

MANUAL PRÁCTICO DEL CONSTRUCTOR - SISTEMA FRIDULSA - OBRAS DE VIVIENDA

Este Manual pretende transmitir las experiencias acumuladas pero no sustituye a los técnicos, arquitectos o ingenieros, responsables de las obras.

Última actualización: Octubre 2009

1. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA

El Sistema FRIDULSA es una innovación en los procesos constructivos. El uso de morteros de arena y cemento portland, hormigones y poliestireno expandido tiene muchos años en la construcción tradicional. Su uso en una distribución y un proceso no convencional es la innovación que permite proyectar y construir edificios más rápido, mas económicamente y sin desmedro (y en la mayoría de los casos con aumento) de la calidad del producto terminado.

La esencia del sistema es la construcción de muros y cubiertas del tipo “sandwich” con dos capas de mortero armado y un núcleo de poliestireno expandido. El elemento así logrado se comportará a los efectos de su uso, como una unidad heterogénea aunando las características estructurales y aislantes de sus componentes, en una sinergia donde la colaboración de un material con el otro, multiplica las evidentes bondades de cada uno considerado aisladamente.

El aporte del sistema repercute en la obra básica; entendiendo por ésta la construcción de muros (exteriores e interiores) y losas (de entrepiso o de cubierta) autoportantes con las aberturas amuradas y las conducciones para instalaciones ya embutidas en muros y losas.

El uso de cubiertas livianas como alternativa no tiene limitación. Tampoco hay limitación en las terminaciones posibles, permitiéndose el uso de cualquier enlucido o revestimiento compatible con muros y losas de mortero y hormigón, y es dable mencionar que es perfectamente adaptable a ampliaciones de construcciones realizadas con cualquier otro sistema constructivo.

En síntesis, se trata de un sistema que:

(1) **Evita** el aumento de masa de hormigón inerte o traccionado, de otra forma dudosamente eludible, cuando se pretende aumentar la inercia de una estructura. Consiguientemente se genera una menor carga sobre sí por peso propio y una menor descarga sobre estructuras inferiores.

(2) **Difunde** los esfuerzos, usualmente concentrados en vigas y columnas, y los traslada a las superficies de cerramientos que son, de por sí, la esencia de la construcción de edificios. De esta manera, crea la estructura resistente y la envolvente del edificio simultáneamente y en una única unidad física. FRIDULSA combina las funciones cerramiento y aislación (las características térmicas logradas son absolutamente excepcionales) con la función portante de una manera rápida, económica y sólida.

(3) **Reduce** tiempos y tareas del proceso constructivo, al permitir la rápida puesta en obra de los cerramientos porque se manejan manualmente grandes y livianas placas de poliestireno expandido, como núcleo de muros y cubiertas, en lugar de pequeños y pesados bloques o ladrillos. También la menor sollicitación sobre estructuras inferiores y el veloz acabado de las superficies estructurales permiten un mas rápido avance de la obra.

Por último se debe destacar que, junto con una mayor economía de recursos, genera edificios de gran eficiencia energética, fácil mantenimiento, larga vida útil y excepcionales condiciones de habitabilidad.

2. LA OBRA

La obra con el Sistema FRIDULSA se caracteriza por la economía de tiempos y recursos (materiales y especialmente humanos) tanto en cantidad como en diversidad.

2.1.- Materiales

2.1.1.- Paneles FRIDULSA

2.1.1.1.- Descripción

Los paneles tienen forma de placa con espesores varios, ancho 1,125 m y hasta 6 metros de longitud como largos estándar y hasta 10 m como largo extraordinario.

Constan de un núcleo de poliestireno expandido y dos mallas de acero (una en cada cara mayor) unidas por varillas conectoras que atraviesan el núcleo. Existen diversos diseños adecuados para tabiques, muros portantes y losas, generadores de pantallas y losas nervadas y paneles especiales (escaleras y aislaciones especiales).

Si bien los paneles son placas de envolvente plana, es posible conseguir superficies regladas. Para ello, se corta la malla del lado que se quiere cóncavo y se quitan cuñas de poliestireno. La malla se recompone luego con malla auxiliar dando entonces a la superficie la curvatura deseada.

2.1.1.2.- El acero

El acero utilizado es de alta resistencia (límite proporcional de fluencia 5.500 kg/cm² y tiene diferentes diámetros según el panel y la dirección considerada (se detallan los más habituales):

Las mallas exceden el ancho del núcleo hacia lados opuestos para solaparse en las uniones entre paneles y permitir un sólido vínculo sin discontinuidades.

Tanto las mallas como los conectores que las vinculan son electrosoldados en fábrica, sin afectar el poliestireno.

2.1.1.3.- El poliestireno

El núcleo de poliestireno cumple varias funciones. Aporta su capacidad aislante y da rigidez al panel antes y durante su instalación en obra. También es soporte del mortero fresco en obra y participa en la capacidad estructural del conjunto cuando el cemento ha fraguado, oficiando de separador para aumentar la inercia. Como característica sobresaliente, aporta su excelente capacidad de aislante térmico. La transmisión de calor, en condiciones de ambiente usual, por un muro de 10 cm (3+4+3) es de tan solo 0,7 W/m²°K, comparable a uno de 80cm de espesor de ladrillos comunes.

El poliestireno utilizado es tipo 1 (densidad de 10 a 15 kg/m³). Es cortado en fábrica, con superficie ondulada. El espesor es suministrado a pedido entre 4 a 20 cm.

Tipo de Panel	Armaduras	Hierro principal	Hierro secundario	Conectores
PSN	Panel Simple Normal	Φ2,5mm	Φ2,5mm	Φ3mm
PSR	Panel Simple Reforzado	Φ3,5mm	Φ2,5mm	Φ3mm
	Espaciado o distribución	Cada 70 mm promedio	Cada 65 mm	44 Φ/m ²

2.1.2.- Morteros y hormigones

2.1.2.1.- Descripción

Se utilizará sobre todas las superficies, excepto la cara superior de losas, mortero de buena calidad que recubrirá los paneles con un espesor medio de 3 cm de forma de obtener el necesario recubrimiento de las mallas de los paneles. Sobre la cara superior de las losas se usará hormigón en espesor de 4 a 5 cm (según cálculo) para formar la capa de compresión.

El mortero con que se realice la proyección neumática del revoque estructural FRIDULSA debe cumplimentar los requisitos que se enumeran a continuación:

Facilidad de aplicación. Debe poder ser ejecutado en una o dos pasadas con la revocadora FRIDULSA, de alrededor de un centímetro a un centímetro y medio cada una, sin que se produzcan desprendimientos.

Resistencia. Debe proveer la resistencia necesaria para satisfacer las funciones estructurales a las que será sometido.

Baja retracción de fraguado. Para disminuir la micro-fisuración provocada por excesiva rapidez de evaporación del agua de amasado, que de por sí es considerable en virtud de la desproporción entre las grandes superficies de aplicación y los pequeños espesores.

2.1.2.2.- Aridos

Los áridos serán libres de materia orgánica y otras impurezas. De hasta 5 mm de dimensión mayor para el mortero (usualmente arenas terciadas).

2.1.2.3.- Cemento

El cemento portland será fresco y de buena calidad.

2.1.2.4.- Aditivos

Se puede utilizar aditivos plastificantes e hidrófugos, cuidando no entorpecer con éstos la buena adherencia entre capas de aplicación.

Se recomienda la incorporación de 900 gr/m³ de fibras de polipropileno cortadas de 1/2" de largo en el mortero, para reducir la retracción al fraguado. Estas fibras formarán una red tridimensional que si bien no exime del adecuado curado, reduce el riesgo de aparición de microfisuras.

2.1.2.5.- Dosificación

El contenido unitario de cemento portland varía en función de la arena entre 300 kg/m³ de mortero para arena gruesa y hasta 380 kg/m³ para arena muy fina.

La relación agua/cemento (en peso) no debe superar 0.5 ni bajar de 0.4. En el ajuste de la cantidad de agua, ésta será la suficiente para que no se formen túneles frente a los chorros de aire de la revocadora pero no tanta que chorree o descuelgue al aplicarla al muro.

2.1.3.- Mallas auxiliares

Las mallas auxiliares son superficies de malla, construidas en el mismo acero que las mallas de los paneles, con un diámetro de alambres de 2,5 mm. Las mallas auxiliares son utilizadas para conseguir la necesaria continuidad de la armadura envolvente del poliestireno, donde la misma esté interrumpida.

2.1.3.1.- Malla angular ó “L”

Se la utiliza para los encuentros de muros entre sí y con las losas. Se provee de 1m15 de largo con alas de 15cm o 25 cm.

2.1.3.2.- Malla en “U”

Se la utiliza en el cierre de bordes libres de muros. En vanos de ventanas y puertas y en general en bordes libres de muros y losas especialmente cuando se desea una mayor resistencia frente a esfuerzos concentrados.

Se la obtiene en obra por doblado de una malla angular.

2.1.3.3.- Malla plana

Se la utiliza para reconstruir mallas de panel, donde éstas fueron cortadas para la instalación de tuberías rígidas; para resistir los esfuerzos en los ángulos de vanos de puertas y ventanas y para unir paneles que no tengan la solapa de malla propia en esa unión. Se la provee de 1m15 de largo y 30 cm de ancho.

2.1.3.4.- Malla entera

Sustituye la malla original donde haya sido cortada, para adoptar formas curvas y suplementar la malla traccionada en losas con solicitaciones mayores además de poder ser empleada en la construcción de plateas de fundación.

2.2.- El proceso

En el desarrollo general de una obra, se distinguirán claramente la construcción del sistema FRIDULSA de las terminaciones. Durante la primera, se construirá una fundación, se erigirán los muros y la cubierta, se colocarán las aberturas y se instalarán las conducciones hidráulica y eléctrica. La secuencia y los tiempos usados para cumplir estas etapas son las diferencias con la construcción convencional. Se detalla a continuación una posible secuencia recomendada para construcciones de una planta, cuyos detalles se verán inmediatamente:

- a) Replanteo y fundación (canalizaciones bajo piso incluidas)
- b) Montaje de paneles de muro y refuerzo con mallas auxiliares (inclusive las de espera de losas).
- c) Aplomado, apuntalamiento interior y proyección del mortero sobre muros exteriores.
- d) Canalizaciones en los muros e instalación de premarcos (si corresponde).
- e) Aplomado y proyección del mortero sobre muros interiores.
- f) Montaje de paneles de cubiertas y sus mallas auxiliares.
- g) Apuntalamiento de losas.
- h) Canalizaciones en losas.
- i) Aplicación de mortero estructural en cielorraso (1a. carga)
- j) Llenado de losa
- k) Desapuntalamiento de losas
- l) Completar aplicación de mortero estructural al cielorraso (2da. carga)
- m) Colocación de aberturas (si no se pusieron antes)

2.2.1.- Replanteo y fundación

2.2.1.1.- Descripción

Se usará una fundación clásica de zapata corrida o una platea. Es conveniente, en cualquier caso, que el piso sobre el que se trabaje para erigir paredes y cubiertas tenga desde el principio una superficie dura y medianamente lisa (un buen contrapiso), para el mejor tránsito y aprovechamiento de materiales y tiempos.

2.2.1.2.- “Bigotes de anclaje”

Para permitir la fijación de los paneles en su sitio, mientras estos esperan la aplicación del mortero, se debe dejar emergiendo de la fundación un número suficiente de varillas para atar a ellas las mallas de panel. Estos “bigotes” serán de 40 ó 50 cm y se pueden espaciar otro tanto dispuestos al tresbolillo. Su correcta alineación será de utilidad para la posterior alineación de los paneles.

2.2.2.- Muros y cubiertas

Sobre la fundación apenas consolidada se pueden levantar los muros.

2.2.2.1.- Montaje de paneles

Generalmente los paneles se colocan en sitio dejando ya libres los vanos de puertas y ventanas para permitir la circulación dentro de la obra y con los vanos de las ventanas pequeñas sin cortar durante esta primera etapa de la construcción.

Es recomendable comenzar a montar paneles desde encuentro de muros, para minimizar la necesidad de apuntalamiento, atándolos a los bigotes en espera en la fundación. A continuación se colocarán los paneles vecinos, atándolos a los bigotes de la fundación y a las solapas de las armaduras de los paneles contiguos.

2.2.2.1.1.- Afianzamiento y apuntalamiento

Los paneles de muro, ya en su sitio, se apuntalarán debidamente de acuerdo a las necesidades. El apuntalamiento puede ser hecho simplemente con elementos tradicionales de obra (tablas y puntales de madera) adecuadamente dispuestos o con un sistema compuesto de caños cuadrados, articulaciones y puntales regulables.

Los paneles de losa se apuntalarán colocando tablas de apoyo (dejando entre ellos aprox. de 0,50 a 0,60 m) soportados por vigas apuntaladas (una sección de 2”x6” es generalmente suficiente) distanciadas 1,20m y con una ligera contraflecha de 1 cm para 3 metros de luz. También debe considerarse que los muros del sistema, en esta etapa de obra, no tendrán aún su capacidad portante definitiva. Deberá tenerse cuidado en no enmascarar los empalmes de hierros (uniones de paneles y mallas auxiliares) para poder cubrirlos adecuadamente con mortero proyectado en la primer aplicación.

2.2.2.1.2.- Adaptación por recorte de excedentes

Si bien los paneles pueden llevarse a obra en medidas preestablecidas, la adaptación final a las formas de la obra es necesaria y sencilla. Deberá dibujarse sobre el poliestireno el contorno definitivo. El corte de los excedentes de malla se hace fácilmente con un alicate manual, amoladora eléctrica o cortador neumático y el corte del poliestireno con una trincheta o un serrucho de hoja fina y dientes pequeños u otra herramienta común que en la práctica resulte adecuada.

2.2.2.2.-Instalaciones eléctricas e hidráulicas

El trazado que corresponda a muros y losas se dibujará sobre el poliestireno. A continuación, con una pistola de aire caliente, se labrará por retracción en el poliestireno una canaleta para embutir las conducciones. Los caños corrugados y flexibles se pasarán luego bajo la malla y los rígidos se colocarán después de cortar la malla que corresponda, la que deberá recomponerse como se indica en “mallas auxiliares”. Las cajas se prepararán atando a ellas varillas que se ligarán con la malla del muro al alojarlas en su lugar definitivo. Las canaletas se deben realizar con cuidado de no retraer más poliestireno que el estrictamente necesario para no perder capacidad aislante.

2.2.2.3.- Aberturas

La colocación de aberturas se realiza tradicionalmente, pudiendo utilizar cualquier método de amure como grampas amuradas, sistemas de premarcos, PU expandido o tornillado y sellado. Es posible dejar previsiones para tornillar posteriormente marcos especiales o cualquier otro tipo de fijación que corresponda a cada proyecto.

Las rejas u otros dispositivos pesados se deben vincular firmemente a las mallas del panel, previamente a la proyección del mortero estructural. Se pueden dejar previsiones de hierro y posteriormente soldar a ellas.

2.2.2.4.- Colocación de mallas de refuerzo

La construcción del Sistema FRIDULSA exige que el poliestireno esté confinado en una envolvente de mortero armado y por ende rodeado por una malla continua. Donde se encuentre una discontinuidad de la malla, ésta debe ser siempre suplementada mediante empalme de mallas. Así se arman y reconstruyen las mallas cortadas para embutir tuberías rígidas (malla plana), se da unión a cubiertas con muros y a estos entre sí (malla "L") y se cierran bordes libres en paneles cortados y vanos de puertas y ventanas (malla "U") dejando una luz de 1 cm entre el poliestireno y la malla U. Caso particular es el refuerzo de las esquinas de puertas y ventanas (malla plana puesta a 45°), donde se concentran esfuerzos. Para la colocación de las mallas, se las sujetará en el sitio, uniendo las mallas con ataduras de alambre, manual o mecánicamente.

2.2.2.5.- Proyección del mortero

La aplicación del mortero se hará por proyección neumática, buscando generar la adherencia poliestireno/mortero. La distancia entre la revocadora neumática y el muro será la mínima posible.

La aplicación del mortero proyectado, debe hacerse en las dos caras del panel, cargando desde abajo hacia arriba, para evitar el descolgado de sectores. El espesor total promedio será 2,5 a 3 cm por lado en paneles portantes y de 1,5 a 2 cm en tabiques. La segunda capa de mortero estructural puede ser trabajada como terminación definitiva o dejarse rustica para realizar una terminación con mezcla fina u otro tipo de revestimiento posteriormente.

Pueden usarse caños de 20 mm como fajas guía para el regleado del mortero estructural, ajustados sobre la malla. Se recomienda que en los recintos en los que se vaya a proceder a realizar la proyección neumática los pisos estén limpios, ya que el material que "rebote" y caiga podrá ser recuperado mediante una pala y vuelto a utilizar mezclando con canchadas nuevas.

Es conveniente realizar una calibración de los baldes, tachos, etc. que se utilizarán en la preparación del mortero en la hormigonera. Esto permitirá afinar y mantener constante durante la obra la dosificación adecuada, facilitando también su control.

Acto seguido se recomienda preparar la mezcla de prueba en base a los datos consignados por FRIDULSA.

Con esta mezcla se realizará la prueba de proyección neumática observando sus resultados y modificándola hasta conseguir la que se adecue a las condiciones particulares de la obra.

2.2.2.6.- Revoque y llenado de losas

Una vez finalizado el apuntalamiento se aplicará en la superficie del cielorraso accesible entre el apuntalamiento, una primera capa demortero de algo menos de 1 cm de espesor. Esta carga de mortero se dejará fraguar por tres o cuatro días para proceder al llenado superior con hormigón de gravilla para formar una capa de compresión de 4 a 5 cm o el espesor que indique el calculista. Luego de endurecido

el hormigón de gravilla (lo que podrá adelantarse en el tiempo usando acelerantes adecuados), se retirará el apuntalamiento. Donde el apuntalamiento apoyaba al panel puede ocurrir que la malla se incruste en el poliestireno. Donde así fuera es conveniente retraer ligeramente el poliestireno para exponer la malla libremente antes de completar el primer revoque de la cara inferior. El segundo revoque del cielorraso se aplicará a continuación, para alcanzar el recubrimiento de 2 cm requerido.

2.2.3.- Terminaciones

Las terminaciones posibles, son las mismas de la construcción convencional sin limitaciones especiales.

Para la impermeabilización de las cubiertas puede usarse cualquier sistema habitual de membranas prefabricadas o hechas en sitio si fuera necesario. No tiene contraindicaciones.

2.2.4.- Curado de morteros y hormigones

De fundamental importancia, como en todas los hormigones, resulta el proceso de curado al que deben ser sometidas las superficies de los revoques. El poco espesor de mortero (2,5 a 3cm) y el ser aplicado en capas delgadas hace al proceso proclive a la rápida evaporación del agua, al fraguado incompleto y a la fisuración por retracción plástica. Exige por ello atender el curado del mortero con especial cuidado. Todos los recaudos que se tomen en atención al correcto curado de los revoques son recomendables.

Un correcto curado consiste en permitir que tenga lugar el proceso de hidratación de los granos de cemento, para lo cual es necesario mantener agua disponible hasta que se complete la reacción. Esto se logra manteniendo la humedad superficial de los morteros y hormigones por un lapso mínimo de 5 días (mojando permanentemente tapando con mantos húmedos, evitando la exposición directa a la radiación solar y protegiendo bien del viento). Las primeras 48 hs son cruciales.

3. EL PROYECTO

3.1.- Generalidades

La definición de “Obras de Vivienda” de este manual hace referencia, más que al uso de la obra en si misma, a las características arquitectónicas y parámetros como alturas de entresijos, luces de losas y cargas de diseño. En obras en altura o en construcciones especiales (industriales, edificios especiales, etc.,) deberá hacerse siempre según cálculo. Esto no exime a las obras de vivienda de ser verificadas en puntos críticos del proyecto que pudieran existir por un diseño más audaz .

Desde el diseño de la fundación deberá tomarse en cuenta que todos los muros son portantes y toda la cáscara una sola estructura. Así la fundación solamente deberá descargar al terreno las carga debidas al peso y a la absorción de esfuerzos horizontales como viento o sismo, por ser la propia rigidez de los muros la responsable de absorber eventuales sollicitaciones por descenso del vínculo, contrariamente a los sistemas que predominantemente utilizan mampostería, en los que la fundación participa en la rigidización de los paños que son muy fácilmente fisurables ante ese tipo de sollicitación.

No es necesario agregar vigas de dintel cuando existe suficiente muro sobre él, porque todo ese muro es estructural y se comportará como una viga formal.. De no ser suficiente el hierro que aporta el panel, podrá agregarse acero según cálculo para dinteles de luces grandes y alturas pequeñas o si la importancia de cargas sobre el dintel lo ameritan. Este acero se atará a la malla previo al apuntalamiento.

3. EL PROYECTO

3.2.- Predimensionado

Normalmente, para vigas y dinteles hechas con el mismo sistema se toma una altura necesaria 1/10 de la luz a salvar.

Como indicación genérica puede proyectarse con el uso de paneles simples construcciones de hasta cinco niveles con cargas habituales en viviendas y con luces de losas de hasta 4 o 5 metros. Cabe mencionar que el panel simple de menor espesor, 4 cm de poliestireno, verifica sobradamente los requerimientos exigibles en lo que hace a capacidad estructural y capacidad aislante de muros, por lo que la elección del espesor pasa a depender de criterios estéticos o económicos, o eventualmente de compatibilidad con carpinterías preestablecidas.

3.3.- Modulación y adaptabilidad

La conveniencia de modular un proyecto según el ancho de los paneles (1,125m) debe ser tomada en cuenta especialmente cuando la construcción sea seriada, para optimizar la economía de mano de obra y materiales.

En proyectos no seriados, la facilidad de adaptar los anchos y formas de panel en obra, libera al proyectista de ataduras a dimensiones predeterminadas.

El Sistema FRIDULSA habilita el proyecto de bordes curvos en las formas planas, con prácticamente el mismo costo de un muro con bordes ortogonales. Los dinteles curvos de aberturas y arcadas podrán construirse fácilmente con el uso de una sencilla plantilla.

3.4.- La relación con la construcción convencional

La compatibilidad del Sistema con los materiales convencionales y especialmente el hormigón armado convencional es obvia y debe aprovecharse. Su uso no está inhibido aunque hay dos razones para limitarlo: la generación de puentes térmicos en muros exteriores y cubiertas y la extensión del tiempo de obra si éste es un recurso escaso.

3.5.- Limitaciones

Como el Sistema es basado en la construcción de dobles capas de mortero proyectado y/o hormigón colado, no deben proyectarse muros o losas del sistema en donde no se pueda construir por dificultad de acceso a una de las caras de la estructura.

El uso del sistema exige del proyectista una mayor definición previa al comienzo de la obra que la construcción convencional. Como ejemplo, el grado de elaboración del proyecto de instalaciones debe permitir la colocación de las conducciones eléctricas e hidráulicas desde la fundación y especialmente antes de la proyección del mortero.
