

**aplicaciones
arquitectónicas
de los materiales
compuestos
y aditivados**

I jornada

1) 2) 3) 4)

**Madrid
13 de diciembre
1991**

escuela técnica superior de arquitectura
universidad politécnica de madrid

**departamento de construcción
y tecnología arquitectónicas**

proyecto de investigación Nº PB.87/0805

CICYT

I JORNADA NACIONAL
APLICACIONES ARQUITECTONICAS
DE LOS MATERIALES COMPUESTOS Y ADITIVADOS
E.T.S. ARQUITECTURA DE MADRID
DICIEMBRE, 1991

PONENCIA:

LA FABRICA ARMADA. UN NUEVO MATERIAL ARQUITECTONICO

AUTOR:

JOSEP M^a ADELL ARGILES

SINTESIS

La fábrica armada surge de la necesidad de revitalizar un producto tradicional, acorde con la calidad exigida en la construcción de hoy día.

La obra de fábrica armada constituye un material compuesto nuevo que tiene un comportamiento homogéneo con la suma de cualidades de sus componentes.

El armado consigue dotar de elasticidad a los materiales rígidos que caracterizan las fábricas. Esta novedad evita todo tipo de fisuraciones que pudieran aparecer como consecuencia de múltiples patologías a lo largo de la vida del edificio.

Para conseguir armar la fábrica sin perder la homogeneidad del material que la constituye, se han desarrollado armaduras en forma de viga plana en celosía, que dispuestas en los tendeles convierten al muro tradicional en un muro fuerte.

Si se tienen presente las posibilidades del diseño con fábrica armada, se pueden lograr importantes reducciones del coste global de la edificación.

El interés que la fábrica armada tiene para la arquitectura, se debe a que este nuevo material permite una mayor libertad de diseño arquitectónico dadas sus nuevas prestaciones, al tiempo que mantiene un vínculo con la tradición que las fábricas tienen dentro del campo compositivo y estructural de la arquitectura.

Se expone cómo trabaja la fábrica armada con sus aplicaciones más usuales, y se abren caminos en el campo de las posibilidades arquitectónicas del nuevo material, que tiene un lenguaje propio, experimentado por el profesor Adell en algunas de sus obras.

LA FABRICA ARMADA. UN NUEVO MATERIAL ARQUITECTONICO.

EVOLUCION DE LAS FABRICAS

La OBRA DE FABRICA, una de las manifestaciones constructivas más antiguas de la arquitectura, sigue cumpliendo en la actualidad un gran papel en el amplio campo de la edificación.

LA EVOLUCION DE LAS FABRICAS se ha llevado a cabo en el tiempo llevando a cabo aspectos claramente diferenciados:

- La manera de disponer las piezas en la fábrica: pasando de considerar LA TRABAZON a constituirse en un APAREJO concreto.
- La regularización de LA PIEZA, considerándose como .MODULO base de la composición.
- La regularización del grueso de las JUNTAS entre las piezas condicionada por el propio diseño modular de la pieza.
- El cambio del carácter estructural de la fábrica pasando de muro portante a muro soportado, constituyéndose en MURO DE CERRAMIENTO al desligarse la estructura del plano de fachada.
- La DISMINUCION DEL GRUESO DEL MURO por la razón anterior y consideraciones de economía perdiendo su homogeneidad.
- La aparición del MURO DE VARIAS HOJAS, cada cual con su cometido específico, con sutiles dependencias entre ellas.

LA EVOLUCION DE LOS MATERIALES DE LAS FABRICAS va desde los tradicionales actualizados hasta los más tecnológicamente avanzados. Junto al clásico ladrillo cerámico, están los ladrillos huecos o el bloque aligerado de arcilla y se alinean con ellos los materiales conglomerados de hormigón, de hormigón aligerado, los sílico-calcáreos...

Las cualidades de los materiales de las fábricas, se han ido mejorando y perfilando con diversos objetivos:

- Ahorro de la energía de fabricación para conseguir productos competitivos, compitiendo los conglomerados con ventaja frente a los cocidos.
- Aumento de tamaño economizando mano de obra de colocación.
- Disminución de peso para ahorrar en transporte y disminuir las cargas sobre la estructura.
- Mejora de la capacidad aislante favoreciendo el balance energético de la edificación.
- Aumento de la capacidad resistente, acorde con su ligereza.
- Distintos tratamientos sobre el carácter de la cara vista de la pieza, etc...
- Innovaciones sobre el diseño de la pieza, que aun manteniendo una envolvente prismática, adquiere matizaciones diversas en el tratamiento de la junta vertical, endentada, en llave,, sin mortero, ... y en el porcentaje, tamaño, forma y dirección de las perforaciones.
- Mejora de sus cualidades intrínsecas, porosidad, densidad, absorción, permeabilidad, heladicidad, conductividad térmica, dureza, eflorescencias, durabilidad, envejecimiento.

- Mejoras, sobre la calidad de los morteros, o cementos cola, respecto a su resistencia, coloración, acritud, plasticidad, endurecimiento...

Existen INVARIANTES EN LAS FABRICAS que han permanecido constantes a lo largo de la evolución de los materiales y de las fábricas que los constituyen.

Las invariantes de las fábricas se deben a la permanencia de dos factores primordiales que inciden en toda albañilería:

- 1.- El carácter tectónico de la obra de fábrica.
- 2.- El proceso manual de ejecución de la albañilería.

El primer concepto tiene como consecuencia que EL TENDEL permanezca como expresión de la ejecución por niveles horizontales del levantamiento de la fábrica venciendo la constante acción vertical de la gravedad.

El segundo concepto es el que limita el TAMAÑO Y PESO DE LAS PIEZAS de la fábrica en orden a su operativa manualidad acorde con la capacidad del ser humano.

Mientras el hombre construya con sus manos sobre la tierra: LA PERMANENCIA DE LOS INVARIANTES DE LAS FABRICAS ESTA ASEGURADA, SE MANTENDRA LA DISPOSICION DE LAS PIEZAS UNAS JUNTO A OTRAS EN HILADAS HORIZONTALES SUCESIVAS, sirviéndose para ello de la interposición del mortero.

NECESIDAD DE ARMAR LAS FABRICAS

Cuestiones evidentes de economía han llevado a la ejecución de las fábricas cada vez con el menor grueso posible ya que el porcentaje de la albañilería en el montante total de la obra es muy importante.

Los materiales con que se constituyen las obras de fábrica tienen cualidades específicas para cada caso concreto de utilización, que los hacen ser los más idóneos para su cometido siendo difícil poder renunciar a ellos sustituyéndolos por otros. Capítulos de obra como las estructuras, tienen una dependencia directa con la albañilería, al incidir ésta con su peso en los bordes de los forjados como el cerramiento, o en mitad de ellos como la tabiquería, obligando al cálculo estructural por flecha. En ocasiones la albañilería propiamente se constituye en obra estructural con los muros de carga.

La consideración conjunta de estos conceptos lleva a la necesidad de reconsiderar de manera global el papel que la obra de fábrica lleva a cabo en la construcción de la arquitectura, tiempo que ofrecer un producto de mayor calidad.

No es obligado pensar en el hormigón armado ante determinadas situaciones estructurales, si podemos armar las fábricas.

Los OBJETIVOS PRIMORDIALES DE LA FABRICA ARMADA son dos:

- 1.- EVITAR LA RIGIDEZ DE LAS FABRICAS dadas las características de los materiales que las constituyen, y DOTARLAS DE ELASTICIDAD que permita ELUDIR FISURAS Y GRIETAS tan habituales en la albañilería, ofreciendo una GARANTIA DE CALIDAD.

2.- CONFERIR MAYORES PRESTACIONES A LAS FABRICAS, que permitan ECONOMIZAR LA EDIFICACION y AUMENTAR LAS POSIBILIDADES ARQUITECTONICAS.

SITUACION DEL ARMADO EN LAS FABRICAS

Existen diversas posibilidades al considerar las maneras de armar las fábricas, según sea la DISPOSICION DEL ARMADO:

- 1.- ENTRE dos HORAS de fábrica. (fig. 1)
- 2.- ALOJADO EN las juntas entre las piezas de la fábrica, comúnmente LOS TENDELES, ocasionalmente en las llagas. (fig.2)
- 3.- DENTRO DE las perforaciones existentes en LAS PIEZAS, cuando los huecos son de cierta amplitud. (fig. 3)
- 4.- En SITUACION COMBINADA (de los casos 2 y 3). alojada en los TENDELES y dentro de los HUECOS de las piezas..

La disposición del armado entre dos hojas de fábrica lleva a un excesivo grueso del muro, aunque permite por el contrario constituir un auténtico sandwich con hormigón armado en su interior, de grandes prestaciones estructurales, donde la fábrica queda como un encofrado perdido visto. El sistema tiene los inconvenientes propios de combinar varios oficios en el mismo tajo, con mano de obra especializada, y ritmos de ejecución distintos.

Alojando el armado en las juntas, es como mejor se preservan las cualidades del material de la fábrica, al no perder homogeneidad el muro. El sistema no requiere de mano de obra especializada ni de otro oficio distinto al de la albañilería. Se pueden montar las armaduras a caballo entre dos hojas del cerramiento lo que permite que trabajen solidariamente. El sistema es válido para todos los materiales constitutivos de las obras de fábrica.

Disponer el armado dentro de las perforaciones de las piezas limita muchísimo el campo de aplicación del armado a determinados tipos de bloques y calidades, que por otra parte se ven alteradas al variar la homogeneidad del muro en razón de las zonas macizadas con el armado y su mortero. El sistema tiene una gran aplicación en zonas sísmicas al permitir armar en vertical.

La situación combinada de las dos anteriores tiene las ventajas y los inconvenientes de ambas. Puede ser muy interesante recurrir a ella cuando las necesidades resistentes lo requieran, sobre todo si se investiga la manera de diseñar una armadura capaz de ser operativa en el proceso de ejecución de la albañilería.

TIPOS DE ARMADURA PARA OBRAS DE FABRICA

ARMADOS LINEALES

Cada uno de los casos analizados requiere comúnmente una específica y elaborada manera de organizar el armado. El armado suele ser una suma de varillas o redondos de acero, articulados convenientemente. En muchas ocasiones, la complejidad de elaboración del

armado para poder ser capaz de colocarse de manera estable y eficiente durante el proceso de ejecución de la fábrica, atendiendo a la continuidad estructural del armado, y a su adecuada colocación, hace incómodo el armar las fábricas.

Es evidente que si durante la ejecución de la albañilería hay que contar además de la cuadrilla correspondiente con otros operarios dedicados a la elaboración del armado que habrá que disponer en la fábrica, y debiendo de estar quizá a la espera de la llegada del camión hormigonera, es algo que rompe el ritmo de trabajo, interfiere unos oficios con otros, encareciendo en definitiva el producto final.

Los casos típicos en que estos problemas se presentan son durante la ejecución de los muros de doble hoja con armado en su interior, y cuando se arman las fábricas de bloques de hormigón a través de sus huecos correspondientes, articulando pilastras o zunchos en diversas posiciones por medio de piezas especiales.

Con el fin primordial de evitar estos problemas comunes en las obras, se han venido desarrollando diversas organizaciones sencillas de armado, que denominamos sencillamente ARMADURAS.

Según el cometido primordial que deba cumplir la armadura, se diseñará para cumplimentarlo.

ARMADURAS PLANAS O SUPERFICIALES

Las armaduras planas han sido creadas para ser situadas en los tendeles de las fábricas, siguiendo un criterio de refuerzo acorde con los invariantes permanentes que la albañilería presenta, son válidas, por tanto, para todos los tipos de fábricas con independencia del material específico que se utilice. He ahí precisamente su gran interés.

Existen armaduras diseñadas con el fin de repartir de manera homogénea en todo el ancho del tendel, las cargas verticales transmitidas por los forjados apoyados solamente en un borde del muro, para no crear excesiva discontinuidad vertical en el mismo, ni transmitirle momentos que generen torsión.

Las armaduras apropiadas tienen la forma de finas mallas de acero, habiéndolas de tipo reticular como EXPANET y evolucionadas de chapas caladas, estiradas, o dobladas como BRICKTORT (fig. 4).

Existen armaduras diseñadas para constituir el armado básico de la fábrica armada, para ser dispuestas de manera homogénea en tendeles sucesivos, a una distancia regular, aumentando su ritmo caso de concentrarse determinadas sollicitaciones.

Están diseñadas para mantener una cuantía de armado cercana a ambos haces exteriores del muro, manteniendo un adecuado recubrimiento de mortero.

Existen dos variantes de armaduras planas para la fábrica armada:

El modelo americano BRICKFORCE, utilizado en EEUU desde hace 50 años, fabricado a partir de un mallazo ortogonal recortado que presenta una superposición de las armaduras

secundarias sobre las principales, sumando unos 8 mm de grueso, y de carácter deformable.

La patente europea "Murfor, de la casa BEKAERT" diseñada en Bélgica hace 20 años, es mucho más perfeccionada que el modelo americano (fig. 5).

La armadura Murfor es igual, cambiando de escala, que un VIGA WARREN EN CELOSIA, tan comúnmente utilizada actualmente para puentes de peatones sobre las autopistas. Es un elemento estructural que ofrece la máxima resistencia frente a sollicitaciones de flexión en su propio plano empleando el mínimo de acero, y deformándose en función de la separación entre ambos cordones (grueso del muro) y la luz de los apoyos (soportes).

La armadura Murfor es una armadura plana para obras de fábrica, compuesta por dos alambres corrugados de acero de alta resistencia (AEH 500 T), separados entre sí mediante un alambre diagonal continuo soldando en zig-zag en su mismo plano.

Se fabrica en anchos de 30, 50, 80, 100, 150, 200 mm para adaptarse al grueso de cada fábrica.

Los alambres longitudinales son corrugados y tienen 4 mm de diámetro, excepto la de 200 mm que tiene 4,75 mm de diámetro.

Existe una variante con pletinas de 2x6 mm para fábricas sentadas a hueso. Está protegida ante la corrosión con un tratamiento galvanizado, o de capa epoxi sobre galvanizado, o de acero inoxidable para poder afrontar cualquier agresividad del medio.

La armadura tiene una longitud de 3,05 m y se presenta en palés de 50 unidades.

El DISEÑO de la ARMADURA Murfor responde a una SINTESIS depurada de su CAPACIDAD ESTRUCTURAL, acorde con las posibles sollicitaciones a que va a ser sometida dentro de su situación en la obra de fábrica.

La ARMADURA Murfor ES LA ARMADURA LOGICA PARA LA FABRICA ARMADA.

ARMADURAS ESPACIALES O TRIDIMENSIONALES

Si bien constructivamente la armadura plana bidireccional expuesta de Murfor resuelve la mayoría de las sollicitaciones a las que se puede ver sometidas la fábrica, se ha presentado en la Conferencia Internacional de Obras de Fábrica de Berlín en noviembre de 1991, la armadura Murfor RE de carácter tridimensional, que permite lograr el armado de la fábrica en dos direcciones, lo que es de gran aplicación en zonas sísmicas.

La ARMADURA ESPACIAL Murfor RE está constituida por dos alambres longitudinales enlazados entre sí mediante anillos ovalados dispuestos ortogonalmente cada 15 ó 30 cm. (fig. 6)

Esta armadura se coloca en obra también por niveles, o hiladas sucesivas, con la particularidad de que sus anillos entran dentro de las perforaciones verticales de los huecos

de los bloques, produciéndose en ellos el solape que da continuidad a las armaduras espaciales en hiladas sucesivas.

La armadura Murfor RE resuelve definitivamente el armado bidireccional de la obra de fábrica, simplificando enormemente su colocación en obra, al considerar los invariantes permanentes de las fábricas, ejecución por niveles horizontales y la fácil manipulación de las piezas de la fábrica.

FORMA DE TRABAJAR DE LA ARMADURA PLANA Murfor.

Las diversas maneras de trabajar que la armadura presenta dan lugar a nuevas prestaciones o cualidades en el amplio ámbito de aplicación de las fábricas.

Cabe diferenciar tres maneras de solicitar las armaduras:

1.- Fábricas sometidas a **DEFORMACIONES IMPUESTAS:**

1a- Por cambios de temperatura: 1a1-DILATACION (fig. 7).

1a2-CONTRACCION

1b- Fenómenos reológicos: **RETRACCION** (fig. 8).

La dilatación de la fábrica tracciona a la armadura que con su alargamiento uniforme controla que no se concentren tensiones capaces de fisurar o agrietar el material de la fábrica.

Frente a la retracción debida al cemento de los morteros que constituyen los bloques, llevados a obra en ocasiones recién fabricados, y ante la contracción por descenso de temperatura, la armadura trabajando a compresión evita también la fisuración.

Según el tipo de material de que se trate, con el armado puede llegar a triplicarse la separación entre juntas de dilatación.

2.- Fábricas sometidas a **FLEXION VERTICAL:**

2a.- **DINTELES O CARGADEROS**

2b1- **TABIQUES O MUROS** sobre fallo de la base de apoyo (fig. 9).

2b2- **FABRICAS EN VOLADIZO** (fig. 10)

Solicitar la fábrica a flexión vertical, estando el armado convenientemente dispuesto, equivale a crear en el interior de la fábrica un comportamiento en arco, sin que ello requiera ni de una organización constructiva adovelada, ni de una conformación formal del arco, ello se logra gracias a constituirse el armado en tirante anclado por prolongación en la base del arco de descarga.

La utilización más inmediata de la fábrica armada está en la resolución de dinteles o cargaderos de huecos de albañilería. En la obra de cara vista, donde si no se acepta fisuración se puede llegar perfectamente a sostener la fábrica dispuesta sobre huecos de hasta 5 ó 6 metros de luz, sometidos a su propio peso exclusivamente, sin más que armar con armaduras Murfor las primeras 4 ó 6 hiladas.

La cantidad de armaduras a colocar en las hiladas inferiores del dintel depende del canto de fábrica que se puede considerar sobre el hueco, del tipo de material y del grueso del muro. A ser posible se aconseja colocar el mayor número de armaduras que quepan en los tendeles inferiores para obtener mayor brazo entre las zonas traccionadas y comprimidas de la sección de la fábrica.

Con el fin de organizar constructivamente el dintel de manera sencilla, se utilizan unos ganchos que se engarzan en la armadura colocada entre la primera y segunda hilada que, dispuesta en las llagas, permite sostener el cuelgue de las piezas de la primera hilada del dintel (fig. 11). La armadura colocada en los tendeles inmediatos a la parte inferior del apoyo del forjado permite precindir de las cadenas de atado de los bordes del forjado.

La necesidad de garantizar la inalterabilidad de las fábricas frente a los posibles fallos de la base de apoyo es especialmente importante hoy día en que se hacen forjados de gran luz y de poco canto. Solo es necesario armar las hiladas inferiores del tabique o muro, aunque es conveniente disponer armadura cada 40 ó 50 cm.

El armado en las hiladas superiores previene las grietas de los tabiques o muros que puedan encontrarse trabajando en ménsula, al descender el apoyo en los voladizos.

3.- Fábricas sometidas a FLEXION HORIZONTAL:

3.a- Muro con SUSTENTACION VERTICAL (fig. 12)

3.b- Muro con SUSTENTACION HORIZONTAL

3.c- Muro con SUSTENTACION COMBINADA

Las acciones que dan lugar a la flexión horizontal de las fábricas pueden resumirse en:

El EMPUJE DEL TERRENO en los muros de contención de sótanos.

El EMPUJE DEL MATERIAL ALMACENADO en las paredes de los silos.

La PRESION DEL VIENTO en los muros de CERRAMIENTO.

El diseño original de la armadura Murfor, en forma de viga plana en celosía tipo warren, hace de ella la armadura más idónea para afrontar acciones de presión o empuje horizontal, al colocarse en los tendeles de una fábrica sustentada verticalmente.

El diseño permite su fácil colocación, trabajando igual tanto ante situaciones de presión como de succión.

En el caso de la sustentación vertical que es el más habitual, y para cargas normales de viento se llega a poder triplicar la separación entre apoyos verticales del cerramiento, armando convenientemente la fábrica, llegándose a más de 10 m. de luz con materiales ligeros y resistentes como los cerámicos huecos.

Es importante notar la gran facilidad de ejecución de las fábricas así armadas, que contrastan con la dificultad de las de bloque de hormigón disponiendo zunchos armados tradicionalmente cada 1.2 m. de altura.

Tanto en el caso de la sustentación horizontal, como de la combinada es necesario, para que trabaje la armadura, disponerla verticalmente, lo que puede hacerse colocándola dentro de las llagas en continuidad vertical ya que el armado no lleva a la necesidad del aparejado de las piezas de la fábrica. Lógicamente si las piezas de la fábrica tienen huecos verticales se pueden atravesar con el armado (fig. 13).

En los casos de sustentación horizontal y vertical conjuntamente, el muro tiene una flexión combinada, que se afronta disponiendo armaduras en los dos sentidos ortogonales, las horizontales en los tendeles, y las verticales en las llagas o huecos de las piezas, teniendo que prever unas más anchas que las otras para poderlas enhebrar.

Las ventajas de la sustentación combinada con el armado bidireccional son notorias en paños; de grandes luces, de fuertes cargas horizontales, de cargas verticales excéntricas, de excesiva esbeltez del muro, así como ante problemas de sismo.

LA FABRICA ARMADA UN NUEVO MATERIAL ARQUITECTONICO

LA OBRA DE FABRICA ARMADA homogéneamente, es decir, DE MANERA REGULAR cada cierto número de hiladas, ES UN MATERIAL NUEVO.

LA FABRICA ARMADA ES UN MATERIAL COMPUESTO, en el cual los elementos de la fábrica junto con el mortero, trabajan a compresión, mientras que la armadura trabaja básicamente a tracción.

La fábrica armada, al estar compuesta del propio material de la fábrica y del acero, TIENE LAS CUALIDADES DE SUS COMPONENTES.

ESTE NUEVO MATERIAL TIENE UN COMPORTAMIENTO HOMOGENEO, gracias a la acción compuesta que desarrolla el mortero adherido simultáneamente, tanto sobre la armadura, cómo alrededor de las piezas que componen la fábrica.

Para calcular la fábrica armada, se consideran criterios equivalentes al hormigón armado, con suposiciones tales como: que la obra de fábrica no resiste a tracción, que el elemento compuesto es considerado homogéneo en sección equivalente y que las secciones planas se mantienen planas en su deformación, al solicitarse a flexión.

De manera similar al hormigón, se requiere una cuantía mecánica mínima de armado del 0.05% referido a la capacidad mecánica de la fábrica para considerar que se trata de una obra armada. Si la armadura se dispone de manera regular, equivale a armar con armaduras Murfor, las hiladas situadas cada 40 ó 50 cm de altura, en función del grueso del muro.

El mortero debe presentar una resistencia acorde con las características resistentes del material de la fábrica, y debe de disponerse también en las llagas verticales.

Las fábricas armadas se pueden solicitar hasta agotar la capacidad resistente del material de que se componen, a compresión o a corte. Estos suelen ser habitualmente los motivos que limitan las posibilidades de trabajo del armado.

Otra razón que se suele imponer como limitación es la no aceptación de fisuración junto a la armadura lo que se evalúa en una resistencia a tracción del alambre de 200 N/mm². Al igual que en el hormigón armado, puede aceptarse fisuras de 0.02 mm, lo que es importante

en el cálculo de cargaderos de fábricas no vistas bajo forjados.

El cálculo de la fábrica armada se ofrece en el MANUAL de la Casa BEKAERT "Murfor" realizados por el Prof. Lahuerta. En él existen además TABLAS DE CALCULO de rápido manejo.

Las aplicaciones más habituales de la fábrica armada están en:

- Riesgos de asiento.
- Largos paños de muros entre juntas de dilatación.
- Enlaces de muro: de esquina, de encuentro y de cruce.
- Zonas en las que cambia la altura de la construcción.
- Concentración de tensiones alrededor de puertas y ventanas
- Dinteles y cargaderos en obras de fábrica.
- Concentración de tensiones sobre cargas puntuales.
- Empuje del terreno en muros de sótano.
- Empuje del material almacenado en paredes de silos.
- Presión del viento sobre grandes superficies de muro.
- Cadenas de enlace y reparto.
- Evita fisuraciones por dilatación o retracción.
- Hastiales esbeltos.
- Obras de fábrica cara vista sin aparejar.
- Muros sobre forjados o vigas sometidas a flexión.
- LA CASA CON FABRICA ARMADA DE MANERA HOMOGENEA.

Es muy importante tener bien presente que la fábrica armada constituye un material de características estructurales. Es, por tanto, primordial atender a las preinscripciones descritas en los manuales para su correcta ejecución.

Entre las consideraciones a no olvidar están el mantener siempre un solape entre las diversas armaduras con el fin de lograr una continuidad en los esfuerzos a tracción de una armadura a otra. Según el tipo de protección frente a la corrosión de la armadura, esta longitud de solape varía entre 15 cm para las armaduras galvanizadas e inoxidables y 25 para las recubiertas con resina epoxi (fig. 14).

Así mismo, hay que mantener en todo momento la armadura recubierta de mortero con un grueso mínimo de 15 mm respecto de los haces exteriores del paramento.

Puede apreciarse la facilidad de manejo de la armadura que se dobla sencillamente con las manos y se corta con unas tenazas para poder organizar los quiebras en ángulo de la fábrica.

LA FABRICA ARMADA ES UN NUEVO MATERIAL ARQUITECTONICO .

LA FABRICA HOMOGENEAMENTE ARMADA PREDISPONE AL MATERIAL DE LA MISMA A UN COMPORTAMIENTO EN ARCO. ANTE DETERMINADAS SOLICITACIONES, LA INCORPORACION DE LA ARMADURA, QUE ACTUA DE TIRANTE, GENERA EL ARCO EN EL INTERIOR DE LA FABRICA.

LA ARMADURA EVITA LA FISURACION QUE LAS TRACCIONES GENERAN EN LOS MATERIALES DE ALBAÑILERIA

LA FABRICA ARMADA ES UN MATERIAL COMPUESTO, QUE AÑADE A LOS VALORES TRADICIONALES DE LAS FABRICAS CON SU EXCELENTE CAPACIDAD DE TRABAJO A COMPRESION, LA NOVEDAD DE DOTARLAS DE CAPACIDAD DE TRABAJO A TRACCION. ELLO SE LOGRA CON LA SIMPLE INCORPORACION DE LA ARMADURA HORIZONTALMENTE EN LOS TENDELES, LO QUE ADEMAS PERMITE NO TENER QUE APAREJAR LAS PIEZAS DE LA FABRICA.

LA FABRICA ARMADA, LA FABRICA DEL FUTURO, TIENE UN EXCELENTE COMPORTAMIENTO EN ARCO AL IGUAL QUE LAS FABRICAS DEL PASADO. LA DIFERENCIA ENTRE AMBAS ESTA EN QUE NO HAY QUE RECURRIR A ORGANIZAR CONSTRUCTIVAMENTE EL DOVELAJE DEL ARCO, NI POR SUPUESTO CONFERIRLE UNA DETERMINACION FORMAL O ESTILISTICA. TAMPOCO ES NECESARIO DISPONER MACHONES JUNTO A LOS VANOS, PUES EL ATIRANTADO EVITA EMPUJES. ELLO PERMITE COMPONER CON SOPORTES EN RETICULA.

LA FABRICA ARMADA ESTA LLENA DE ARCOS DORMIDOS Y VIGILANTES, DISPUESTOS A TRABAJAR SIN DEJARSE VER, CUANDO SE LES SOLICITE.

PROYECTAR CON FABRICA ARMADA

PROYECTAR LA ARQUITECTURA CON FABRICA ARMADA, PLANTEA UN RETO ARQUITECTONICO NUEVO FRENTE A LA CONSIDERACION DE "EL MURO":

SUPONE CONSIDERAR A UN MISMO TIEMPO, VALORES TRADICIONALES QUE CARACTERIZAN LA TECTONICA DE LAS FABRICAS, CON COMPOSICIONES VERTICALES DE HUECOS, JUNTO CON VALORES DE MODERNIDAD PROPICIADOS POR EL DESLINDE DE FUNCIONES DEL MURO AL INDEPENDIZARSE LA ESTRUCTURA DEL CERRAMIENTO, CON COMPOSICIONES HORIZONTALES DE HUECOS.

CON LA FABRICA ARMADA, LOS ARQUITECTOS ATENTOS Y SENSIBLES A SUS POSIBILIDADES TECNICAS Y PLASTICAS SABRAN DESCUBRIR Y EXPRESARSE CON EL LENGUAJE PROPIO DE ESTE NUEVO MATERIAL.

CON LA FABRICA ARMADA:

EL INGENIERO TENDRA UN MATERIAL TECNICAMENTE MAS CAPAZ,
EL ARQUITECTO DISPONDRA DE MAYOR LIBERTAD FORMAL,
EL APAREJADOR AHORRARA EN MUCHOS DETALLES DE OBRA,
EL CONSTRUCTOR SALVARA SU RESPONSABILIDAD SOBRE LA FISURACION,
EL PROMOTOR OFRECERA UN PRODUCTO CON GARANTIA DE CALIDAD,
LA ADMINISTRACION PODRA EXIGIR ESTANDARES DE CALIDAD.

LA FABRICA ARMADA CONSIDERADA DESDE EL ORIGEN DEL DISEÑO SUPONE UN AHORRO GLOBAL IMPORTANTE EN EL COSTE DE LA EDIFICACION POR CUANTO SU APLICACION NO INCIDE SOLAMENTE EN LAS UNIDADES DE OBRA DE ALBAÑILERIA.

Unas de las primeras aplicaciones de la fábrica armada en nuestro país las ha llevado a cabo el autor en los edificios de viviendas de la Plaza de La Remonta (fig. 15) y de El Espinillo de Madrid, donde se ha planteado un muro autoportante y dos tetrapilones (fig. 16).

Estas investigaciones se pueden resumir en los siguientes puntos:

- Sencillez y limpieza de composición de las fachadas. Dinteles corridos.
- Ejecución de elementos armados singulares de gran luz. Arco atirantado tendido.
- Utilización de la armadura atando diversas fábricas. Muro doblado.
- Nuevas soluciones para cerramientos. Muro autoportante.
- Aplicaciones del armado en situaciones no tradicionales. Paños inclinados.
- Prefabricación en taller, con atención al transporte. Aumento de calidad.
- Estudio de las posibles disposiciones del armado. Direcciones ortogonales.

Se abre un amplio campo de posibilidades de utilización de la fábrica armada.

Diseñar viviendas con muros de carga de sección homogénea y poco grueso, que cumplan con un mínimo espesor todos los condicionantes del cerramiento, y adquieran gracias al armado la capacidad resistente precisa. Imaginemos el buen comportamiento del muro homogéneo, que elude todos los problemas habituales de los muros dobles, con el consiguiente ahorro de espacio, mano de obra, estructura, etc.

Diseñar con muros doblados o capuchinos, de uno o varios materiales, actuando solidariamente como fábrica resistente o de cerramiento gracias al atado entre hojas que facilite el armado.

Diseñar edificios singulares y naves industriales contando con mayores huecos de separación de pórticos, sin estar forzados por los problemas del empuje del viento o la dilatación de paños.

Plantear situaciones singulares de armado bidireccional capaces de afrontar diversas condiciones de sollicitación, sujección, etc.

Prefabricar unidades de obra de albañilería con dos objetivos:

Prefabricación estandarizada y modular, que responda a una demanda seriada, con importantes ganancias en tiempo, coste y mano de obra.

Semiprefabricación hecha a pie de obra o en fábricas cercanas, capaz de atender los condicionantes de variación impuestos por el usuario, alejada de la rígida y fría industrialización, con el aspecto de la obra de fábrica tradicional, y un ahorro apreciable.

Desarrollar las posibilidades formales que el arquitecto sabrá descubrir, al tener un nuevo material que ofrece muchas prestaciones, manteniendo la nobleza de las fábricas tradicionales.

Aprovechar las cualidades de la fábrica armada implica conseguir un mayor equilibrio global en la energía empleada en el proceso edilicio, sin desperdiciarla en estructuras sobrecargadas, o fábricas sobredimensionadas.

LA FABRICA ARMADA VIENE A OCUPAR UN VACIO EXISTENTE ENTRE LOS MATERIALES DE CONSTRUCCION, A MITAD DE CAMINO ENTRE LA OBRA DE FABRICA TRADICIONAL Y EL HORMIGON ARMADO.

LA FABRICA ARMADA: EL FUTURO SE HA HECHO PRESENTE.

Madrid, 13 de diciembre de 1991

Josep M^a Adell Argilés
Dr. Arquitecto
Profesor U.P.M. Dpto. Construcción y Tecnología Arquitectónicas

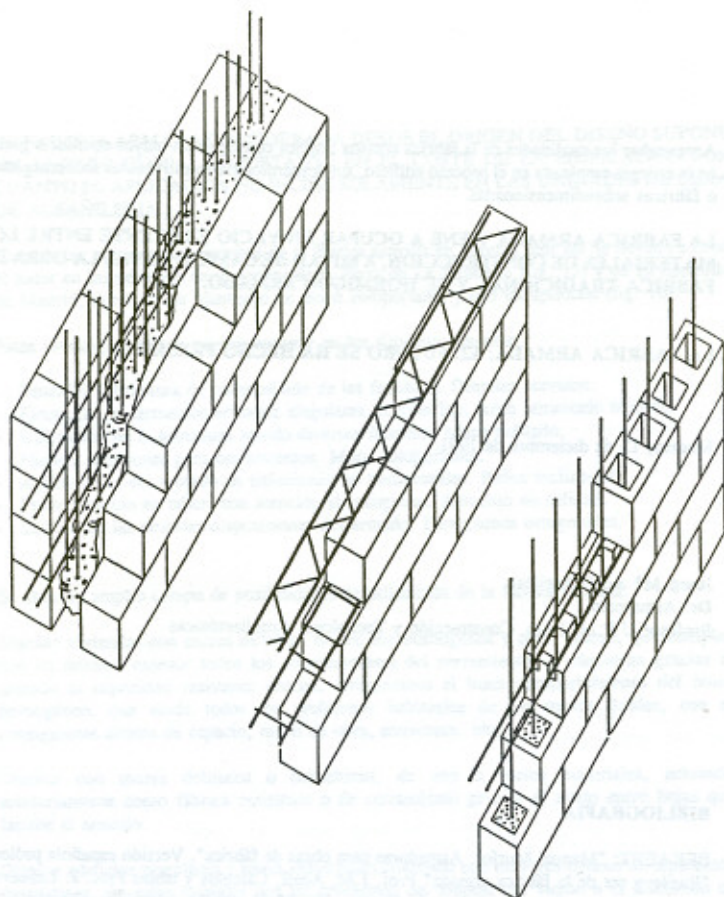
BIBLIOGRAFIA

BEKAERT: "Manual Murfor: Armaduras para obras de fábrica". Versión española prólogo: "Razón y ser de la fábrica armada" Prof. J.M. Adell. Cálculos y tablas Prof. J. Lahuerta. Bekaert Ibérica, S.A. Travesera de Gracia, 30, 3º C, 08021 Barcelona (93-4140852). Edición publicada en 1992.

"Maconnerie Armee" O.Pfeffermann y P. Baty
Compte rendu d'étude et de recherche n. 26-1981
Centre Scientifique et Technique de la Construction.
Rue du Lombard 41, 1000 Bruxelles.

"Nuevas técnicas en la obra de fábrica" D. Bernstein, J.-P. Champetier y F. Peiffer.
Barcelona: Gustavo Gili, S.A. 1985.

"Proceedings of the 9th International Brick/Block Masonry Conference" Berlin, Germany 13-16 October 1991. Autores varios.
Deutsche Gesellschaft für Mauerwerksbau e.V.
Schaumburg-Lippe-Strasse 4 . W-5300 Bonn 1 . Germany.



- Fig. 1: Armado dispuesto entre dos hojas de fábrica
 Fig. 2: Armado alojado en los tendeles de la fábrica
 Fig. 3: Armado situado dentro de las perforaciones de las piezas

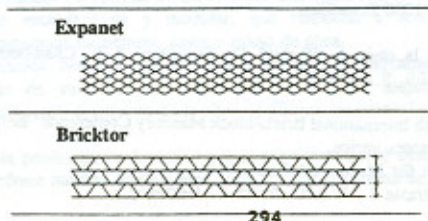


Fig. 4: Armaduras planas superficiales

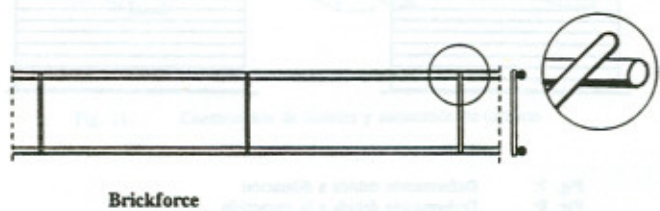
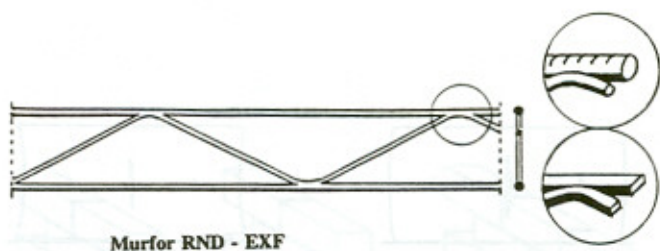


Fig. 5: Tipos de armaduras de la fábrica armada

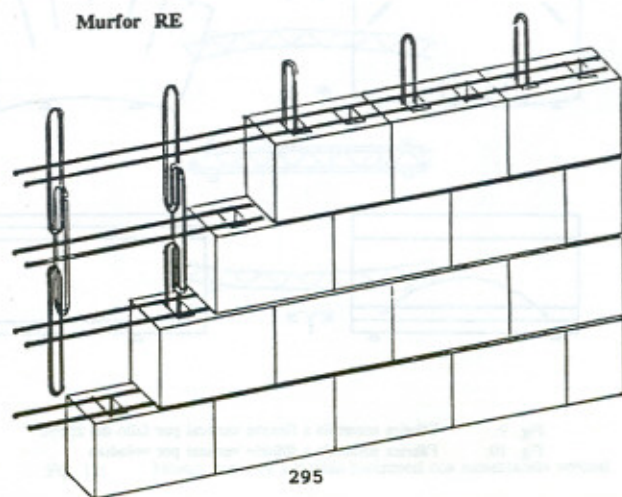


Fig. 6: Armadura espacial tridimensional

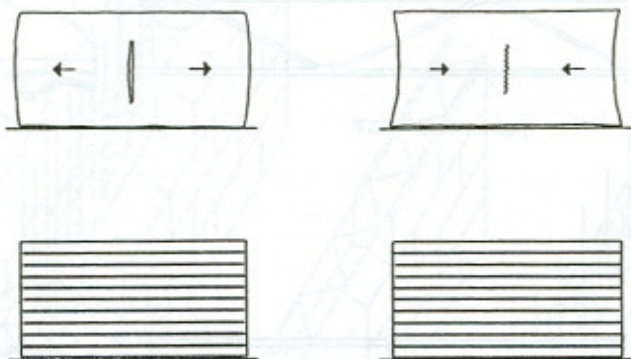


Fig. 7: Deformación debida a dilatación
 Fig. 8: Deformación debida a la retracción

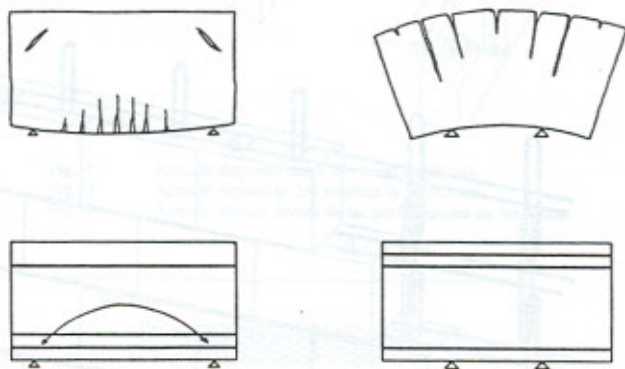


Fig. 9: Fábrica sometida a flexión vertical por fallo del apoyo
 Fig. 10: Fábrica sometida a flexión vertical por voladizo

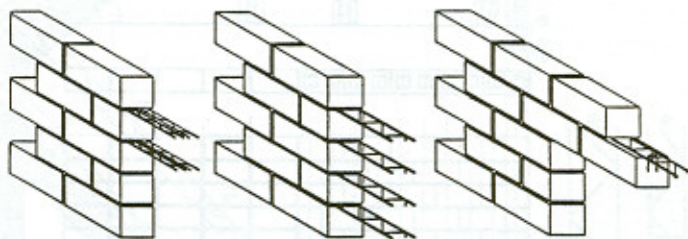


Fig. 11: Construcción de dinteles y sustitución de cadenas

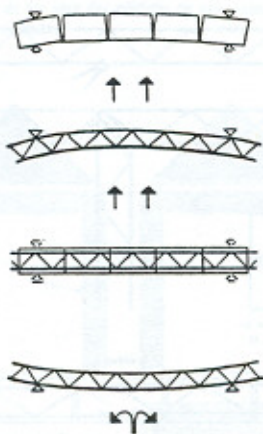


Fig. 12: Fábrica sometida a presión horizontal con sustentación vertical

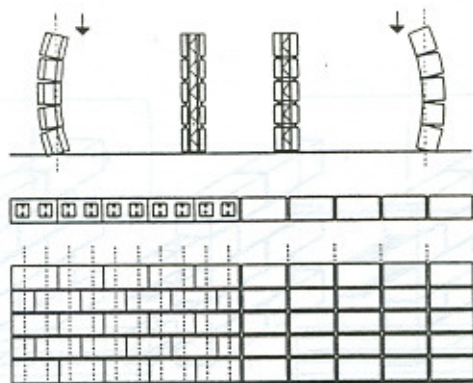


Fig. 13: Fábrica sometida a flexión combinada con armaduras dispuestas en dos direcciones.
 a) Armadura vertical alojada dentro de las piezas
 b) Armadura vertical alojada en las llagas continuas

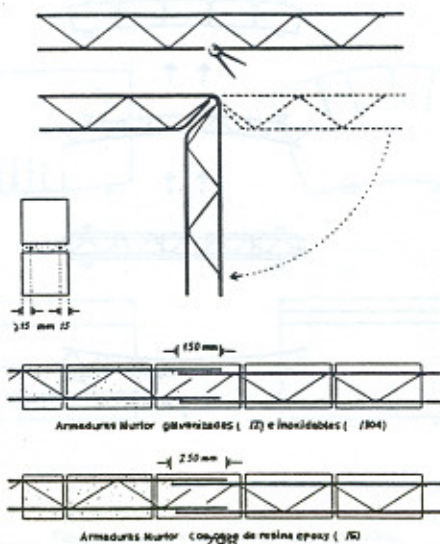


Fig. 14: Previsiones a tener en cuenta en la colocación de las armaduras

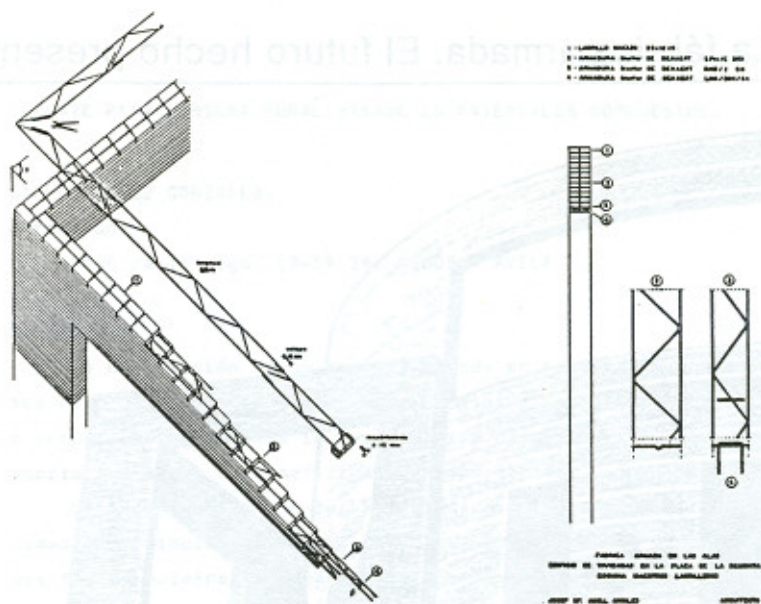


Fig. 15: Detalle de las alas del edificio de viviendas de la Plaza de La Remonta con fábrica armada.

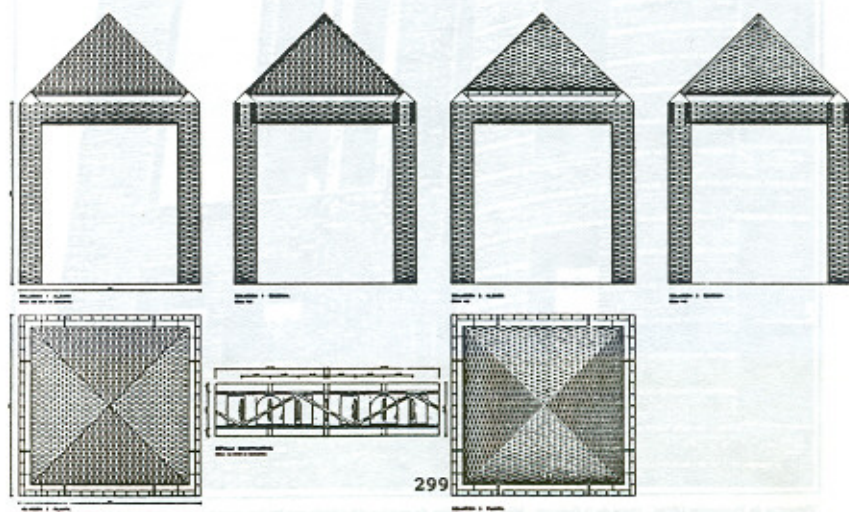
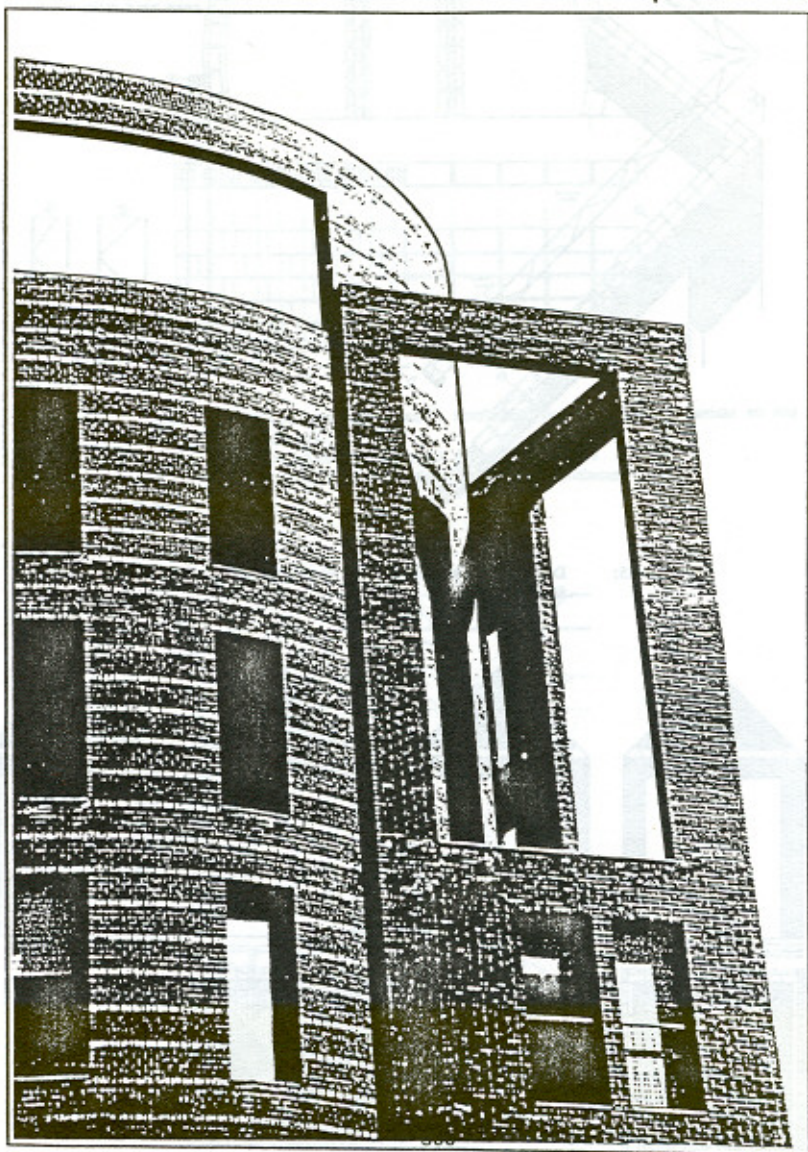


Fig. 16: Detalle de los Tetrapilonos del edificio de viviendas de El Espinillo

La fábrica armada. El futuro hecho presente



Viviendas de Protección Oficial - Plaza de la Ramona - Madrid 1961. Alas de esquina del edificio con fábrica armada. Josep M^o Adell Argüés, Arquitecto