
FACULTAD DE INGENIERIA U. N. A. M.

U N I C O

POLIESTIRENO EXPANDIDO
APLICADO A LA INDUSTRIA DE
LA CONSTRUCCION

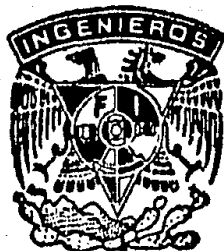
T E S I S

Que para obtener el título de:
INGENIERO CIVIL
p r e s e n t a :
OSCAR LEPE PERALTA

MEXICO, D. F.

1968





002

POLIESTIRENO EXPANDIDO
APLICADO A LA INDUSTRIA DE
LA CONSTRUCCION

UNICO

TESIS PROFESIONAL

OSCAR LEPE PERALTA

MEXICO. D. F.

1968



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

Al Pasante señor Oscar LEPE PERALTA
P r e s e n t e .

FACULTAD DE INGENIERIA
Dirección
Núm. 73-24-E.P.-
Exp. Núm. 73/214.2/1.-

En atención a su solicitud relativa, me es grato transcribir a usted a continuación el tema que aprobado por esta Dirección propuso el señor profesor Ingeniero Roberto Betancourt A., para que lo desarrolle como tesis en su examen profesional de Ingeniero CIVIL.

POLIESTIRENO EXPANDIDO

" Capítulo I. Fabricación

- a) Materias Primas
- b) Métodos Fabriles
- c) Materiales obtenidos
- d) Propiedades
- e) Control de Laboratorio

Capítulo II. Usos


- a) Moldes Recuperables y Perdidos
- b) Aislamientos Térmicos
- c) Falsos Plafones

Capítulo III. Técnicas de Aplicación en obra."

Ruego a usted tomar debida nota de que en cumplimiento de lo especificado por la Ley de Profesiones, deberá prestar Servicio Social durante un tiempo mínimo de seis meses como requisito indispensable para sustentar examen profesional; así como de la disposición de la Dirección General de Servicios Escolares, en el sentido de que se imprima en lugar visible de los ejemplares de la tesis, el título del trabajo realizado.

Muy atentamente,

"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"
México, D.F. 4 de Abril de 1968.
EL DIRECTOR


Ing. Manuel Paulín Ortiz

MPO'WMO'eag

**A la memoria de mi Padre, cuya nobleza
de corazón y
honradez me
guian.**

A mi Abuelita María, por sus
desvelos
y cariño.

A mi Madre, por su
inteligencia
y capacidad,
por sus sacrificios
inmerecidos.

A mi Esposa Leonora, por su cariño,
por su comprensión
y aliento,
por su ayuda
ilimitada.

A todas las personas que
me ayudaron a llegar a
feliz término este trabajo.

En el año de 1930, en los laboratorios de la Badische Anilin & Soda Fabrik A G, Ludwighshafen A. Rhein, Alemania, mejor conocida en el mundo entero como la BASF, los doctores Stastny y Buchholz descubrieron el Poliestireno.

El Dr. Stastny y el Dr. Buchholz continuaron trabajando juntos sobre el material antes encontrado y lograron en el año de 1950 la elaboración del primer Poliestireno Expansible en el mundo, material que contiene en células perfectamente cerradas el 98.5% de aire, logrando con ello, pesos volumétricos muy bajos y manteniendo la Espuma dura y tenaz.

La BASF patentó dicho producto en el mercado mundial con el nombre de STYROPOR K, obteniéndose en 1960 el STYROPOR P, -- que en la actualidad sigue siendo el Poliestireno Expansible Normal. Se desarrollaron también diferentes productos como el STYROPOR F, STYROPOR H y el STYROPOR FH.

En el año de 1964 se estableció en México la BASF Mexicana, S. A., para producir el Poliestireno Expansible, bajo licencia alemana, siendo sus marcas de fabricación STYROPOR MF y el STYROPOR MF.

Agradezco a las firmas antes mencionadas las atenciones y facilidades prestadas para llegar al feliz término del presente trabajo.

POLIESTIRENO EXPANDIDO

Capitulo I.- FABRICACION

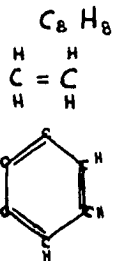
Para poder hacer mas explícita la exposición de la fabricación del "Poliestireno Expandido" llevaremos conjuntamente los métodos para la obtención del "Poliestireno Expandible" que es lo que llamaremos la materia prima del Poliestireno Expandido.

a) Materias Primas

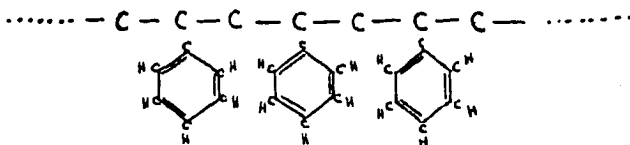
Las materias primas que componen al Poliestireno Expansible son principalmente el Monómero de Estireno, Piróxidos Orgánicos que sirven como catalizadores, Agua que sirve de suspensión y un agente expansor, generalmente líquido, que es soluble en el Monómero de Estireno para que pueda ser absorbido por éste.

La única materia prima prácticamente del "Poliestireno Expandido" es el Poliestireno Expansible.

Formula Monomero de Estireno :



Poliestireno : $[C_8 H_8]_n$



b) Métodos Fabriles

El método mediante el cual podemos obtener el Poliestireno Expansible es básicamente uno con algunas variantes.

El Monómero de Estireno es en sí un producto sintetizado a partir de diferentes derivados del petróleo el cual se polimeriza, pudiendo ser esta polimerización de 2 formas --- principalmente;

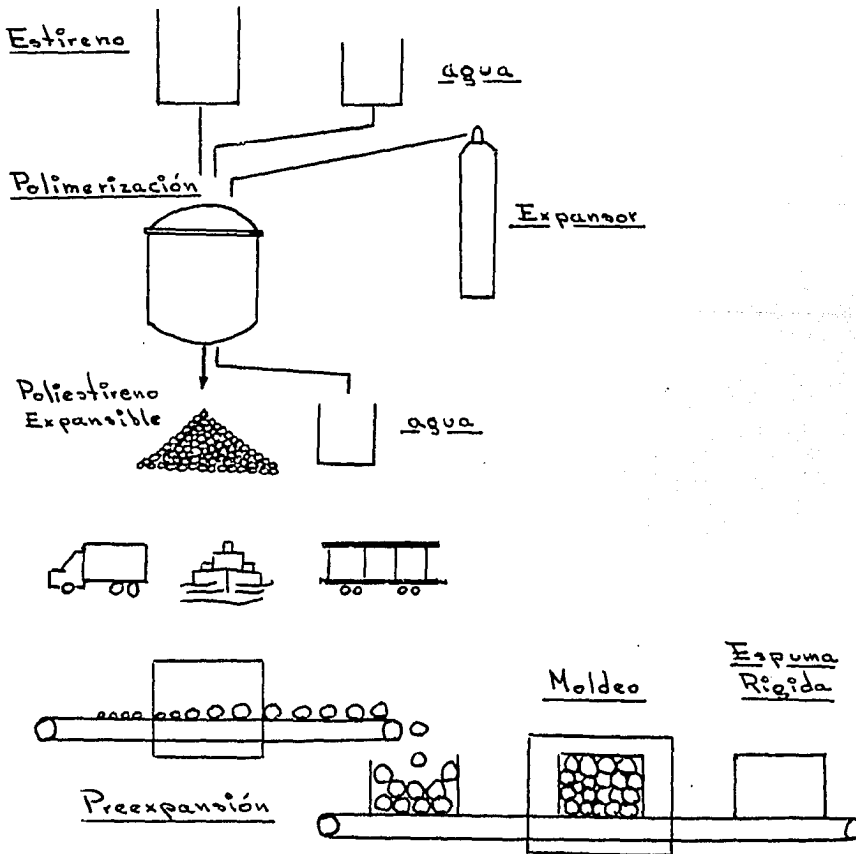
- 1.- Se vacia el Monómero de Estireno, con sus catalizadores (Piróxidos Orgánicos) ya incluidos, en moldes especiales de lámina galvanizada en los cuales fraguará en mayor o menor -- tiempo dependiendo de la temperatura a la que se efectue la polimerización y a la cantidad de catalizadores que se hayan incluido;
- 2.- La llamada polimerización en suspensión que -- consiste en suspender el Monómero de Estireno, ya con sus catalizadores incluidos (Piróxidos Orgánicos), que es hidrófobo en agua para lo cual es necesario cierto tipo de agitación -- con el fin de mantener el Monómero de Estireno suspendido en el medio acuoso y formar gotas que a la postre se convertirán en las llamadas perlas de Poliestireno Expansible. Dependiendo de la velocidad de agitación se obtendrán partículas de mayor o menor diámetro.

En cualquiera de las 2 polimerizaciones el resultado es --- prácticamente el mismo dependiendo nada mas de las facilidades del lugar o de las condiciones mas adecuadas de fabricación para escoger uno u otro método.

Hasta aquí hemos obtenido el Poliestireno Normal, necesi--

tando incluirle un agente expansor para lograr lo que se llama "Poliestireno Expandido". Este agente expansor puede añadirse al Monómero de Estireno antes de, durante o después de la polimerización, siendo los resultados prácticamente los mismos.

Estos agentes expansores deben ser por lo general líquidos, solubles en Estireno o que puedan por lo menos ser absorbidos por el Poliestireno y deberán tener un punto de ebullición tal que al calentarse las partículas de Poliestireno Expansible la presión de vapor del agente expansor cause que el Poliestireno reblandecido por el calor, se expanda.



Esto es lo que se conoce como Poliestireno Expandido en su etapa de preexpansión. Otro nombre genérico que se le da al Poliestireno Expandido es el de Espuma Rígida de Poliestireno.

Para lograr la Espuma Rígida de Poliestireno (Poliestireno Expandido) se parte, como lo indicamos anteriormente, del Poliestireno Expansible.

c) Materiales Obtenidos

Dependiendo del tipo de polimerización que se haya efectuado podemos obtener material granulado o en forma de perlas. De todas maneras las propiedades físicas y químicas de estas 2 variantes son iguales. Dentro de esta sección podemos incluir también el llamado Poliestireno Expandido Auto Extinguible el cual puede obtenerse del granulado o de la perla indistintamente. Entenderemos por el término Auto - Extinguible, según indica la norma DIN 4102 al material difícilmente inflamable y que al retirarse el agente que produce el fuego se extinga solo.

El primer método que se desarrolló para lograr cumplir con dicha norma, el cual a la fecha esta casi obsoleto, es la de impregnar las perlas ya polimerizadas con productos que logren dicha característica.

El método mas generalizado actualmente es el de la introducción de agentes que logren que la perla se vuelva auto extingible en el momento de la polimerización del Monómero de Estireno.

En adelante hablaremos exclusivamente del tema objeto de este Tesis, que es la Espuma Rígida de Poliestireno (Poliestireno Expandido).

El Poliestireno Expandido se elabora generalmente en 2 procesos. Primeramente las partículas de Poliestireno Expansible se expanden hasta un peso específico bajo por medio de calor, llamándose a este proceso el de Preexpansión. Durante este proceso las partículas no se adhieren unas a otras.

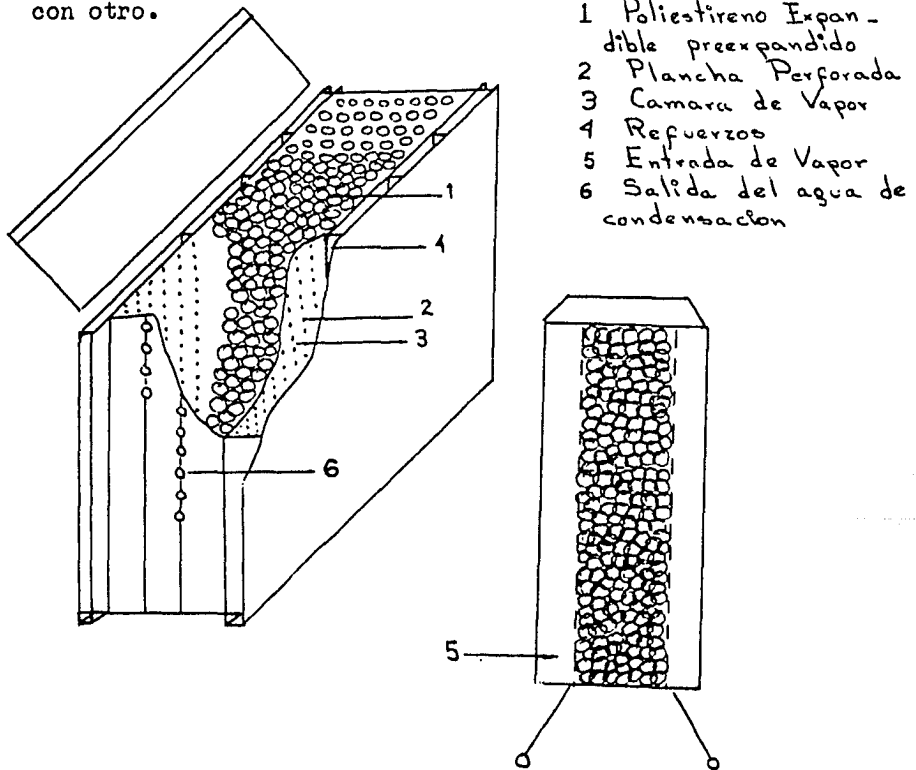
La preexpansión se puede llevar a cabo por la acción de vapor de agua, agua caliente, aire caliente, radiaciones caloríficas (infrarojos) etc. que permitan al material una expansión libre.

El peso específico aparente de las partículas expandidas obtenidas durante la preexpansión, corresponden aproximadamente al peso volumétrico de los cuerpos expandidos que de ella se obtendrán.

De las preexpansiones antes mencionadas describiremos únicamente la preexpansión en vapor que es la mas generalizada, por las ventajas que representa en comparación con las otras. En este método la preexpansión se lleva a cabo por medio de una corriente de vapor con una temperatura de hasta 110°C. El tiempo de preexpansión podrá fluctuar dentro de ciertos límites debido a las condiciones locales o a las pequeñas diferencias en las partículas de materia prima técnicamente inevitables.

Después de la preexpansión debe de llevarse a cabo un reposo intermedio para que el aire pueda penetrar en las células formadas y además se pueda secar el Poliestireno Expandido. La duración de este reposo depende del peso específico aparente, y del acceso del aire, pudiendo variar desde minutos hasta varios días. Es conveniente ventilar los silos donde se efectue el reposo intermedio para que las partículas se sequen rápidamente.

Para la expansión final las partículas expandidas y reposadas se vacian en moldes y se calientan rápidamente de 100 a 120° C. Como anteriormente indicamos el agente calorífico que ha dado mejor resultado hasta la fecha es el vapor por lo que ejemplificaremos el llamado procedimiento de -- golpe de vapor. Este procedimiento es el mas empleado estando el molde y la camisa de vapor unidos fuertemente uno con otro.



En esta disposición, el vapor producido fuera del molde, -- entra en la cámara de vapor, se distribuye en ella y se -- introduce a través de las perforaciones en el molde lleno de material preexpandido. Debido a que las partículas se sueldan aparece una presión para el vapor que entra en la cámara, pudiéndose medir ésta por medio de un manómetro.

El vapor que esta a una presión de 2 a 6 atmósferas, se debe introducir en el molde hasta que se alcance en la cámara de vapor una presión de 0.5 a 1.2 atmósferas. La salida -- del agua de condensación se cierra cuando ha salido la misma. El proceso de expansión depende de la presión en la cámara de vapor y del tiempo durante el cual entra el vapor. El tiempo de expansión se rige según las condiciones del vapor (capacidad empleada, presión, número de perforaciones) y según el tamaño, peso y material del molde. Estos tiempos oscilan entre 5 y 120 segundos.

El enfriamiento del molde se puede llevar a cabo de 2 formas:

Introduciendo agua en la camisa de vapor para cuerpos moldeados con un peso volumétrico superior a -- 25 Kg/m³;

Por medio de la introducción de aire en la cámara de vapor, rociando el molde con agua, enfriándolo -- en el aire o por enfriamiento indirecto con agua para cuerpos moldeados con un peso volumétrico inferior a 25 Kg/m³.

La principal razón por la que este procedimiento es el mas empleado hasta la fecha es el ciclo de trabajo muy corto, -- pudiéndose obtener cuerpos moldeados de dimensiones muy --- grandes y pesos volumétricos de 20 Kg/m³ y superiores.

Observando muy cuidadosamente las condiciones de elabora--- ción es posible obtener pesos volumétricos inferiores a --- 20 Kg/m³, pudiendo llegar éstos en la práctica hasta a ---- 15 Kg/m³.

Para poder extraer los cuerpos moldeados es recomendable -- aplicar a las paredes del molde un agente separador. Para esto son muy adecuadas las soluciones de siliconas que se -

encuentran en el mercado, agentes a base de cera, o polvos, por ejemplo talco. En caso de tratarse de un agente separador que contenga disolventes se ha de procurar que el disolvente se evapore totalmente antes de introducir el material preexpandido.

Se puede prescindir de estos agentes, si sobre las paredes del molde se aplica una capa delgada de teflón.

Medidas de Seguridad.-

El Poliestireno Expansible contiene un agente de expansión de bajo punto de ebullición, pudiendo esto originar con el aire una mezcla explosiva cuyo límite de explosión es de 1.5 a 11% en volumen aproximadamente. Al estar almacenado en recipientes cerrados no herméticamente, al abrir los mismos ; durante la elaboración del Poliestireno Expansible se desprende una parte del agente de expansión. Por lo anterior se ha de procurar una buena ventilación de los lugares en que se trabaje y se almacene, teniendo por lo menos en dichos lugares que renovarse el aire 6 veces por hora. Naturalmente en dichos lugares se ha de evitar todo aquello que pueda producir una inflamación, llamas, soldaduras, chispas eléctricas y descargas electrostáticas.

Deberá estar estrictamente prohibido fumar en los lugares en que se elabora Poliestireno Expansible o cuerpos de Poliestireno Expandido.

Los envases ya abiertos se han de vaciar lo mas rápidamente posible. Al extraer el Poliestireno Expansible de sus envases no se han de emplear recipientes o palas metálicas sino de plástico.

Los cuerpos expandidos de Espuma Rígida de Poliestireno en su calidad normal son combustibles, ardiendo estos con la

producción de mucho hollín, siendo la cantidad de calor -- desprendida relativamente pequeña. La combustión de 1 dm³ de peso volumétrico desprende 200 Kcal. aproximadamente, -- siendo la velocidad de combustión según la ASTM 1692-59T -- de 15 a 20 cm/min. En caso de incendio se han de utilizar extinguidores de polvo, agua o espuma. Un método especialmente rápido y eficaz es instalar una red fija de rociadores de agua.

Al cortar los cuerpos expandidos con hilos calentados aparecen vapores de estireno debido al sobrecalentamiento del producto en los lugares de corte. Para evitar irritaciones sobre las mucosas debido a estos vapores se debe procurar que no se sobrepase el valor MAC para el Estireno de -- 100 ppm, es decir, 100 cm³ de vapor de Estireno por m³ de aire en los lugares de trabajo. Esto se puede evitar con una ventilación cuidadosa en el lugar de trabajo.

d) Propiedades

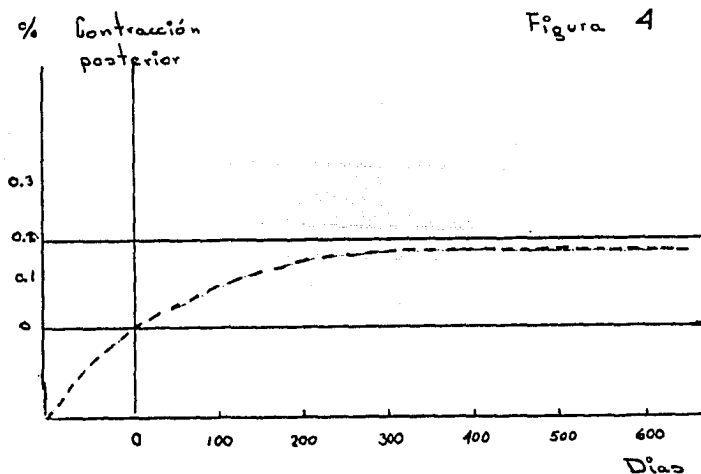
Las propiedades físicas de los cuerpos expandidos de Poliestireno Expansible dependen en primer lugar del peso -- volumétrico. Otro factor importante es la calidad de la soldadura, es decir, la unión entre las distintas partículas es de gran influencia y especialmente sobre la resistencia al corte, a la flexión y a la tracción. El número y el tamaño de los espacios vacíos entre las distintas partículas se ponen especialmente de manifiesto en el índice de conductividad térmica, la permeabilidad al vapor de -- agua y la absorción de agua. Ejemplificaremos en forma de tabla las propiedades físicas para un material expandido -- con un peso volumétrico de 20 Kg/m³.

Peso específico	20	$\frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}$
Coef. de transferencia de calor a 0 °C	0.027	$\frac{\text{Kcal}}{\text{mh } ^\circ\text{C}}$
Temperatura máxima de trabajo, bajo carga.	83	°C
Temperatura mínima de trabajo, bajo carga.	- 150	°C
Resistencia a la tensión	3.0	$\frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}$
Resistencia a la compresión	1.2	$\frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}$
Resistencia al corte	7.0	$\frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}$
Resistencia a la flexión	2.5	$\frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}$
Permeabilidad al vapor de agua (3 cm. 20 °C y 0 a 85% HR)	1.0	$\frac{\text{gr}}{\text{m}^2 \text{ h}}$
Absorción de agua después de un año	3 a 5%	Vol.

Los cuerpos de Espuma Rígida de Poliestireno recién moldeados contienen, según sea su peso volumétrico, reposo intermedio del material preexpandido y condiciones de expansión, mas o menos agente de expansión residual y entre un 10 a - 25% de agua. Ya que diversas propiedades de los cuerpos - expandidos pueden alterarse, es necesario almacenarlos antes de su empleo.

Las dimensiones de la Espuma Rígida de Poliestireno después del desmolde son algo distintas de las medidas internas del molde, según sea la contracción. Generalmente es de 0.5 hasta 1% y es función del peso volumétrico, de la calidad de la soldadura y de las condiciones de expansión.

La contracción posterior de los cuerpos expandidos después de su almacenamiento durante largo tiempo es escaso. (Véase figura 4). Si se requieren elevadas exigencias en cuanto a la estabilidad dimensional de las planchas o piezas - moldeadas, hay que contar con un tiempo de almacenamiento de por lo menos 8 semanas. En ciertas condiciones hay que tener especialmente en cuenta la alteración reversible dimensional debido a diferentes temperaturas (coeficiente de dilatación = 6×10^{-5}) que a veces se presenta al mismo tiempo.



Las propiedades dieléctricas de la Espuma Rígida de Poliestireno son magníficas. La constante dieléctrica a 1 MHz es 1.04 y el factor de pérdida dieléctrica $\tan \delta$ a 1 MHz 1×10^{-4} .

La estabilidad a los agentes químicos de la Espuma Rígida de Poliestireno corresponde aproximadamente a las del Poliestireno Normal, sin embargo, hay que tener en cuenta que en los cuerpos expandidos debido a la pequeña densidad, la influencia de un agente destructor se pone mas rápidamente de manifiesto que en el caso de un plástico compacto. Los cuerpos expandidos de peso volumétrico bajo son atacados antes que los de peso volumétrico elevado.

Los cuerpos de Espuma Rígida de Poliestireno son estables a las soluciones acuosas de sal, soluciones de jabón, y humectantes; lejías blanqueantes, formalina, agua amoniacal, hidróxidos sódico y potásico; ácidos diluidos, como ácido fórmico, acético, clorhídrico, sulfúrico, nítrico y fosfórico, así como ácido fluorhídrico y zumo de limón y uva. Además son estables a los siguientes gases líquidos: nitrógeno, oxígeno, dióxido de carbono, monóxido de carbono, hidrógeno y gases nobles.

Son estables también a los alcoholes alifáticos, como metanol, etanol, propanol e isopropanol y glicoles. Ciclohexanol y butanol, pueden producir una ligera contracción en caso de una acción de varias semanas, sin embargo, en la mayor parte de los casos su estabilidad es suficiente. Por lo contrario los cuerpos de Espuma Rígida de Poliestireno son resistentes breve tiempo a los alcoholes de la grasa de coco.

Los cuerpos de Espuma Rígida de Poliestireno son inestables a los ácidos concentrados, como ácido sulfúrico el 96%, nítrico al 68%, fórmico al 80%, así como también son ataca-

dos rápidamente (disueltos) por la mayor parte de los disolventes orgánicos, como ésteres, cetonas, éteres, compuestos halogenados aminorados, amidas nitrilos, hidrocarburos alifáticos, y fenoles.

También los vapores de los disolventes de bajo punto de ebullición o sustancias sólidas de elevada presión de vapor - como alcanfor o naftalina, pueden dañar los cuerpos expandidos.

También encontramos entre los gases líquidos que presentan inestabilidad en la Espuma Rígida de Poliestireno al metano, etano, propano, butano, propileno, butadieno, amoniaco (a temperatura bajo presión) dióxido de azufre, óxido de etileno.

También pueden presentarse daños cuando los cuerpos expandidos de Espuma Rígida de Poliestireno entren en contacto con sustancias que ceden lentamente sustancias agresivas, esto es por agentes protectores de la madera que contienen aceites, plastificantes a base de aceites etéricos de especias como comino, clavel o nuez moscada.

Antes de poner en contacto los cuerpos expandidos de Espuma Rígida de Poliestireno con sustancias de composición desconocida, se ha de comprobar si no se producen alteraciones - poniendo en contacto el cuerpo expandido con las sustancias en cuestión (barnices, adhesivos, etc.). Este ensayo se puede acortar realizándolo a temperatura mas elevada (50a 60 °C).

Las Propiedades Aislantes

Las propiedades aislantes de la Espuma Rígida de Poliestireno no son magníficas ya que las medidas de diversos institutos y resultados de la práctica muestran que el coeficiente de

conductividad térmica es extraordinariamente bajo, en una proporción tal que no es posible alcanzar con materiales de origen natural.

Para las aplicaciones de los materiales aislantes es un criterio importante, la cuantía del factor de resistencia a la difusión del vapor de agua para la medida de penetración de humedad en comparación con una capa de agua del mismo espesor.

Con respecto a las propiedades acústicas diremos que la Espuma Rígida de Poliestireno no absorbe, sin tratamiento especial, prácticamente las ondas sonoras que inciden sobre ellas, sin embargo, resulta posible aumentar notoriamente la capacidad de absorción de ondas acústicas mediante la disposición de cavidades. Se logra un efecto prácticamente favorable efectuando perforaciones de aproximadamente el 40% de la superficie y colocando planchas y materiales aislantes de células abiertas en la parte posterior. Los materiales de Espuma Rígida de Poliestireno de bajo peso específico evitan los ruidos de pisadas, según la norma DIN 52211, siendo suficiente planchas de un espesor de 8 a 10 mm. para obtener resultados bastante satisfactorios.

Resumiendo diremos a Ustedes que las placas de Espuma Rígida de Poliestireno tienen una elevada resistencia y para un peso específico bajo son muy resistentes a la presión y a la vibración. Prácticamente no absorben humedad del aire y su absorción de agua al estar sumergida dentro de ella es muy pequeña, son sólidas a los alcalis y ácidos.

Se puede emplear dentro de una temperatura de +90° a -200°C. También es posible someterlas a una temperatura

de hasta +95°C, brevemente.

Se pueden lograr placas de Espuma Rígida de Poliestireno difícilmente inflamables según DIN 4102 así como placas elásticas para la amortiguación de ruidos de pasos según DIN -- 8164.

e) Control de Laboratorio

Esta parte la dividiremos en 2 secciones. La primera tratará sobre el control de laboratorio del Poliestireno Expansible y la segunda sobre la Espuma Rígida de Poliestireno.

Sobre el control de laboratorio del Poliestireno Expansible diremos que normalmente se acostumbra elaborar 6 ensayos -- que explicaremos brevemente a continuación.

El ensayo No. 1 consiste en la determinación de la distribución del tamaño de las perlas de Poliestireno Expansible -- por medio de un análisis granulométrico. Para este ensayo se emplean tamices normados con las siguientes mallas (DIN 4188):

Mallas:	3.15 mm.	1.0 mm.
	2.50 mm.	0.80 mm.
	2.00 mm.	0.63 mm.
	1.60 mm.	0.40 mm.
	1.25 mm.	0.32 mm.

Los tamices de peso conocido se colocan uno encima de otro con diámetros creciendo hacia arriba. En cada tamiz se coloca un cepillo de perlón que ha de mantener el tamiz libre de granos durante el tamizado. A continuación se ponen 200 gr. de perlas en el tamiz superior y todos los tamices se -- hacen girar horizontalmente durante 8 minutos en una máquina agitadora. Finalmente se pesan de nuevo los diversos --

tamices. La mitad del contenido de cada tamiz da directamente el contenido en por ciento de la fracción del tamizado correspondiente.

Para determinar el tamaño medio según DIN 4190 se lleva la distribución del tamaño de las perlas a una red de granulado según Rosin-Rammler-Sperling. Se obtiene la llamada línea de granulación. Los puntos de corte de esta línea con el 36.8% de la línea de residuo da el tamaño de grano medio (máximo de fricción del tamaño de las perlas).

El segundo ensayo consiste en la determinación del contenido de humedad del Poliestireno Expansible. Es muy importante que este ensayo se lleve por medio de pruebas exactas. El contenido en agua puede ser muy distinto en el mismo envase, el agua se concentra generalmente en la parte inferior de los envases. Los valores solo son válidos en el caso de que el contenido este bien mezclado.

Para lograr lo anterior es necesario utilizar 2 soluciones de valoración, producto de la investigación de Karl Fischer, una que contiene yodo y una exenta de yodo. El primer paso es obtener el factor de cada una de las soluciones y el valor en blanco del metanol, sustancia que también interviene en este ensayo.

Una vez determinado los anteriores factores se coloca en un recipiente de valoración 40 cm³ de cloruro de metileno y -- 10 cm³ de solución de Karl Fischer exenta de yodo. De esta solución se calcula el valor en blanco. En un segundo recipiente de valoración se pesan 1500 gr. de Poliestireno Expansible y se disuelven en la solución anterior. Del consumo se resta el valor en blanco calculado anteriormente y se obtiene el consumo neto. El cálculo del contenido en agua de la prueba se lleva a cabo según la fórmula:

$$\text{contenido en agua en \%} = \frac{\text{consumo neto}}{\text{pesada x factor}}$$

El tercer ensayo consiste en el cálculo del epso específico aparente mínimo en la preexpansión del Poliestireno Expansible. Este es una medida de la capacidad de expansión que indica que peso específico aparente se puede obtener con el producto en cuestión según los métodos existentes.

Los valores obtenidos dependen naturalmente en gran medida de las condiciones y de los aparatos de preexpansión. Naturalmente es difícil obtener en la práctica los pesos específicos aparentes obtenidos en el laboratorio.

El peso específico aparente mínimo se debe calcular inmediatamente después de abrir los envases originales que deberán haber sido almacenados en lugares frescos según las instrucciones. La toma de muestras se ha de realizar cuidadosamente, mezclando las partículas periódicamente.

Las instalaciones necesarias para llevar a cabo la prueba son un tamiz (mallas de 0.1 a 0.2 mm.) de 1000 x 800 mm. - de tamaño, con una altura de 250 mm. confinado en una caja metálica cerrada, que posee una instalación de extracción de vapor en la parte superior. La conducción de vapor posee una sección interior de 25 mm. aproximadamente, la presión de vapor en la conducción es de 1.7 atms. El vapor debe entrar lo mas uniformemente posible desde la parte inferior del aparato de preexpansión pasar prácticamente sin sobrepresión la tela metálica sobre la que se encuentra el Poliestireno Expansible y extraerse por arriba. Debe existir en la tela metálica una temperatura de 100°C aproximadamente, la cantidad de vapor será de 120 Kg/h.

El ensayo en si empieza con un calentamiento de 5 min. de

instalación continuando después con la distribución uniforme de 100 gr. de Poliestireno Expansible sobre la tela metálica, se cierra la instalación y se abre la válvula de vapor. Después de 2 min. se cierra la válvula de vapor y la instalación se abre lentamente teniendo en cuenta que el material no se enfrie repentinamente por aire frío o corriente de aire ya que esto lo puede contraer. El material recién preexpandido se lleva a un vaso y se mide el volumen, hay que tener en cuenta que el material preexpandido este suelto en el vaso, exento de grumos y sin presión. Este ensayo debe repetirse después para una preexpansión de 4 min., 6 min., 8 min., etc., bajo las mismas condiciones.

Tomando en cuenta que la pesada es de 100 gr. y el volumen medido del material preexpandido es V litros el peso específico aparente será de:

$$\frac{100}{V} \quad \text{g/l o Kg/m}^3$$

El ensayo No. 4 consiste en la determinación del grado de polimerización utilizando para ello el valor K según Fikentscher. Para el análisis se emplea, calentándose en un horno 3 hrs. a 120°C, 3 gr. aproximadamente de Poliestireno Expansible que se expansiona y se aglutina. Es muy importante mantener la temperatura y el tiempo de calentamiento ya que en una acción demasiado intensa de la temperatura puede producir una descomposición térmica y con ello una disminución del peso molecular.

Del material exento del agente expansor se pesa 1 gr. en una balanza de precisión y se disuelve en benceno en un matraz graduado de 100 ml.

Esta solución se coloca en el termostato a la temperatura de tara del matraz y finalmente se enrasa exactamente. A continuación se pasa la solución a un tubo capilar y se calcula el tiempo de paso de la solución por el mismo a una temperatura de 25 °C. Dividiendo el tiempo de paso corregido (según Hagenbach-Couette) de la solución entre el tiempo de paso corregido del disolvente (benceno a 25° C) se obtiene un valor Z del que podemos obtener el valor K según tablas especiales ya determinadas.

El ensayo No. 5 consiste en determinar el punto de ablandamiento del polímero exento de agente de expansión.

Para hacer la prueba se colocan 5 gr. de Poliestireno Expansible en un horno y se calientan durante 3 hrs. a 120°C expandiéndose y aglutinandose la masa. La masa anterior exenta ya del agente de expansión se moldea en una prensa calentable dando una probeta de 30 x 10 x 2 mm.

La probeta se fija en un soporte en una máquina especial de prueba calentándose éste inicialmente a una temperatura inferior de 50°C, aumentando parcialmente la temperatura hasta que el indicador del aparato llegue al punto No. 8 dando esta temperatura el llamado "punto de ablandamiento".

El ensayo No. 6 consiste en probar la estabilidad del Poliestireno Expansible al aceite mineral.

Se obtienen unas probetas de Poliestireno Expansible cortando de un block de densidad de 30 Kg/m³ con alambre caliente unas piezas de 10 x 5 x 2 cm. Estas probetas se dejan reposar durante 7 días a 70°C para eliminar el agente de expansión restante. Después de enfriados (24 Hrs.) las probetas se vuelven a medir.

Dichas probetas medidas se sumergen en n-heptano químicamente puro a 20°C y se mantienen en ese estado durante 4 semanas. Después del tiempo descrito las probetas se sacan y se ponen a secar de 1 a 2 hrs. para que se evapore el n-heptano que se encuentra todavía en ellas, midiendo las probetas de nuevo para ver su alteración longitudinal. El grado de estabilidad se clasifica como sigue:

I	=	0	-	10%	contracción lineal
II	=	10	-	30%	contracción lineal
III	=	30	-	50%	contracción lineal
IV	=			50%	deformación total

El control de laboratorio para la Espuma Rígida de Poliestireno empieza en la preexpansión de la perla llamada virgen ya que en este aparato es donde se regula la densidad a la que va a salir finalmente el cuerpo moldeado.

Dentro de los cuerpos moldeados de Espuma Rígida de Poliestireno hablaremos específicamente de los prismas rectangulares que cortados en placas son los de mayor utilización en la industria de la construcción.

Como primer paso de control se debe tener cuidado de observar una misma forma de llenado del molde ya que eso es determinante también en la densidad del cuerpo resultante. Para lograr lo anterior lo mas conveniente es ubicar el molde e introducir la cantidad correspondiente, pesado de antemano, para obtener el peso volumétrico requerido.

Debe tenerse cuidado también de que las perlas esten perfectamente secas para que fluyan con facilidad y no existan regiones del molde que queden sin material.

Con respecto al vapor con el que se logra la expansión final y con ello la fusión de las perlas preexpandidas dire--

mos que la presión del mismo debe de ser constante y perfectamente regulada por medio de una válvula reguladora así como el tiempo debe de estar perfectamente medido y revisar - que no haya obstrucciones en las salidas de vapor.

El tiempo de enfriamiento puede variar y se establecerá sabiendo que será inversamente proporcional al factor de conductibilidad térmica, o sea, que a menores tiempos de enfriamiento mayor será la conductibilidad térmica.

Como control de calidad son recomendables, por lo menos, -- las siguientes pruebas que a continuación mencionamos:

Es aconsejable pesar cada uno de los blocks que salen de la prensa moldeadora para comparar la densidad real con la que se pretende obtener tomando en consideración que debido al agua atrapada dentro del material el peso será mayor.

Es conveniente también hacer pruebas selectivas cuando menos de cada 1000 blocks que salen de cada prensa y obtener la densidad en diferentes partes del cuerpo moldeado.

Otra prueba selectiva, aunque esta con mas frecuencia (de - cada partida de blocks) es la de medir la absorción de agua, lográndose esto sumergiendo una sección del block durante - una semana. Es conveniente dejar una probeta sumergida en el laboratorio por espacio de un año para así después poder comprobar los resultados.

Para corroborar si la fusión de la perla ha sido la correcta es conveniente, en prueba selectiva, partir una placa de cada block y examinar en la rotura si las perlas fueron a su vez partidas o se separaron en la unión de perla con perla.

El caso primero será el de la fusión correcta y el segundo el de la incorrecta. Para terminar con lo que respecta a - este renglón diremos que el tiempo de reposo de un prisma - rectangular de Espuma Rígida de Poliestireno es de un mes,

lográndose con ello la salida total del vapor de agua y habiéndose obtenido las dimensiones permanentes.

El almacenaje de este producto debe de hacerse en lugares - secos y muy bien ventilados ya que de esto dependerá que el secado sea mas o menos rápido.

Capítulo II.- USOS

La aplicación de placas aislantes de Poliestireno Expansible ha llegado después de un tiempo de introducción a un desarrollo tal que, en el viejo continente y en gran parte de Estados Unidos son casi imprescindibles en la Industria de la -- Construcción.

Los campos de aplicación de los cuerpos expandidos a base de Poliestireno Expansible son muy variadas continuando en proceso de aumento. Mencionaremos algunas de ellas como ejemplos:

Industria de la Construcción, aislante térmico y acústico, - amortización de ruidos, encofrados perdidos, cajas para losas de entrepiso, falsos plafones, etc;
Técnica frigorífica, almacenes frigoríficos, bodegas refrigeradas, congeladores, muebles refrigeradores;
Embalajes y empaques para todo género de artículos;
Artículos de decoración y propaganda, juguetes, etc;
Recipientes para plantas, macetas, y similares, así como paneles para abejas.

De todos los campos de aplicación anteriores nos ocuparemos - del de la Industria de la Construcción y dentro de éste de -- las ramas mas importantes y mas viables en nuestro medio de - construcción.

En la actualidad, en México, el Poliestireno Expansible en -- forma de placas o de cuerpos es prácticamente desconocido en la Industria de la Construcción ya que se puede considerar -- aproximadamente una antigüedad en nuestro medio de 6 años. - Podemos decir que de 3 años a la fecha el mercado de las ---

placas de Poliestireno Expansible para la industria de la refrigeración ha tenido un auge importante estando en segundo término en importancia el aislamiento de techos y pa redes para la habitación.

Para ser mas explícitos en nuestra exposición dividiremos el presente capítulo en 3 partes principales:

- a) Moldes recuperables y perdidos
- b) Aislantes térmicos
- c) Falsos plafones

- a) Moldes recuperables y perdidos

Este renglón de uso de los cuerpos expandidos a base de Poliestireno Expansible no existe prácticamente en nuestro me dio de construcción siendo una de las nuevas técnicas que - están teniendo gran auge para cierto tipo de construcciones en Europa, Africa, y empieza a serlo en Estados Unidos.

Los cuerpos recuperables no han tenido tanto éxito como los perdidos ya que la ventaja primordial de este material en - este caso es el bajo peso volumétrico. De todas formas su facilidad de manejo (debido a su poco peso) así como su gran resistencia en comparación con un bajo peso volumétrico lo hacen ser un sistema eficaz.

El sistema de moldes recuperables para losas reticulares -- fue patentado por Hanz Seeger en Alemania, consistiendo el sistema en un block de Poliestireno Expandido (20 Kg/m³) -- con una perforación central. En la parte superior, o sea - la que va en contacto con el concreto se coloca una bolsa - de hule de la cual sale un pivote que atraviesa el Polies-- tireno Expandido por la perforación existente. Después del fraguado del concreto de la losa es aplicado aire por medio del pivote antes mencionado a la bolsa de hule y esta al in

flarse desprende el molde de Poliestireno Expandido dejando el hueco libre.

La duración de estas cajas de Poliestireno son de aproximadamente 10 aplicaciones, por lo que el costo de dicho molde por aplicación es mas económico.

Los moldes perdidos han tenido una gran aceptación en la industria de la construcción en 2 renglones principales: como cimbra perdida y como caja para losa aligerada.

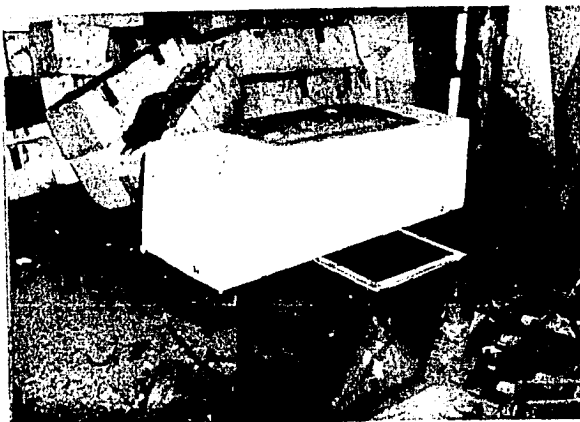
En el caso de la cimbra perdida simplemente podremos decir - que debido a las magníficas cualidades aislantes y a la compatibilidad entre concreto y Poliestireno Expandido se logra que una vez fraguado el concreto lo que sirvió de cimbra (Poliestireno Expandido) quede como aislante térmico de la construcción.



Sistema Seeger de cajas recuperables.



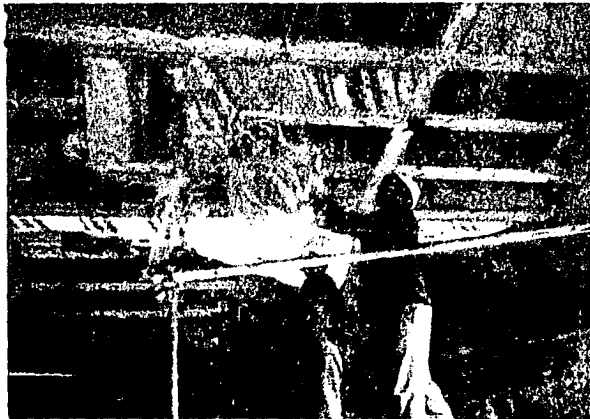
Caja lista para su utilización.



Colocación de la bolsa de hule para la expulsión.



Aplicación de aire comprimido para remover
la caja



Desmontaje de las cajas de sistema Seeger

Sobre la caja para losa aligerada podremos decir que es una de las técnicas que en la actualidad se encuentra en proceso de desarrollo y que conforme avanza el tiempo va teniendo mayor aceptación en la construcción moderna. La ventaja por la que estas cajas de Poliestireno Expandido han empezado a revolucionar la construcción a base de losas aligeradas se acostumbra generalmente fabricar a base de un mortero de cemento-arena la cual alcanza un peso volumétrico de aproximadamente 900 Kg/m³. El peso volumétrico del Poliestireno Expandido que se utiliza para hacer las cajas es de aproximadamente 40-50 Kg/m³ lo que representa un ahorro muy considerable en cargas muertas.

En la actualidad en Europa se han construido un sin número de edificios y pasos a desnivel con este tipo de caja obteniéndose ahorros considerables en el acero de refuerzo, en el espesor de la propia losa, en el diámetro de las columnas y en el cálculo de la cimentación.

En México se empieza a hacer estudios sobre la conveniencia de utilizar esta misma caja adaptándola a nuestra necesidad o si es preciso diseñar una que vaya de acuerdo con nuestras solicitudes. Sigue siendo desventaja la diferencia de precios ya que por ejemplo hablando de una caja de - - - - 40 x 20 x 15 cm. diremos que en Poliestireno sale sobre un costo de \$3.75 y en cemento-arena \$2.75. Aun así los ahorros antes mencionados son muy superiores al incremento del costo de las cajas.



Cajas perdidas para losas reticulares



La resistencia es suficiente para soportar
a los obreros.

b) Aislantes Térmicos

Los materiales expandidos han adquirido en los últimos 2 decenios, análogamente a la amplia difusión alcanzada por los plásticos compactos, una creciente importancia y significación. En la técnica de aislamiento, un sector particularmente amplio, son utilizados con preferencia los plásticos expandidos rígidos, ya que por regla general se exige de ellos propiedades particulares como la resistencia a la compresión vibración y al corte.

Los materiales de Espuma Rígida de Poliestireno se encuentran entre los plásticos expandidos rígidos. La elevada rigidez y consistencia del material expandido no es sorprendente, ya que la materia química que lo constituye, el Poliestireno, posee por si mismo excelentes propiedades mecánicas.

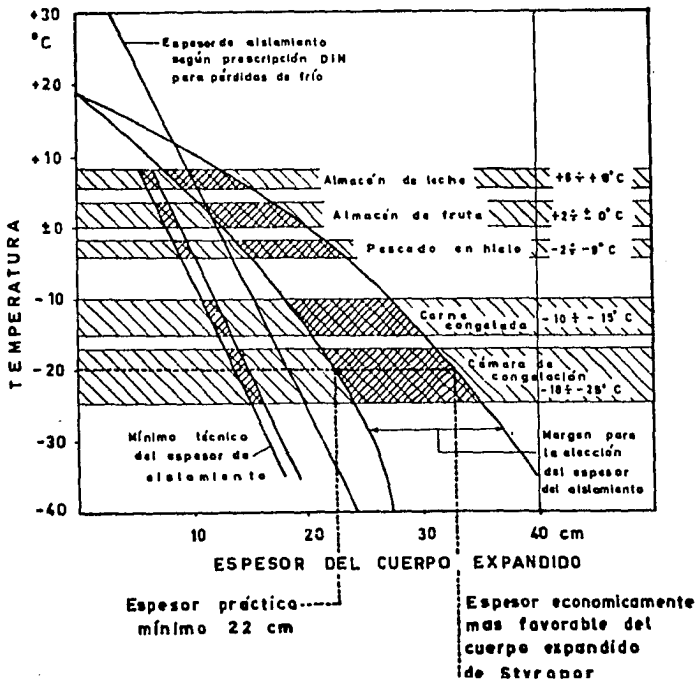
En el transcurso de los trabajos de introducción y experimentación se puede apreciar claramente, que los materiales de Espuma Rígida de Poliestireno presentaban además extraordinarias propiedades como material aislante, por consiguiente, los materiales expandidos pudieron acreditarse en el transcurso de los últimos 6 años en forma destacada en la técnica del aislamiento. En el capítulo anterior especificamos las diferentes propiedades físicas de esta Espuma Rígida por lo que nos abstendremos en esta ocasión de volverlas a enumerar y nos bastará decir que tratándose del aislamiento térmico la conductividad calorífica posee una significación decisiva. De los valores del coeficiente de conductividad calorífica pueden desprenderse, según DIN 4108, los datos del coeficiente de transmisión térmica y de la resistencia a la conductividad de calor.

Mediciones de diversos institutos y resultados de la práctica

ca muestran que el coeficiente de conductividad térmica es extraordinariamente bajo, en una proporción tal como no es posible alcanzar con los materiales de origen natural.

Para las aplicaciones técnicas de los materiales aislantes es un criterio importante, la cuantía del factor de resistencia a la difusión del vapor de agua para la medida de la penetración de humedad, en comparación con una capa de aire del mismo espesor. Debido a que la Espuma Rígida de Poliestireno posee células cerradas y una estructura extraordinariamente densa, es también muy favorable el factor de resistencia a la difusión alcanzando valores mejores -- que los de los materiales corrientes empleados en la Industria de la construcción y aislamiento.

Espesor del aislamiento de materiales expandidos de STYROPOR en diferentes aplicaciones.



El aislante sirve no solo para aumentar las comodidades en la vida cotidiana sino que también de acuerdo con las normas establecidas esta prescrito un mínimo de resistencia -- de conductividad de calor, vease tabla I, que no es posible alcanzar con materiales de elevado coeficiente de conductividad térmica en grosores normales de pared. Mediante colocación de capas aislantes de Espuma Rígida de Poliestireno en las construcciones de concreto se consiguen alcanzar las condiciones exigidas sin aumentar considerablemente el espesor de los muros.

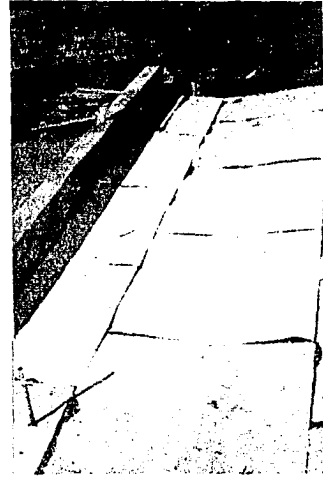
Paredes exteriores	0,55
Tabiques y paredes de la escalera de la casa	0,30
Techos sin revoque	0,55
Techos de sótano	0,75
Techos sobre entradas abiertas y semejantes	1,75
Tejados inclinados y planos, techos y terrazas	0,65



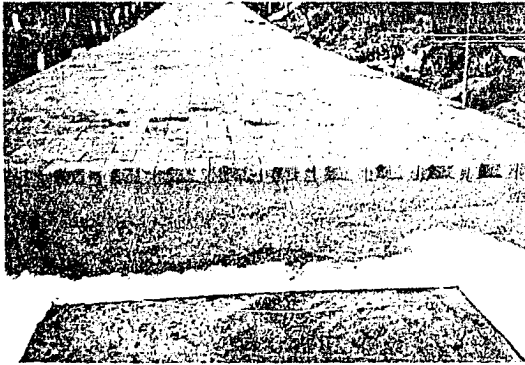
Aplicación de adhesivo en frío



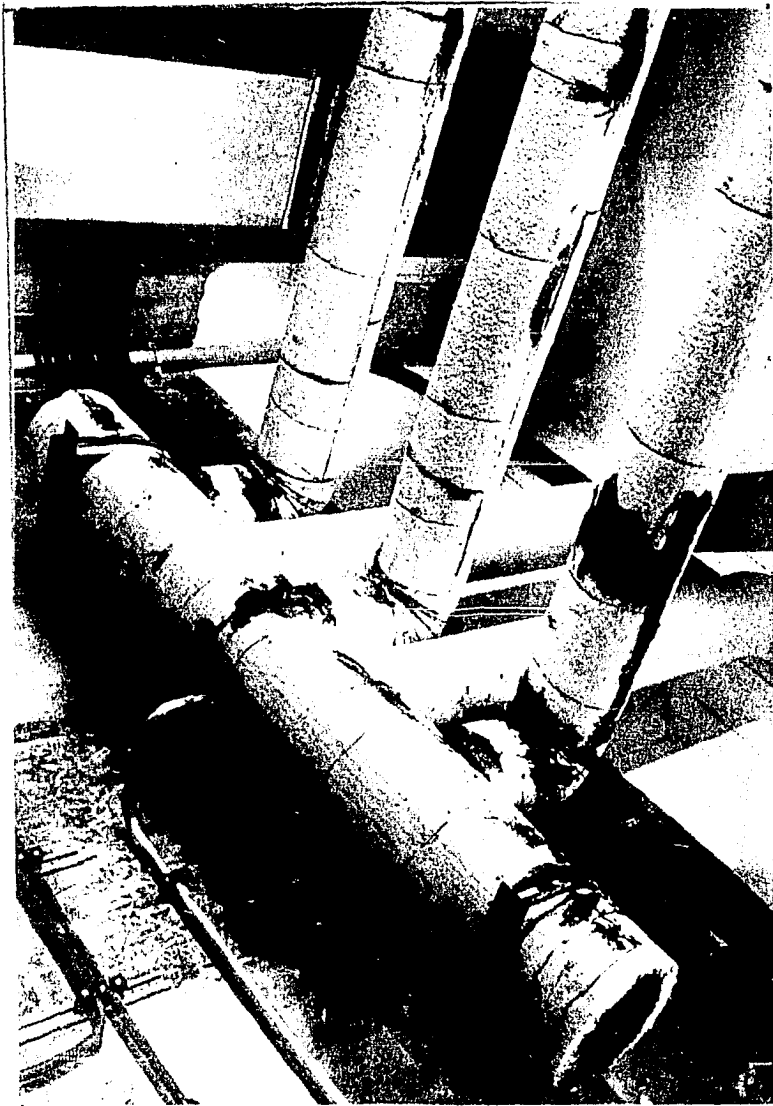
Aislamiento de una losa de concreto



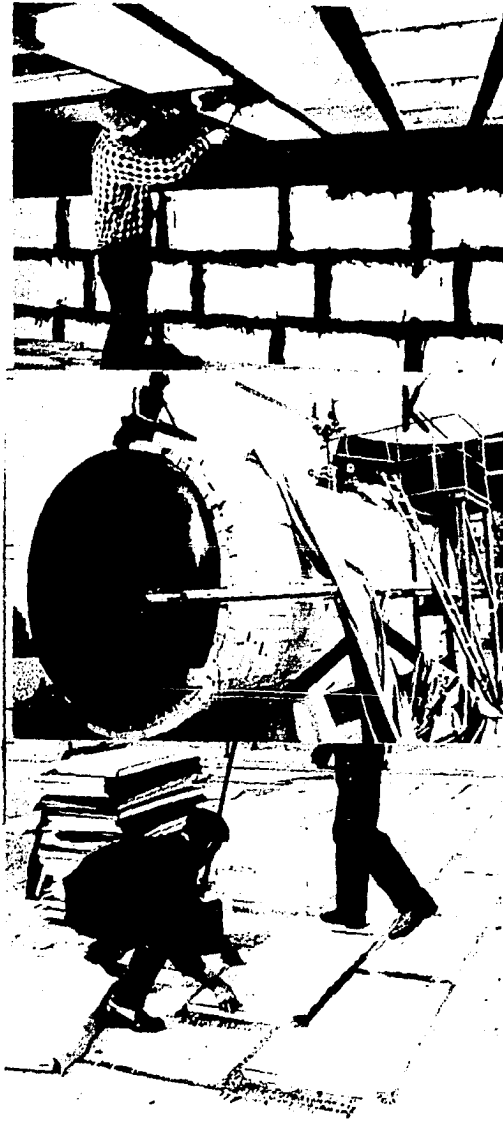
Otra vista de aislamiento de azoteas



Aislamiento de una carretera



Aislamiento de tuberías.



3 tipos diferentes de aislamiento

El aislante térmico en los edificios no solo tiene importancia para la salud de sus habitantes, sino también juegan un papel los gastos de mantenimiento y los gastos de construcción. La necesidad de calor y los gastos de calefacción y aire acondicionado dependen considerablemente del aislante térmico de la construcción, por lo que se ha de prever un aislante térmico suficiente ya desde los planos arquitectónicos.

Hay que reconocer que el tipo de construcción hoy empleada no ofrece una protección suficiente contra pérdidas -- térmicas innecesarias, siendo necesario en la mayoría de los casos un aislante térmico adicional.

Valores del aislante térmico favorables solo se pueden alcanzar cuando el tipo de construcción acepta espesores -- grandes, como se acostumbraba en el pasado. Teniendo en cuenta la racionalización de la construcción moderna así como el aprovechamiento total de los resultados de sus estudios científicos en la construcción de viviendas y en el campo industrial, se limita cada vez mas el espesor de la construcción necesaria. Esto exige naturalmente la -- aplicación adicional de materiales aislantes valiosos.

Ejemplificaremos el caso de un muro sin aislante y otro -- aislado para hacer la comparación de las diferentes resistencias a la permeabilidad y la transmisión térmica. Todo esto según DIN 4108. La norma DIN 4108 cita el aislamiento térmico mínimo para las partes de la construcción mas diversas. Así para la habitación se fijaron los valores mínimos que ya mencionamos en la tabla I.

La resistencia a la permeabilidad térmica también es tratada por la norma DIN 4108 siendo además posible calcular los valores de aislante térmico siempre que se conozca el espesor de las piezas de construcción, así como los indi-

ces de conductividad térmica. También hay que tener en cuenta los índices de transmisión térmica por contacto -- que citamos en la tabla II a continuación:

	Resistencia a la transmisión térmica por contacto	
	Kcal/m ² h°	m ² h°/Kcal
En la parte exterior de los edificios (velocidad del viento media aprox. 2 m/s)	$\alpha_a = 20$	$1/\alpha_a = 0.05$
en la parte interior de las paredes	$\alpha_i = 7$	$1/\alpha_i = 0.14$
en la superficie de los techos y suelos en el caso de una transmisión térmica de abajo hacia arriba	$\alpha = 7$	$1/\alpha_i = 0.14$
lo mismo para una transmisión térmica de arriba hacia abajo	$\alpha = 5$	$1/\alpha_i = 0.20$

Para una pared exterior de la siguiente composición: 2 -- cm. de enlucido exterior, 28 cm. de ladrillos, y 1.5 cm. -- de enlucido interior se calculó la siguiente resistencia -- total a la transmisión térmica:

Resistencia a la permeabilidad térmica $\frac{1}{\Delta} = \sum \frac{d}{\lambda}$

Enlucido exterior $\frac{0.20}{0.75} = 0.027 \text{ m}^2\text{h}^\circ/\text{Kcal}$

Pared $\frac{0.28}{0.90} = 0.267 \text{ m}^2\text{h}^\circ/\text{Kcal}$

Enlucido interior $\frac{0.015}{0.75} = 0.020 \text{ m}^2\text{h}^\circ/\text{Kcal}$

Resistencia a la permeabilidad total $\frac{1}{\Delta} = 0.314 \text{ m}^2\text{h}^\circ/\text{Kcal}$

Según DIN 4108 el aislamiento térmico en este caso no es suficiente (valor mínimo para el sector de aislamiento térmico $1/\Delta = 0.45 \text{ m}^2\text{h}^\circ/\text{Kcal}$). La diferencia entre la resistencia a la permeabilidad térmica que existe y la exigida es por tanto de $0.14 \text{ m}^2\text{h}^\circ/\text{Kcal}$. Este valor se puede alcanzar con una plancha de 5 mm. de Espuma Rígida de Poliestireno (resistencia a la permeabilidad térmica = $0.14 \text{ m}^2\text{h}^\circ/\text{Kcal}$). Con ello la resistencia a la permeabilidad térmica total es

$$\frac{1}{\Delta} = \left(\frac{0.20}{0.75} + \frac{0.24}{0.90} + \frac{0.005}{0.035} + \frac{0.015}{0.75} \right) = 0.45 \text{ m}^2\text{h}^\circ/\text{Kcal}$$

y se cumple lo exigido por DIN 4108. Después de añadirle la resistencia a la transmisión térmica por contacto se obtiene:

Resistencia a la permeabilidad $\frac{1}{\Delta} = 0.45 \text{ m}^2\text{h}^\circ/\text{Kcal}$

Resistencia a la transmisión térmica por contacto $1/\alpha_c = 0.14 \text{ m}^2\text{h}^\circ/\text{Kcal}$

Resistencia a la transmisión térmica por contacto $1/\alpha_a = 0.05 \text{ m}^2\text{h}^\circ/\text{Kcal}$

Resistencia total a la transmisión térmica $\frac{1}{k} = 0.64 \text{ m}^2\text{h}^\circ/\text{Kcal}$

El índice de resistencia total a la transmisión térmica K - (en la práctica llamado a menudo valor K) es para la construcción citada:

$$k = \frac{1}{0.64} = 1.56 \text{ Kcal/m}^2\text{h}^\circ$$

Los datos anteriores se refiere a construcciones, cuyo peso es superior a los 300 Kg/m².

En la práctica se discute muy a menudo la absorción de humedad de los materiales aislantes. Hoy en día existen numerosos resultados de ensayos sobre el comportamiento de los cuerpos expandidos de Espuma Rígida de Poliestireno en este aspecto, obteniéndose en cuerpos expandidos colocados hace varios años un contenido de humedad muy pequeño (inferior al 0.15% - en volumen).

La pequeña absorción de humedad de los cuerpos expandidos es de gran importancia. Al juzgar el humedecimiento en los elementos de construcción se ha de establecer la diferencia entre:

- a) Humedecimiento debido a la penetración del agua desde el exterior (enlucido defectuoso construcción falsa del elemento de construcción).
- b) Humedecimiento debido a la formación de agua de condensación en la parte interior de los elementos de construcción (insuficiente aislamiento o falsa disposición de los mismos)
- c) Humedecimiento por condensación el elemento de construcción debido a la migración del vapor de agua a través del mismo (insuficiente aislamiento térmico o falsa disposición del elemento de construcción.)

En las construcciones usuales aparecen mas frecuentemente - los citados puntos a y b.

La pequeña absorción de los cuerpos expandidos de Espuma Rígida se puede explicar, ya que éstos no poseen una fuerza - de absorción capilar. Naturalmente en el caso de una colocación defectuosa, como por ejemplo cuando la capa impermeable no es suficiente, las condiciones de trabajo son desfa-

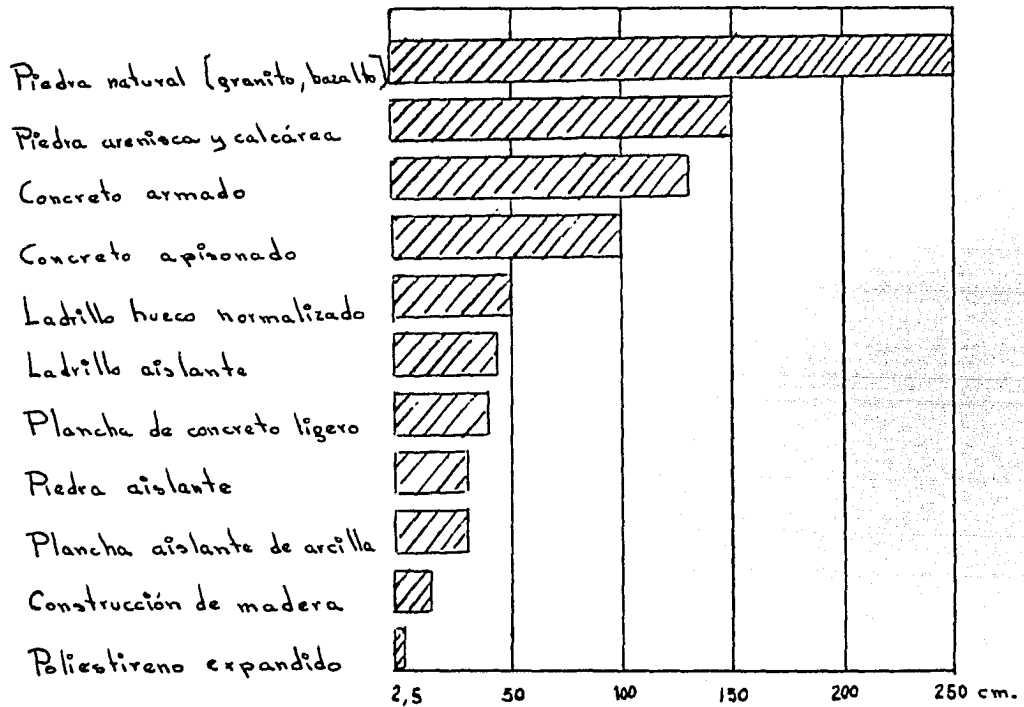
vorables y debido a la diferencia de presión parcial entre el exterior y el interior puede aparecer un humedecimiento. Como se puede apreciar en las propiedades físicas establecidas en el primer capítulo el rango de temperaturas de -- trabajo de este material es entre $+83^{\circ}\text{C}$ t -150°C . De lo anterior podemos concluir que la Espuma Rígida de Poliestireno es ideal para aislamientos en frío.

En este renglón del aislamiento térmico no podemos pasar -- por alto en el ramo de los edificios industriales el aislamiento de frigoríficos. Como sabemos los almacenes frigoríficos tienen por objeto no solo la protección de los artículos que conservan de la influencia del medio sino que crean un medio especial que difiere considerablemente del medio ambiente exterior.

Una de las razones principales para emplear el aislante es la de reducir a un nivel costeable las pérdidas de calor -- debidas a los agentes externos. La envoltura aislante debe de ser completa, evitando los puentes térmicos, siendo también necesario aplicar una barrera de vapor en la cara caliente del aislamiento ya que sin esta no es posible tener un aislamiento efectivo por mucho tiempo.

Cuando el vapor de agua se infiltra en el aislamiento, al encontrar el punto de rocío se condensa y dependiendo de -- la temperatura interior, se mantiene en estado líquido o -- se solidifica disminuyendo en ambos casos paulatinamente -- el poder aislante hasta quedar completamente anulado.

A continuación mostramos una gráfica comparativa del espesor necesario de diferentes materiales de construcción para obtener la misma amortiguación térmica.



El espesor de la Espuma Rígida de Poliestireno que se recomienda en función de la temperatura de construcción del frigorífico y de las temperaturas promedio y máxima de la localidad, acostumbándose especificar un espesor algo mayor de aquel que daría los mínimos de aislamiento y refrigeración como protección adicional ya que esto evita puntos calientes.

El calor transmitido a través de un elemento, debido a la di

ferencia de temperatura del aire es:

$$\frac{Q}{\text{hora}} = CA (t - t) \frac{\text{Kcal}}{h}$$

donde $C \frac{\text{Kcal}}{\text{m}^2 \text{h}^\circ \text{C}}$ es el coeficiente de transmisión de calor, que indica la resistencia total de un elemento a la transmisión del mismo.

$A \text{ m}^2$ es el área del elemento considerado.

t es la temperatura exterior.

t es la temperatura interior.

El valor de C se determina partiendo de la relación.

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{a} + \frac{d}{a} + \frac{d}{a} + \frac{d}{a} + \dots + \frac{1}{ae}$$

donde $\frac{\text{Kcal}}{\text{m h}^\circ \text{C}}$ es el coeficiente de conductividad térmica.

$d \text{ m}$ espesor de cada uno de los materiales que componen el elemento.

En la determinación de la resistencia total a la transmisión de calor de una bodega refrigerada es necesario considerar la resistencia de la superficie interna y externa de techos y muros, así como la influencia de la radiación solar.

A continuación se proporcionan los espesores de Espuma Rígida de Poliestireno en función de las temperaturas interiores de un frigorífico.

Temperatura de Trabajo °C	Espesor de Espuma Rígida de Poliestireno Recomendado cm.
15 a 9	5.0
8 a 3	7.5
2 a - 2	10.0
- 3 a - 8	12.5
- 9 a - 15	15.0
- 16 a - 23	17.5
- 24 a - 23	20.0

c) Falsos Plafones y Piezas Pre-fabricadas con capas intermedias.

En el terreno de los falsos plafones la Espuma Rígida de Poliestireno ha tenido un auge considerable debido principalmente a su gran poder de aislamiento y a su ligereza. Como apuntamos en el Capítulo Primero las cualidades técnicas del material son excelentes por lo que en las casas habitación, las oficinas y los locales industriales donde trabajan equipos de aire acondicionado o calefacción reduce considerablemente tanto los gastos de consumo como la inversión inicial ya que al poderse conservar con mayor facilidad las temperaturas requeridas, el equipo reduce su tamaño y por ende su costo.

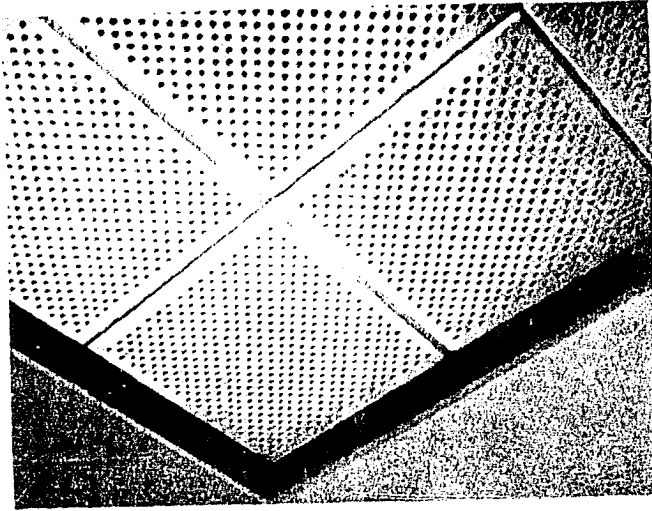
La industria textilera ha sido una de las mas beneficiadas con este tipo de material aislante ya que los rendimientos de las máquinas de producción han sido incrementados. La Industria Avícola se ha visto también muy beneficiada ya - que la granja moderna de clima controlado ha obtenido también magníficos resultados en cuanto a producción y seleccionamiento de las aves.

En el ramo de los plafones falsos prácticamente podemos apuntar que existen 4 grandes grupos que son: el falso plafón de yeso, el de madera y cartón prensados, el de fibra de vidrio y ahora el de Espuma Rígida de Poliestireno, existiendo además los plafones lumínicos.

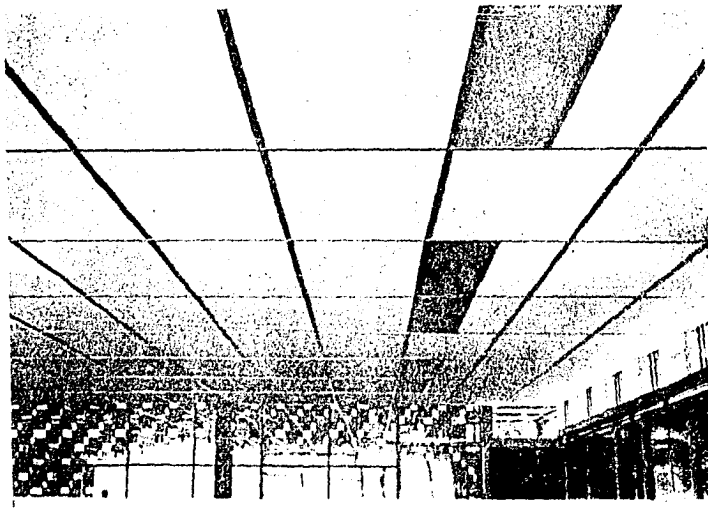
De los anteriores sigue siendo el mas económico el falso plafón de yeso aunque como Ustedes saben acarrea algunas dificultades por su gran peso. De los 3 siguientes tipos de plafón el precio es prácticamente el mismo y queda a elección - del contratista cual de ellos reúne mayores cualidades.

La única desventaja que se encuentra a la Espuma Rígida de Poliestireno en este campo es la de ser combustible ya que - obviamente es un peligro en caso de incendio. Lo anterior - se ha combatido por medio del material Auto Extinguible según DIN 4102 obteniéndose resultados satisfactorios.

En el 3er. capítulo mencionaremos la forma de aplicación de los falsos plafones de Espuma Rígida de Poliestireno.



Falso plafón con suspensión oculta



Falso plafón con suspensión visible

En los últimos años se ha desarrollado un sistema el cual consiste en aislar por medio de piezas pre-fabricadas con capas intermedias de Espuma Rígida de Poliestireno obteniéndose así construcciones mas baratas, mas racionales y mas seguras. - Las posibilidades para estos fines provienen de que los materiales de Espuma Rígida de Poliestireno no solamente aíslan térmicamente de un modo perfecto sino también son de resistencia mecánica apreciable siendo posible además recubrir los materiales expandidos superficialmente y en caso de que sea necesario, expandir en un solo proceso de trabajo la capa -- aislante dentro de la misma pieza pre-fabricada.

En los campos de aplicación pueden distinguirse las siguientes partes:

1.- Paneles de Construcción ligera.-

La colocación de paneles de material expandido sin recubrir es hoy en día factible pero exige muchas veces un tratamiento previo, o bien el empleo de adhesivos especiales para aumentar - la adherencia.

Este tipo de paneles muy ligeros deben tratarse con cuidado durante el transporte y la colocación.

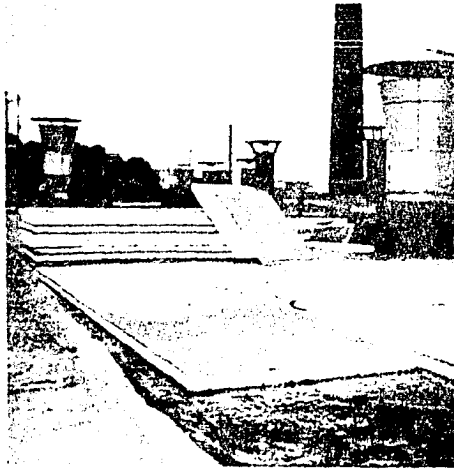
El tipo mas común de estos paneles ligeros es el que se recubre a base de fibras de madera, lográndose con ello una rígidez exterior siendo magníficos para revoques y para colocarse - en lugares con poca calefacción.

En este tipo de paneles se acostumbra que el - espesor de la capa del material expandido sea entre 10 y 60 mm., el recubrimiento de madera entre 5 y 10 mm., lográndose con ello una re-- sistencia a la compresión de 1 a 3 Kg/cm².

2.- Placas combinadas para losas planas

El desarrollo de las placas de material expandido recubiertas para el aislamiento de losas planas persigue la finalidad de satisfacer las exigencias a las que se someten las planchas durante su colocación pudiéndose además ahorrar algunos procesos de trabajo en el lugar de construcción.

Suministrando materiales expandidos recubiertos con una o dos capas de cartón, cartón acanalado o placas de corcho se protege el material expandido contra la acción del asfalto fundido que puede ser utilizado para impermeabilización.



Placa combinada para aislamiento de azoteas

Otra ventaja es que las placas son mas resistentes a la compresión y ofrecen mayor seguridad durante el transporte.

3.- Piezas Prefabricadas

Las piezas prefabricadas se han introducido como medida de racionalización y abaratamiento de la construcción en serie, montando directamente --- grandes elementos de construcción prefabricados disminuyendo asi los costos en el lugar de construcción. Del mismo modo se reducen también las grandes cantidades de agua que normalmente se --- arrastran en los sistemas de construcción comunes y cuya participación en el peso total de la construcción es importante.

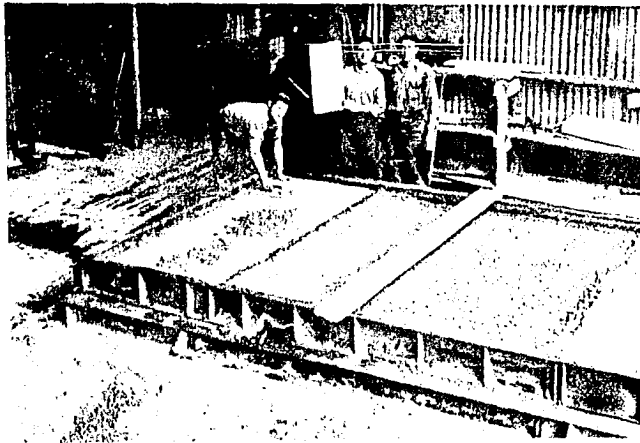
Es evidente que los elementos prefabricados deben presentar las mismas propiedades de resistencia mecánica, aislamiento contra el calor, frío y sonido como presentan los sistemas de construcción comunes. Las últimas propiedades solo pueden alcanzarse de un modo completo empleando simultáneamente materiales de Espuma Rígida de Poliestireno y los materiales normales de construcción.

En la práctica existen distintos métodos para colocar los materiales aislantes siendo los que mas posibilidades presentan para el futuro los siguientes:

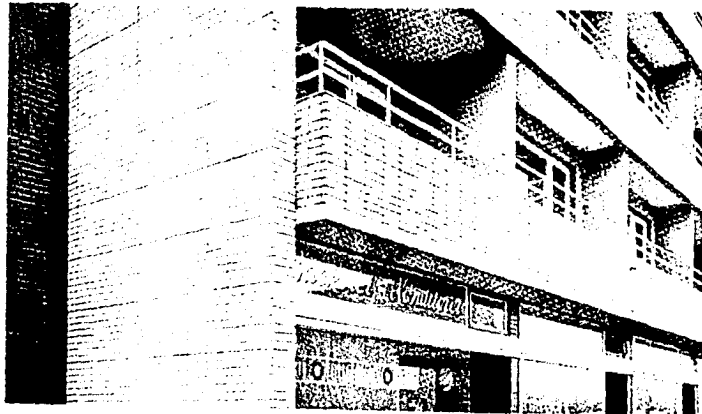
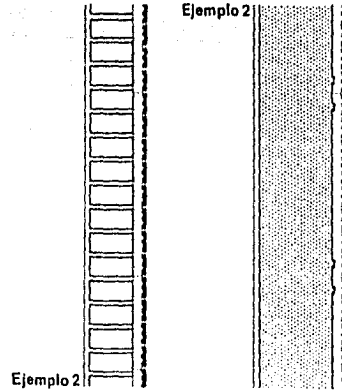
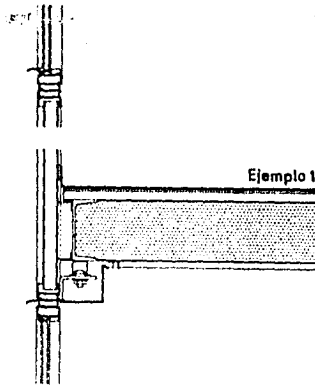
- I.- En combinación con los materiales de construcción corrientes.
- II.- En combinación con placas de Plástico resistente.

En el primer caso los materiales de Espuma Rígida de Poliestireno formando la capa interior de los elementos de construcción de grandes superficies cuyas partes exteriores pueden ser de concreto, concreto armado o concreto ligero. Este tipo de elementos son auto soportantes y estructurales, sirven como parte especial interior o de techo para la construcción de edificios de varios pisos.

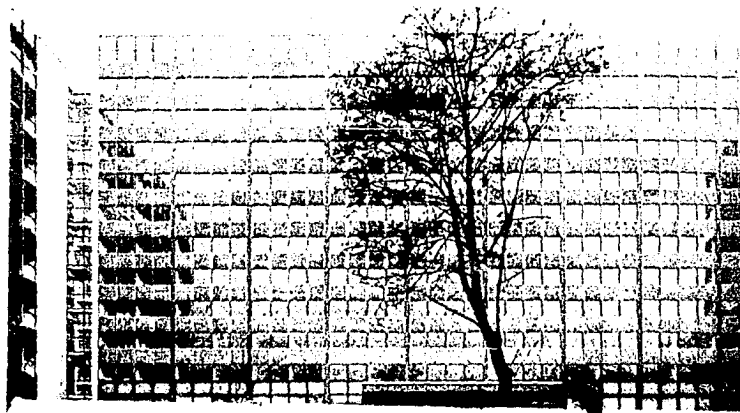
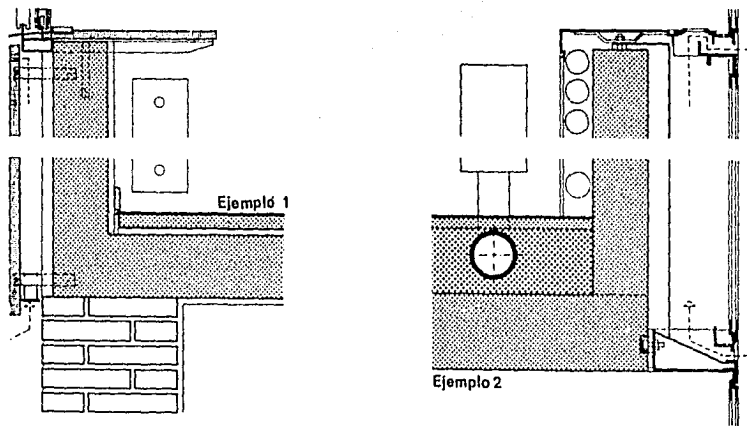
Para la construcción de edificios mas ligeros y el montaje de elementos interiores se emplean paneles recubiertos con una capa de cemento, cal o yeso o bien con planchas de aluminio o madera contrachapada. Es también muy común utilizar los paneles llamados "sandwich" a base de cemento y asbesto.



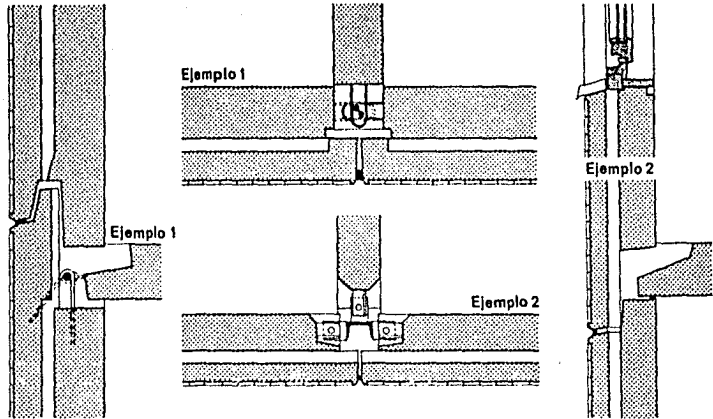
Fabricación de piezas prefabricadas de
concreto armado y Poliestireno Expandido.



En el ejemplo 1 se muestra el corte de la unión de la ventana y el techo. El ejemplo 2 muestra las placas "Sandwich" recubiertas con azulejos. La siguiente fotografía muestra un ejemplo de las placas "Sandwich".



El ejemplo 1 muestra una fachada de piedras colgando. La abertura inferior esta provista de una rejilla. El ejemplo 2 muestra una fachada colgando como construcción ligera. Como la ventana esta en el mismo plano es necesario un aislamiento especial. La siguiente fotografia muestra un ejemplo de lo anterior.



la siguiente tabla reune, como ejemplo, las propiedades de las planchas recubiertas por ambos lados por asbesto.

Forma y propiedades	Unidad	Valores
Tamaños standard	m	2.45 x 1.22
Peso de 1.25 cm de material expandido y 2 planchas de asbesto	Kg/m ²	14.6
Flexión de planchas de 120 x 120 cm cargadas con 101.6 Kg	cm	2.2
Resistencia a los golpes	Kg/cm ²	1.69
Estabilidad térmica	°C	82
Absorción de agua después de 8 días	Vol.%	0.8
Permeabilidad al vapor de --- agua en 24 hrs., espesor de la capa de material expandi- do 1.9 cm	g/m ²	8.3
Resistencia al paso de calor de las planchas recubiertas por ambos lados, con un espe- sor de la capa de material ex- pandido de	Kcal/m ² h°C	
1.26 cm.	Kcal/m ² h°C	1.37
2.54 cm.	Kcal/m ² h°C	0.83
3.8 cm.	Kcal/m ² h°C	0.583
6.1 cm.	Kcal/m ² h°C	0.537

En el segundo caso la aplicación de placas en piezas prefabricadas para paredes exteriores deben presentar buena resistencia a la intemperismo y a las pinturas, cosa que es posible solamente alcanzar con plásticos de calidad máxima.

Este tipo de paneles es exclusivamente auto soportante y no tiene características estructurales por lo que se utiliza para revestir construcciones de estructuras metálicas o de concreto armado.

Es importante también tenerse en cuenta que la constitución de las mismas se limita por razones económicas ya que si se eleva la resistencia propia sería a base de un costo tan elevado que los elementos de construcción no podrían introducirse en el mercado.

Desde el punto de vista técnico la construcción combinada presenta las siguientes ventajas:

Gran aislamiento, poco peso y reducida sección transversal;

Fácil y rápido montaje sin andamiso en cualquier época del año;

Economía por la disminución de las secciones transversales y la eliminación de los costos de conservación;

Aumento de la superficie útil;

Reducción del tiempo de construcción (hasta de un 30%)

Capítulo III.- TECNICA DE APLICACION EN OBRA.

Las técnicas de aplicación en obra son muy diversas dependiendo del uso que se le vaya a dar a la Espuma Rígida de Poliestireno. Ejemplificaremos varios casos particulares de instalación especificando en cada uno de ellos la técnica correcta a seguir.

De una manera general y tomando en cuenta las propiedades físicas del material se tendrá cuidado de mantener la Espuma Rígida de Poliestireno protegida contra cargas locales que la puedan perforar así como de los aceites minerales que la hinchan.

Respecto a los adhesivos o materiales de recubrimiento que deben emplearse se tendrá cuidado de que no contengan solventes como el benceno, ésteres, cetonas, etc., los que la disuelven.

Para continuar con el orden de nuestro capítulo anterior empezaremos con la técnica de aplicación en los moldes recuperables y perdidos.

a) Moldes Recuperables y Perdidos

Con respecto a los moldes recuperables, refiriéndonos al sistema Seeger se tendrá cuidado de que la bolsa exterior de Polietileno que cubre el material vaya perfectamente cerrada así como que la bolsa de hule que será inflada para la expulsión no tenga fugas de aire que acarrearían un problema en el momento de la misma. Se procurará vibrar perfectamente el concreto de las nervaduras para evitar zonas sin concreto. En el momento de la expulsión se aplicará aire comprimido a

la bolsa de hule teniendo cuidado de hacerlo paulatinamente.



Sistema Soeger

Para los moldes perdidos se tendrá especial cuidado con los operarios ya que las cargas locales de compresión (golpes - de herramientas, patadas, etc.) pueden perforar el molde o agrietarlo. Por medio de la perforación central del molde se vibrará el concreto para que se distribuya uniformemente en la parte inferior del mismo y cubra todos los espacios.

En el caso de un encofrado perdido que a la vez servirá de aislamiento de la losa se procederá como sigue: Una vez -- colocada la cimbra de madera se revisará hasta que no tenga protuberancias apreciables; posteriormente se colocará un



Cajas perdidas para losas reticulares.

metal desplegado o malla sobre la cimbra que servirá para dar el terminado final de la construcción; a continuación se colocará una capa de Espuma Rígida de Poliestireno sellando perfectamente las juntas; Después de esto el ais-

lamiento estará lista para recibir el armado y posteriormente el concreto de la losa.



Aislamiento de la pared exterior con
placas de Espuma Rígida de Poliestireno.

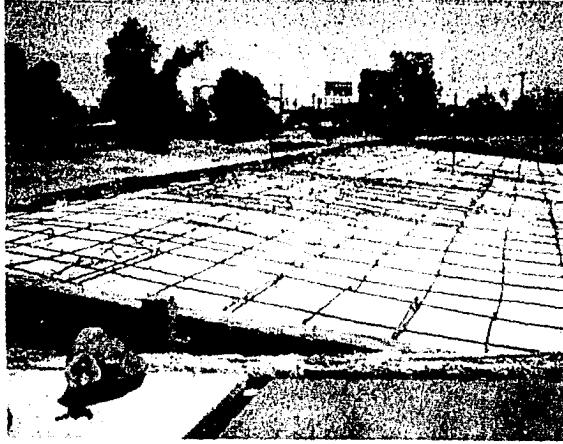
El terminado de la casa fue un enlucido
a base de mortero de cal.

b) Aislamiento Térmico

Dentro de este ramo distinguiremos el aislamiento de paredes de techos y de cubiertas para tubería.

Con respecto a las paredes una de las cuestiones más discutidas es en que parte del muro, interior o exterior, se ha de colocar la capa aislante. Una capa térmica aislante, colocada en la parte externa del muro tiene la ventaja de que los elementos de construcción no están sometidos de modo tan intenso a la influencia de temperatura, lo que es muy importante en las construcciones de concreto, concreto armado y acero ya que las dilataciones térmicas se reducen considerablemente. La colocación de las placas de material aislante de Espuma Rígida de Poliestireno por la parte interior tienen la ventaja de que pasa menos calor a través de la pared y -- que las habitaciones se calientan más rápidamente. Si las paredes, techos y suelos están provistos de una buena capa aislante, bien colocado, este tipo de aislamiento térmico se puede considerar más económico.

Cuando se trate del aislamiento exterior se tendrá cuidado de que el recubrimiento final de la construcción sea compatible con el Poliestireno Expandido para evitar desprendimientos posteriores. Otro punto importante es proteger el material contra la humedad ambiente.



Aislamiento de azoteas que sirve
como cimbra



Armado tendido sobre el poliestireno
expandido.

Con respecto a los techos podemos distinguir la superficie de entrepiso o la losa de azoteas. De los entrepisos podemos decir que pueden aislarse tanto contra el paso de calor como -- contra el ruido de pisadas, pudiendo en el caso de utilizarse contra el paso de calor seguirse las mismas recomendaciones -- que en el encofrado perdido. En el caso de evitar el ruido -- de pisadas no hay necesidad de ser tan estrictos con respecto a la fijación de placas y de juntas y simplemente se tendrá -- cuidado de que la placa en si no vaya maltratada o perforada por cargas locales.

En el caso del aislamiento de azoteas se debe tener cuidado -- en el tipo de adhesivos que se utilice para la fijación de -- las mismas, procurando como lo dijimos anteriormente evitar -- los solventes aromáticos y asfaltos que su punto de fusión -- sea superior a los 80°C. Como ejemplo de adhesivos podemos -- distinguir: el mortero de cemento diluido, las dispersiones plásticas y las emulsiones de asfalto de baja fusión.

Naturalmente dependiendo de si el techo es inclinado o plano variarán las recomendaciones de instalación.

Existen placas como lo muestra la fotografía subsecuente que van combinadas con cartón asfáltico que le da una resistencia a la compresión mucho mayor. Debe tenerse cuidado de que las juntas vayan perfectamente selladas quedando listo el aislamiento para recibir la impermeabilización correspondiente.



Aislamiento de una azotea con placas

combinadas con cartón asfáltico.

Es importante tener en cuenta en todos los casos de aislamiento de techos los siguientes puntos:

Las placas expandidas deben poseer un peso volumétrico superior a los 20 Kg/m³ para que sean suficientemente sólidas a la presión. En los techos industriales se procurará si es posible 25 Kg/m³;

Las placas no recubiertas se han de colocar con una dispersión asfáltica de baja fusión. Es mas conveniente el empleo de placas expandidas que ya estan recubiertas por una o mas caras con cartón asfáltico;

Las placas se han de colocar lo mas juntas posible y pisar muy bien las superposiciones;

La dispersión asfáltica se debe colocar cuidadosamente;

La impermeabilización se ha de colocar concienzudamente para evitar regiones permeables.

Si se siguen las instrucciones anteriores es posible aseverar que el aislamiento térmico es prácticamente indefinido.



Debe procurarse que los traslapes del carton asfáltico queden perfectamente unidos.



Se tendrá cuidado de que la temperatura del asfalto para pegar la capa impermeable no exceda de los 85° C.

Con respecto a las cubiertas para tubería ejemplificaremos -- por medio de las siguientes fotografías los diferentes pasos que deben seguirse para la correcta instalación de la Espuma Rígida de Poliestireno en forma de medias cañas. Naturalmente dependiendo de las temperaturas de trabajo la calidad de barrera de vapor y el espesor de aislamiento tendrá que aumentar o disminuir.

En la foto No. 1 vemos la preparación de la superficie en -- donde se colocará el aislante debiendo quedar ésta totalmente limpia de impurezas; en la foto No. 2 vemos una media caña de Espuma Rígida de Poliestireno preparada con el sellador de juntas y la barrera de vapor; en la foto No. 3 apreciamos la colocación de la media caña sobre la tubería procurando que quede perfectamente bien asentada y unida con la media caña restante (foto No. 4); en la foto No. 5 podemos apreciar el refuerzo de tela de vidrio que se embebe en la primera capa barrera de vapor para darle protección mecánica; en la foto No. 6 vemos la aplicación sobre la tela de vidrio de la capa final de barrera de vapor; en la foto No. 7 apreciamos la tubería aislada totalmente en el tramo correspondiente.

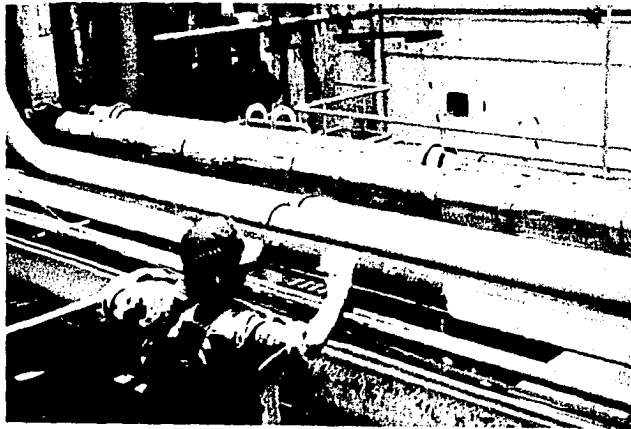


Foto No. 1



Foto No. 2



Foto No. 3



Foto No. 4



Foto No. 5



Foto No. 6

Foto No. 7



Dentro del aislamiento térmico volveremos a tratar particularmente la colocación del aislante en las cámaras refrigeradas ya que de los edificios industriales aislados es en el que mas precauciones deben tomarse.

La Espuma Rígida de Poliestireno debe adherirse firmemente al piso, muros y techo formando una envoltura continua para así evitar puentes térmicos.

Para obtener la mayor eficiencia del aislamiento es preciso cumplir fundamentalmente con los procesos que a continuación establecemos:

1.- Preparación de la Superficie.- La superficie interior de la cámara debe estar libre de grietas y protuberancias recomendándose un aplanado con mortero de cemento y arena sobre los muros. Es también conveniente imprimir la superficie para obtener una adhesión de la barrera de vapor. Tanto el techo como los muros deberán ser impermeables.

2.- Aplicación de la Barrera de Vapor.- Sobre la superficie ya preparada se aplica la barrera de vapor que debe formar una envoltura uniforme y continua.

La barrera de vapor debe cumplir la especificación sobre resistencia a la transmisión de vapor de agua que se recomienda en cada caso.

Para especificar la barrera de vapor se utiliza la unidad "perm" (EUA). Un perm equivale al paso de un grano de vapor de agua por pie cuadrado, por hora, y para una diferencia de presión en los lados frío y caliente de una pulgada de mercurio. Ejemplificaremos a continuación algunos valores en "perms" dependiendo de la temperatura de trabajo.

Temperatura de Trabajo de la Cámara °C	Valor en perms que debe cumplir la Barrera de Vapor
10	0.50
0	0.10
- 10	0.06
- 20	0.03

Estos valores varían de acuerdo con la temperatura y humedad relativa del medio ambiente.

En el caso de los pisos se recomienda utilizar Espuma Rígida de Poliestireno de alta densidad (peso específico mínimo de 30 Kg/m³). Como ya lo especificamos anteriormente debe colocarse en 2 capas cuatrapeando las juntas.

Sobre la capa aislante se coloca un fieltro protector y a continuación se cuele una losa de desgaste, reforzada de acuerdo con las condiciones, bajo las que vaya a trabajar.

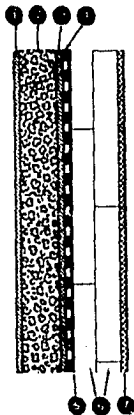
Cuando la cámara esté destinada a operar a temperaturas inferiores a los 0°C, se recomienda construir la losa del piso sobre dalas de cimentación, para formar así un espacio entre losa y terreno que permita la ventilación; otro sistema consiste en proveer la losa de un sistema de calefacción. Estos sistemas se especifican para evitar la formación de hielo bajo el piso.

Con respecto a los muros el aislamiento con Espuma Rígida de Poliestireno puede ser con un peso específico no menor de 20 Kg/m², adherido también en 2 capas, cuatrapeando las juntas, que deberán ser selladas con el mismo adhesivo o con un

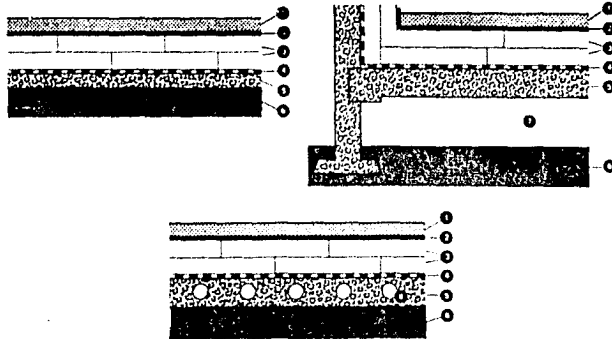
sellador especial.

En el caso de los techos debe usarse Espuma Rígida de Poliestireno normal o auto extingible, cuando el aislamiento quede aparente, tiene en ambos casos un peso no menor de 20 Kg/m³.

Existen básicamente dos sistemas para colocar Espuma Rígida de Poliestireno en techos. El primero es similar al método recomendado para fijar la Espuma Rígida de Poliestireno en los muros, utilizando además del adhesivo y alambre galvanizado, pijas de madera para asegurar las placas. El segundo sistema consiste en el llamado plafón falso, en este caso - la Espuma Rígida de Poliestireno se coloca sobre una armazón de soporte. Se utiliza un adhesivo para sellar las juntas y adherir una segunda capa en el caso de que así se haya especificado. Las placas de la Espuma Rígida de Poliestireno pueden ser cortadas y fresadas en el sitio de la construcción, para armar un plafón machihembrado.

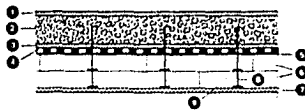


- 1 Acabado exterior de la cámara.
- 2 Muro.
- 3 Acabado interior del muro.
- 4 Barrera de vapor.
- 5 Adhesivo.
- 6 STYROLIT.
- 7 Acabado interior de la cámara.

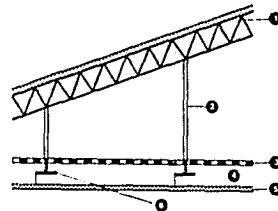


- 1 — Losa de desgaste
- 2 — Filtro de protección
- 3 — STYROLIT.
- 4 — Barrera de vapor

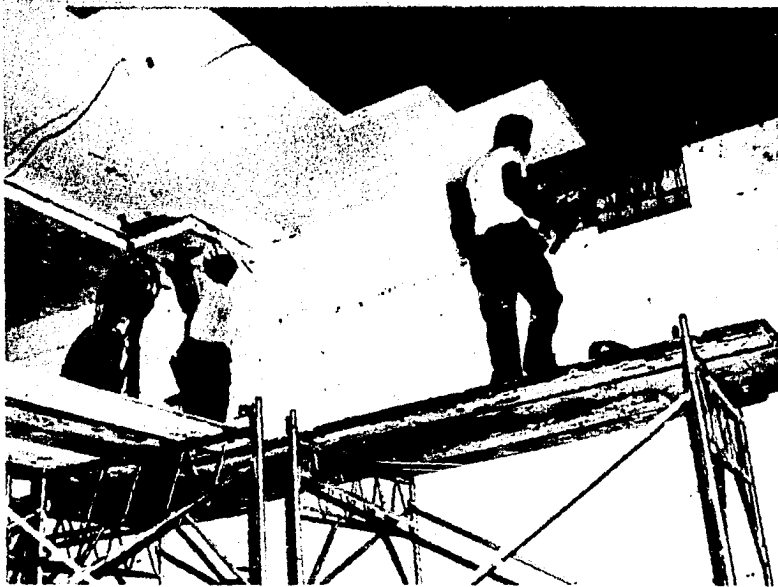
- 5 — Losa del piso
- 6 — Suelo
- 7 — Espacio libre.
- 8 — Ductos para calefacción



- STYROLIT colocada directamente bajo la losa del techo**
- 1 Acabado superior del techo.
 - 2 Losa.
 - 3 Acabado inferior de la losa.
 - 4 Barrera de vapor.
 - 5 Adhesivo.
 - 6 STYROLIT.
 - 7 Acabado inferior del techo.
 - 8 Alambre galvanizado.
 - 9 Pija de madera.



- STYROLIT colocada sobre perfiles "T" formando plafón falso**
- 1 Techo construcción ligera.
 - 2 Soporte del plafón.
 - 3 Barrera de vapor.
 - 4 STYROLIT.
 - 5 Acabado inferior del techo.
 - 6 Perfil T, soporte del STYROLIT



Colocación de placas de Espuma Rígida
de Poliestireno en una bodega refrige
rada con adhesivos en frío.

En el caso de los plafones podemos distinguir 2 grandes grupos: los de suspensión oculta y los de suspensión visible - de aluminio. En ambos casos las recomendaciones son similares variando exclusivamente la colocación final de los plafones.

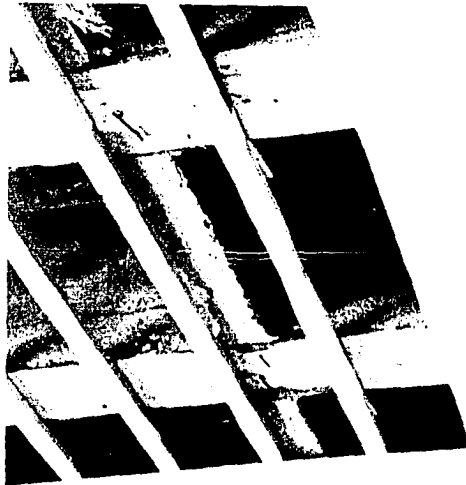
En el caso de los de suspensión oculta podemos distinguir a su vez 2 grupos: el plafón fijo y el movable. El plafón fijo generalmente se adhiere a una suspensión oculta de madera por medio de dispersiones plásticas como adhesivo, como lo muestra la siguiente fotografía.



En el caso del plafón movable se coloca sobre tees de aluminio galvanizado, estando la placa de Espuma Rígida de Polies

tireno previamente ranurada.

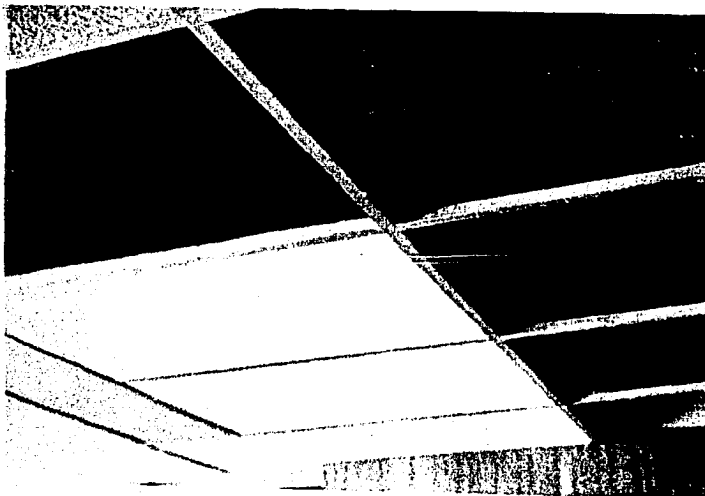
Esta placa de Poliestireno se fabrica por medio del moldeo - al vapor con una densidad aproximada de 35 Kg/m³, y tiene ya el terminado en el mismo molde. El espesor de la placa es - de aproximadamente 1.27 cm. ($\frac{1}{2}$ "). Debido a que en México no contamos a la fecha con moldeadores de este tipo de plafón - no ha tenido el mismo auge que en Europa y Norteamérica, --- existiendo un mercado amplísimo.



Plafón falso con suspensión oculta de
madera.

El plafón de suspensión visible es el que conocemos en el - mercado mexicano y consta de una placa de Espuma Rígida de Poliestireno que generalmente va recubierta en la superfi--

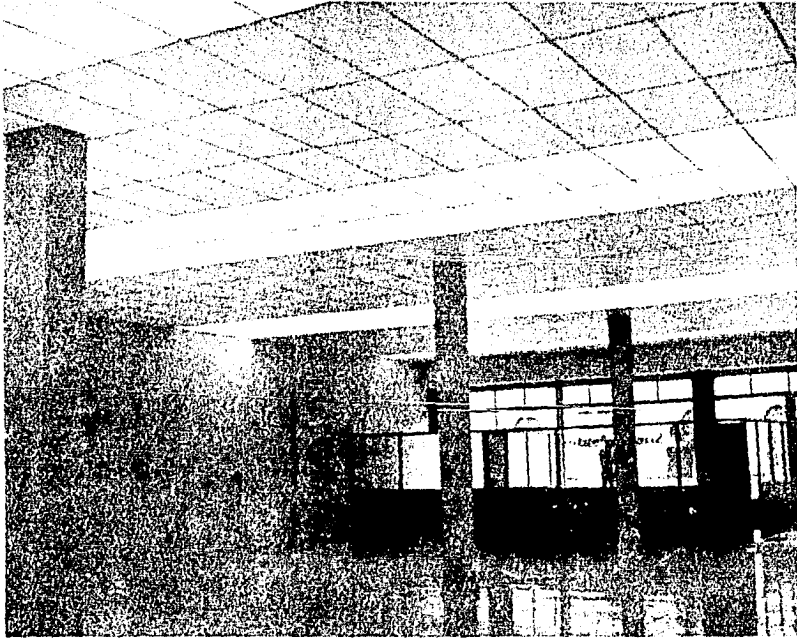
cie visible con PVC (cloruro de polivinilo) o con un mortero plástico imitación tirol. La densidad de estas placas es de aproximadamente 23 Kg/m³ y su espesor de 2.54 cm. (1").



Plafón falso con suspensión visible.

Las recomendaciones generales para ambos casos son que las - placas vayan en material auto extingible según DIN 4102, -- que los pegamentos usados esten libres de solventes aromáticos y naturalmente mano de obra especializada ya que debido a la ligereza de la placa y su poca resistencia a las cargas

locales de construcción es fácil dañarla.

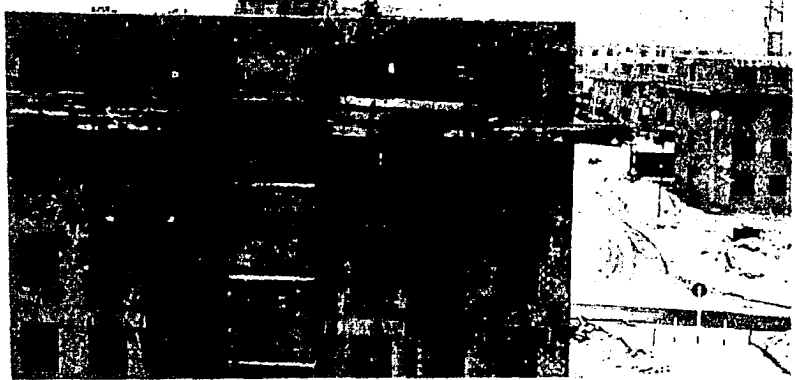


Plafón falso combinado en placas de
Espuma Rígida de Poliestireno y placas
lumínicas de acrílico. Suspensión
visible de aluminio.

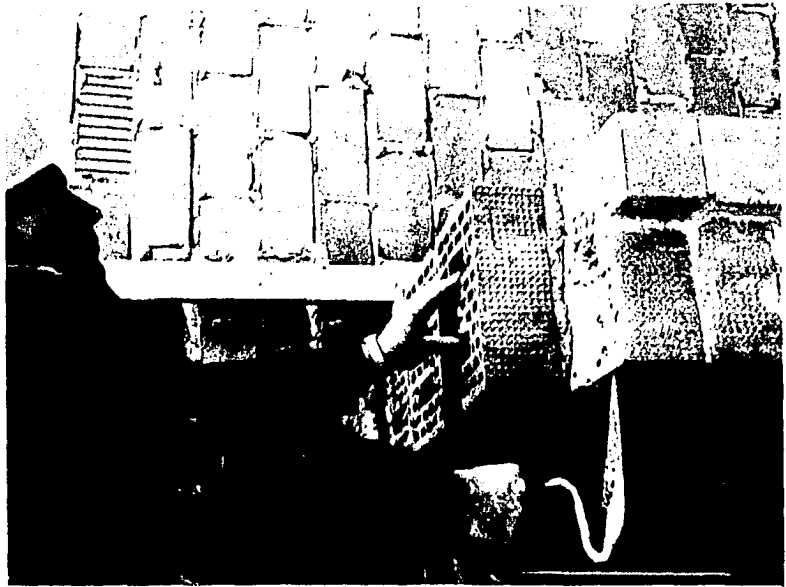
Para terminar el presente trabajo mencionaremos someramente los nuevos desarrollos que ha tenido el Poliestireno Expansible y la Espuma Rígida de Poliestireno.

De la invención del Ing. sueco Sven Fernhof es el ladrillo - de baja densidad "Poroton" el cual se elabora mezclando perlas preexpandidas de Poliestireno Expansible con el barro común y esta mezcla es moldeada y cocida de la forma usual. - En el momento del cocido el Poliestireno Expansible se disuelve dejando el ladrillo terminado lleno de huecos esféricos.

El "Poroton" tiene 2 ventajas, es técnicamente valioso y es económico ya que su baja densidad reduce los costos de transporte y las estructuras de ladrillo pueden erigirse más rápidamente debido a que ladrillos de mayores dimensiones pueden ser manejados fácilmente. Tiene todas las características - del ladrillo común: toma poca humedad, es permeable al aire y es resistente al frío. Su resistencia a la compresión es menor que la de ladrillos convencionales, pero en la práctica es más que suficiente. Es posible conseguir resistencias a la compresión de 50 a 150 Kg/cm² y densidades de 0.6 a 0.9 Kg/dm³ siendo esto suficiente para muros de carga.



Colocación de ladrillos "Poroton" -



Conjunto habitacional construido en
Alemania a base de ladrillos de ba-
ja densidad "Poroton".

La Badische Anilin & Soda Fabrik A. G. (BASF) investigó hace algunos años el uso de las perlas del Poliestireno Expansible como agregado de bajo peso para el concreto siendo el único problema en aquella época el costo tan alto de la materia prima.

A fines de 1967 volvió a surgir la posibilidad de utilizar el Poliestireno Expansible como agregado ya que el precio en el mercado bajó considerablemente.

El concreto ligero con Poliestireno Expansible difiere de otros tipos de concreto ligeros ya que contiene aire en $2/3$ a $3/4$ de su volumen, estando éste entrampado en celdas completamente cerradas. Este aire entrampado hace que el material sea un magnífico aislante y también hace posible la producción de concretos con una densidad hasta de 0.3 Kg/dm^3 .

La superficie casi esférica de las perlas de Poliestireno Expansible contribuye a la resistencia mecánica del concreto ligero. Es fácil añadir la cantidad correcta de perlas deseadas para un concreto de una densidad determinada, siendo las propiedades mecánicas de dicho concreto reproducibles. El rango del material se extiende desde concretos sumamente ligeros hasta concretos que pueden llenar una función de carga. Los rangos de resistencia a la compresión puede variar desde 8 Kg/cm^2 a una densidad de 0.3 Kg/dm^3 hasta 30 Kg/cm^2 a una densidad de 0.6 Kg/dm^3 .

La manufactura de este tipo de concreto ligero puede ser hecha siguiendo los métodos convencionales, pudiendo en caso dado, agregar un agente de unión para asegurar que el cemento cubra uniformemente la superficie de las perlas de Poliestireno Expansible.

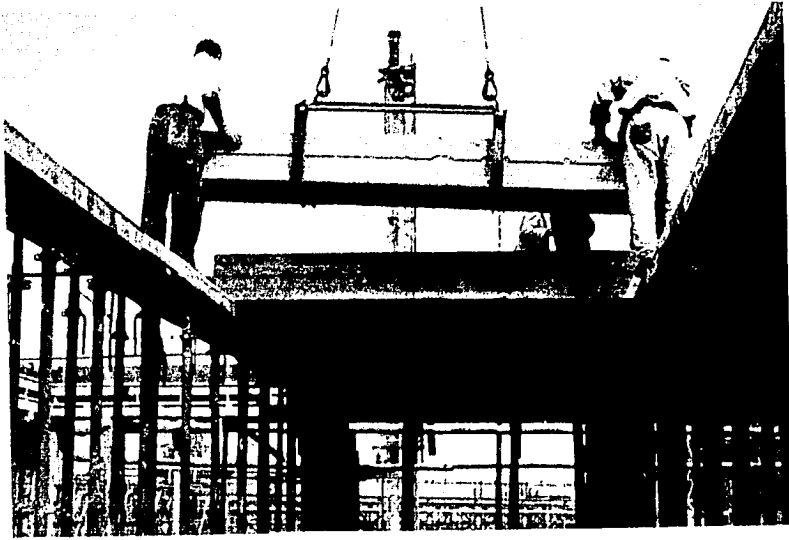
Este tipo de concreto ligero como nuevo material no ha sido

todavía incluido en las especificaciones, estando en principio de desarrollo.

En las fotografías subsecuentes mostramos 2 de las principales aplicaciones que están siendo desarrolladas con este tipo de concreto. La primera como traves prefabricadas y la segunda como cama para los durmientes de ferrocarril obteniendo una protección magnífica contra el frío.



Traves elaboradas con concreto ligero a base de perlas preexpandidas de Poliestireno Expansible.



Otro aspecto de la colocación de las
traves alatoradas con concreto ligero
a base de perlas preexpandidas de
Poliestireno Expansible.



Cama de concreto ligero a base de
perlas preexpandidas de Poliesticeno
Expansible para poder lograr velocidades
de 300 Km/h. El ferrocarril corre de la
Cd. de Bamberg a la de Forchheim, Alemania
Occ.

A principios del año de 1968 se empezó a investigar la posibilidad de utilizar el Poliestireno Expansible o el Poliestireno Expandido como precaución para evitar los daños en las carreteras por las bajas temperaturas en el subsuelo.

Como sabemos los daños causados en las carreteras por la -- congelación de los suelos debido a la interacción del agua y las temperaturas bajo 0, en ciertos países son muy considerables.

En la actualidad para prevenir estos daños el suelo es reemplazado por grava u otro material inmune hasta la profundidad en que la helada pueda penetrar. Naturalmente el anterior remedio era considerablemente caro en materiales y mano de obra.

La BASF habló por primera vez de la posibilidad de utilizar el Poliestireno Expansible para remediar este problema en -- Noviembre de 1966, pero hasta Diciembre de 1967 fue posible llevarlo a la práctica.

La forma en que se propuso la solución del problema fue presentada en 2 maneras distintas:

- 1.- Utilizando placas de Poliestireno Expandido de alta densidad (40 a 60 Kg/m³);
- 2.- Perla de Poliestireno Expansible utilizadas como -- agregado en concreto ligero.

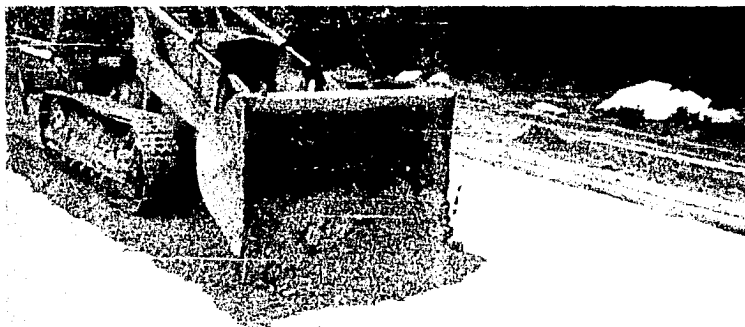
Con respecto al primero de los casos comentaremos que en -- Alemania, Norteamérica, Japón y particularmente en Escandinavia y Suiza un largo número de carreteras han sido preparadas con placas de Poliestireno Expandido obteniéndose resultados satisfactorios. El espesor de dichas placas ha variado entre 3 y 5 cm. El método que se ha seguido en todos

los casos ha sido el de colocar una base de arena compactada, después la capa de aislamiento a base de Poliestireno - Expandido y finalmente ésta cubierta con una capa de grava de 15 a 20 cm. de espesor. Sobre esta capa pueden utilizar se cualquiera de los métodos convencionales de carpetas ya sea en concreto asfáltico o concreto reforzado.

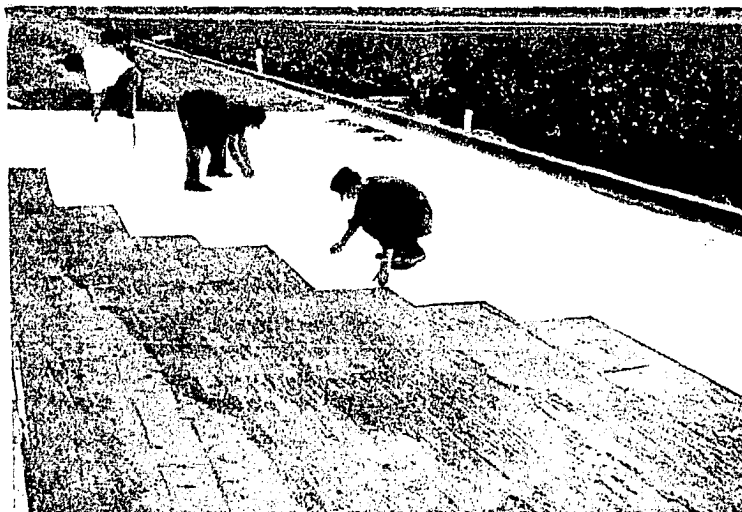
Con respecto al aislante a base de concreto ligero con perlas de Poliestireno Expansible podemos decir que la diferencia mas notoria con el método anterior es que la capa aislante puede ser usada como superficie de carga reduciendo - el espesor total de la sección y por lo tanto haciéndola -- mas económica.

El concreto ligero tiene una densidad de 500 a 600 Kg/m³ y es preparado "in situ" por las revolvedoras convencionales y puede ser colocado con las máquinas de construcción normales. Otra ventaja es que las irregularidades del subsuelo pueden ser ignoradas y no es necesario colocar la base de arena, teniendo también que la carpeta puede ser tendida directamente sobre el concreto ligero sin que haya necesidad de una capa protectora.

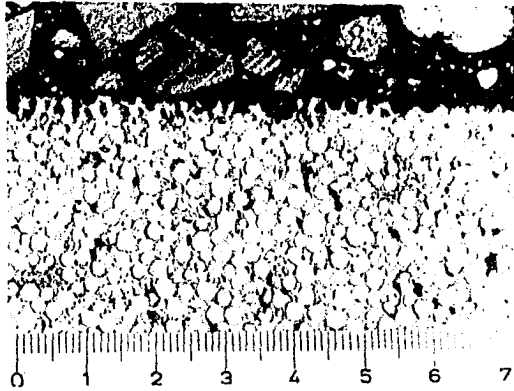
A continuación ejemplificaremos por medio de fotografías - los 2 métodos.



Colocación de la base de arena compactada
para posteriormente colocar el aislamiento.

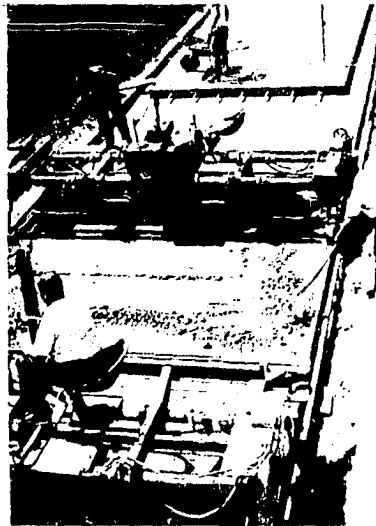


Colocación de placas de Espuma Rígida de
Poliestireno como aislante térmico para
carreteras.



La fotografía muestra la capa de concreto ligero utilizada en este caso como aislante. En la parte superior podemos ver el principio de la capa de concreto asfáltico.

La fotografía muestra la colocación de la capa de concreto ligero a base de Policistireno Expansible que servirá en este caso como aislante a la carretera.



B I B L I O G R A F I A

- 1.- T. H. Ferrigno. RIGID PLASTICS FOAMS.
- 2.- F. Stastny. DER PLASTVERARBEITER.
F. Stastny, K. Köhling. DER PLASTVERARBEITER.
F. Stastny, K. Köhling. DUNSTSTOFFE.
- 3.- Grünzweig & Hartmann A.G. IMPRESO NO. 104.
- 4.- W. Schaupp, Heralinth-Rundschau. 1959 CUADERNO 48
- 5.- J. S. Cammerer. TABELLARIUM ALLER WICHTIGEN GROBEN
FUR WARME-UND KALTESCHUTZ.
- 6.- Ministerio Federal de la Vivienda, Bad Godesberg.
WARMESCHUTZ, ABER RICHTIG.
- 7.- L. Sautter. WARME-UND FEUCHTIGKEITSSCHUTZ IM HOCH-
BAU.
- 8.- K. Köhling, Baupraxis. 1960 CUADERNO 12
- 9.- Deutsche Frigolit GmbH. IMPRESO D 32
- 10.- J. S. Cammerer, Heraklith-Rundschau. CUADERNO 22
- 11.- Walter Henn. DAS FLACHE DACH, BAUMEISTER CUADERNO
7
- 12.- Rainer Wolf. BAUMEISTER, CUADERNO 1.