aplican a elementos en los que no siempre es posible aplicar las hipótesis comúnmente aceptadas en el cálculo en edificación, ya que no se cumplen las relaciones geométricas mínimas que permiten formular los modelos flexión de vigas, de barras en axil, las tensiones internas inducidas por las soldaduras alteran por completo el estado tensional,...

En las normas mas modernas, como la citada prEN13022-1 "Glass in building" [33]-[34] se presentan ya algunos criterios de combinación de acciones siguiendo el formato de comprobación de coeficientes parciales.

4. ACCIONES

En el siguiente apartado se repasan las acciones típicas a considerar en la comprobación de los muros cortina haciendo especial hincapié en los aspectos mas específicos.

Cargas permanentes

Cargas Gravitatorias

Peso propio

Se trata evidentemente de la carga de mas simple evaluación y no requiere, por tanto mayor comentario.

Cargas muertas

Al igual que en el caso anterior, su evaluación es muy simple y únicamente cabe señalar que, como criterio de proyecto, conviene no extremar la ligereza de los elementos toda vez que, a igualdad de otros factores, mayor masa suele representar mejor aislamiento térmico y acústico.

Subpresiones

Se consideran aquí las cargas debidas a las diferencias de presión entre el ambiente y el aire contenido en el interior del edificio. Aunque a causa de su pequeña magnitud no suelen ser determinantes en la comprobación en estado límite último, pueden llegar a causar problemas porque al imponer deformaciones de carácter permanente a los vidrios y las siliconas de soporte llegan a romper la estanqueidad. Tienen diversas causas:

Presiones inducidas por el acondicionamiento

Las diferencias de temperatura entre los ambientes exterior e interior del edificio provocan las consiguientes diferencias de presión.

Efecto chimenea

En edificios de gran altura se produce una circulación del aire caliente hacia las plantas superiores, incrementando en ellas el ya comentado efecto de la diferencia de presiones.

According to Ganguli [1], the maximum values recorded over a one-year period by instruments placed in a medium-sized building (27 storeys, with the instruments on the 24th storey) in Montreal, were 150 Pa. By way of comparison, the maximum pressure values due to wind recorded in the same period amounted to 450 Pa.

Pressure due to gas contained inside double glazing.

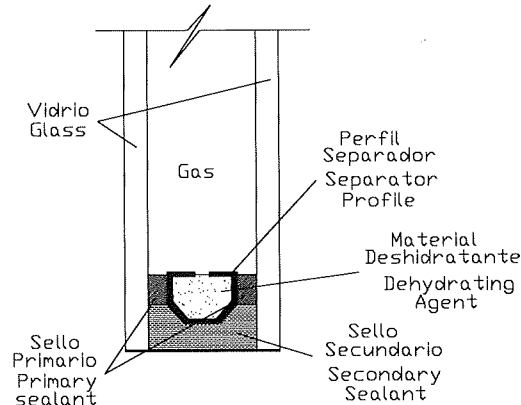


Fig. 11

The space between the two panes of glass is sealed (Figure 11) so as to ensure air- and water-tightness. This means that the pressure difference with outdoors may cause glass deformation (in particular if the two panes are of different thicknesses, in which case the thinner pane is most highly affected).

The variation in gas pressure may be due to (see [1]):

- Temperature differences in the gas between panes.
- Variations in atmospheric pressure.
- Differences in altitude between factory and place of installation.
- Absorption of gas by dehydrating agents.

Generally speaking, as in the preceding case, the values reached do not condition the limit state at ultimate rupture since when substantial differences are envisaged (due to air carriage or shipment by road over mountain passes or if there are substantial differences in altitude between the factory and the building site), the unit is equipped with pressure balancing valves.

Differential movement of fixings

As discussed earlier, panel isostaticity is accepted as a basic design premise, whereby the fixing movements should not induce stress in any member. Nonetheless, such movements must be engineered in order to ensure that they never extend beyond fixing limits: length of slotted boreholes, run of slide on guides and so on.

Thermal action

As above, assessment of this factor is significant not from the standpoint of the stress induced (non-existent as a design assumption), but because of the allowances for which provision must be made, some of the values for which have been set out in preceding sections. Account should be taken, in any case, of the fact that the outdoor side of enclosures may have to withstand temperatures as high as 90° (Standard for curtain walling: performance criteria [30]) for stained glass).

Live loads

Wind

This is the most relevant action affecting curtain walls.

The design pressure to be considered is greater than the value used for building structure design, since the fluctuating part of the pressure that acts on curtain wall components is referred to much smaller areas, whereby there can be no compensation between areas subjected to greater or smaller pressures as there is in the facade taken as a whole. Figure 12 shows how the aerodynamic coefficient to be considered changes depending on the size of the surface withstanding the load, according to Eurocode 1 [37].

Según Ganguli [1], los valores máximos registrados en un período de un año por la instrumentación colocada en un edificio de mediana altura (27 plantas, estando situada la instrumentación en la planta 24) en Montreal, fueron de 150 Pa. A modo de comparación, los valores máximos de presión debida al viento y registrados en el mismo período fueron de 450 Pa.

Presiones por el gas contenido en el interior de los acristalamientos dobles.

El espacio comprendido entre los cristales se sella (Figura 11) en forma tal que se asegura la estanqueidad. Ello implica que las diferencias de presión con el exterior pueden llegar a deformar los vidrios (especialmente si entre ellos existen diferencias de espesor, en cuyo caso la deformación se concentra en el vidrio de menor espesor).

Las variaciones de presión del gas pueden ser debidas (ver [1]) a:

- Diferencias en la temperatura del gas contenido.
- Variaciones de la presión atmosférica
- Diferencias de altura entre la fábrica y el destino
- Absorción del gas por parte del material deshidratante.

Normalmente, como en el caso anterior, no se alcanzan valores condicionantes en estado límite último ya que cuando se prevén diferencias importantes de presión (debidas al transporte en avión o al paso de puertos de montaña en caso de transporte por carretera, o si existen diferencias de altura importantes entre la factoría y el emplazamiento) se dota al conjunto de válvulas equilibradoras de presión.

Desplazamientos diferenciales de los anclajes

Como ya se ha comentado, se admite como planteamiento básico de proyecto la condición de isostaticidad de los paneles, de forma que los desplazamientos de los anclajes no inducen esfuerzos en ningún elemento. No obstante, es necesario el cálculo de tales desplazamientos al objeto de comprobar que en ningún caso se sobrepasan los límites de los anclajes: longitud de los taladros rasgados, carrera de las guías,...

Acciones térmicas

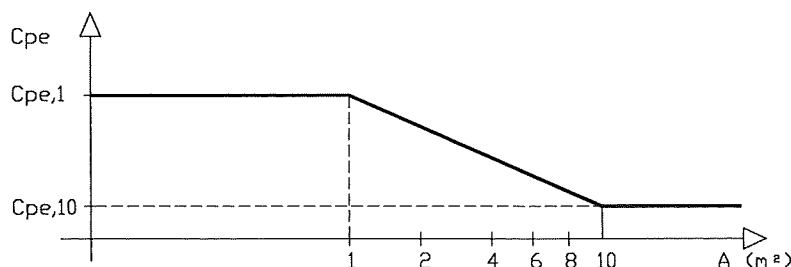
Al igual que en el caso anterior, su evaluación no es importante por los esfuerzos inducidos (inexistentes como hipótesis de proyecto) sino por las holguras que es necesario respetar y de las que se han mencionado algunos valores en anteriores apartados. Debe, en cualquier caso, tenerse muy presente que las temperaturas que por su parte exterior pueden llegar a alcanzar los cerramientos ascienden a 90° ("Standard for curtain walling: Performance Criteria" [30]) para vidrios coloreados.

Sobrecargas

Viento

Se trata de la acción más importante de los muros cortina.

La presión de cálculo que se ha de considerar es superior a la utilizada en el diseño de la estructura del edificio, ya que la parte fluctuante de la presión que actúa sobre los elementos del muro cortina está referida a áreas mucho más pequeñas en las que no se producen compensaciones entre zonas sometidas a mayores y menores presiones como sucede en el conjunto de la fachada. En la Figura 12 se puede apreciar la diferencia del coeficiente aerodinámico a considerar en función del tamaño de la superficie cargada, establecido por el Eurocódigo 1 [37].



NOTA - La figura se basa en :
 NOTE - The figure is based on the following :
 $C_{pe} = C_{pe,1}$ $A \leq 1 \text{ m}^2$
 $C_{pe} = C_{pe,1} + (C_{pe,10} - C_{pe,1}) \log_{10} A$ $1 \text{ m}^2 < A < 10 \text{ m}^2$
 $C_{pe} = C_{pe,10}$ $A \geq 10 \text{ m}^2$

Fig.12

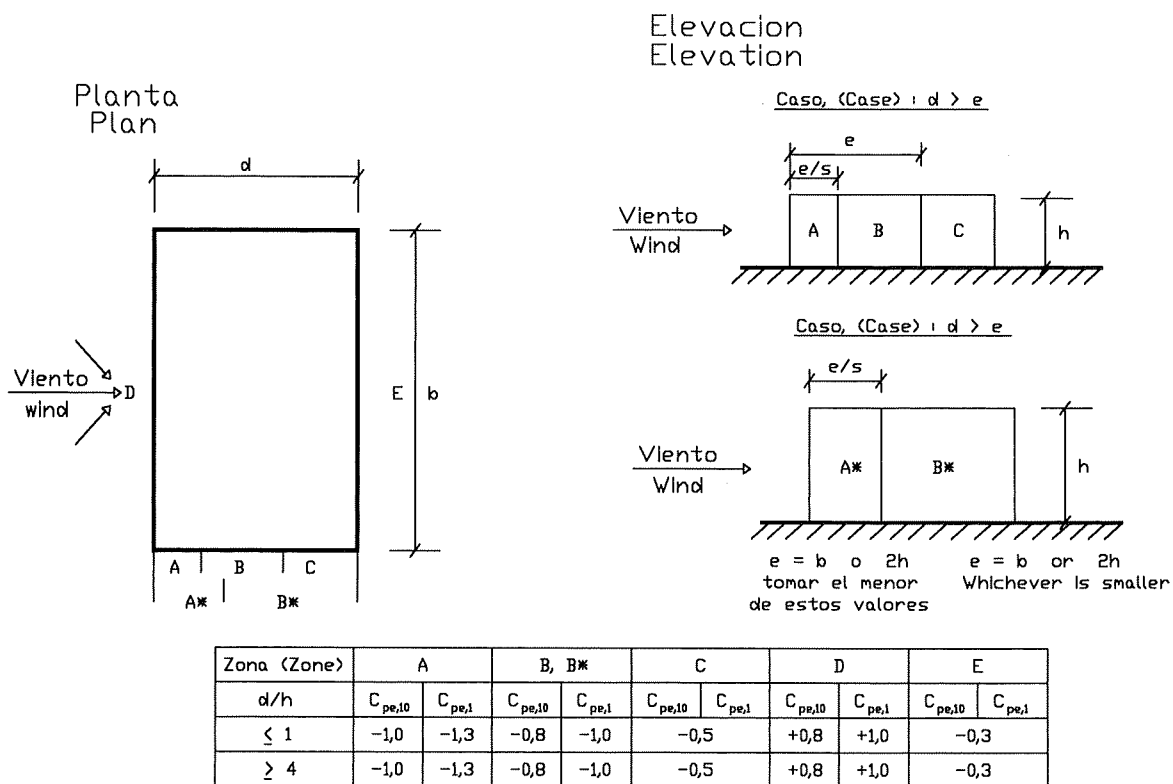


Fig. 13

The position of the enclosure on the facade or roof is likewise a determining factor. Figure 13 shows Eurocode 1 [37] values for the aerodynamic coefficients in building walls, in which it is clear that the largest loads, suction loads in fact, are found in the areas near the corners of facades parallel to the direction of the wind.

Facade zoning is recommended for design pressure only exceptionally, in high-rise buildings or buildings with complex shapes for which wind-tunnel tests have been conducted. For buildings with a rectangular floor plan, Eurocode 1 provides that the heights shown in Figure 14 can be considered in determining design pressure; here also the design pressure is considered to be the pressure corresponding to the uppermost limit of each zone.

Wind-tunnel tests are recommended to determine the aerodynamic coefficients in high-rise buildings, buildings with complex shapes or buildings located in areas where the wind pressure is significantly different than it would be were the building to stand alone.

Whereas consideration of indoors pressure is not usually necessary when engineering the structure of the building, in the case of curtain walls such pressure may raise the wind load significantly in buildings with openings.

It is important to conduct tests on curtain walls to verify compliance with design specifications for wind loads. The latest trend in this regard envisages the establishment of a European standard to develop test procedures to verify curtain wall windage. Briefly, after subjecting a representative part of the curtain wall, on full scale, to service wind pressure, moving parts would be checked for proper operation and all the parts of the curtain wall would be checked to ensure that they have sustained no permanent unacceptable breakage or deformation. The deformation caused during the tests would also have to be checked against anticipated values.

Subsequently, the design pressure test would be conducted, checking to see that none of the parts of the wall breaks, that permanent deformations are as anticipated and there has been no displacement of decorative components or joints.

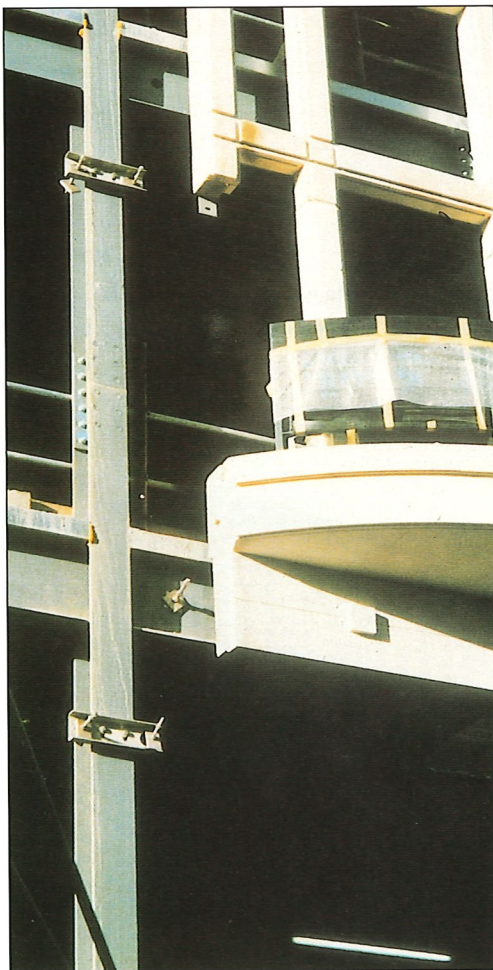
Accidental action

Impact

The present discussion of the actions due to impact against enclosure components is patterned on the review of the subject in BS-8200 [35]. It may be noted, however, that standard prEN 13022-1 (Part 1: Actions) [33], with respect to sealant design for exterior structural glass walls, also addresses the need to take account of actions on glazing due to human behaviour and impact and the static loads transferred by individuals or groups of people.



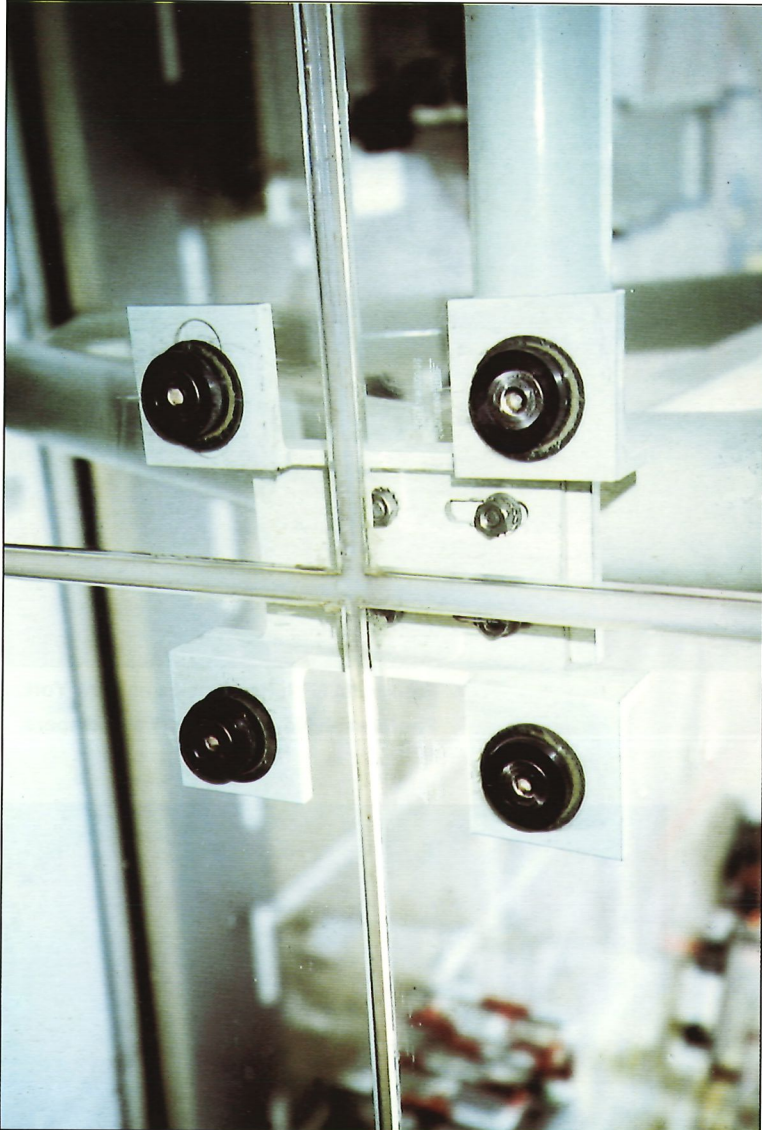
Fotografía N° 1. Rascacielos en New York.
Photograph No. 1. New York skyscrapers.



Fotografía N° 2. Paneles.
Photograph No. 2. Panels.



Fotografía N° 3. Sistemas de perfilaría.
Photograph No. 3. Stock system.



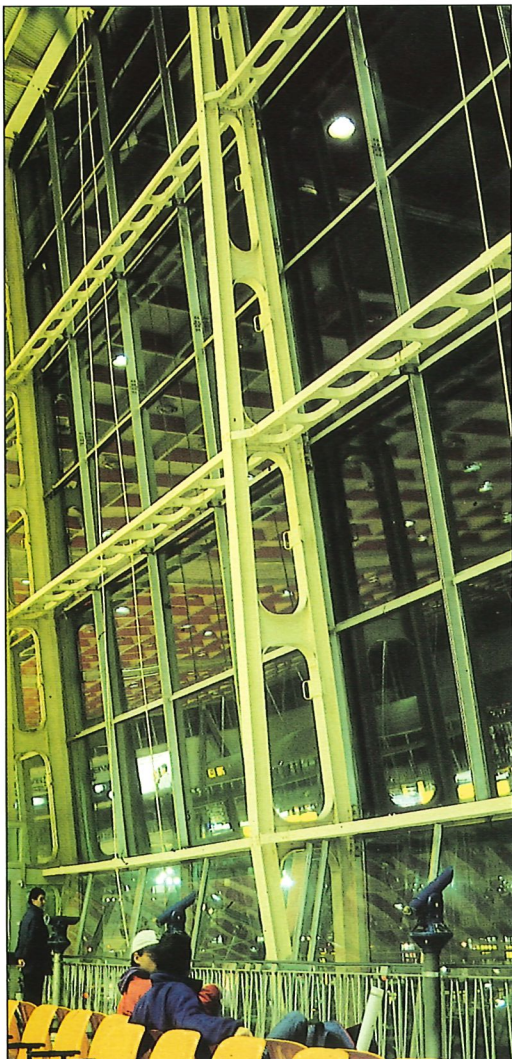
Fotografía N° 4. Anclaje mecánico del vidrio.
Photograph No. 4. Mechanical glass connection.



Fotografía N° 5. Fachada del hall principal. Aeropuerto de Bruselas.
Photograph No. 5. Brussels airport. Main hall.



Fotografía N° 7. Palau de la Música en Valencia.
Photograph No. 7. "Palau de la Música". Valencia.



Fotografía N° 8. Geoda en La Vilette (Paris).
Photograph No. 8. "Geoda" in La Vilette (Paris).

Fotografía N° 6. Montante en el muro cortina del Aeropuerto de Bruselas.
Photograph No. 6. Curtain Wall Mullion. Brussels airport.



Fotografía N° 9. Ajuste de los paneles por tornillería.
Photograph No. 9. Leveling bolts.



Fotografía N° 10. Anclaje.
Photograph No. 10. Connections.

La posición del cerramiento en la fachada o en la cubierta resulta igualmente determinante. En la Figura 13, se muestran los valores de los coeficientes aerodinámicos propuestos por el Eurocódigo 1 [37] para las paredes de edificios, apreciándose que en las zonas próximas a las esquinas de las fachadas paralelas a la dirección del viento se producen las máximas cargas y que estas cargas son de succión.

Para la consideración de la presión de cálculo no se recomienda la zonificación de la fachada mas que excepcionalmente en edificios altos o con formas complejas para los que se hayan realizado ensayos en túneles de viento. El Eurocódigo 1 permite, para edificios de planta rectangular, la consideración de las alturas que se indican en la Figura 14 para la determinación de la presión de cálculo, donde se aprecia que en todas las zonas la presión de cálculo considerada corresponde a la cota máxima de la zona.

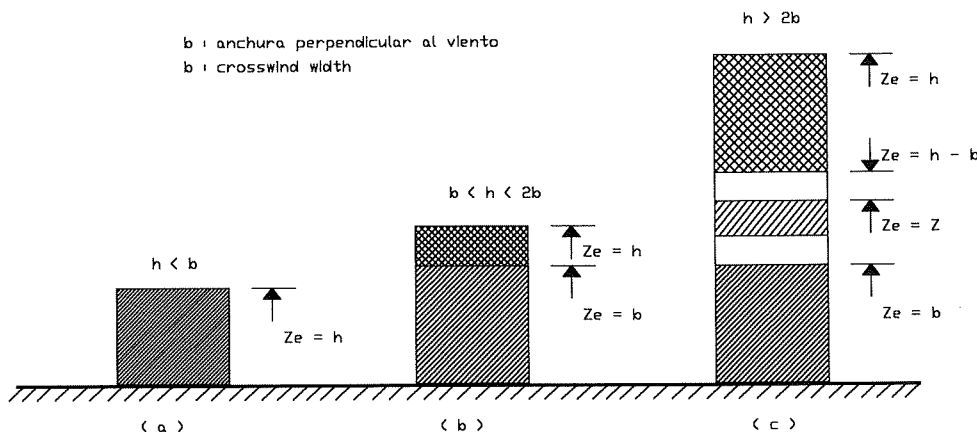


Fig.14

Es recomendable la realización de ensayos en túneles de viento para la determinación de los coeficientes aerodinámicos en los edificios altos, en los que adoptan formas complejas o en aquellos que se encuentran situados en localizaciones que alteren de modo significativo la presión de viento con respecto a la que se produciría en el caso de que el edificio se encontrara aislado.

Mientras que para el cálculo de la estructura del edificio no suele ser necesario la consideración de la presión interior, en el caso del muro cortina esta presión puede incrementar significativamente la carga de viento si el edificio presenta huecos.

Es importante para los muros cortina la realización de ensayos en los que se verifique el cumplimiento de las especificaciones de diseño para las cargas de viento. Las últimas tendencias en este aspecto se dirigen al establecimiento de una norma europea donde se desarrolle el procedimiento de realización de los ensayos para verificar la resistencia al viento de los muros cortina. En definitiva se trataría de someter a una parte representativa a escala real del muro cortina a la presión de viento en servicio comprobando posteriormente el correcto funcionamiento de las partes maniobrables, así como que no se ha producido rotura o deformación permanente inadmisibles de ninguna de las partes del muro cortina. Sería necesario también comprobar que las deformaciones producidas durante el ensayo corresponden a las previstas.

Posteriormente se realizaría el ensayo para la presión de cálculo verificando que no se ha producido rotura de ninguna de las partes del muro, que las deformaciones permanentes corresponden a las previstas y que los elementos decorativos y juntas no se han desplazado.

Acciones accidentales

Impacto

Se consideran bajo este epígrafe las acciones correspondientes a impactos sobre los elementos del cerramiento y el tratamiento que de las mismas realiza BS-8200 [35]. Hay que indicar que prEN 13022-1 (Parte 1: "Acciones") [33] establece la necesidad de tener en cuenta, para el diseño del elemento sellante en muros de acristalamiento estructural exterior, las acciones sobre el acristalamiento debidas a intervenciones e impactos humanos y de las cargas estáticas transmitidas por personas individualmente o en grupos.

BS-8200 realiza un planteamiento más general. Los elementos del cerramiento deben ser capaces de resistir los impactos aplicados o transmitidos a los que se ve sometido normalmente, sin daños de consideración o deterioros en su funcionalidad. No deben resultar, de tales impactos, marcas o indentaciones visibles que afecten al aspecto estético. Igualmente, se debe minimizar el riesgo de daños a personas debidos a impactos importantes, ya sean ocupantes o transeúntes.

El riesgo del cerramiento a recibir impactos varía con la localización del edificio y del elemento en cuestión, estableciéndose 4 categorías diferentes (A, B, C Y D) para la zona del cerramiento situada en el primer metro y medio sobre el nivel de pavimento o acera exteriores. Para elementos de cerramiento situados por encima de este nivel, el riesgo se considera procedente de impactos de objetos lanzados y se establecen dos categorías (E y F).

A more general approach is taken in BS-8200. The enclosure components must be able to withstand applied or transferred impacts that occur during normal use without sustaining any substantial damage and without deterioration of their performance. There should be no visually unacceptable marks or indentations resulting from such impacts. The risk to occupants or to people outside the building due to more severe impacts should likewise be minimised.

The vulnerability of an enclosure to impacts varies depending on building location and the component in question, 4 different categories of which are defined (A, B, C and D) for the area of the enclosure up to 1.5 m above pedestrian level. Components above this level, considered to be vulnerable essentially to thrown objects, are classified under two further categories.

CATEGORIES ASSOCIATED WITH IMPACTS ON SURFACES OF THE VERTICAL ENCLOSURE TO BUILDINGS		
Category	Description	Examples
A	Readily accessible to public and others with little incentive to exercise care. Prone to vandalism and abnormally rough use	External walls of housing and public buildings in vandal prone areas
B	Readily accessible to public and others with little incentive to exercise care. Chances of accident occurring and of misuse	Walls adjacent to pedestrian thoroughfares or playing fields when not in category A
C	Accessible primarily to those with some incentive to exercise care. Some chance of accident occurring and of misuse	Walls adjacent to private open gardens. Back walls of balconies
D	Only accessible, but not near to a common route, to those with high incentive to exercise care. Small chance of accident occurring or misuse	Walls adjacent to small fenced decorative garden with no through paths
E	Above zone of normal impacts from people but liable to impacts from thrown or kicked objects	1.5 m to 6m above pedestrian or floor level at locations categories A and B
F	Above zone of normal impacts from people and not liable to impacts from thrown or kicked objects	Wall surfaces at higher positions than those defined in E above

Such categories enable the choice of enclosure components whose impact resistance is specified in terms of the assigned category (location of enclosure and component to be tested) and the response level required (no damage to people, maintenance of nominal characteristics). The respective specifications are given in the tables below:

TEST IMPACTS FOR RETENTION OF PERFORMANCE OF EXTERIOR WALL SURFACES			
Enclosure category	Test impact energy for impactor shown		
	H1	H2	S1
	N•m	N•m	N•m
A	(see note 1)		
B		10	120
C	6		120
D	(see note 2)		
E	6		
F	3		

NOTE 1. No test impact values are given for category A walls. In each case the type and severity of vandalism needs to be carefully assessed and appropriate impact values determined.
NOTE 2. With category D walls the risk of impact is minimal and impact test values are therefore not appropriate.

When subject to the above impacts, the wall should not have reduced performance.

TEST IMPACTS TO ENSURE SAFETY TO PERSONS		
Enclosure category	Test impact energy for impactor shown	
	H2	S1
	N•m	N•m
A	(see note 1)	
B and C external and indoor surfaces	10	500
D	(see note 2)	
E	10	
E and F external surface if access is required for regular cleaning and maintenance.		350

NOTE 1. No test impact values are given for category A walls. In each case the type and severity of vandalism needs to be carefully assessed and appropriate impact values determined.
NOTE 2. With category D walls the risk of impact is minimal and impact test values are therefore not appropriate.

CATEGORÍAS ASOCIADAS A IMPACTOS SOBRE SUPERFICIES VERTICALES DE CERRAMIENTOS DE EDIFICIOS		
Categoría	Descripción	Ejemplos
A	Accesible a personal con escaso interés en actuar con precaución. Zonas propensas al vandalismo y al uso anormalmente violento.	Cerramientos de edificios de viviendas y públicos en zonas propensas al vandalismo.
B	Accesible a personal con escaso interés en actuar con precaución. Probabilidad de producirse accidentes y usos incorrectos.	Cerramientos adyacentes a vías peatonales o campos de juegos cuando no pertenezcan a la categoría A.
C	Accesible principalmente a personal con interés en actuar con precaución. Alguna probabilidad de producirse accidentes y usos incorrectos.	Cerramientos adyacentes a jardines privados. Cerramientos traseros de terrazas.
D	Sólo accesible, pero no a través de una ruta inmediata, a personal con alto interés en el cuidado. Pequeña probabilidad de producirse accidentes o usos incorrectos.	Cerramientos adyacentes a pequeños jardines decorativos vallados y sin caminos de paso.
E	Por encima de la zona de impactos normales ocasionados por personas, pero susceptible de impactos de objetos lanzados o golpeados.	De 1,5 m a 6 m sobre el nivel del suelo en localizaciones correspondientes a categorías A y B.
F	Por encima de la zona de impactos normales ocasionados por personas, pero no susceptible de impactos de objetos lanzados o golpeados.	Superficies de cerramiento en posiciones más elevadas que las definidas en E.

Dichas categorías permiten la elección de los componentes del cerramiento, cuya resistencia al impacto se especifica en función de la categoría asignada (localización del cerramiento y del elemento a ensayar) y del nivel de respuesta requerido (ausencia de daños a personas, mantenimiento de características nominales). Dichas especificaciones se muestran en las tablas siguientes:

ESPECIFICACIONES DE IMPACTO PARA LA CONSERVACIÓN DE LA FUNCIONALIDAD DE CERRAMIENTOS EXTERIORES			
Categoría de cerramiento	Energía de impacto para el proyectil:		
	H1	H2	S1
	N·m	N·m	N·m
A	(ver nota 1)		
B		10	120
C	6		120
D	(ver nota 2)		
E	6		
F	3		

NOTA 1. No se facilitan valores para la categoría A. En cada caso, el tipo y la severidad del vandalismo debe ser cuidadosamente investigado y se deben determinar los valores apropiados.

NOTA 2. Para cerramientos pertenecientes a la categoría D el riesgo de impacto es mínimo y los valores, por consiguiente, no son apropiados.

El muro bajo las especificaciones de impacto indicadas debe mantener su funcionalidad.

ESPECIFICACIONES DE IMPACTO PARA CONSERVACIÓN DE LA SEGURIDAD DE PERSONAS		
Categoría de cerramiento	Energía de impacto para el proyectil:	
	H2	S1
	N·m	N·m
A	(ver nota 1)	
B y C en superficies externas e interiores	10	500
D	(ver nota 2)	
E	10	
E y F superficies externas si se requiere acceso para operaciones regulares de limpieza y mantenimiento.		350

NOTA 1. No se facilitan valores para la categoría A. En cada caso, el tipo y la severidad del vandalismo debe ser cuidadosamente investigado y se deben determinar los valores apropiados.

NOTA 2. Para cerramientos pertenecientes a la categoría D el riesgo de impacto es mínimo y los valores, por consiguiente, no son apropiados.

When subjected to the above impacts the wall should not put at risk the structural safety of the building or make parts of the building susceptible to fall or to cause serious injury to people inside or outside the building. Impactor S1 should not pass through the test wall.

The vertical distance in m (H) from which the impactor must fall freely to reach the energy value shown is computed as follows:

$H = e / (9.8 \cdot m)$, where:

e: is the impact energy specified (in N·m)
m is the mass of impactor (in kg)

The hard body impactors used are steel balls 50 and 62.5 mm in diameter (H1 and H2 impactors) and the soft body impactor is a spherical/conical canvas bag containing 3-mm diameter glass spheres and weighing approximately 50 kg (impactor S1).

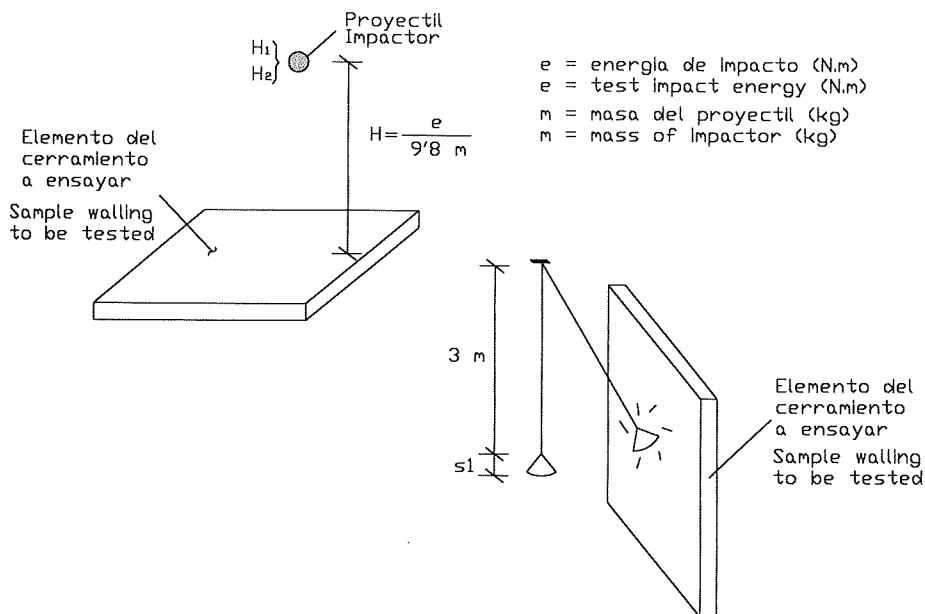


Fig. 15

5. COMPONENT VERIFICATION

The following is a description of the procedures for checking the various components that make up the structural systems discussed above:

Glass:

As in the case of windows, glass engineering is limited to structural engineering of a plate subjected to an evenly distributed load, since both the wind and the differences in indoor and outdoor pressure are handled as a uniform force per unit of surface.

As far as the perimetral conditions are concerned, the actual situation is that of a rigid plate on elastic supports far less rigid than the plate due to the fact that, as indicated above, stresses are transferred through the material comprising the joint between the glass and the frame. Such behaviour can be assimilated to that of a plate on continuous supports around the edge; this engineering model is applied by window manufacturers and used as well to formulate glass dimensioning tables (geometry – load – thickness) such as, for instance, the ones contained in the *Manual del Vidrio* [36] [Glass Manual]. In curtain walls, the most common arrangement consists of glass bonded to a relatively flexible metallic frame attached to the wall profiles at only 4 points (2 on each cross beam); for engineering purposes this should be modelled as a plate supported on four points which are usually close (10-20 cm) to the supports.

The mechanical specifications depend on the kind of glass. The following density and elastic modulus values are normally used:

$$\delta = 2500 \text{ kg/m}^3$$

$$E = 73000 \text{ N/mm}^2$$

El muro bajo las especificaciones de impacto indicadas no debe arriesgar la seguridad estructural del edificio o provocar zonas susceptibles de fallar o bien causar serios daños a personas en el exterior u ocupantes del edificio. El proyectil S1 no debe atravesar el testigo.

La distancia vertical (en m), H, desde la cual el proyectil tiene que caer libremente hasta alcanzar el valor especificado de la energía viene dada por:

$H=e/(9.8 \cdot m)$, donde:

e: es la energía de impacto especificada (en N·m)

m es la masa del proyectil (en kg)

Los proyectiles empleados son bolas de acero de 50 y 62,5 mm de diámetro (proyectiles H1 y H2) y bolsa de lona esférica o cónica llena de esferas de cristal de 3 mm de diámetro (proyectil S1), con un peso aproximado de 50 kg.

5. COMPROBACIÓN DE ELEMENTOS

Se indican a continuación los procedimientos de comprobación de los distintos elementos que forman parte de alguno de los sistemas estructurales antes indicados:

Vidrios:

El cálculo de los vidrios se reduce, como en el caso de las ventanas al cálculo estructural de una placa sometida a carga uniforme, pues tanto el viento como las diferencias de presión dentro y fuera del edificio se manejan como una fuerza uniforme por unidad de superficie.

En cuanto a las condiciones de contorno, la situación real corresponde a la de una placa rígida sobre apoyos elásticos de rigidez mucho menor que la de la placa, debido a que como se ha indicado anteriormente, la transmisión de esfuerzos se realiza a través del material utilizado como junta entre vidrio y marco. Ese comportamiento real es asimilable al de una placa sobre apoyos continuos en los bordes, siendo este el modelo de cálculo adoptado por los fabricantes de ventanas y el utilizado para la confección de las distintas tablas de cálculo de vidrios (geometría - carga - espesor), por ejemplo, las del Manual del Vidrio [36]. En el caso de los muros cortina, la disposición más habitual consiste en el vidrio pegado a un cerco metálico bastante flexible conectado a la perfilera del muro en únicamente 4 puntos (2 en cada travesaño), de tal forma que el modelo de cálculo correspondiente es el de la placa apoyada sobre 4 puntos, que suelen estar cerca (10 cm - 20 cm) de los apoyos.

Las características mecánicas dependen del tipo de vidrio utilizado. Para la densidad y el módulo elástico se suelen tomar en todos los casos los siguientes valores:

$$\begin{aligned} \delta &= 2500 \text{ kg/m}^3 \\ E &= 73000 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

La resistencia a compresión del vidrio es muy elevada, unos 1000 N/mm², pero dicho valor no es relevante, pues su utilización es siempre la de flexión.

Para la resistencia a flexotracción del vidrio los 40 N/mm² del vidrio plano recocido alcanzan los 120 a 200 N/mm² para el vidrio templado. Convencionalmente se ha venido trabajando con una resistencia a flexión única de 20 N/mm², con independencia del tipo de vidrio y de la configuración del cristal. De esta forma se pueden construir "tablas de cálculo" que dependen únicamente de las dimensiones de la placa y de la presión de cálculo. La salida de estas tablas es el espesor que debe utilizarse para las lunas. En el Manual del Vidrio [36] se puede encontrar una colección de tablas, calculadas para el vidrio simple recocido, con un coeficiente de minoración de propiedades igual a 2.

Tanto el tipo de vidrio como el número de capas del cristal se engloban en un coeficiente corrector del espesor del vidrio que se indica en la siguiente tabla:

$$e_{\text{proyecto}} = \varepsilon \times e_{\text{cálculo}}$$

TIPO DE VIDRIO		ε
VIDRIO ARMADO		1.2
VIDRIO SIMPLE TEMPLADO		0.8
VIDRIO LAMINAR	DOBLE	1.3
	TRIPLE	1.6
VIDRIO AISLANTE (con cámara de aire)	DOBLE	1.5
	TRIPLE	1.7

Although glass has a very high compressing strength, around 1000 N/mm², that value is virtually irrelevant because in use it always subjected to bending stress.

The acknowledged flexural strength for sheet glass, 40 N/mm², can be raised to 120 to 200 N/mm² for tempered glass. Conventionally, 20 N/mm² is the generally accepted flexural strength used, regardless of the kind of glass and glazing pattern. "Engineering tables" can be drawn up on this basis, which depend solely on the size of the plate and the design pressure. The output of these tables is the thickness of the glass pane. The *Manual del Vidrio* [36] [Glass Manual] contains a collection of such tables, computed for simple annealed glass, with a safety factor of 2.

Account is taken of both the kind of glass and number of layers of glazing by means of a glass thickness correction factor, as shown in the following table:

$$e_{\text{design}} = \varepsilon \times e_{\text{table}}$$

KIND OF GLASS		ε
WIRED GLASS		1.2
SIMPLE TEMPERED GLASS		0.8
SHEET GLASS	DOUBLE GL.	1.3
	TRIPLE GL.	1.6
INSULATING GLASS (with air chamber)	DOUBLE GL.	1.5
	TRIPLE GL.	1.7

For sheet and insulating glass the design thickness refers to the sum of the thicknesses of all panes when the difference between thicknesses is less than 2 mm.

The April 1998 issue of "Rapport technique UEAtc pour l'Agrément des ouvrages réalisés en vitrages extérieurs attachés" [29] includes plate stress and deformation tables for different support conditions (four point supports, two-point supports and one supported edge, one-point support and two supported edges, six-point supports and four-point restraints). These also correspond to conventional plate engineering.

In the author's opinion, whereas current methods of calculation involve the use of graphs or tables, a more refined technical approach would be more appropriate:

- Appraisal of the design pressure (see preceding section).
- Determination of respective engineering model by ascertaining perimetral conditions (plate supported all around the perimeter, at individual points along the edges or at the four corners).
- Stress engineering (any finite element program will do).
- Information on the mechanical characteristics of each glass (certified by manufacture) and calculation of geometric properties.
- Determination of section modulus needed and therefore the required thickness for the pane of glass (or equivalent if sheet or insulating glass is used) from tabled glass resistance values (a material safety factor of 2, as mentioned above, is recommended).

It should be stressed that the traditional approach used in sheet glass is conservative insofar as it considers free slippage between layers. That is to say, by considering zero shear resistance in the junction between layers, computations are performed as if for two separate plates, each with their respective thickness. Although neither theoretical documentation nor reports of performance tests on the resin used to bond the various sheets have been found, the assumption considered seems overly conservative.

Section 7.3.3 of prEN13022 [33] – [34] defines equivalent thicknesses for sheet and insulating glass:

For sheet glass the equivalent thickness is:

$$t = \sqrt[3]{(t_1^3 + t_2^3 + \dots + t_n^3)}$$

which for double glazed sheet glass of the same thickness is equivalent to an ε coefficient of $2 / 1.27 = 1.59$ and for triple glazed glass to a coefficient of $3 / 1.44 = 2.08$, values which are more conservative than indicated above.

For insulating glass: if the difference between the two thicknesses (inside and outside panes) is less than 2 mm, and the insulating layer is under 14 mm thick, the equivalent thickness comes to:

$$t = \frac{t_1 + t_2}{1.4}$$

Para los vidrios laminares y aislantes el espesor de proyecto se refiere a la suma de los espesores de todas las lunas, cuando la diferencia entre espesores es menor de 2 mm.

En el "Rapport technique UEAtc pour le Agrément des ouvrages réalisés en vitrages extérieurs attachés" de abril de 1998 [29] se incluyen tablas para la tensión y la deformación correspondiente a placas con distintas condiciones en los apoyos (cuatro apoyos puntuales, dos apoyos puntuales y un borde apoyado, un apoyo puntual y dos bordes apoyados, seis apoyos puntuales y cuatro empotramientos puntuales). De nuevo se corresponden con el cálculo tradicional de placas.

En opinión de los autores, los actuales medios de cálculo hacen prescindible la utilización de gráficos o tablas y es más correcto un planteamiento técnico más refinado:

- Valoración de la presión de cálculo (ver apartado anterior).
- Determinación del modelo de cálculo correspondiente por determinación de las condiciones de contorno (placa apoyada en todo su contorno, con apoyos puntuales en distintos puntos de los bordes o placa apoyada en las cuatro esquinas).
- Cálculo de esfuerzos (sirve cualquier programa de elementos finitos).
- Información de las características mecánicas de cada vidrio (certificado por el fabricante) y cálculo de sus características geométricas.
- Determinación del módulo resistente necesario para la luna de vidrio y en consecuencia del espesor necesario (o el equivalente si se trata de vidrio laminar o aislante), a partir de la resistencia de cálculo del vidrio (se recomienda mantener como coeficiente de minoración del material el valor antes indicado (2)).

Cabe destacar la consideración tradicional del vidrio laminar, que es conservadora en tanto en cuanto considera deslizamiento libre entre capas. Es decir, al considerar el rasante nulo en la sección de unión entre capas, el cálculo se realiza como si se tuvieran dos placas con su respectivo espesor. No se ha encontrado documentación teórica ni ensayos sobre el comportamiento de la resina utilizada para pegar las distintas láminas, aunque la hipótesis considerada parece excesivamente conservadora.

En el Apartado 7.3.3. de la prEN13022 [33]-[34] se define el espesor equivalente de los vidrios laminados y aislantes:

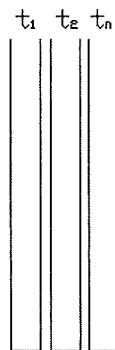


Fig. 16: Sheet glass / Vidrio laminado.

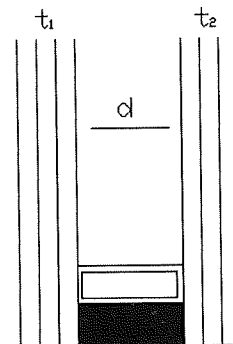


Fig. 17: Insulating glass. / Vidrio aislante.

Para el vidrio laminado el espesor equivalente es:

$$t = \sqrt[3]{(t_1^3 + t_2^3 + \dots + t_n^3)}$$

que para vidrio laminar doble de igual espesor equivale a un coeficiente ϵ de $2 / 1.27 = 1.59$ y para el vidrio triple de $3 / 1.44 = 2.08$ que son valores más conservadores que los antes indicados.

En el caso del vidrio aislante: si la diferencia entre los dos espesores (luna exterior y luna interior) es menor de 2 mm, siendo la capa de aislante de un espesor menor que 14 mm, el espesor equivalente es igual a:

$$t = \frac{t_1 + t_2}{1.4}$$

con lo que resulta un coeficiente ϵ de 1.4 menor que el indicado en esta prenorma para el vidrio laminado, con criterio opuesto al del Manual del Vidrio [36].

bringing the ϵ coefficient to 1.4, a value lower than the figure specified for sheet glass in the draft standard, which counters the criterion sustained in the *Manual del Vidrio* [36] [Glass Manual] in this regard.

Section modulus calculations for the various kinds of multiple glazing (where all layers have the same thickness), considering shear resistance to be zero in both sheet and insulating glass, yield correction factors of 1.4 for double glazed and 1.7 for triple glazed glass.

In the case of insulating glass, an additional problem must be addressed, namely the differences in pressure between inside and outside air due, for instance, to meteorological or topographic factors; despite possible reductions due to variations in the volume of air sealed in because of pane deformation, such differences may induce loads of the same order of magnitude as indicated in the section on ACTIONS.

Glass – frame bonds

In framed glass, sealant (silicone or similar) function is limited to the transfer, by compression, of the reactions of the glass supports, while its characteristic functions are to ensure that the member is both thermally fast and watertight and that the sealant material bonds properly to the frame.

By contrast, in the case of structural glass, i.e., glass bonded with silicone with no mechanical fixing, where the sealant is solely responsible for the strength of the junction, its predominant influence on unit movements is of particular relevance.

In the first case, sealant adhesive failure involves water seepage at most, whereas in the second it causes plates to fall away. Today, only silicone sealants are attributed functions in dynamic pressure / suction load transfers. One requisite demanded of such silicones, of course, is that they do not provoke any aggressive reaction to the glass or the coating (anodising) on the metallic profiles to which the panels are attached.

Limiting pane movements calls for the use of structural sealants with medium to high rigidity moduli. With sealants whose elastic modulus is high, elastic elongation can be reduced by 12.5%, and even by 25% in the case of silicones with a medium elasticity modulus.

Despite improvements in the manufacture of these materials, safety coefficients of 2.5 are adopted when designing such members. Stability as well as adhesiveness and mechanical specifications must be laboratory-guaranteed by the manufacturer.

The essential factors in joint sizing are shape and sealant adhesive area, plate dimensions, wind load and acceptable sealant stress.

Faciate Continue [31] includes recommendations for glass-support joint dimensioning:

If the sealant is dimensioned for wind loads the joint width should be:

$$H_1 = \frac{1/2 \cdot l \cdot w}{dfc}$$

where:

H_1 = joint width around pane perimeter

l = smaller panel dimension

w = design wind pressure

dfc = dynamic sealant resistance for a 30-year in-service life.

The value of dfc is limited to 0.14 N/mm². Silicones work more effectively, of course, under compression than tension stress.

Obviously if there are loads other than the wind they must be considered in the calculations. One of the most common loads is panel self weight when this is to be accommodated by the sealant. In that case:

$$H_2 (m) = \frac{w}{u (m) \cdot sfc}$$

where:

H_2 = joint width (cm) around panel perimeter.

u = total panel perimeter in m.

w = total weight of panel.

sfc = static resistance coefficient.

Si se realizan los cálculos del módulo resistente para los distintos cristales multicapa (con espesor igual en todas las capas) y considerando nula la resistencia a rasante tanto en los laminados como en los aislantes el resultado sería un coeficiente corrector de 1.4 para los cristales dobles y de 1.7 para los triples.

Cabe destacar el problema adicional en los cristales aislantes de las diferencias de presión existentes entre la cámara de aire interior y el aire exterior, debido por ejemplo a factores meteorológicos o topográficos, que, a pesar de la posible reducción por variaciones en el volumen del aire ocluido a consecuencia de la deformación de las lunas, pueden inducir cargas del mismo orden de magnitud que las antes indicadas si no se adoptan las medidas indicadas en el apartado de ACCIONES.

Pegamentos cristal - marco

En los vidrios enmarcados la función del material de las juntas (siliconas o similares) se reduce a la transmisión por compresión de las reacciones en los apoyos del vidrio, siendo sus funciones características las de sellado térmico e hidráulico del elemento y conexión entre este material y el utilizado para el cerco.

En cambio en el caso del vidrio estructural, vidrio pegado con silicona sin ningún anclaje mecánico, recae sobre este material toda la responsabilidad de la resistencia de la unión y en especial cabe destacar su definitiva influencia en los movimientos de la pieza.

La pérdida de adhesividad del material conlleva en el primer caso como mucho una infiltración de agua mientras que en el segundo implica la caída de alguna placa. La función del sellante como transmisor de cargas dinámicas de presión / succión sólo le es atribuible en la actualidad a las siliconas. Por supuesto, es exigible a estas siliconas que no constituya una reacción agresiva contra el vidrio o el tratamiento (anodizado) de los perfiles metálicos a los que se conectan los paneles.

Las limitaciones en el movimiento de las lunas exigen la utilización de silicona estructural con módulos de rigidez medios o altos. Con sellantes de alto módulo elástico se puede reducir el alargamiento elástico a un 12.5% valor que pasa al 25% en el caso de siliconas de módulo de elasticidad medio.

A pesar de la mejora en la fabricación de estos materiales se adoptan coeficientes de seguridad de 2.5 en el proyecto de estos elementos. Tanto estabilidad como adhesividad y características mecánicas deben estar garantizadas por el laboratorio del fabricante.

Los factores esenciales en el dimensionamiento de la junta son la forma y superficie de adhesión del sellante, las dimensiones de la placa, la carga del viento y la tensión admisible en el sellante.

En Facciate continue [31] se incluyen recomendaciones sobre el dimensionamiento de la junta entre vidrio y soporte:

Si se dimensiona el sellante para las cargas de viento debe tomarse para la anchura de la junta:

$$H_1 = \frac{1/2 \cdot l \cdot w}{dfc}$$

donde:

- H_1 = anchura de la junta dispuesta a lo largo del perímetro de la luna
- l = dimensión menor del panel
- w = presión de cálculo del viento
- dfc = resistencia dinámica del sellante para un período de vida útil de 30 años.

El valor de dfc está limitado a 0.14 N/mm². Por supuesto las siliconas trabajan mejor a compresión que a tracción.

Evidentemente si existen otras cargas aparte del viento deben ser considerados en los cálculos. Una de las más habituales es la del peso propio del panel, cuando éste debe ser recogido por el sellante. En este caso:

$$H_2 (m) = \frac{w}{u (m) \cdot sfc}$$

donde:

- H_2 = anchura en cm de la junta dispuesta a lo largo del perímetro de la luna.
- u = perímetro total del panel en m.
- w = peso total del panel.
- sfc = coeficiente de resistencia estática.

Para sfc suele tomarse un valor de 0.007 N/mm² para siliconas con alto módulo elástico y de 0.0035 N/mm² para siliconas con módulo de elasticidad bajo.

El espesor de la junta está determinado por consideraciones constructivas y de dilatación térmica del muro utilizándose habitualmente un valor de 6 - 7 mm.

A value of 0.007 N/mm² is normally used for sfc in silicones with a high elastic modulus and 0.0035 N/mm² in those with a low elastic modulus.

Joint thickness is determined on the basis of construction considerations and wall thermal expansion; values of from 6 to 7 mm are generally used.

Profiles:

A distinction is drawn between the cross members or horizontal profiles of the structure and the struts (or mullions), the vertical members.

Cross members

Cross members are subjected to vertical loads such as their own weight, the weight of the glass or panel they support and in the (uncommon) event of opening panels, to the incidental live weight associated with the weight of a person who may lean on the member (above or below the window).

Considering the self weight and weight of the panel or pane only, the diagram for calculation is as shown below:

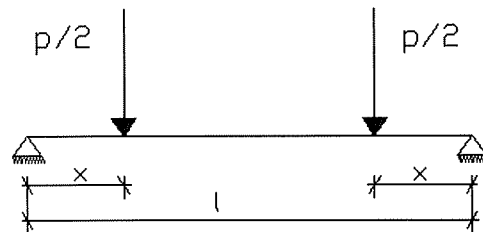


Fig. 18: Vertical loads on cross member / Cargas verticales en el montante

where P is the total panel weight and x the distance to panel connections with respect to the points where cross members are supported by struts. This distance is generally between 10 and 20 cm, so bending stress is very moderate. This latter involves engineering the panes as though they were plates supported at all four corners.

Wind loads also induce deflective stress along the horizontal plane, so the cross member is subjected to the wind pressure corresponding to its area of influence. Such area is rhomboid in shape where supports for each panel are continuous and similar to the diagram for vertical loads shown above where attachments are located near supports. The design values in this case would be:

$$M_y = \frac{P}{2} \cdot x + \frac{1}{8} \cdot p \cdot l^2$$

$$\sigma_y = \frac{M_y}{W_y}$$

$$M_x = \frac{W}{2} \cdot x$$

$$\sigma_x = \frac{M_x}{W_x}$$

where W is the total wind load on a panel.

The acceptable stress, σ_{adm} , on aluminium, the most commonly used material, must be greater than $\sigma_{total} = \sigma_x + \sigma_y$. Pure aluminium has a rather low stress resistance, with a failure load of from 50 to 60 N/mm² but the addition of different kinds of alloys and proper treatment of the metal itself can raise these figures to around 200-300 N/mm². There are other aluminium alloys with even higher failure loads, although their corrosion performance is less satisfactory.

However, the most important limiting factor is not the strength but rather the deformability of structures. Maximum in-service deflection must be checked to ensure that it is not higher than acceptable. Nonetheless, attention must be drawn to the prevailing disparity in the definition of acceptable deflection figures, which varies from one EU country to the next, as can be seen in the table below:

Perfiles:

Se distingue entre el cálculo de los travesaños o perfiles horizontales de la estructura y montantes (o maineles), que son los elementos verticales de la estructura.

Travesaños:

El travesaño está sometido como cargas verticales a su peso propio, al del vidrio o panel que apoya en él y en el caso (no habitual) de paneles con posibilidad de apertura, a la sobrecarga accidental asociada al peso de una persona que pudiera apoyarse en el travesaño (superior o inferior a la ventana).

Si únicamente se considera el peso propio y el del panel o luna, el esquema de cálculo es el reflejado en la Figura 18, donde P es el peso total del panel y x es la distancia a que se encuentran las conexiones del panel respecto a los apoyos del travesaño en el montante. Esta distancia suele valer entre 10 cm y 20 cm, por lo que los esfuerzos de flexión son bastante limitados. Esto último implica el cálculo de las lunas como placas apoyadas en las cuatro esquinas.

Además, las cargas de viento inducen esfuerzos de flexión en el plano horizontal, estando el travesaño afectado por la presión de viento correspondiente a su área de influencia. Este área de influencia es romboidal en el caso de apoyos continuos de cada panel y semejante al esquema correspondiente a cargas verticales antes indicado en el caso de conectores situados cerca de los apoyos. Los valores de cálculo en este caso serían:

$$M_y = \frac{P}{2} \cdot x + \frac{1}{8} \cdot p \cdot l^2$$

$$\sigma_y = \frac{M_y}{W_y}$$

$$M_x = \frac{W}{2} \cdot x$$

$$\sigma_x = \frac{M_x}{W_x}$$

donde W es la carga total de viento correspondiente a un panel.

Se ha de cumplir que $\sigma_{total} = \sigma_x + \sigma_y$ sea menor que la tensión admisible σ_{adm} del aluminio, que es el material más utilizado. El aluminio puro tiene una capacidad resistente más bien baja, ya que su carga de rotura se cifra entre los 50 y 60 N/mm², pero la adición de diversos agentes aleantes y el adecuado tratamiento del metal elevan esos valores entre los 200 y 300 N/mm². Incluso existen otras aleaciones de aluminio cuya carga de rotura es muy superior, aunque su comportamiento ante la corrosión sea inferior.

Sin embargo, la limitación más importante no es la de resistencia sino la deformabilidad de las estructuras. Es necesario comprobar si la flecha máxima en servicio es superior a la admisible. Cabe destacar no obstante la indefinición existente en cuanto a este valor de la flecha admisible, de consideración dispar en los distintos países de la Unión, como puede verse en el siguiente cuadro:

FRANCIA	min ((1/300)•Luz, 10 mm)
ITALIA	(1/300)•Luz (1/500)•si es vidrio aislante
ALEMANIA	(1/200)•Luz (si Luz<2m) (1/300)•Luz (si Luz>3m) (1/300)•Luz (para vidrios aislantes, con un máximo de 6 mm) (1/500)•Luz (para vidrios especiales, con un máximo de 6 mm)
AUSTRIA	(1/300)•Luz
HOLANDA	(1/200)•Luz
GRAN BRETAÑA	(1/125)•Luz en vidrios simples (1/175)•Luz en vidrios dobles

FRANCE	$\min ((1/300) \cdot \text{Bay}, 10 \text{ mm})$
ITALY	$(1/300) \cdot \text{Bay}$ $(1/500) \cdot \text{Bay}$ for insulating glass
GERMANY	$(1/200) \cdot \text{Bay}$ (if Bay < 2m) $(1/300) \cdot \text{Bay}$ (if Bay > 3m) $(1/300) \cdot \text{Bay}$ (for insulating glass, to a maximum of 6 mm) $(1/500) \cdot \text{Bay}$ (for special glass, to a maximum of 6 mm)
AUSTRIA	$(1/300) \cdot \text{Bay}$
HOLLAND	$(1/200) \cdot \text{Bay}$
UNITED KINGDOM	$(1/125) \cdot \text{Bay}$ in single-glazed glass $(1/175) \cdot \text{Bay}$ in double-glazed glass

The figures currently in use in Spain to define maximum allowable deformation are bay/300 for single glazed and bay/500 for double-glazed glass.

Since, as mentioned above, the junctions between profiles must accommodate component expansion, modelling to compute deflection in cross members and struts takes no account of restraint on components but rather envisages only fixed and mobile support systems or ball sockets to connect the bars (corresponding to mortise and tenon joints in tubes). The linear expansion coefficient in aluminium is $2.4 \cdot 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$, or approximately twice the figure for steel.

In the case of cross members the corresponding diagram is the same as for a beam with a two-point support. Deflection should be appraised by combining movement in both directions (horizontal for wind loads and vertical for self and panel weight).

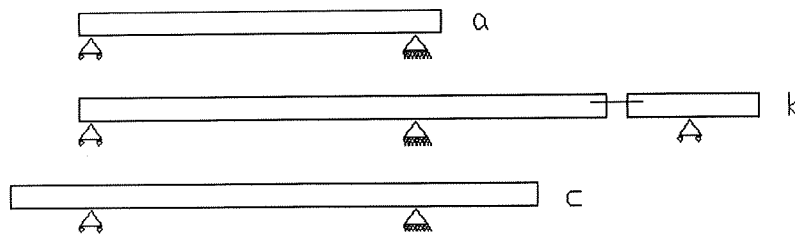


Fig. 19

One of the most commonly used designs is given in Figure 19. In general, the lower end of the struts is preferably left loose (able to absorb expansion) so the vertical loads provoke tensile rather than compressive stress in the struts; that is to say, the wall should be hung from the suspended ceilings, in keeping with original curtain wall design.

As far as the geometric characteristics of the components are concerned, it should be noted that, contrary to the case of metallic profiles in steel structures, there are no standard reference sections, but rather individual manufacturer catalogue listings of geometric values of interest (moment of inertia and modulus, essentially) for each component, including tables to dimension components in terms of design load, distance between struts and distance between strut supports. As the variation in these two parameters is obviously subject to architectural design, the variable to be acted on is preferably the variable relating to the geometric characteristics required in the profile.

Fixings

Facades are attached to the main building structure by means of special manufacturer designed fixing plates which are normally π -shaped and made of either steel or aluminium.

The major problem associated with fixings is that the contact between steel and aluminium they involve may give rise to steel corrosion because of galvanic coupling. Even where aluminium plate fixings are used, they are generally attached to the structure by means of steel screws, making contact between the two materials inevitable. A plastic insert is usually placed between the two by way of insulation, although since the prevailing service conditions eventually rupture the insert, the two elements come into contact with one another.

En España se ha venido tomando como límite un valor para la deformación de Luz/300 cuando la luna es simple y Luz/500 cuando es doble.

Como ya se ha mencionado los sistemas de unión entre perfiles deben permitir las dilataciones entre las piezas por lo que en los modelos de cálculo de travesaños y montantes para el cálculo de flechas, nunca se consideran empotramientos en las piezas sino únicamente apoyos fijos y móviles o rótulas conectando las barras (correspondiente al enmechado de los tubos). El coeficiente de dilatación lineal en el aluminio es de $2.4 \cdot 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$, aproximadamente el doble que el del acero.

En el caso de los travesaños el esquema de cálculo correspondiente es el de la viga biapoyada. La valoración de la flecha debe hacerse componiendo los desplazamientos en las dos direcciones (horizontal para las cargas de viento y vertical para el peso propio y el peso de los paneles).

Algunos de los diseños más utilizados para los montantes se acompañan en la Figura N°19. En general, es preferible dejar libre (con capacidad para absorber las dilataciones) el extremo inferior del montante y de esa forma conseguir que las cargas verticales provoquen tracciones en los montantes y no compresiones, esto es, colgar el muro de los forjados, que es la idea original de los muros cortina.

En cuanto a las características geométricas de ambas piezas, cabe destacar que a diferencia de lo que ocurre con los perfiles metálicos en estructuras de acero, no existen secciones standard a las que referirse sino que cada fabricante presenta en sus catálogos para cada pieza los valores geométricos que nos interesan (momento de inercia y módulo resistente, básicamente) e incluso ofrecen tablas para el dimensionamiento en función de la carga de proyecto, la distancia entre montantes y la distancia entre apoyos del montante. Evidentemente la variación de estos dos parámetros viene fijada por el diseño arquitectónico por lo que la variable de actuación será, con preferencia, la relativa a las características geométricas necesarias en el perfil.

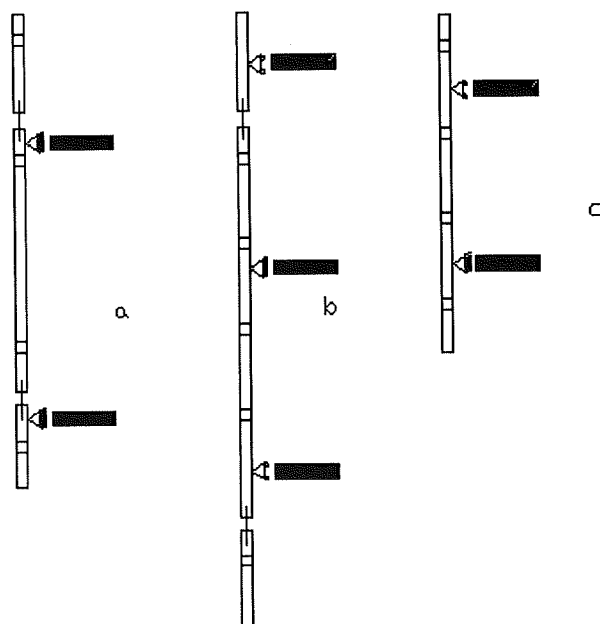


Fig. 20

Anclajes

El anclaje de la fachada a la estructura principal del edificio se realiza con chapas de anclaje especiales diseñadas por cada fabricante y que normalmente tienen forma de π . Estas chapas pueden estar fabricadas en acero o bien en aluminio.

El problema fundamental de los anclajes reside precisamente en el contacto acero - aluminio, que puede dar lugar a la corrosión del acero por formación de par galvánico. Aunque se utilice la chapa de anclaje de aluminio la conexión con la estructura se suele ejecutar mediante tornillos de acero, por lo que el contacto se hace inevitable entre estos materiales. Generalmente se suele colocar entre ambos elementos un recubrimiento plástico que los aisle aunque las condiciones de funcionamiento de las uniones provocan la rotura del recubrimiento y la puesta en contacto de estos elementos.

La conexión de la chapa de anclaje con la estructura principal viene determinada por el tipo de estructura. En el caso del hormigón armado, la utilización de otras chapas de acero embebidas en la estructura durante el hormigonado,

The way the fixing plate is attached to the main structure depends on the kind of structure involved. In the case of reinforced concrete, embedding other steel plates, namely C-shaped guides, in the structure during concreting is the most practical method and provides as well for absorption of sitework tolerance. If no provision is made for such plates in advance, expansion plugs must be used to secure them to the concrete, with all the drawbacks that the use of such plugs entails as regards distance to slab edge or interference with tie reinforcements.

In metallic structure buildings, provision must be made in the design phase for holes to be drilled in the structure, aptly spaced to accommodate the struts and thus avoid site welding, which, generally speaking, is a less satisfactory procedure.

6. BIBLIOGRAPHY

- [1]. Ganguli, U. & Dalglish, W.A. "Wind pressures on open rain screen walls: place air Canada". Journal of structural engineering. (ASCE). vol. 114. nº3. Marzo 1988.
- [2]. Suñol, C. Carpintería metálica y de plástico para la construcción. Ediciones CEAC. Barcelona 1986.
- [3]. Fengler, M. Estructuras resistentes y elementos de fachada Editorial Gustavo Gili, S.A., Barcelona, 1968.
- [4]. Tawresey, J.G. "Reinforced brick masonry curtain wall test and design". Brick and block masonry. vol 2.
- [5]. Clift, Ch. D. & Austin, W.J. "Lateral buckling in curtain wall systems". Journal of structural engineering. Vol. 115. nº10. Oct-1989.
- [6]. C.E.N. "Muros cortina: determinación de la estanquidad al agua". Novoperfil nº65 Abril 1996.
- [7]. C.E.N. "Proyecto de Norma Europea PREN 12179-4. Muros Cortina: Resistencia estructural al viento. 4ª parte. Ensayos de laboratorio". Novoperfil nº66. Mayo 1996.
- [8]. Howie, J.G. Curtain walls. Preventive maintenance of buildings. 1991.
- [9]. Chadwick, J. "Advanced glass curtain walling". Construction industry international. Vol 16 nº4. Abril 1990.
- [11]. Sands, H. Wall systems. Analysis by detail. Mc Graw-Hill. New York, 1986.
- [12]. Gartner, F. "Design aspects for curtain walls of high-rise buildings". Tall buildings: 2000 and beyond. 4th world congress. Nov-1990, Hong-Kong.
- [13]. Azpiazu Ordoñez, J.R. "Experiencias obtenidas del empleo de los diferentes tipos de muros cortina". Informes de la construcción. Vol 43. nº416. Nov-Dic 1991.
- [14]. "Elementos de anclaje en inoxidable para revestimiento de fachadas" Acero inoxidable nº20. Mayo 1993.
- [15]. "Sistema de muro cortina estructural". Revista de la construcción Tanitpress. nº24. Oct-1993.
- [16]. C.I.C. "Muros cortina de acero". CIC información. nº272. Abril 1995.
- [17]. Funcia, A. "Acrilamiento estructural exterior (III)". Novoperfil nº62 Ene-1996.
- [18]. Gaillard, A. & Funcia, A. & Marcuse, A. "Acrilamiento estructural exterior" Novoperfil nº61. Dic-1995.
- [19]. "Acrilamiento estructural exterior(IV)". Novoperfil nº63. Feb-1996.
- [20]. "Muros cortina. Permeabilidad al aire. Requisitos, prestaciones y clasificación". Novoperfil nº63. Feb-1996.
- [21]. Company Salvador, J. "Cerramientos: Carpintería de aluminio". BIA. nº181. Ene-Feb 1996"
- [22]. Ogden, R.G. Curtain wall connections to steel frames. The Steel Construction Institute, Ascot, 1992.
- [23]. C.E.N. "Proyecto de norma europea 12154. Muros cortina. Estanquidad al agua. Cualidades técnicas y clasificación". Novoperfil nº67. Jun-Jul 1996.
- [24]. C.E.N. "Muros cortina: Permeabilidad al aire. Método de ensayo". Novoperfil nº67. Jun-Jul 1996.
- [25]. NTE. "NTE FPC 1975. Construcción muros cortina". CIC información. nº292. Sept-1996.
- [26]. C.E.N. "Borrador de norma europea PREN WI-33202." Novoperfil nº70. Nov-1996.
- [27]. AFNOR. "XP P 28-002-DTU 33.1. Façades rideaux, façades semi-rideaux, façades panneaux." Cahiers du CSTB. nº376. Janvier-Fevrier 1997.
- [28]. AFNOR. "XP P 28-003 DECEMBRE 1996. Reference DTU 33.2. Tolerances dimensionnelles du gros oeuvre destine a recevoir des façades rideaux, semi-rideaux". Cahiers du CSTB nº376. Janvier-Fevrier 1997.
- [29]. UEAtc. "Rapport technique pour l'Agrément des ouvrages réalisés en vitrages extérieurs attachés" Avril 1997.
- [30]. CWCT. "Standard and guide to good practice for curtain walling". Sept-1998.
- [31]. TECNOMEDIA. Facciate Continue. Una monografía 1990.
- [32]. Berasategui, L. "Acrilamiento estructural" Informes de la construcción. Vol 43 nº417. Ene-Feb 1992.
- [33]. C.E.N. "Borrador de norma europea prEN 13022-1 Glass in building. Structural sealant glazing. Part 1: Actions, requirements and terminology" Oct. 1997.
- [34]. C.E.N. "Borrador de norma europea prEN 13022-2 Glass in building. Structural sealant glazing. Part 2: Glass" Oct. 1997.
- [35]. B.S.I. BS 8200 "British Standard Code of practice for design of non-loadbearing external vertical enclosures of buildings" 1985.
- [36]. C.I.T.A.V. "Manual del vidrio".
- [37]. UNE-ENV 1991. "Eurocódigo 1. Bases de Proyecto y Acciones en Estructuras. Parte 2-4: Acciones en estructuras. Acciones del viento".
- [38]. B.S.I. BS 6399 Part 2: 1995 "Loading for buildings: code of practice for wind loads".

es el método más práctico y permite absorber las tolerancias de ejecución. Se trata de carriles en forma de C. Si no se prevén estas chapas, hay que recurrir a tacos de expansión para el anclaje en el hormigón, con los inconvenientes asociados a los tacos en cuanto a distancias a los bordes del forjado o interferencias con las armaduras de los zunchos.

En el caso de estructuras metálicas, es necesario prever la ejecución de taladros en la estructura en fase de proyecto con el mismo paso que el intereje de los montantes y de ese modo evitar la utilización de soldadura en obra, que en general tiene peores resultados.

6. BIBLIOGRAFÍA

- [1]. Ganguli, U. & Dalgliesh, W.A. "Wind pressures on open rain screen walls: place air Canada". Journal of structural engineering. (ASCE). vol. 114. nº3. Marzo 1988.
- [2]. Suñol, C. Carpintería metálica y de plástico para la construcción. Ediciones CEAC. Barcelona 1986.
- [3]. Fengler, M. Estructuras resistentes y elementos de fachada Editorial Gustavo Gili, S.A., Barcelona, 1968.
- [4]. Tawresey, J.G. "Reinforced brick masonry curtain wall test and design". Brick and block masonry. vol 2.
- [5]. Clift, Ch. D. & Austin, W.J. "Lateral buckling in curtain wall systems". Journal of structural engineering. Vol. 115. nº10. Oct-1989.
- [6]. C.E.N. "Muros cortina: determinación de la estanquidad al agua". Novoperfil nº65 Abril 1996.
- [7]. C.E.N. "Proyecto de Norma Europea PREN 12179-4. Muros Cortina: Resistencia estructural al viento. 4ª parte. Ensayos de laboratorio". Novoperfil nº66. Mayo 1996.
- [8]. Howie, J.G. Curtain walls. Preventive maintenance of buildings. 1991.
- [9]. Chadwick, J. "Advanced glass curtain walling". Construction industry international. Vol 16 nº4. Abril 1990.
- [11]. Sands, H. Wall systems. Analysis by detail. Mc Graw-Hill. New York, 1986.
- [12]. Gartner, F. "Design aspects for curtain walls of high-rise buildings". Tall buildings: 2000 and beyond. 4th world congress. Nov-1990, Hong-Kong.
- [13]. Azpiazu Ordoñez, J.R. "Experiencias obtenidas del empleo de los diferentes tipos de muros cortina". Informes de la construcción. Vol 43. nº416. Nov-Dic 1991.
- [14]. "Elementos de anclaje en inoxidable para revestimiento de fachadas" Acero inoxidable nº20. Mayo 1993.
- [15]. "Sistema de muro cortina estructural". Revista de la construcción Tanitpress. nº24. Oct-1993.
- [16]. C.I.C. "Muros cortina de acero". CIC información. nº272. Abril 1995.
- [17]. Funcia, A. "Acristalamiento estructural exterior (III)". Novoperfil nº62 Ene-1996.
- [18]. Gaillard, A. & Funcia, A. & Marcuse, A. "Acristalamiento estructural exterior" Novoperfil nº61. Dic-1995.
- [19]. "Acristalamiento estructural exterior(IV)". Novoperfil nº63. Feb-1996.
- [20]. "Muros cortina. Permeabilidad al aire. Requisitos, prestaciones y clasificación". Novoperfil nº63. Feb-1996.
- [21]. Company Salvador, J. "Cerramientos: Carpintería de aluminio". BIA. nº181. Ene-Feb 1996"
- [22]. Ogden, R.G. Curtain wall connections to steel frames. The Steel Construction Institute, Ascot, 1992.
- [23]. C.E.N. "Proyecto de norma europea 12154. Muros cortina. Estanquidad al agua. Cualidades técnicas y clasificación". Novoperfil nº67. Jun-Jul 1996.
- [24]. C.E.N. "Muros cortina: Permeabilidad al aire. Método de ensayo". Novoperfil nº67. Jun-Jul 1996.
- [25]. NTE. "NTE FPC 1975. Construcción muros cortina". CIC información. nº292. Sept-1996.
- [26]. C.E.N. "Borrador de norma europea PREN WI-33202." Novoperfil nº70. Nov-1996.
- [27]. AFNOR. "XP P 28-002-DTU 33.1. Façades rideaux, façades semi-rideaux, façades panneaux." Cahiers du CSTB. nº376. Janvier-Fevrier 1997.
- [28]. AFNOR. "XP P 28-003 DECEMBRE 1996. Reference DTU 33.2. Tolerances dimensionnelles du gros oeuvre destine a recevoir des façades rideaux, semi-rideaux". Cahiers du CSTB nº376. Janvier-Fevrier 1997.
- [29]. UEAtc. "Rapport technique pour l'Agrément des ouvrages réalisés en vitrages extérieurs attachés" Avril 1997.
- [30]. CWCT. "Standard and guide to good practice for curtain walling". Sept-1998.
- [31]. TECNOMEDIA. Facciate Continue. Una monografía 1990.
- [32]. Berasategui, L. "Acristalamiento estructural" Informes de la construcción. Vol 43 nº417. Ene-Feb 1992.
- [33]. C.E.N. "Borrador de norma europea prEN 13022-1 Glass in building. Structural sealant glazing. Part 1: Actions, requirements and terminology" Oct. 1997.
- [34]. C.E.N. "Borrador de norma europea prEN 13022-2 Glass in building. Structural sealant glazing. Part 2: Glass" Oct. 1997.
- [35]. B.S.I. BS 8200 "British Standard Code of practice for design of non-loadbearing external vertical enclosures of buildings" 1985.
- [36]. C.I.T.A.V. "Manual del vidrio".
- [37]. UNE-ENV 1991. "Eurocódigo 1. Bases de Proyecto y Acciones en Estructuras. Parte 2-4: Acciones en estructuras. Acciones del viento".
- [38]. B.S.I. BS 6399 Part 2: 1995 "Loading for buildings: code of practice for wind loads".

Relación de Personal Titulado de INTEMAC

Arquitectos

Jalvo García, Jaime
Luzón Cánovas, José M^a

Ingenieros de Caminos

Arias Cuchí, Ignacio
Barrios Corpa, Roberto
Bauzá Ortúñez, Andrés
Calavera Ruiz, José
Cortés Bretón, Juan María
Corral Folgado, Claudio
Díaz Lozano, Justo
Fernández Gómez, Jaime Antonio
Garrido Baró, Juan Carlos
González González, Juan José
González Tojo, Julio Antonio
González Valle, Enrique
Hostalet Alba, Francisco
Izquierdo Bernaldo de Quirós, José M^a
Jordán de Urríes de la Riva, Jorge
Ley Urzaiz, Jorge
Rodríguez Escribano, Raul Rubén
Rodríguez Romero, Jesús M^a
Sanz Pérez, Lorenzo
Segura Cobo, César
Sirvent Sirvent, Enrique
Tapia Menéndez, José
Torre Cobo, María Carmen

Ingeniero I.C.A.I.

Marín Estévez, Gonzalo
Escarpizo-Lorenzana Martínez, Jorge

Ingenieros Industriales

Alvarez Cabal, Ramón Amado
Arroyo Arroyo, José Ramón
Bueno Bueno, Jorge
Durán Boldova, José Miguel
Santos Olalla, Francisco
Valenciano Carles, Federico

Ingeniero de Telecomunicación

San José Arribas, José

Licenciados en Ciencias Geológicas

Blanco Zorroza, Alberto

Licenciados en Ciencias Químicas

Grandes Velasco, Sylvia María
López Sánchez, Pedro
Morgado Sánchez, José Carlos

Licenciada en Geografía e Historia

Calavera Vayá, Ana María

Arquitectos Técnicos

Fernández Jiménez, Amelia
Miranda Valdés, Javier
Montaña del Hoyo, Noelia
Montejano Jiménez, María del Carmen
Muñoz Mesto, Angel
Villacián Fernández, Aránzazu

Ingenieros Técnicos Industriales

Díaz-Trechuelo Laffón, Antonio
González Carmona, Manuel
Madueño Moraño, Antonio

Ingenieros Técnicos Obras Públicas

Carrero Crespo, Rafael
Galán de Cáceres, M^a del Puerto
González Isabel, Germán
González Nuño, Luis
Mata Soriano, Juan Carlos
Molina Collell, Blas
Montiel Sánchez, Ernesto
Muñoz Mesto, Angel
Rosa Moreno, José Andrés
Rozas Hernando, José Juan
Sánchez Vicente, Andrés

Ingenieros Técnicos Topógrafos

Carreras Ruiz, Francisco
Molero Vicente, M^a Isabel

Profesores Mercantiles

González Alvarez, Vicente
Sampedro Portas, Arturo

Técnico en Administración de Empresas

González del Olmo, M^a de la Peña de F.

Técnico en Informática

García Rodríguez, Juan Tomás

Técnico en Publicidad

Blanco Armas, Cristina

Topógrafo

Alquézar Falceto, Ricardo

CUADERNOS INTEMAC

CUADERNOS INTEMAC es una publicación trimestral, bilingüe en español e inglés, en forma de monografías que recogen trabajos realizados por los técnicos del Instituto o presentados en los Cursos y Conferencias organizados por el mismo.

Los temas tratados cubren tanto el campo de las Obras Públicas como el de la Edificación y sus Instalaciones.

• **Tarifa de suscripción anual 2.800 ptas.**



ULTIMOS TITULOS PUBLICADOS

Cuaderno N° 31

"Durabilidad del hormigón en ambientes marinos"

Autor: **Pedro LÓPEZ SÁNCHEZ**,
Ldo. en Ciencias Químicas.

Cuaderno N° 32

"Cálculo de muros cortina"

Autores: **Prof. Ramón ÁLVAREZ**,
Dr. Ing. Industrial.

José Ramón ARROYO ARROYO,
Ing. Industrial.

Francisco SANTOS OLALLA,
Ing. Industrial.

Jesús M° RODRÍGUEZ ROMERO,
Ing. de Caminos.

CUADERNOS DE PROXIMA APARICION

Cuaderno N° 33

"Los 30 defectos más frecuentes en la calidad de la Edificación y sus soluciones."

- Cimientos y estructuras.
- Albañilería y acabados.
- Instalaciones".

Autores: **Prof. E. GONZÁLEZ VALLE**,

Dr. Ing. de Caminos C. y P.,

J. M° CORTÉS BRETÓN,

Dr. Ing. de Caminos C. y P.,

G. MARÍN ESTÉVEZ,

Ingeniero del ICAI.

Cuaderno N° 34

"Una novedad en la EHE: el Método de bielas y tirantes".

Autor: **Prof. J. CALAVERA RUÍZ**,

Dr. Ing. de Caminos C. y P..

MONOGRAFÍAS INTEMAC

A partir de junio de 1998 INTEMAC emprendió una nueva línea de publicaciones con un carácter eminentemente práctico, destinadas a tratar temas muy concretos que, o bien presentan un nivel de problemas acusados en la práctica, o bien están insuficientemente cubiertos por la Normativa y la documentación técnica existente.

MONOGRAFÍA INTEMAC N°1

"Drenaje de plantas bajas de edificios y drenaje e impermeabilización de sótanos"

Autores: **Prof. J. Calavera, J. Jalvo, J. Ley, J.M°. Luzón y J. Tapia**

Precio de la Monografía 3.200 Ptas.

MONOGRAFIA DE PRÓXIMA APARICIÓN (NOV. 98)

MONOGRAFÍA INTEMAC N°2

"Puntos críticos en la impermeabilidad de azoteas y fachadas"

Autores: **J. Jordán de Urríes, J. Jalvo, J.M°. Luzón y A. Muñoz Mesto**

Precio de la Monografía 3.200 Ptas.



VIDEOS TECNICOS

INTEMAC, dentro de sus actividades en el campo de la formación, ha iniciado la edición de una serie de VIDEOS TECNICOS, analizando distintos campos de la construcción.

SERIE OBRAS DE HORMIGON EN MASA, ARMADO Y PRETENSADO.

REFERENCIA	TITULO	CONTENIDO	DURACION	PRECIO
N° 8801 (1)	FABRICACION Y ENSAYO DE PROBETAS DE HORMIGON	Contempla, de forma completa y detallada, el proceso de toma de muestras de hormigón fresco en obra, medida de consistencia con el cono de Abrams, fabricación de probetas, curado en obra, transporte al laboratorio, curado en cámara, refrentado y ensayo a compresión.	27 min.	80.000 ptas* IVA INCLUIDO

* PRECIO para entregas dentro del territorio español

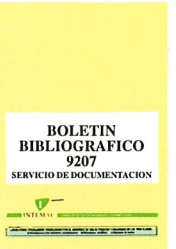


BOLETIN BIBLIOGRAFICO

INTEMAC viene realizando desde su fundación un BOLETIN BIBLIOGRAFICO para uso interno, que ofrece, en una lectura rápida, un panorama general de todas las publicaciones técnicas disponibles. Desde 1991, esta publicación bimestral, ha sido puesta a disposición del público.

El BOLETIN BIBLIOGRAFICO incluye:

- Fotocopia del índice y de los resúmenes de los artículos contenidos en las 105 revistas técnicas que se reciben en el Instituto referentes a los campos de la Edificación, Instalaciones, Obras Públicas y Urbanismo.
- Una sección de Normativa reciente, nacional y extranjera.
- Secciones de Bibliografía y Cursos.
- Una sección de Congresos, Reuniones Técnicas y Ferias de próxima celebración en todo el mundo.
- **Tarifa de suscripción anual (6 números) 18.000 ptas.**



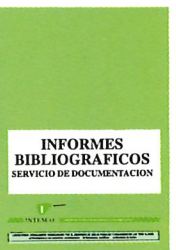
CONSULTAS E INFORMES BIBLIOGRAFICOS

EL INSTITUTO tiene un SERVICIO DE DOCUMENTACION, que pone a su disposición y que le puede informar sobre cualquier tema relacionado con la Edificación, Instalaciones, Obra Civil y Urbanismo. Se efectúan CONSULTAS BIBLIOGRAFICAS sobre cualquiera de los temas indicados anteriormente, de acuerdo con las siguientes tarifas:

Apertura de expediente	2000 ptas.
Cantidad a abonar por referencia60 ptas.
Cantidad a abonar por hoja de fotocopia de documento25 ptas

Además de la Consulta Bibliográfica correspondiente, el INFORME BIBLIOGRAFICO contiene un breve documento redactado por un especialista en el tema, miembro de INTEMAC, con una serie de recomendaciones sobre la Bibliografía básica, así como los comentarios correspondientes.

Tarifa correspondiente al Informe Bibliográfico: **15.000 ptas.** más la tarifa de la consulta.

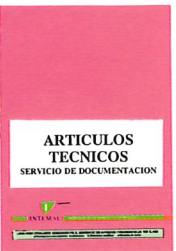


ARTICULOS TECNICOS

INTEMAC dispone de una amplia serie de trabajos publicados por nuestros técnicos en diferentes revistas. A continuación incluimos la lista de los últimos. Si está Vd. interesado, solicite relación completa de títulos.

- 66 INFLUENCIA DE LA RUGOSIDAD Y LA CUANTÍA DE COSIDO EN EL COMPORTAMIENTO DE LAS PIEZAS COMPUESTAS SOLICITADAS A FLEXIÓN
Enrique González Valle; Jaime Gálvez Ruiz; Luis García Dutari; Ramón Álvarez Caval.
- 67 EL HORMIGON DE ALTA RESISTENCIA (HSC): LAS CARACTERÍSTICAS QUE CONDICIONAN EL CALCULO ESTRUCTURAL. Enrique González Valle.
- 68 LA REALIZACIÓN DE ENSAYOS DE INFORMACIÓN EN LAS OBRAS. Adolfo Delibes Liniers.
- 69 INVESTIGACIÓN SOBRE REPARACIÓN DE ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN ARMADO DAÑADAS POR CORROSIÓN DE ARMADURAS. Adolfo Delibes Liniers; Jaime Fernández Gómez.
- 70 HORMIGONADO EN CONDICIONES METEOROLÓGICAS ADVERSAS: ESTUDIO DE LOS ACCIDENTES OCURRIDOS DURANTE EL HORMIGONADO DE UN TABLERO POSTENSADO. Adolfo Delibes Liniers; Jaime Fernández Gómez; Miguel Angel Acón Robleña.
- 71 LA INFLUENCIA DEL DIAGRAMA TENSION DEFORMACIÓN EN EL CÁLCULO A FLEXIÓN DE SECCIONES REALIZADAS CON HORMIGONES DE ALTA RESISTENCIA. Enrique González Valle; José M° Izquierdo; Bernaldo de Quirós.
- 72 EFECTOS DINÁMICOS EN PUENTES. VARIACION DEL COEFICIENTE DE IMPACTO. Enrique López del Hierro Fernández; Juan José Benito Muñoz; Javier Gallego Valarde; Ramón Álvarez Cabal.
- 73 CUBIERTAS METÁLICAS DE GRAN LUZ. Mercedes Gómez Álvarez; Justo Díaz Lozano; Ramón Álvarez Cabal.
- 74 LA INSPECCIÓN Y ENSAYO. ORGANIZACIONES DE CONTROL DE CALIDAD Y LABORATORIOS. José Calavera Ruiz.

P.V.P. 400 ptas./ ejemplar.



AGOTADO



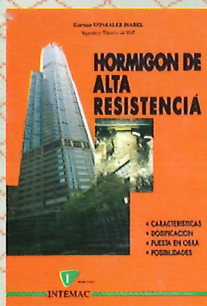
CÁLCULO, CONSTRUCCIÓN Y PATOLOGÍA DE FORJADOS DE EDIFICACIÓN

J. CALAVERA (Dr. Ingeniero de Caminos)

4ª Edición (1988)

- 678 páginas
- Encuadernación en gualflex

Precio: 7.900 Pta.



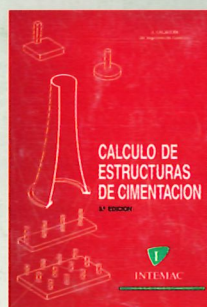
HORMIGÓN DE ALTA RESISTENCIA

G. GONZÁLEZ-ISABEL
(Ingeniero Técnico de O. P.)

- 316 páginas
- Encuadernación en gualflex

Precio: 6.500 Pta.

AGOTADO



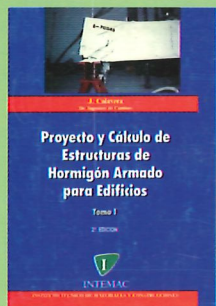
CÁLCULO DE ESTRUCTURAS DE CIMENTACIÓN

J. CALAVERA (Dr. Ingeniero de Caminos)

3ª Edición (1991)

- 418 páginas

Precio: 8.000 Pta.

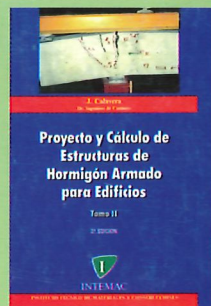


PROYECTO Y CÁLCULO DE ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN ARMADO PARA EDIFICIOS (TOMO I)

J. CALAVERA (Dr. Ingeniero de Caminos)

2ª Edición (1991)

- Tomo I - Cálculo de esfuerzos
- 568 páginas
- Encuadernación en gualflex



PROYECTO Y CÁLCULO DE ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN ARMADO PARA EDIFICIOS (TOMO II)

J. CALAVERA (Dr. Ingeniero de Caminos)

2ª Edición (1991)

- Tomo II - Dimensionamiento y detalles constructivos
- 871 páginas
- Encuadernación en gualflex

Precio obra completa: 17.500 Pta.

AGOTADO



MUROS DE CONTENCIÓN Y MUROS DE SÓTANO

J. CALAVERA (Dr. Ingeniero de Caminos)

2ª Edición (1989)

- 307 páginas
- Encuadernación en gualflex

Precio: 7.000 Pta.



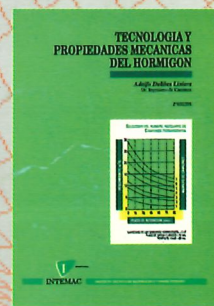
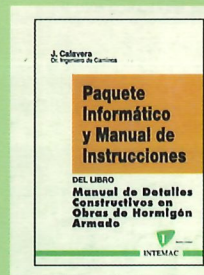
MANUAL DE DETALLES CONSTRUCTIVOS EN OBRAS DE HORMIGÓN ARMADO

J. CALAVERA (Dr. Ingeniero de Caminos)

- 506 páginas, tamaño UNE A-4 • 210 detalles constructivos • 210 páginas de comentarios y recomendaciones • Encuadernación en gualflex

Precio: - Libro: 16.000 Pta. - Paquete informático: 30.000 Pta. (Manual de Instrucciones y Disquetes)

El libro y el programa se venden por separado



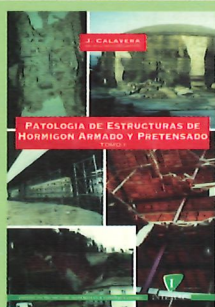
TECNOLOGÍA Y PROPIEDADES MECÁNICAS DEL HORMIGÓN

A. DELIBES (Dr. Ingeniero de Caminos)

2ª Edición (1993)

- 396 páginas
- Encuadernación en gualflex

Precio: 7.500 Pta.

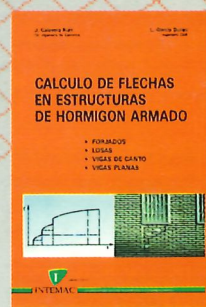
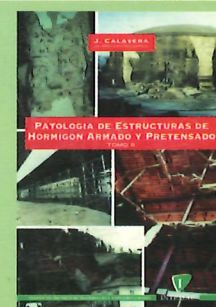


PATOLOGÍA DE ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN ARMADO Y PRETENSADO

J. CALAVERA (Dr. Ingeniero de Caminos)

- Tomo I - Capítulos 1 a 12 • Tomo II - Atlas de fisuras - Ábacos de cálculo
- 680 páginas • 231 fotografías • 258 figuras • 118 referencias bibliográficas
- Encuadernación en gualflex

Precio de la obra completa: 16.000 Pta.



CÁLCULO DE FLECHAS EN ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN ARMADO

J. CALAVERA (Dr. Ingeniero de Caminos)

L. GARCÍA DUTARI (Ingeniero Civil)

336 páginas

- 312 tablas de comprobación de Forjados, Losas, Vigas de Canto y Vigas Planas
- Un disquete conteniendo tres programas informáticos de Cálculo de Flechas, para secciones de forma cualquiera
- Encuadernación en gualflex

Precio: 7.400 Pta. (Libro más paquete Informático)