

Martín Meléndez, Orlando Espinosa  
Kurt Rhyner, Marcelo Noboa



# Un techo que cubre al mundo: la Teja de MicroConcreto

## TMC



Un libro para conocer el techo sustentable  
ecológica y económicamente

# Un techo que cubre al mundo: La Teja de MicroConcreto (TMC)



Un libro para conocer  
el techo sustentable  
ecológica y económicamente.



LA RED DEL HÁBITAT ECOLÓGICO Y ECONÓMICO

2004

**COLECTIVO DE AUTORES:**

Martín Meléndez  
Orlando Espinosa  
Kurt Rhyner  
Marcelo Noboa  
et al.

© Sobre la presente edición: EcoSur, 2004.

**Diseño: Jorge García Sosa**  
**Corrección de estilo y revisión final: Paul Moreno Arteaga**

**Editado por EcoSur**  
La Red del Hábitat Ecológico y Económico

Schatzgutst. 9, 8750 Glarus, Switzerland.

A.P. 107, Jinotepe, Carazo, Nicaragua

**[www.ecosur.org](http://www.ecosur.org)**  
**[ecosur@ecosur.org](mailto:ecosur@ecosur.org)**



## INTRODUCCIÓN

*En cada taller que he impartido durante estos años de trabajo con la Teja de MicroConcreto, las personas que se inician en la producción aspiran a que se les suministre una especie de “biblia o enciclopedia de la Teja de MicroConcreto”, donde puedan encontrar respuestas a todas sus dudas e interrogantes. También los encargados de tomar las decisiones, muchas veces preguntan qué se necesita para fabricar Teja de MicroConcreto de alta calidad y con eficiencia.*

*El libro que hoy ponemos en sus manos pretende satisfacer ambas expectativas. Está escrito con un lenguaje claro y sencillo, con el objetivo de que sea comprendido por todos los que quieran conocer esta tecnología —sea cual sea su nivel educacional y técnico—, desde la selección de las materias primas, pasando por el proceso de fabricación, el control de la calidad, y el techado, hasta el mantenimiento de las cubiertas. También abunda sobre la maquinaria y los equipos indispensables en el proceso.*

*Como base tomamos el primer diccionario de la Teja de MicroConcreto, editado en 1995 por EcoSur, que durante muchos años sirvió de manual para productores y técnicos en diversas partes del mundo. Sin embargo, ante el auge de la Teja de MicroConcreto y las investigaciones que han perfeccionado la tecnología, surgió la necesidad de corregir y am-*

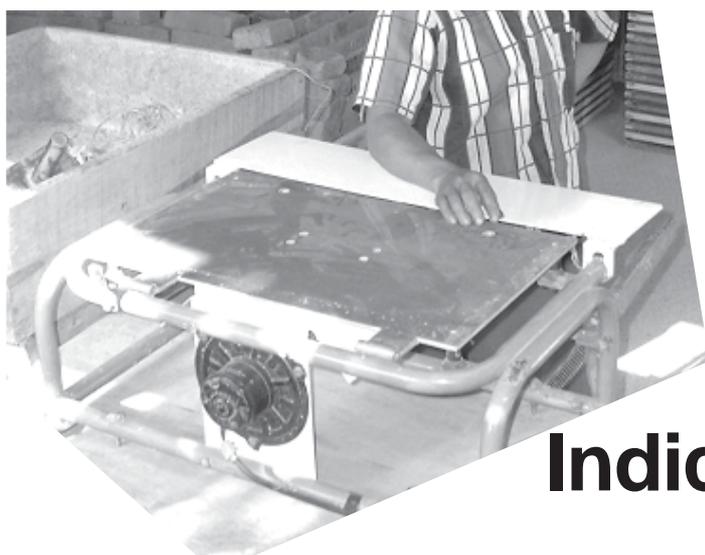
*pliar aquel, para convertirlo en el más completo compendio editado hoy sobre el tema.*

*Los documentos que aquí aparecen no son de mi autoría, las opiniones sí, y el criterio de selección. Mi mérito, si existe, es el haberlos buscado y recopilado para publicarlos en un solo volumen que pueda ser usado, a manera de manual, por los que se inician o quieran encontrar mejores soluciones al producir la Teja de MicroConcreto.*

*Por consiguiente, agradezco a todos los autores que han investigado o publicado sobre la Teja de MicroConcreto, cuyos textos aparecen en esta recopilación, específicamente Jorge Acevedo, Kurt Willi, Ruben Bancrofft, Víctor Martínez, Wilfredo Santana, Christian y Catherine Hönger, el colectivo de SKAT y Gilbert Brys, y muchos otros que encontrarán en el libro párrafos, frases e ideas de su autoría.*

*Espero que este libro responda, sino todas, la mayoría de las preguntas de quienes se introduzcan en el mundo de la Teja de MicroConcreto, así como de aquellos que quieran seguir investigando o mejorando los resultados en sus talleres o continuar investigando sobre el tema.*

**Martín Meléndez**



# Indice

<b>Introducción .....</b>	<b>3</b>
<b>Capítulo 1: Presentación de la Teja de MicroConcreto, TMC* .....</b>	<b>7</b>
1.1 Características técnicas .....	8
1.2 Materias primas .....	9
1.3 Principales tipos de tejas y accesorios .....	9
1.5 Ventajas de la TMC .....	12
1.6 Limites de aplicación de la TMC .....	12
<b>Capítulo 2: Conduccion y gestión del taller .....</b>	<b>16</b>
2.1 Manejar un negocio de TMC .....	16
2.2 Pequeño o grande? ¿Cuál es más productivo? .....	16
2.3 ¿Mercado formal o informal? .....	18
2.4 Cómo controlar los costos .....	18
2.5 ¿Cómo permanecer en el mercado? .....	20
2.6 Viabilidad económica .....	21
<b>Capítulo 3: Equipamiento de producción .....</b>	<b>23</b>
3.1 Máquina vibradora .....	23
3.2 Los moldes .....	25
3.3 Implementos necesarios en un taller con una máquina y 200 moldes, para producir 16 m2 de techo .....	27
<b>Capítulo 4: Infraestructura del taller .....</b>	<b>30</b>
4.1 Recomendaciones .....	31
4.2 Elementos y componentes del taller .....	31

\*A partir de este momento se abreviará Teja de MicroConcreto como TMC

<b>Capítulo 5: Selección de la materia prima .....</b>	<b>35</b>
5.1 Cemento .....	35
5.2 Áridos .....	39
5.3 Agua .....	51
5.4 Relación agua-cemento .....	51
5.5 Uso de pigmentos minerales .....	54
5.6 Aditivos .....	57
5.7 Elementos de fijación de las tejas .....	58
<b>Capítulo 6: Proceso de producción .....</b>	<b>59</b>
6.1 Diseño de la mezcla de hormigón para la TMC .....	59
6.2 Fabricación de la lámina de mortero .....	72
6.3 Curado en molde .....	77
6.4 Desmolde .....	78
6.5 Curado húmedo y a vapor .....	82
<b>Capítulo 7: Verificación de calidad en el producto terminado .....</b>	<b>85</b>
7.1 Ensayo de flexión .....	85
7.2 Ensayo de impacto .....	88
7.3 Ensayo de permeabilidad .....	90
7.4 Ensayo de dimensión y forma .....	91
7.5 Ensayo de porosidad y fisuración .....	92
7.6 Ensayo del peso .....	92
7.7 Ensayo de ensamblaje de la teja .....	93
<b>Capítulo 8: El techo .....</b>	<b>95</b>
8.1 Estructuras de madera .....	95
8.2 Estructuras metálicas .....	103
8.3 Viabilidad ecológica y social .....	107
<b>Glosario .....</b>	<b>110</b>
<b>Bibliografía .....</b>	<b>121</b>



## CAPITULO 1

### Presentación de la Teja de MicroConcreto, TMC\*

El mayor problema de las viviendas de bajo costo en los países de Latinoamérica es el techo, básicamente, por los precios, pero también por la calidad y su durabilidad. Cuando hablamos de la casa casi siempre nos referimos a ella como “nuestro techo”, pues, intuitivamente, la población reconoce que esta constituye la parte más importante de una vivienda.

Ahora, ¿cuál es el techo más apropiado para las viviendas en países del Tercer Mundo? El seminario de San Juan (República Dominicana, 1991) definió muy bien sus características: “...debe estar hecho con materiales locales o fácilmente accesibles, ser impermeable, aislar convenientemente el calor, liviano, tener buena presencia y sobre todo ser económico, duradero y de fácil mantenimiento”.

En la actualidad, la mayor parte de los techos no cumplen estas reglas de oro. En todos los países cada año aumenta el déficit habitacional sin mencionar la disminución en la reparación de techos. Otra causa que agrava la mala calidad de éstos son los huracanes, a cuyo paso lo perdemos totalmente o se daña más todavía, y sin dinero para restaurarlo correctamente.

Según el seminario de San Juan, las cubiertas ligeras son las más adecuadas integralmente para edificaciones en el trópico húmedo, y nosotros agregamos que también en el altiplano andino y en zonas sísmicas.

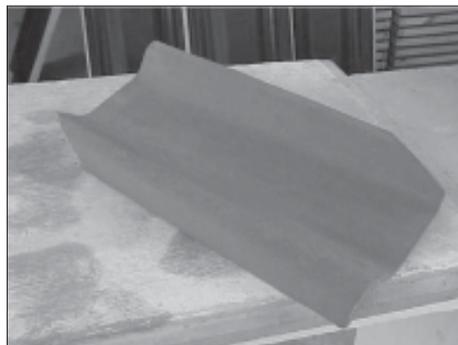
Estas cubiertas ligeras son (frente a las soluciones últimamente tan utilizadas de cubiertas pesadas monolíticas) mucho más económicas y adecuadas térmicamente, por lo cual deben ser preferidas en el marco de la estrategia anteriormente planteada y de las limitaciones que actualmente enfrentan nuestros países.

Los elementos de techos más utilizados hoy son las losas de hormigón, las planchas de asbesto cemento o de zinc, y las tejas de barro. Todos con excepción de la última, contienen un alto contenido de divisas y su costo inhabilita al sector más pobre de la sociedad. La teja de barro, por otro lado, implica un proceso de deforestación propio de su quema final.

\*TMC es la abreviatura de Teja de MicroConcreto

Por eso creemos que la teja de micro concreto compite con todas las anteriores, convirtiéndose en una opción viable desde el punto de vista económico, técnico y ecológico.

La TMC está siendo utilizada en muchos países, sobre todo de América Latina (República Dominicana, Honduras, El Salvador, Nicaragua, Perú, Ecuador, Jamaica, Haití, Bolivia, Cuba, Panamá, Brasil, Costa Rica, Colombia, Guatemala, México); de África (Costa de Marfil, Burkina Faso, Nigeria, Ghana, Tanzania, Madagascar, Kenya, Zimbabwe, Namibia, entre otros); Asia (India, Nepal, Viet Nam, Laos, Sri Lanka, Bangladesh, Filipinas y Tailandia); y Asia Central (Tadjikistan),.



Podemos afirmar que la teja de micro concreto se revela como una nueva solución para el techo, o mejor dicho, una variante de un techo antiguo muy querido y utilizado. Se fabrican varios tipos de tejas (solo la forma varía): romana y canalón; además, cuenta con accesorios tales como caballete, laterales o botaguas y tapa honda para cumbre. Están fabricadas con arena, cemento y, en ocasiones, colorantes.

La TMC es un material de cubierta, cuyas cualidades térmicas, hidráulicas, acústicas, de duración y resistencia mecánica a los impactos son iguales o superan las de otros similares.

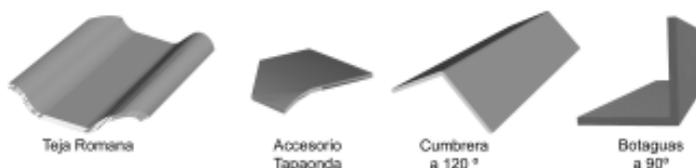
### 1.1 Características técnicas

PRODUCTO	Teja de 8mm	Teja de 10mm
Unidades / m <sup>2</sup>	12.5u	12.5u
Dimensión neta (mm)	500x250	500x250
Dimensión útil (mm)	400x200	400x200
Peso (kg) aprox. unidad	2.5	3.00
Peso (kg) aprox. m <sup>2</sup>	31.2	37.5
Conductividad térmica	0.5 Watt/m °C	0.5 Watt/m °C
Durabilidad	Hay techos en buen estado con más de 20 años	
Resistencia: FLEXIÓN	Más de 60 kg	Más de 80 kg
Resistencia: IMPACTO aprox., con esfera de 220 g	Caída libre de una altura de 300 mm	Caída libre de una altura de 400 mm
Rendimiento cemento, aprox. bolsa de 50 kg	80 u	64 u
Rendimiento cemento aprox. / bolsa de 42.5 kg	68 u	54 u
Producción de tejas: HOMBRE / DÍA	100 a 200	100 a 200
Pendiente mínima recomendable	30 %	30 %

### 1.2 Materias primas

El microconcreto está caracterizado como un “hormigón de altas prestaciones”. Las materias primas son cemento tipo Pórtland, arena de buena granulometría y agua limpia. Para lograr efectos especiales a veces se usan colorantes y aditivos como plastificantes. Es importante mantener en todo momento un control estricto sobre la calidad de estas materias primas y su correcta dosificación. En los capítulos 5 y 6 se dan instrucciones precisas sobre el tema.

### 1.3 Principales tipos de tejas y accesorios



Se define como caballete, la línea horizontal resultante del encuentro de dos tendidos de tejado que desaguan en direcciones opuestas. El accesorio de MicroConcreto que se utiliza para cubrir el caballete se denomina teja de caballete, caballete y más apropiadamente, Cumbreira.

Sin duda este es uno de los accesorios más importantes para la construcción e impermeabilización de un techo. La mayoría de los materiales para techos, tanto planchas como tejas, tienen una gama de formas y tamaños muy diversos; en el caso de la TMC existen varias, en algunos países se usan cumbreiras redondas, y en otros, angulares. Estas cumbreiras deben ubicarse con mucho cuidado, pues la mayoría de los problemas de filtraciones en los techos se deben a la mala colocación de este elemento.



**Cumbreiras redondas**



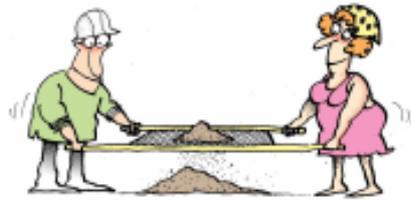
**Cumbreiras a 120°**



#### 1.4 Ciclo de producción



1.- Aprovechamiento y control de calidad de la materia prima.



2.- Tamizado de la arena.



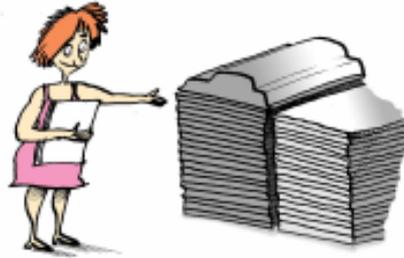
3.- Mezcla de materiales.



4.- Vibración del mortero



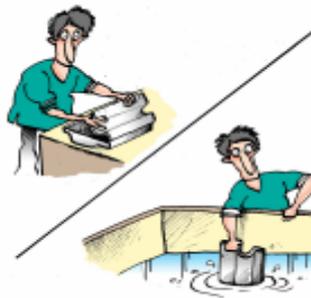
5.- Moldeado.



6.-Curado primario (24 horas).



7.- Limpieza de moldes.



8.- Desmolde y colocación en la tina.



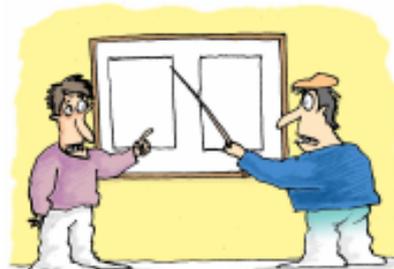
9.- Curado húmedo (7 días).



10.- Curado a la sombra (21 días).



11.- Control de calidad y venta.



12.- Servicio al cliente.

### 1.5 Ventajas de la TMC

**Producción local:** Puede ser producida localmente, sin necesidad de materia prima importada, en la mayoría de los países y en el que se disponga de cemento suficiente a bajo costo.

**Adaptabilidad económica:** adaptable a cualquier escala de producción, incluyendo unidades familiares. La técnica de fabricación puede ser dominada por casi cualquier persona utilizando adecuados recursos de aprendizaje.

**Comportamiento físico:** comportamiento acústico y térmico superior al de las planchas metálicas o de asbesto cemento.

**Comportamiento climático:** la TMC ha demostrado en la práctica su adaptabilidad a los diferentes climas y a diversidad de fenómenos naturales. Se está utilizando en Los Andes a más de 4.200 m sobre el nivel del mar, con buenos resultados para mantener el calor dentro de las viviendas, y también en el Caribe, donde se necesita fresco en el interior. También en esta área ha soportado sismos y huracanes sin mayores problemas; comprobado durante varios terremotos en Centroamérica y ante un número de huracanes como Gilbert, Lily, George, Mitch, Michelle y otros.

**Colocación de la TMC:** requieren menos madera para el soporte, en comparación con las otras conocidas; son más económicas e igualmente duraderas.

### 1.6 Límites de aplicación de la TMC

Se ha hablado mucho de las bondades de la TMC, sin embargo, para el productor y el constructor es igualmente importante conocer los límites de aplicación de una tecnología.

#### Límites climáticos

Una teja bien elaborada prácticamente no tiene límites de aplicación en cualquier lugar donde el ser humano puede vivir. No obstante, es mucho más difícil y costoso producir buenas tejas en lugares fríos. Si la temperatura ambiental baja de 0°C, hay que tomar precauciones en la producción, en consecuencia la eficiencia baja y los costos suben.

#### Límites culturales

En la gran mayoría de los países de América, la teja es considerada un elemento clásico y bonito. La combinación de lo tradicional (forma), con materiales modernos (cemento) garantiza la aceptación en casi todas las situaciones. Para mejorar la imagen, se fabrica la teja coloreada con pigmentos o se le aplica pintura acrílica.

No obstante, en ciertas aplicaciones dentro de cascos históricos será necesario producir una teja de forma colonial. En algunos casos se ha observado que, contrario a toda lógica, la teja es considerada menos deseada que las planchas de zinc. Este fenómeno se da entre el campesinado de la región sur de la República Dominicana, donde poseer "una casa de zinc" denota un estándar de vida superior al general.

#### Reglamentos de construcción

En todos los países existen reglamentos o códigos de construcción, y cada edificio tiene que pasar un proceso de aprobación. No obstante, en la gran mayoría de

los casos no se cumple esos requisitos, sobre todo fuera de los centros urbanos.

Sin embargo, si las edificaciones se levantan con financiamiento de un banco o de una entidad estatal, por lo regular hay que presentar los planos para su aprobación. Se ha observado confusión sobre el tipo de normas a aplicar, y a veces se han cometido fallas un tanto raras, como en aquel caso donde un funcionario aplicó las normas de losas de hormigón, y por supuesto, encontró la teja como “no apta para construcciones donde pueden encontrarse personas u objetos de valor”. En este mismo lugar se aprueban a diario techos de tejas de barro sin mayor cuestionamiento.

Para evitar problemas de este tipo es importante que en cada país los productores de TMC se interesen por el establecimiento de normas de TMC, o bien de asegurar que esta sea aceptada en igualdad con otros tipos de tejas (de barro y de cemento prensado). Al efecto, puede servir de base el “Manual de control de calidad”, publicado por el CECAT.

### **Huracanes y terremotos**

Para resistir los efectos del viento, un factor fundamental es el peso de la cubierta, pero también entra en juego la forma del techo y la calidad en la colocación de las tejas.

En Nicaragua se acumula una amplia experiencia con vientos fuertes, lo que ha extendido la práctica de fijar todas las tejas de los bordes con un alambre adicional. De esta forma no se han reportado daños. El Huracán “Gilbert”, que hizo tanto daño en Kingston, Jamaica, en 1989, no dañó los techos de TMC, a pesar de que no estaban fijadas a la estructura y que la forma de los techos no se ajustaba a las instrucciones (grandes espacios abiertos y aleros). Pero, sin duda habrá vientos que lograrán hacerle daño a un techo de TMC, las fuerzas de la naturaleza no son calculables ni previsibles.

En los terremotos es una ventaja fundamental contar con una cubierta liviana, que hará menos fuerza sobre la estructura. Un techo de TMC se considera liviano y por lo tanto, no debe influir negativamente en un terremoto. Si las tejas han sido fijadas correctamente, no existe el peligro de que se puedan correr, lo cual sí ocurre con las tejas de barro.

### **Inclinación del techo**

Sobre todo en grandes naves o en reconstrucciones de techos existentes puede existir un límite real. Para garantizar la impermeabilidad se debe respetar una pendiente mínima del 30%. Existen muchos edificios con menor pendiente, pero si las lluvias son acompañadas de fuertes vientos o si las tejas no son de óptima calidad, pueden ocurrir filtraciones.

Si la teja solamente es un elemento decorativo o si existe otra capa impermeable debajo de la teja, la pendiente podrá ser inferior al 30%.

### **Estructura del techo**

Según las condiciones del lugar, la estructura o artesón puede ser mucho más problemática que la cubierta misma. La teja necesita de una estructura bien definida y elaborada con exactitud.

Ya que mucha gente asocia la TMC con la teja de barro colonial o con las tejas pesadas de concreto prensado, se mantiene la idea que la TMC demanda una estruc-

tura complicada, pesada y cara.

El peso de la TMC es el justo para asegurar que un viento no la vaya a mover, pero al mismo tiempo es lo suficientemente liviana como para no obligar a reforzar la estructura. El peso por metro cuadrado, 35 kg, es inferior al valor que se calcula a todo techo por razones de fuerza de viento o del peso de los obreros instalando la cubierta.

Aparentemente, la teja necesita más elementos horizontales (perlines, reglas, etc.) que un techo de zinc o de planchas de asbesto cemento, pero aún aquí la vista engaña. Una regla delgada cada 40cm utiliza menos o igual cantidad de madera que una regla gruesa cada 80 ó 90 cm. De ahí también el error de concepto cuando se habla de hacer tejas más grandes (la teja más larga necesita menos reglas, pero éstas a la vez serán más gruesas...)

Además de las soluciones tradicionales de madera, existen nuevas variantes de estructura, utilizando elementos de concreto reforzado, cerchas metálicas, perlines metálicos, etc. Es en esta área dónde queda mucho campo para optimizar el uso de la teja.

En resumen, la estructura del techo casi siempre es un problema serio, pero casi nunca será un límite de aplicación para la teja de micro-concreto.

### **Calidad de la teja**

Dentro de la TMC existe gran variedad de calidades, y es exactamente allí donde se encuentran más límites de aplicación que en cualquier otro renglón.

### **Forma**

Cada teja debe de ser inspeccionada para comprobar su forma. Una sola descuadrada o deformada puede arruinar un techo completo, tanto por su apariencia como por su eficiencia, puesto que por ahí mismo entrará el agua durante una tormenta y ahí mismo un viento fuerte puede comenzar el daño.

### **Resistencia**

El punto más evidente en la calidad de la teja es su resistencia y cada productor pretende obtener la teja más fuerte. No obstante, pocas fábricas aplican un control regular sobre su producción. Sobre todo cuando se cambian las materias primas (arena, cemento) la preocupación por la calidad debería ser mayor.

### **Precio**

Siempre habrá mercado para la teja, mientras sea barata. Hay varias formas de bajar el precio, sin afectar la calidad. Mejor organización de la fábrica y un sistema de vinculación del salario a la producción (calidad y cantidad) es el instrumento más eficiente. Pero se necesita un sistema de control de calidad y cantidad. Los talleres pequeños deben contar con la supervisión directa de su dueño, mientras que en fábricas más grandes, con varios equipos, se justifica la contratación de personal.

También el precio de las instalaciones y la seguridad (pago de guardianes) pueden incidir en los costos de producción. Hay que buscar un balance razonable entre el nivel de producción y los costos de la infraestructura, de acuerdo con la situación de

cada taller. En este momento existe tanta holgura para calcular los precios en la mayoría de los casos, que fácilmente el productor puede olvidarse de optimizar sus costos.

### **Ventas y asesoría**

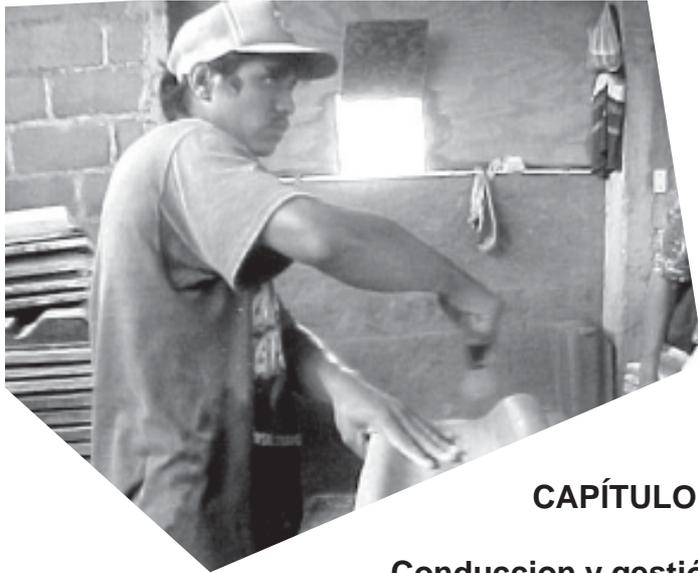
Evidentemente, el mayor límite para la aplicación de un producto es cuando el mercado no lo conoce.

No hay recetas para propagar la TMC, ya que la palabra “venta” incluye un sinnúmero de factores en parte contradictorios. Fundamentalmente, esto depende de las actitudes de los vendedores. Se necesita garantizar no solamente un producto “bueno, bonito y barato”, sino también un sistema de apoyo detrás, tanto de nivel técnico como en publicidad. Cada persona interesada debe encontrar respuestas a sus preguntas e inquietudes acerca de la teja. Es evidente que la variedad de estas preguntas será enorme y van desde lo más fundamental hasta lo más difícil. Una sola persona no podrá contestarlas todas, por lo que debe prepararse un sistema de apoyo técnico y empresarial que garantice una sólida atención a los usuarios de TMC.

### **Resumen**

Evidentemente, gran parte de los límites de aplicación de la teja pueden ser influenciados por la acción de las personas involucradas, tanto en sentido negativo como positivo.

La producción de la teja y su colocación en el techo constituyen procesos manuales, ayudados por equipos materiales, pero en su esencia son acciones de personas. La buena voluntad de este personal, junto con su preparación teórica y práctica son el límite mayor de aplicación de la tecnología.



## CAPÍTULO 2

### Conduccion y gestión del taller

#### 2.1 Manejar un negocio de TMC

La TMC se produce en cerca de 25 países. En América Latina, donde esta tecnología ha acumulado mayores éxitos: a finales del 2003 se habían fabricado más de 24 000 000 m<sup>2</sup>, equivalentes a unos 350 000 techos. El valor de las TMC vendidas sobrepasa los 72 millones de dólares.

Unos 650 talleres en 14 países latinoamericanos están produciendo TMC, y los compradores van desde grandes proyectos de viviendas hasta clientes privados, de simples viviendas rurales hasta mansiones lujosas. La calidad de las tejas varía grandemente de excelente a deficiente, y la aplicación de las normas del producto no es tarea fácil de cumplir.

La TMC es una tecnología que se ajusta perfectamente a los pequeños negocios, que satisfacen la demanda local. Muchos de ellos operan en el mercado informal y el mercadeo se basa solo en la reputación del propietario y sus productos. Sin embargo, existen talleres más grandes, y por supuesto muchos vendiendo a la industria de la construcción formal.

A continuación se reseña la experiencia de quince años de operación exitosa en América Latina.

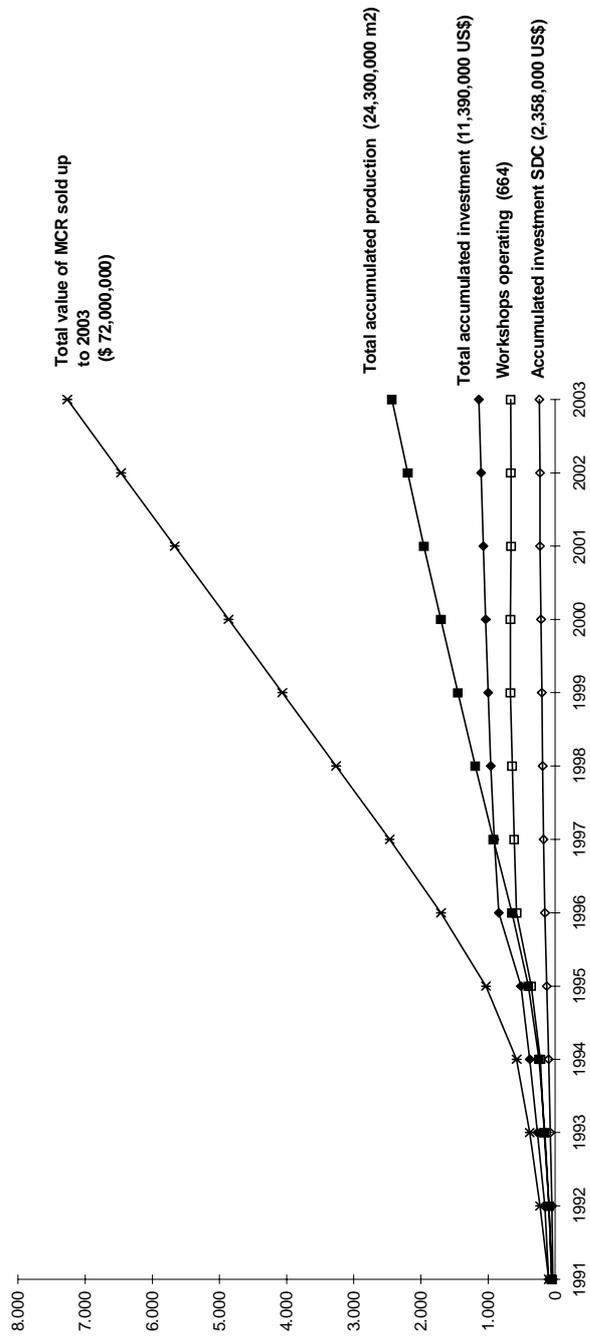
#### 2.2 Pequeño o grande? ¿Cuál es más productivo?

La tecnología está bien definida y existe el equipamiento normalizado. No obstante, la mayoría de los productores trata de introducir cambios para recortar los costos o mejorar la calidad, y en ocasiones ambos propósitos. La experiencia demuestra que esos esfuerzos generalmente no conllevan al éxito y la productividad se ve afectada.

En un taller bien administrado, debe haber una productividad diaria superior a las 100 tejas por persona involucrada en el proceso. Existen algunos talleres que producen hasta 200 tejas al día, sin embargo, la eficiencia tiende a sufrir cuando se rebasan las 150.

Para un negocio pequeño, esto significa que varias tareas sean realizadas por la misma persona. Muchos de los talleres más exitosos operan en el patio del pro-

## RESUMEN



pietario, y él (ó ella) vende, administra y produce, además de fungir como guardia nocturno. Una segunda persona fabrica las tejas y entre ambos llegan a 200 ó 300 diarias. Es probable que este taller sea muy rentable y si por alguna razón hay una baja en el mercado, los precios fijos tienden a ser bajos. Con frecuencia el empleado es un vecino o un familiar, y reaccionará comprensivamente en caso de un despido temporal.

En sentido general, existe la creencia de que un taller mayor reportaría más ganancias. Sin embargo, no es necesariamente así. Si un taller opera con tres o cuatro juegos de equipamiento y produce, por ejemplo, 1 000 tejas al día, está empleando 6 u 8 trabajadores, pero será necesario un supervisor a tiempo completo que revise la calidad y la cantidad, administre las materias primas y realice los pagos. Probablemente, ya no radique en el patio del propietario y por tanto se hace obligatorio un guardia de seguridad. El mercadeo para esa cantidad de tejas pudiera requerir otro trabajador a tiempo completo. Al final, nos encontramos con una productividad posiblemente menor que en el primer caso.

Mientras que el establecimiento pequeño puede reaccionar con bastante flexibilidad en el caso de una caída en la demanda del mercado, los más grandes son generalmente inflexibles y necesitan un capital de trabajo mucho mayor. Las relaciones de trabajo son más difíciles en un taller grande. En muchos países, las leyes de impuestos permiten que los más pequeños paguen sólo una retribución fija de poca cuantía, mientras que en las operaciones mayores exigen reportar impuestos sobre ventas, que también se añaden a la complejidad administrativa; amén de que los gobiernos locales con frecuencia cobran impuestos adicionales de acuerdo con el tamaño del negocio.

### **2.3 ¿Mercado formal o informal?**

Existen ventajas para situar el taller dentro de la economía formal. Un taller bien establecido (y legalizado) facilita el acceso a los clientes “más importantes”. Es posible anunciarse mediante carteleras u otros medios. Los arquitectos, ingenieros y las compañías de la construcción con frecuencia rehúsan comprar a los pequeños productores ocultos en un patio. Si se trabaja con préstamos de bancos o garantías del gobierno, los constructores muchas veces están obligados a comprar en el mercado formal y generar cuentas que cumplan todos los requisitos de la ley (impuestos pagados).

No obstante, también tiene sus desventajas. En una reunión con productores en Honduras, todos los asistentes manifestaron que no era conveniente poner carteles de anuncio, ya que esto podría cambiar su estatus de informal, con lo cual estarían sujetos al cobro de impuestos. Ellos están vendiendo localmente, no pagan impuestos y mantienen sus costos fijos en un mínimo. Talleres más grandes con costos más altos (impuestos de ventas añadidos) no pueden competir con ellos.

Todo productor debe analizar cuidadosamente dónde se coloca. Usted tiene que ajustar el nivel de formalidad a las demandas de los clientes, pues cada paso en ese sentido cuesta dinero y no necesariamente trae consigo precios más altos.

### **2.4 Cómo controlar los costos**

La mayoría de los talleres son administrados directamente por los propieta-

rios, que no llevan libros de cuentas. Muchos de ellos aducen que no hay ganancias, y algunas veces se quejan de perder dinero. Sin embargo, se mantienen en el negocio por muchos años, y mediante esta vía han mantenido a sus familias, han mejorado sus hogares y en ocasiones, hasta han comprado un auto siendo la TMC su único ingreso estable. Por tanto, es obvio que el negocio es rentable, pero como no hay control real, y al final de mes no hay superávit efectivo, aparentemente no existen ganancias.

Llamamos a esto "contabilidad de bolsillo". El dinero fluye al bolsillo cuando se vende y sale cuando se compra. El balance se llamaría ganancia. Pero no hay tal equilibrio, porque los gastos de vida se pagan del mismo bolsillo y siempre que se hacen inversiones. Este productor cree conocer de manera intuitiva dónde fijar el precio de las tejas, pero podría equivocarse.

Un simple apunte de todo el flujo de dinero ayuda a analizar el costo real de las tejas. Esto no es un ejercicio difícil o que consuma tiempo. Algunos lo hacen secretamente y nunca lo mostrarían a los cobradores de impuestos, ellos saben el por qué.

Sin embargo, sería provechoso mantener un control total sobre el flujo monetario y las materias primas. Principalmente en talleres mayores o donde el propietario no está presente, pues muchas veces se pierden grandes sumas por falta de control. Algunas veces es simplemente la falta de comunicación o de instrucción, lo que lleva a un empleado a cometer graves errores. Otras veces es un empleado el que ha montado un negocio vigoroso con el importe de ciertas ventas secretas.

Existe un caso donde los trabajadores reportaban una alta producción y por tanto obtenían altos pagos. Por supuesto, el consumo de cemento también era alto. No obstante, después de algunas semanas, esto llamó la atención de la administradora y se revisó la producción de todos los días. En cada pila de moldes, los diez de más abajo estaban vacíos. Los trabajadores habían hecho reportes falsos y habían vendido un par de sacos de cemento cada día. Claro está, la administradora fue recompensada por el dueño, quien le dio toda su confianza. Aprovechándose de esto, ella comenzó a realizar ventas encubiertas de tejas y logró grandes ganancias para sí misma... Descubrir el fraude le tomó al propietario varias semanas.

Reconforta hacer un análisis mensual de cada taller. ¿Cuánto cemento y cuánta arena se usó? Compare esto con la producción total y con los salarios pagados. Una teja no debe sobrepasar unos 700 g de cemento, lo cual significa que una bolsa de 50 kg debe rendir para 70 u 80 tejas, y la más pequeña de 42 kg (usada en América Central) de 60 a 70. Por supuesto, la calidad de la arena pudiera ser la diferencia, pero usted estaría consciente de esto.

Además se deben revisar también las existencias en el almacén. Si mensualmente anota el número total de tejas en el patio, luego descuenta las ventas y añade la producción del mes, obtiene la cantidad final que debe encontrar en el almacén. Es fácil, pero siempre sorprende cuán pocos propietarios practican este ejercicio regularmente, y cuando se deciden a contar, muy a menudo encuentran graves irregularidades. Usted pudiera descubrir que el administrador o el guardia, e incluso su vecino, hacen negocios prósperos con sus tejas.

Existen muchos libros sobre mercadeo y se ofrecen cursos en todos los lugares. Siempre le prometen enseñarle a mercadear y a hacer buen dinero. Todos ellos

tienen algo en común: son un buen negocio para sí mismos pero no siempre para usted. Sí, es muy conveniente que usted conozca y aplique los lineamientos para el mercadeo. Analice su segmento de mercado y conozca el costo de su producto, así como el precio por el cual puede venderlo. Basado en esto, decida cuán formal debe ser su negocio y cuánto tiene que invertir en el mercadeo.

Pero no hay recetas rápidas cuando se trata de mercadeo. El principal productor de TMC en el mundo (un colega de Honduras, al cual llamaremos Álex) nos contó una historia interesante:

Álex estaba preparado para el negocio de las tejas. Había estudiado los principales autores sobre mercadeo y construyó una cadena impresionante de talleres, que producían y vendían 10 000 tejas al día. Sin embargo, su mejor vendedor (Pedro) parecía no conocer ni las reglas más sencillas del mercadeo. Un día fueron a un pueblo pequeño y ambos salieron a vender tejas. Álex había leído la prensa local para poder intercambiar con los pobladores. Él sabía exactamente cómo calcular el número de tejas para cualquier tamaño y forma de techo, conocía los costos de transportación y, por supuesto, los métodos de venta. El vendió un techo ese día. En contraste, Pedro, quien no había leído las noticias locales, no era tan bueno en calcular y cobraba demasiado por el transporte, vendió varios techos. Álex llegó a la conclusión de que vender es mucho más que conocer la teoría, es algo que tiene que ver con la personalidad y el talento natural. Y eso es muy difícil aprenderlo.

Recientemente, un nuevo productor entró en el negocio con una táctica inusual. Le dijo a todos sus clientes potenciales que la producción ya estaba vendida y que por lo menos durante tres meses no podía distribuir ninguna. Así creó la impresión de un gran demanda por parte de una compañía constructora y la gente comenzó a pagar por adelantado para la distribución posterior. Cuando realmente empezó a distribuir las tejas, el negocio ya estaba bien establecido y una parte grande del capital de trabajo se había levantado a partir de los propios clientes.

## **2.5 ¿Cómo permanecer en el mercado?**

Los esfuerzos en la venta están generalmente asociados a una acción rápida; usted quiere vender AHORA. Sin embargo, toda venta es también una inversión en el futuro. Si trata bien a sus clientes, con calidad y un buen servicio posterior, está probablemente mejorando sus oportunidades. Encuestas a clientes en Honduras y Ecuador mostraron que la propaganda “de boca en boca” había sido la más efectiva.

Tenga en mente siempre que, finalmente, la gente no va a juzgar las tejas, sino el techo. Por tanto, debe asegurar una buena colocación del techo. Las visitas a los lugares de construcción y las instrucciones a los carpinteros pudieran ser el mejor instrumento.

Algunos de los más exitosos talleres de TMC tratan de vender el techo. Ellos poseen su propio equipo de colocadores o recomiendan a personal calificado. Así es como puede implementarse una estrategia a largo plazo sin costo adicional, e incluso, con la posibilidad de adquirir una ganancia extra. Los constructores son sus aliados o sus enemigos más importantes. Si ellos conocen su producto y les gusta, lo recomen-

darán. Si no, influirán sobre el propietario de la casa para que elija otro.

## 2.6 Viabilidad económica

En este punto es preciso enfocar la viabilidad económica de un taller de TMC. Lo que se quiere enseñar aquí, es la factibilidad que pueda tener una persona con el equipo mínimo hasta una fábrica de tamaño mediano para ser comercialmente rentables y tener beneficios.

Esto así, porque habiendo visto todas las bondades de la TMC como elemento, es necesario que también el individuo que produce o quiera producir tejas obtenga un beneficio por su trabajo. Si se quiere tener un buen material de cubierta que sea a la vez bueno y bonito; debe también ser económicamente atractivo, tanto para el productor como para el usuario.

El productor de TMC debe tener suficientes beneficios como para la producción de tejas le sea atractivo y pueda seguir produciendo la teja y el consumidor debe obtener un precio de venta tan económico que le sea favorable comprar la teja de microconcreto.

Antes de iniciar la instalación de un taller de TMC, es necesario realizar un estudio de factibilidad y mercadeo en su zona. Este estudio puede ser fácil y simple con resultados simples pero sin mucho costo o puede ser muy complejo con respuestas muy objetivas pero a un costo mucho más elevado.

Aquí se detalla el más sencillo. Calcular el precio aproximado de la teja y luego compararlo con los otros tipos de cubiertas. Necesidad de cubierta en el Tercer Mundo ni se discute, tal vez costumbres y usos de las diferentes cubiertas pudiera influir, pero en general el mayor problema será precio y calidad.

Para calcular el precio de manera tentativa y basándose uno en la experiencia de otros países podemos usar el siguiente formato:

Precio del cemento (saco 50 kg): \_\_\_\_\_ x 0.0125 = \_\_\_\_\_  
Precio mano de obra (por día): \_\_\_\_\_ x 0.0112 = \_\_\_\_\_  
Suma de ambos precios: \_\_\_\_\_(a)

Multiplicando (a) por 2, tenemos el costo aproximado de una teja, sin tomar en cuenta las ganancias, pero sí costos de capital, costos fijos, etc.

Con este costo ya podemos ver si la TMC compite con otros productos.

Cuando se hace un análisis económico mucho más detallado, vemos que el mayor gasto de producción de la teja es el cemento que oscila entre un 30 a un 50% del costo de la producción. El otro renglón donde más dinero se consume es en la mano de obra que oscila de un 20 a un 35% del costo de la producción, en la mayoría de los casos.

El costo de producción de la teja se divide en tres grandes grupos:

**Costos fijos:** Que son alquiler de terreno, amortización del equipo e infraestructura, pago del capital de trabajo, etc.; y que varían por lo general entre un 20 a un 30% del costo de producción.

**Costos variables:** Cemento, Arena, Agua, Electricidad, etc.; con un porcentaje entre el 40 al 55% del costo de la producción.

**Mano de obra y desperdicio:** Su porcentaje oscila alrededor del 20 al 35% del costo de producción.

Los porcentajes de ganancias varían de acuerdo a cada país y situación. En Centro América y El Caribe con ganancias que van desde un 25% hasta un 50%; los precios de venta al consumidor van desde los 24 centavos de US dólar hasta los 35 centavos de US dólar.

Por otro lado, para iniciar un taller de TMC con una sola vibradora y 200 moldes (equipo mínimo) se necesita por lo menos US \$5,000.00.

Esto incluye el equipo de producción (moldes y vibradoras), las tinas para el curado, un área techada para fabricar las tejas, la materia prima para dos meses al igual que la mano de obra.

Después de esto hay que conseguir techos y hacerlos bien.



## CAPITULO 3

### Equipamiento de producción

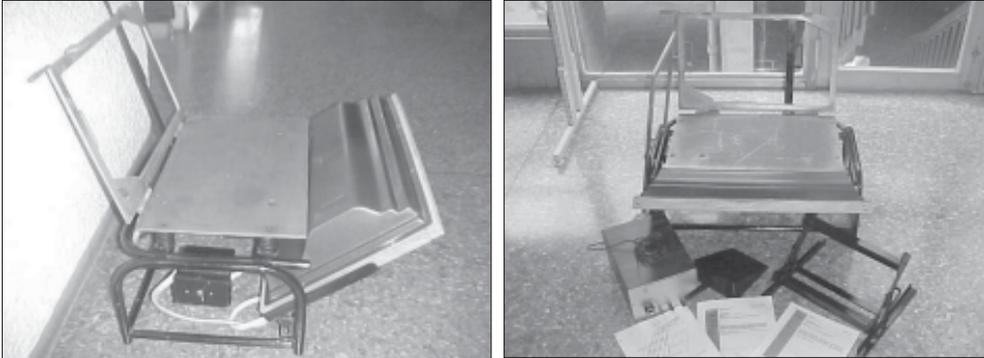
#### 3.1 Máquina vibradora

Para fabricar la TMC se necesita una máquina donde a la vez que se extiende el el mortero se pueda vibrarlo y darle la forma y el espesor deseados. Esta vibración ayudará a la compactación y a extraer las burbujas de aire de la matriz de hormigón, para luego moldearla. Cada teja debe vibrarse por un mínimo de 30 segundos para alcanzar los máximos resultados a la flexión y al impacto.

La máquina consta de un chasis metálico sobre el cual va montada una placa vibradora accionada por un motor de 12 voltios, de corriente directa (DC). Puede ser accionada con una batería de automóvil (12 voltios) o desde la red eléctrica con un transformador de corriente alterna a directa (AC/DC), de 10 ó 15 amperios, a 120-180 voltios. La gran mayoría de los talleres trabaja con un transformador, a pesar de que es más fácil con una batería, sobre todo si es de camión, de 16 celdas, la cual es capaz de servir a dos o tres vibradoras. Los transformadores pueden recalentarse debido a las fluctuaciones de la corriente, y existen casos en que este se ha quemado o ha dañado el motor de la vibradora.

El Equipo para producir TMC incluye:

- Máquina de chasis corto y mesa vibradora con motor eléctrico a 12 V 8 A
- Marcos metálicos para teja, cumbrera y accesorio tapaonda
- Transformador de 110-120V (ó 220 V) a 12 V 8A
- 200 láminas de plástico
- 200 moldes plásticos para producir teja romana
- Balanza y cucharas para dosificación
- Un marco (modelo) para instalar en cada molde
- Equipo de ensayo (control de calidad) para el taller
- Kit de repuestos
- Juego de herramientas para mantenimiento
- Documentación impresa, manual de entrenamiento en video y CD-ROM



Una vibradora para tejas debe tener una frecuencia de vibración adecuada para lograr una buena compactación del mortero y un nivel de ruido que no exceda los 75 decibeles, a fin de no afectar al obrero.

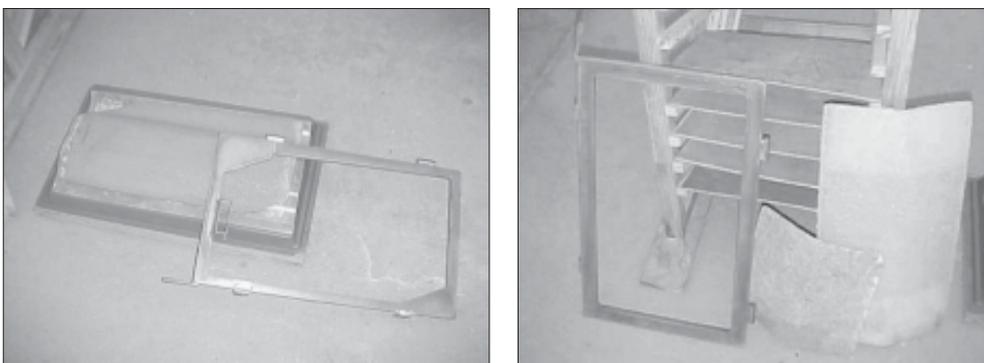
El tiempo o vida útil del equipamiento está relacionado directamente con la limpieza y el mantenimiento preventivo que se aplique.

La máquina vibradora deberá estar en un lugar protegido de los agentes climáticos (lluvia, humedad, polvo). Debe construirse una mesa robusta de madera o una meseta de hormigón armado (largo 1.10 m y ancho 0.60 m; la altura depende de la persona que vaya a utilizarla), donde se la deberá fijar con pernos.

También, deberá estar bien nivelada, lo cual se comprueba colocando un nivel de burbuja encima de la placa vibradora, nunca tomando de referencia el chasis. Así, a la hora de vibrar el mortero, no se derramará por encima del marco, se evita que el espesor no sea uniforme y no se ensucia la máquina. La placa vibradora y el marco deben limpiarse con un paño húmedo cada vez que se produzca una unidad de MicroConcreto. Es muy importante la limpieza del marco y de la placa vibradora porque el marco metálico puede deformarse al quedar restos de mortero en la placa.

La deformación de los marcos provoca que el mortero penetre entre la placa y el marco y que se forme un resto de mortero en el borde de la teja.

Es importante que en ningún lugar del chasis se acumule mortero, pues variará inmediatamente la frecuencia de vibrado de la máquina, al modificarse el peso total de la plancha.



### **Marcos metálicos**

El marco metálico para fabricar la teja, tiene una dimensión interior de 500 mm x 270 mm y espesor de 8 ó 10mm, según se solicite. El marco dispone de una pequeña caja metálica en el lado izquierdo, donde se forma el taco de soporte. El marco puede proveerse con un implemento adicional para incorporarle a la teja otro taco de soporte en el extremo derecho.

El marco para cumbrera consiste en un rectángulo de 500 x 270mm y espesor de 10 mm, con el cual se producen las cumbreras, los botaguas y las bovedillas de MicroConcreto.

### **3.2 Los moldes**

Es el molde el que da forma a la teja. Su función jamás debe ser subestimada. Para construir un buen techo las tejas deben estar perfectamente moldeadas y ser idénticas para que acoplen perfectamente entre ellas y el techo resista la lluvia y el viento; además, que sea fácil de montar y se vea bonito y atractivo. Si existe una teja diferente, el resultado será totalmente opuesto.

Los moldes deben ser idénticos, livianos y resistentes. Los mejores son los fabricados con polietileno inyectado a alta presión. Están fabricados para ser colocados uno encima del otro, formando una cámara hermética donde se retiene el agua del mortero al evaporarse por la reacción química del cemento con el agua. Se logra así un ambiente altamente saturado de humedad que beneficia el curado en las primeras 24 horas.

Se debe colocar un marco de madera a los moldes a fin de hacerlos rígidos y que no se deformen, cuidar

sus esquinas y que no se rompan al caerse ocasionalmente, colocarlos uno encima del otro, y, además, asegurar la hermeticidad durante el curado inicial.

El molde debe permanecer siempre limpio. Antes de vibrar el mortero, se coloca entre el marco metálico y la mesa vibradora una lámina de plástico sobre la que se vierte el mortero. Esta lámina debe estar limpia y sin orificios, para que no ensucie los moldes. Las láminas de plástico deben limpiarse con frecuencia con un paño suave y abundante agua limpia, nunca utilizar el agua de los tanques de curado.

Tampoco se debe raspar el molde con un objeto que pueda rayarlo, pues dañaría la superficie pulida. Los moldes deben limpiarse profundamente una vez al mes o



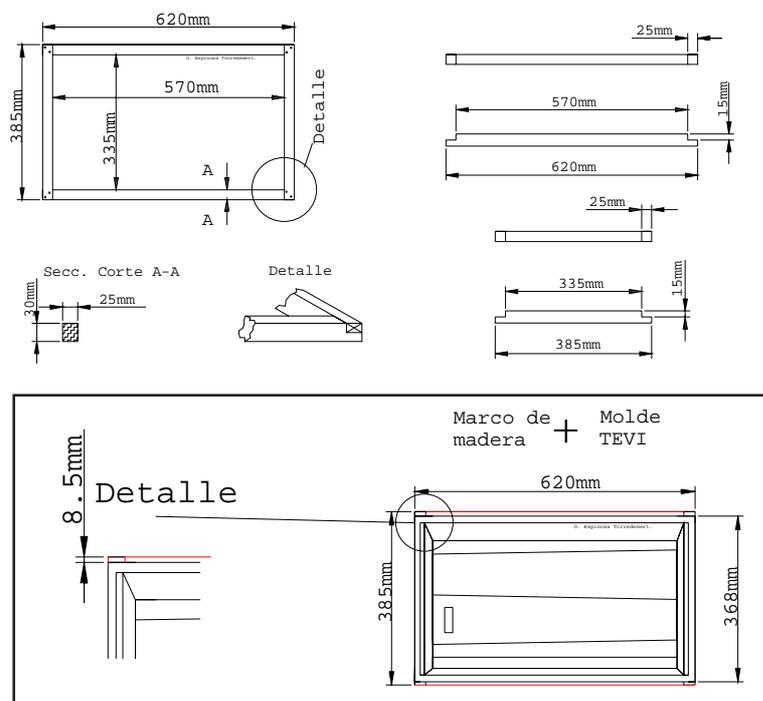
cuando sea necesario.

No se deben hacer estibas de moldes con tejas más allá de 20 ó 25 unidades y que no superen los 125 kg de peso. Los moldes con teja se deben colocar sobre un piso totalmente plano. Se debe evitar la luz del sol sobre los moldes al almacenarlos y durante el curado inicial de la teja, pues el calor los puede deformarlos y los rayos ultravioletas hacen al molde quebradizo.

Durante el fraguado inicial, se deben evitar las corrientes de aire, ya que acelerarían el fraguado al perder humedad; en consecuencia, las tejas se agrietarían.

En caso de que utilice un molde para verificar la calidad de las tejas, es necesario fijarlo a una superficie totalmente plana (mesa), y proceder a la verificación con mucho cuidado, para no dañarlo.

Una buena teja depende mayormente de tener moldes idénticos y resistentes, limpios y en buen estado.



**NOTA :** Todas las medidas señaladas en el plano son de estricto cumplimiento. Es necesario cumplirlas, logrando que no falte ni sobre un milímetro, pues de esta exactitud depende, en primer lugar que ajusten uno con el otro y se cree la hermeticidad adecuada para el curado, y en segundo lugar, los protegemos. Los moldes están dotados de muescas en sus bordes, para ser clavados o atornillados preferiblemente, al marco de madera. Conviene añadirles más sujeción con puntillas o tornillos, cerca de las puntas; para hacerlo es preciso barrenar el molde plástico; de hacerlo directamente con la puntilla, corremos el riesgo de que se raje.

### 3.3 Implementos necesarios en un taller con una máquina y 200 moldes, para producir 16 m<sup>2</sup> de techo

	Denominación	Cantidad
1	Cuchara de albañil mediana	2
2	Llana metálica (largo 33 cm)	1
3	Pinza de corte	1
4	Palas	2
5	Vagón (carretilla)	2
6	Cubos metálicos o de plástico de 10 ó 12 litros	6
7	Nivel de burbuja mediano	1
8	Tamiz (cedazo) 0.8 x 1 metro y diámetro 5 mm	1
9	Tamiz (cedazo) 0.8 x 1 metro y diámetro 2 mm	1
10	Tamiz (cedazo) 0.8 x 1 metro y diámetro 1 mm	1
11	Balanza (pesa) de 5 kg. Menor división escala 5 g	1
12	Recipiente graduado en mililitros	1
13	Recipiente transparente de boca ancha (litro de leche)	1
14	Brocha de 2 pulgadas	1
15	Material (tela) de algodón para limpieza del equipamiento	1 m
16	Planilla para el análisis granulométrico	1
17	Equipo de ensayo a flexión	1
18	Equipo de impacto	1

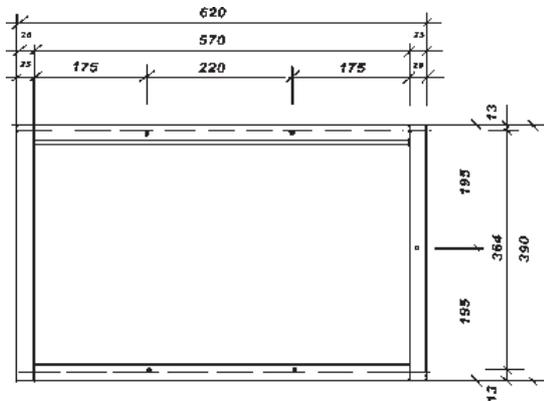
#### Marcos metálicos para los moldes TEVI

Cuando visitamos talleres de producción de tejas de micro concreto vemos con mucha frecuencia marcos de madera deficientes. En dependencia de la calidad de la madera y del trabajo del carpintero estos se deterioran más o menos rápidamente, lo cual es un grave peligro para los moldes.

En una estiba de veinte moldes con una teja cada uno, el de abajo tiene que soportar un peso de aproximadamente 100kg. Si el piso esta plano y los marcos de madera se encuentran en buen estado, esta carga se distribuye bien y no pasa nada, pero si el piso está desnivelado o sucio, o, peor aún, si el marco está abriéndose por las esquinas, el molde es el que tiene que resistir todo este peso. Dicha carga puede causar daños en las esquinas de los moldes y consecuentemente aparecen las roturas.

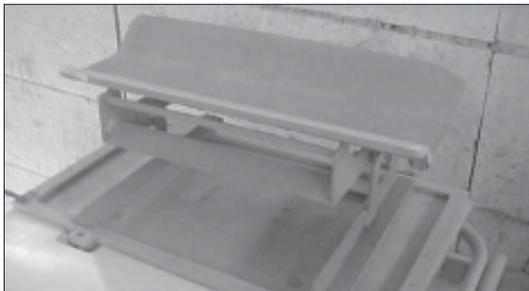
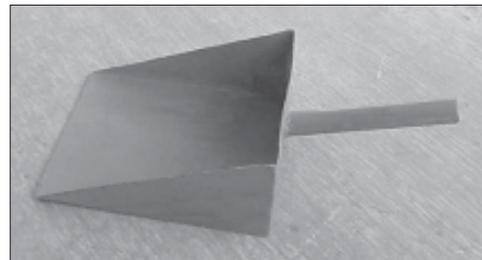
Por lo tanto, es de suma importancia que los marcos estén bien hechos y renovarlos de vez en cuando; también lo es que en las esquinas haya una unión con traslape, y nunca solamente dos piezas clavadas una contra la otra.

En Namibia, donde la madera es importada, cara y de deficiente calidad, se ha optado por fabricar marcos metálicos, usando hierro angular de 20mm. Estos marcos, aún después de varios años de uso, siguen en perfecto estado y los moldes también. Los moldes son la parte más cara del equipo. Seguir estas recomendaciones asegura una larga durabilidad del molde y un perfecto curado inicial de la TMC



### Cuchara dosificadora

Permite colocar sobre la mesa vibradora la cantidad exacta de mortero para una teja. No debe usarse para otras tareas pues puede deformarse y perder sus dimensiones, con la consecuencia de no cargar el volumen necesario para una teja. El tamaño de la cuchara depende del espesor de la teja (8 y 10mm).

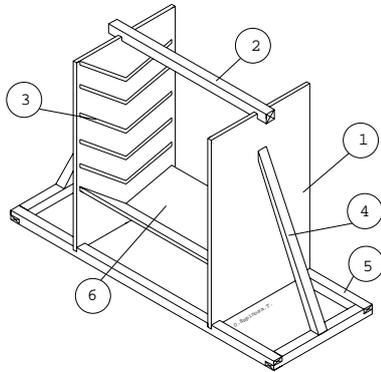


### Desmoldeador

Permite comprobar las dimensiones de la teja, detectar cuando no fue colocada correctamente en el molde y facilitar la limpieza de los bordes con el mínimo de roturas. Debe estar sobre una mesa donde se puedan colocar las láminas plásticas.

### Los moldes de cumbrera y botaguas

El molde cumbreras y botaguas se fabrica en el lugar, de madera o chapa metálica. Es un tablero lateral con listones clavados en sus extremos y colocados con una separación central de 4cm entre listones. Las tablas de moldes son de 30cm x 2cm x 2cm. El ángulo entre tablas de moldes es de 120° para las cumbreras y de 90° para los botaguas.



1. Tablero lateral	2
2. Cierre superior	1
3. Listones de apoyo	32
4. Pies de amigo	2
5. Base	1
6. Tablas de moldes	32



***A la izquierda, estante metálico con el ángulo ajustable para fabricar cubreras y botaguas. A la derecha, estante de madera para cubreras.***



## CAPÍTULO 4

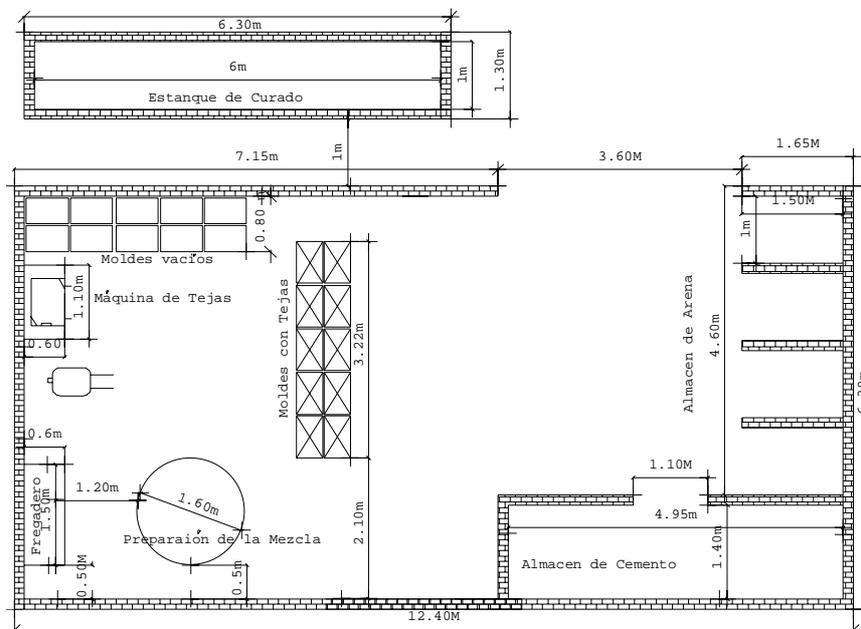
### Infraestructura del taller

El local del taller debe reunir las condiciones para una buena distribución del equipamiento, áreas para guardar el cemento, la arena, la máquina vibradora con sus moldes, los equipos de control de calidad, los tanques de curado, fregadero para la limpieza de los utensilios y láminas plásticas, espacios para el mezclado de las materia primas, áreas a la sombra para el curado final de la teja y almacén para el producto final.

El área debe ser cerrada (en lo posible), con paredes que resguarden del viento, techada, con buenos aleros que protejan del sol y la lluvia; hay que considerar que la luz del sol y el calor dañan los moldes. Con el calor se acelera el fraguado del cemento y a su vez la retracción, lo cual provoca el agrietamiento de las tejas; el piso debe estar plano, sin escalones ni obstáculos, para favorecer un buen flujo de producción y circulación, así como el almacenamiento del producto terminado.



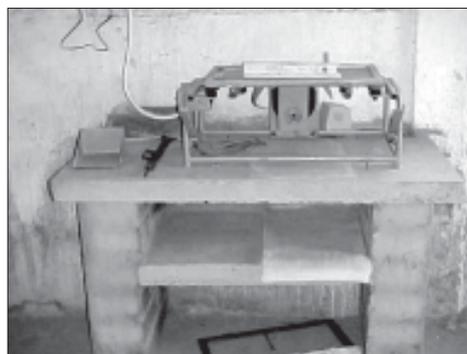
#### 4.1 Recomendaciones



#### 4.2 Elementos y componentes del taller

##### Mesa para la máquina vibradora

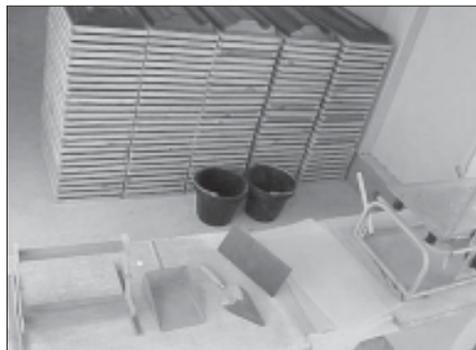
La mesa donde se coloca la máquina vibradora debe medir aproximadamente de 1.10 x 0.60m (la altura dependerá de la persona que la utilice), lo cual garantiza una buena manipulación. Los lados y el frente deben estar libres, para colocar los moldes vacíos y la mezcla para las tejas. Si es de madera, debe ser robusta y estar nivelada, para que resista la vibración de la máquina y no produzca ruido. Si se construye de hormigón armado, es necesario pulir la superficie.



##### Área para los moldes plásticos

Los moldes plásticos vacíos deben colocarse cerca de la mesa donde está la máquina vibradora, en estibas de 20 ó 25 unidades, para evitar el desplazamiento del operador a grandes distancias. Unos 250 moldes ocuparán un área de 3.22 x 0.80 m; al llenar los moldes se apilan en estibas de 20 ó 25, en otra área igualmente reservada, para desmoldar la teja a las 24 horas. Para desmoldar, hay que comenzar por las

primeras tejas que se fabricaron el día anterior y seguir en orden. Es necesario prever que las estibas de moldes llenos estén apoyadas en superficies totalmente planas, para evitar la deformación del molde y de la teja. Una estiba de 25 moldes con tejas recién moldeadas pesa aproximadamente 125kg.



### **Área para la preparación de la mezcla**

Esta puede ser una hormigonera que esté cerca de la materia prima, con condiciones para efectuar una buena limpieza al final de la jornada. Nunca prepare la mezcla en un vagón, pues este tiene 4 esquinas y en ellas se quedará mezcla sin preparar, o cruda.

Si no se utiliza una hormigonera, se recomienda construir una artesa, que no es más que un área a nivel del piso con un diámetro de 1.50 a 2 metros y una profundidad en el centro de 2 centímetros, totalmente pulida para evitar que la mezcla se pegue y absorba el agua. De esta forma, dicha área no molestará nada, se podrá transitar por ella y limpiarla fácilmente. Se mantendrá siempre con un poco de agua para evitar que absorba la que contiene la mezcla.



### **Área para el almacenamiento del cemento**

El cemento debe almacenarse en un lugar cerrado y seco; si es a granel, no ponerlo en contacto con el suelo, de ser posible en barriles metálicos o plásticos, y tapados; si es en bolsas de papel, colocarlas sobre plataformas de madera, separado de las paredes y el piso, para evitar la humedad, y si es posible, cubiertos por mantas plásticas. Se deben guardar grandes cantidades ni mezclar el cemento viejo con el nuevo. La cantidad almacenada debe estar en correspondencia con la producción, y procure no almacenar cemento por más de tres meses.



### **Área para el almacenamiento de la arena**

La arena, por lo general, se recibe sin procesar y no posee las propiedades para

trabajar con ella de inmediato. Por eso hay que prever un local donde almacenarla y luego procesarla; esta área puede estar bajo techo o a la intemperie, debe tener un piso de hormigón o asfalto, para no depositarla directamente sobre la tierra, ni cerca de los árboles, pues las hojas y frutos pueden contaminarla, también estará cercada para evitar el acceso de los animales. Los locales donde guardar la arena procesada medirán 1 m x 1.50 m x 1.20 m, para un volumen aproximado de 2 m<sup>3</sup>; es recomendable que sea bajo techo, lo cual permitirá mantener una humedad constante de la arena, en cualquier época del año.



#### **Tanques de curado primario de la teja**

Son depósitos de 6 m de largo interior, un ancho interior de 1 m y 0.80 m de profundidad. La capacidad está calculada para la producción de 5 días de trabajo. Deben ubicarse lo más cerca posible del lugar donde se producen y almacenan los moldes llenos con tejas; y descubiertos, para que puedan ser curadas a vapor, si el clima es cálido y húmedo.

El tanque de curado debe estar rodeado de una acera que dé acceso alrededor de todo el tanque. Si existe más de uno, hay que mantener un espacio de un metro para la circulación entre ellos.



Se recomienda no pegar uno de los lados a la pared, ni tampoco construir los tanques con paredes comunes, pues dificulta la colocación de las tejas.

Los tanques de curado deben construirse a nivel del piso, de tal forma que no haya desniveles con el área de producción. Deben tener un sistema de drenaje para limpiarlos cada cierto tiempo. Este proceso se facilita cuando el fondo del tanque posee un pequeño desnivel hacia uno de los extremos, donde se coloca un tubo de drenaje.

El extremo exterior del tubo de drenaje debe tener un mecanismo donde fijar una manguera. Al principio, esto permite drenar el tanque en cualquier momento. También puede colocarse un tapón o una llave de paso de un diámetro adecuado para que los sedimentos lo taponen.

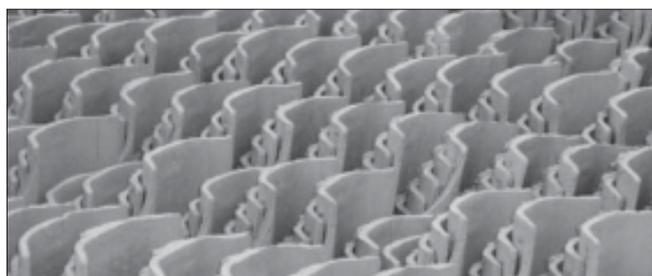
El drenaje de los tanques debe canalizarse hacia una trampa de sedimentos para no contaminar el medio ambiente.

### **Fregadero para la limpieza de los utensilios**

Cada taller deberá tener un sitio exclusivo para la limpieza de los utensilios, pues se tiende a utilizar el agua de los tanques de curado de las tejas o el agua para la confección del hormigón, contaminándola con la suciedad de los moldes y utensilios.

Recomendable usar un fregadero con una meseta, para la limpieza de las láminas plásticas. De igual manera, el drenaje deberá tener un diámetro adecuado para que no se obstruya con los sedimentos.

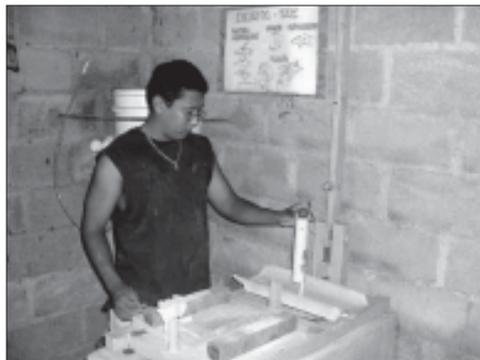
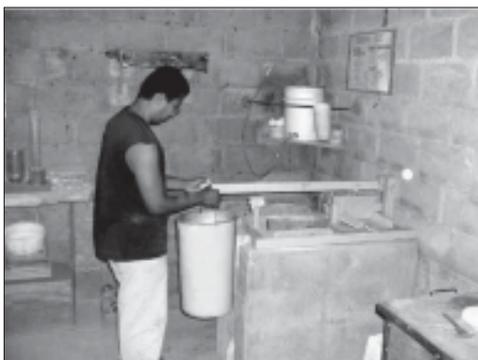
### **Lugar para el curado final de la teja**



Debe ser un área a la sombra, en cuyo suelo no se ensucien las tejas, y donde se pueda regar agua sobre estas cuando se requiera.

### **Área de ensayo**

Todo taller debe contar con un área donde estén todos los equipos y accesorios para realizar los ensayos a la materia prima y al producto terminado. Con ellos se certifica la calidad del producto y nos aseguramos nosotros mismos de la calidad de nuestra teja.



### **Área de almacenamiento final y venta de las tejas**

Este lugar será lo suficiente amplio para guardar la producción de un mes, brindar facilidades para la venta, la carga de la mercancía y la seguridad.



## CAPITULO 5

### Selección de la materia prima

#### 5.1 Cemento

Los aglomerantes son materiales que tienen la propiedad de adherirse a otros, y precisamente por esa característica, se los utiliza en la construcción para unir y entrelazar los materiales pétreos (áridos, bloques, ladrillos, tejas, etc.)

#### Cemento Portland (ASTM 1, Portland 1, P350)

El cemento Portland es, sin duda, el aglomerante más utilizado en la construcción. Puede definirse como una mezcla —sometida a una intensa molturación hasta darle una finura conveniente—, de clinker y una cantidad de yeso, el cual se agrega para regular el tiempo de fraguado durante el proceso de hidratación.

Se analiza a continuación el papel de la relación agua-cemento (A/C) y el grado de hidratación en las propiedades de la pasta de cemento. Los cementos de diferentes fábricas no se comportan igual, aún empleando la misma relación A/C e idéntico régimen de curado. Este comportamiento se debe, fundamentalmente, a que la composición mineralógica y la finura son distintas.

En este capítulo se analizan estos aspectos, con vistas a que se pueda elegir el más adecuado para la fabricación de la teja de micro concreto.

#### Composición mineralógica del cemento

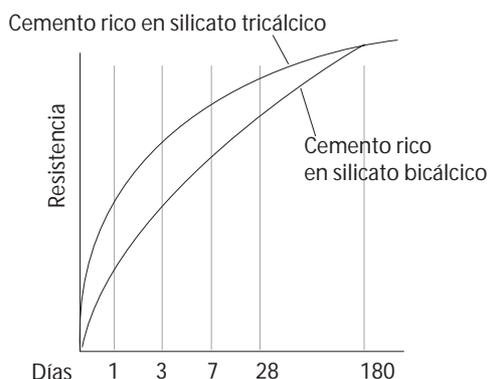
El cemento Portland está compuesto básicamente por:

- |                                   |  |
|-----------------------------------|--|
| 1) Silicato tricálcico            | $\text{SiCa}_3\text{O}_5$                        |
| 2) Silicato bicálcico             | $\text{SiCa}_2\text{O}_4$                        |
| 3) Aluminato tricálcico           | $\text{Al}_2\text{Ca}_3\text{O}_6$               |
| 4) Ferrito aluminato tetracálcico | $\text{Fe}_2\text{Al}_2\text{Ca}_4\text{O}_{11}$ |

De estos componentes, los verdaderos aglomerantes son los dos primeros, pero con propiedades totalmente diferentes. El Silicato tricálcico se caracteriza por una hidratación más rápida que el bicálcico para una misma finura. Un cemento rico en silicato tricálcico va a fraguar y a ganar en resistencia mucho más rápidamente que

otro rico en bicálcico, pero si se mantiene el curado húmedo, ambos van a poseer igual resistencia al cabo de aproximadamente seis meses.

Esto puede observarse esquemáticamente en la figura siguiente:



En realidad, sucede que al no poderse mantener tanto tiempo estas condiciones de curado, el cemento rico en Silicato tricálcico va a alcanzar un mayor grado de hidratación y, por consiguiente, resistencias más altas.

El Ferroaluminato tricálcico solamente aporta alguna resistencia en las primeras 24 horas. A los 28 días el cemento más adecuado, desde el punto de vista de su composición mineralógica, es el de mayor contenido de silicato tricálcico

#### **Finura del cemento**

La reacción de hidratación del cemento con el agua se produce en la superficie. Si los granos del cemento son gruesos, la reacción será muy lenta y quedarán en los granos núcleos de cemento sin reaccionar. Por tanto, desde el punto de vista de la finura, la (TMC) debe estar en alrededor de los 3 000 cm<sup>2</sup>/gr. (300 m<sup>2</sup>/Kg)

#### **Ensayos químicos**

Al cemento se le hacen ensayos químicos que dan información acerca de su calidad: Pérdida al fuego, residuo insoluble, cal libre, trióxido de azufre.

#### **Pérdida al fuego**

La pérdida por ignición detectada, pérdida de agua, descarbonatación, etc. de sustancias que fueron añadidas en la molida o hidratación del cemento, por lo general, debe ser inferior al 5 %.

#### **Residuo insoluble**

El residuo insoluble son sustancias adicionadas al cemento durante la molida, por ejemplo, adición de materiales puzolánicos.

Es de señalar que la adición de materiales puzolánicos requiere de una mayor finura de molido, no menos de 4.000 cm<sup>2</sup>/gr, y disminuye la resistencia en las primeras edades, lo que es de considerar debido a que la TMC debe desmoldarse a las 24 horas.

#### **Cal libre.**

Da criterio de si la clinkerización fue adecuada (generalmente debe ser inferior al 1 %).

### **Trióxido de azufre**

En el cemento Portland se utiliza yeso ( $\text{SO}_4\text{Ca}\cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) como regulador del fraguado. Este contenido de yeso se expresa en forma de  $\text{SO}_3$  (generalmente debe ser inferior al 4 %).

### **Ensayos físicos**

#### **Tiempo de fraguado Vicat**

El fraguado inicial da una idea del tiempo disponible para manipular el hormigón, y el final da un criterio sobre el comienzo del endurecimiento. Precisamos que es solo una idea, ya que este ensayo se realiza a una pasta de cemento a una temperatura fija.

En el hormigón, además de haber otros componentes, la temperatura de colocación puede ser diferente a la que se hace con el ensayo Vicat.

Si esta temperatura es menor, el fraguado (endurecimiento) es más lento, y al contrario, más rápido si la temperatura es mayor. Para el fraguado inicial, habitualmente se plantea un mínimo de 45 minutos y para el final un máximo de 10 horas.

Para la TMC, cuando la temperatura ambiente es elevada conviene emplear un cemento con fraguado inicial más lento y para temperaturas frías, uno de fraguado inicial más rápido.

### **Un ejemplo de cómo elegir el cemento más adecuado**

A continuación se muestra un ejemplo real. En la tabla de la página siguiente, aparecen los resultados promedios de los ensayos de cemento de 4 fábricas diferentes.

#### **Análisis del cemento**

##### **Cemento A**

Contenido muy bajo de silicato tricálcico y finura de Blaine normal, por lo que a las 24 horas la resistencia será muy baja y el tiempo de fraguado muy lento. Muestra una pequeña cantidad de adiciones de material "puzolánico", como se aprecia por el residuo insoluble ligeramente alto.

Este cemento no es adecuado para producir tejas.

##### **Cemento B**

Aunque no se dispone de una composición mineralógica, se deduce de los demás ensayos que tiene un contenido alto de silicato tricálcico. Presenta una adición de material "puzolánico", como lo indica el alto contenido de residuo insoluble. La alta finura se debe a que el material puzolánico es más fácil de moler.

Teniendo en cuenta el conjunto de ensayos, puede usarse para la TMC, siempre que el desmolde se realice cuidadosamente.

##### **Cemento C**

Aunque tampoco se conoce su composición mineralógica, se deduce que tiene un alto contenido de silicato tricálcico, no hay adición y presenta una finura adecuada.

Teniendo en cuenta el conjunto de ensayos, es el mejor de los 4 para la fabricación de la teja de micro concreto.

Composición metalúrgica	CEMENTO			
	A	B	C	D
Silicato tricálcico	9			
Silicato bicálcico	69			
Aluminato tricálcico	6.2			
Perdida al fuego (%)	1.17	3.81	1.30	1.54
Residuo insoluble (%)	3.84	15.10	1.00	13.15
Cal libre (%)	0.64	0.46	0.92	0.65
Trióxido de Azufre (%)	1.40	2.43	2.80	2.06
Finura Blaine cm <sup>2</sup> /gr	3270	4270	3335	4680
Tiempo de fraguado Vicat				
Inicial (hora: min. )	4 : 20	2 : 59	2 : 14	1 : 39
Final (hora: min. )	5 : 29	4 : 36	4 : 16	3 : 54
Resistencia a compresión (kg/cm <sup>2</sup> )				
3 días	134	150	196	198
7 días	237	209	271	264
28 días	382	325	367	342

\* La temperatura ambiente del lugar es bastante fría (temperatura media 10° C).

### Cemento D

Aquí tampoco se dispone de la composición mineralógica. Se deduce que posee un alto contenido de silicato tricálcico y una fuerte adición de material puzolánico. Es el segundo cemento más adecuado para producir tejas de micro concreto.

### CONCLUSIONES:

El cemento "C" es el más adecuado, seguido muy de cerca por el "D"; el "B" puede usarse teniendo cuidado en el desmolde, y el "A" no debe ser empleado.

### Control de la calidad del cemento: Ensayo visual (en el taller)

**¿Por qué este ensayo?** El cemento demasiado viejo contiene terrones, especialmente cuando está expuesto a la humedad. Con él se obtienen tejas de baja calidad. **¿Cómo?** Revisar visualmente si contiene terrones.

**¿Quién?** El maestro de obra.

**¿Cuándo?** Todas las mañanas, siempre que se use una nueva porción del cemento almacenado.

**Resultado:** El cemento no debe contener terrones.

**Consecuencias:** Si contiene terrones pequeños y suaves, se deben romper y pasar a través de una malla de 0.5 mm. de abertura y usar un mortero rico, por ejemplo, 50 % de este y 50 % de otro de mejor calidad. Si existen terrones duros, que no se rompen fácilmente, no debe utilizarse, ya que el proceso de fraguado se ha iniciado y el producto no alcanzará la resistencia requerida.

Es necesario y se recomienda llevar una planilla de reporte con los datos sobre el cemento, como la que se muestra a continuación.

### Planilla de reporte

Fecha de entrega	Fecha de control	Cantidad de sacos	Comentario sobre la calidad

#### 5.2 Áridos

##### **Influencia del tamaño máximo, la forma y la granulometría de la arena en la calidad de las tejas de micro concreto.**

La función principal de la arena (árido) es llenar el volumen con un material relativamente barato. Por eso nos interesa utilizar la mayor cantidad de áridos, que sea compatibles con las propiedades que se desean obtener en el hormigón.

El volumen de áridos en el hormigón depende del vacío dejado por el árido y de su superficie específica. Se entiende por vacío los espacios entre las partículas del árido. A menor vacío, menor será el volumen de pasta requerido para rellenarlo y, por consiguiente, el hormigón será más económico.

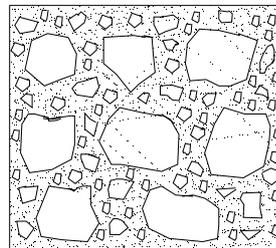
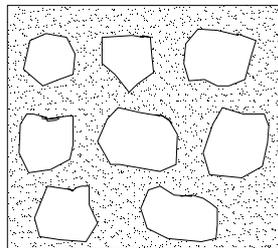
##### **Superficie específica**

Se entiende por superficie específica, la relación entre el área de la superficie de las partículas del árido y el volumen que estas partículas ocupan.

A mayor superficie específica del árido, mayor será la cantidad de agua requerida para lubricar (humedecer) esta superficie y, por consiguiente, se tendrá que usar una relación agua-cemento mayor, lo cual afecta las propiedades del hormigón; o si mantenemos la relación agua-cemento para no afectar las propiedades del hormigón, al utilizar más agua se tendrá que emplear mayor cantidad de cemento.

Por todo lo anterior, se puede comprender que el árido ideal para el hormigón será aquél que tenga a la vez vacío mínimo y superficie específica mínima. Desafortunadamente, estas dos condiciones no se pueden lograr a la vez, debido a que si tratamos de reducir el volumen de vacío dejado por las partículas del árido, se requiere adicionar partículas más pequeñas, con lo cual aumenta la superficie específica, y viceversa, si tratamos de eliminar las partículas más pequeñas para reducir la superficie específica, aumentaremos la cantidad de vacío.

Lo anterior se puede observar en las figuras siguientes:



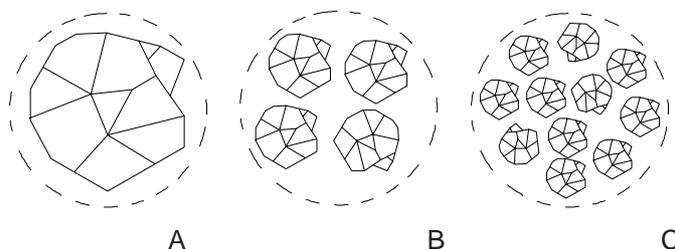
### CONCLUSIONES:

En resumen, el problema es conseguir un árido que tenga un volumen de vacío y una superficie específica tal, que requiera la menor cantidad de pasta de cemento, con una relación agua-cemento acorde con las propiedades que se deseen en el hormigón.

#### Efecto del tamaño del árido

Se entiende por tamaño máximo del árido, la menor abertura de la malla (tamiz) por donde pase todo el árido. Si se dice que una arena tiene un tamaño máximo de 5 mm, debe pasar totalmente por esa malla y si se utiliza una abertura ligeramente menor, quedarán partículas de arena retenidas en ella.

A medida que el árido presenta menor tamaño máximo, tendrá mayor superficie específica, como puede apreciarse en la figura que representa una partícula del árido.



A. Representa una partícula con una determinada superficie específica.

B. Representa la misma partícula que se ha partido formando 4 partículas. Puede apreciarse que el área superficial aumentó y el volumen permanece igual, por lo tanto, aumenta la superficie específica.

C. Representa la partícula inicial que se partió formando un número grande de partículas pequeñas, incrementándose todavía más la superficie específica.

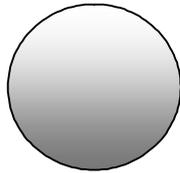
Se concluye que, a medida que el tamaño máximo del árido es menor y mayor el contenido de partículas finas presentes, mayor será la superficie específica y la necesidad de agua en la mezcla de hormigón.

Por otro lado, si se emplea áridos con tamaño máximo muy cercano al espesor de la teja va a ser muy difícil alisar el mortero en el marco metálico y al colocarla sobre el molde se agrietará en las curvas.

Por tanto, debemos utilizar el árido de mayor tamaño que permita una conformación y moldeo adecuados de la teja. Por experiencia, el diámetro máximo de la partícula del árido no debe ser mayor a 5,5 mm, tanto para las tejas de 8 mm como para las de 10 mm de espesor.

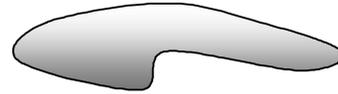
#### Efecto de la forma del árido

La forma también afecta la superficie específica del árido. La figura geométrica con menor superficie específica es la esfera; después el cubo. A medida que la forma del árido se aleja de estas figuras, la superficie específica se incrementa, siendo muy grande cuando las partículas del árido tienen forma laminar.



Esfera

Cubo



Lámina

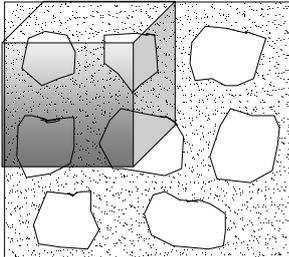
**CONCLUSIONES:**

Por tanto, los áridos con forma laminar exigirán mayor cantidad de agua en la mezcla, y no deben usarse en la fabricación de la teja TMC.

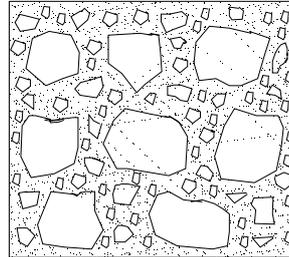
**Granulometría**

Se entiende por granulometría la distribución de tamaño que presentan las partículas del árido.

La función principal de una buena granulometría es lograr una mezcla que sea fácil de trabajar y no deje mucho vacío que tenga que rellenarse con pastas de cemento. Este efecto puede apreciarse en los dibujos siguientes:



A



B

En (A) tenemos partículas de un solo tamaño, por lo que dejaron mucho vacío; la mezcla con ese árido va a ser difícil de trabajar.

En (B), a las partículas anteriores les hemos adicionado otras más pequeñas, con lo cual disminuimos los vacíos; la mezcla con este árido será más fácil de trabajar.

A medida que adicionamos partículas más finas disminuye el vacío, pero aumentan los requerimientos de agua de la mezcla.

Para la Teja de MicroConcreto se fija una granulometría para lograr un equilibrio adecuado entre el vacío y la superficie específica. Además, se regula el contenido de limo y arcilla, por ser estas partículas muy finas, que tienen alta superficie específica y requieren mucha agua.

Un modo de conocer si la arena es la adecuada, es hacerla pasar a través de mallas corridas desde 5mm, 2.5 y 1mm. Estas se consiguen fácilmente en el merca-

do. Una arena apropiada presenta cantidades aproximadamente iguales de partículas retenidas en las mallas de 2.5mm y 1mm, y de partículas que pasan la malla de 1mm. Además, al hacer la determinación de limo y arcilla, presentan menos del 4 %.

#### **CONCLUSIONES:**

La arena para la fabricación de la Teja de Micro Concreto (TMC), debe ser del tamaño máximo posible, de acuerdo con el espesor de la teja, pero nunca pasar de 5.5 mm. La forma de la partícula debe acercarse a la esfera o al cubo, y nunca utilizar arena con forma de lámina.

La granulometría debe estar compuesta por partículas de diferentes tamaños, pero con la menor cantidad posible de partículas muy finas (limo y arcilla).

Antes de adquirir arena para fabricar TMC, recomendamos conocer las características que debe reunir la misma y suministrárselas al probador. Además, tener los implementos necesarios para procesarla (Ver Implementos necesarios en un taller con una máquina y 250 moldes para producir).

#### **Especificaciones para la TMC**

Contenido de suciedad.	<b>Menos del 4 %</b>	
Espesor de la teja.	<b>8mm</b>	<b>10mm</b>
Tamaño máximo del grano.	<b>5.5mm</b>	<b>5.5mm</b>
Componentes mayores de 2mm	<b>30-50 %</b>	<b>35-55 %</b>
Componentes de 0.5-2mm	<b>10-55 %</b>	<b>10-50 %</b>
Componentes menores de 0.5mm	<b>15-40 %</b>	<b>15-40 %</b>

Se debe almacenar la arena en un lugar adecuado (ver **Área para la arena**). Para conocer las condiciones de la arena recibida, se precede de la siguiente forma:

#### **Efecto de la forma del árido**

1. Se toma un poco de arena de la muestra y se deposita encima de una superficie lisa y limpia. Se analizan visualmente la forma de los granos. Si en su mayoría presenta granos laminares, se debe buscar otro tipo de arena.

2. Se deposita la muestra en una superficie lisa, limpia, seca y exenta de materias extrañas. Secarla al sol.

3. Una vez seca, se la pasa por un tamiz de 5mm y se desecha todo lo retenido en él. Se utiliza el resto para tomar las muestras para los ensayos de forma del grano, suciedad y granulometría.

4. Se procede a mezclar la arena con una pala, dándole forma circular con espesor uniforme. Se divide la arena en cuatro partes iguales. Se eliminan los dos sectores opuestos y los dos restantes se mezclan bien, repitiendo la operación, y del material restante se toma la cantidad requerida para los ensayos.

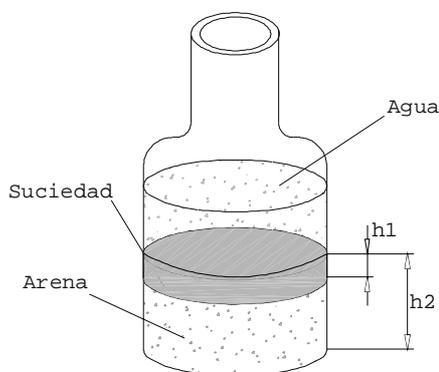


Árido con la forma adecuada.

### Ensayo para determinar el contenido de arcilla y limo

Se toma un poco de arena de la muestra y se hecha en un recipiente transparente de boca ancha hasta obtener una altura de aproximadamente 5 ó 6cm, se añade agua hasta un nivel de 6cm por encima del nivel de la arena. Si se tiene a mano sal común, se agrega media cucharadita al agua, esto ayudará a la precipitación de la arcilla. Se agita fuertemente el recipiente durante 30 segundos. Para lograr la precisión requerida, la altura del recipiente debe ser, por lo menos, igual al doble de su diámetro.

Se coloca el recipiente sobre una superficie a nivel y después de al menos una hora, cuando el agua esta clara, se mide el espesor de la capa de arcilla y limo ( $h_1$ ) y el espesor total de la capa de material ( $h_2$ ).



Se calcula el contenido de arcilla midiendo las alturas  $h_1$  y  $h_2$  (en milímetros) y multiplicando el resultado por 100, es decir:

$$\frac{h_1}{h_2} \times 100 \% ; \text{ menor o igual a } 4 \%$$



Si el contenido de arcilla y limo sobrepasa el 4 %, se debe lavar la arena o utilizar una fuente de abastecimiento más adecuada. El lavado implica el peligro de que se pierda una gran cantidad de los componentes finos de la arena y un gasto excesivo de agua, y por consiguiente y el producto se encarece. No obstante, el resul-

tado de la prueba de resistencia a la flexión de la teja es lo que determinará si el árido es de buena calidad

**CONCLUSIONES:**

El contenido de arcilla y limo no debe rebasar el 4 %. En el caso de que se excediera ese límite, es necesario rebajarlo.

Planilla de reporte contenido de arcilla y limo

Fecha de entrega	Fecha de control	Cantidad	Contenido de arcilla y limo

**Granulometría**

1. Se preparan los tamices de 2mm y 0.5mm, la caja, la pesa y la planilla para apuntar los datos y realizar el gráfico. (Ver plantilla # 1)
2. Se pesa exactamente 1kg de arena seca de la muestra.
3. Se colocan los tamices en la caja de menor a mayor diámetro dentro de la caja.
4. Se vierte la arena sobre el tamiz de 2mm, procurando que no se derrame nada. Se cierra la tapa.
5. Se agita suavemente la caja de 3 a 5 minutos.
6. Se extrae, pesa y anota en la planilla los pesos de los tamices con el retenido y además lo que se encuentra en el **fondo de la caja**. El peso obtenido por separado y sumado debe ser igual al inicial (1 kg). La diferencia no debe sobrepasar los 10 gramos.
7. Se calcula el porcentaje (%) en peso de todo lo retenido en cada tamiz por separado y en la caja, de la forma siguiente:  
 Ejemplo: Tamiz de 2mm  
 1000g            100 %  
 32.5g            X  
 $X = (32.5 \times 100) / 1\ 000 = 32.5 \%$
8. Se calcula el porcentaje (%) que ha pasado, de la forma siguiente:  
 Ejemplo:  $100 \% - 32.5 \% = 67.5 \%$
9. Se anotan los resultados en la planilla. En el gráfico de la planilla, el eje horizontal representa las aberturas de los diferentes tamices y el eje vertical el porcentaje (%) que ha pasado de arena a través del tamiz.
10. Ahora se puede construir la curva de la arena, pues se tienen las aberturas de los tamices y el porcentaje (%) pasado. Se ubica en el gráfico sobre el eje horizontal la marca de la abertura de 2mm. En el eje vertical se ubica el el porcentaje pasado (67.5 %). Trazando líneas desde los puntos hallados en los ejes, donde se cortan se obtiene un punto de la curva (Punto P1). Se procede de la misma forma para cada tamiz y para cada porcentaje. Ya obtenidos los puntos, se unen con una línea recta, y

esta representa la curva de la arena analizada. (Ver planilla # 1).

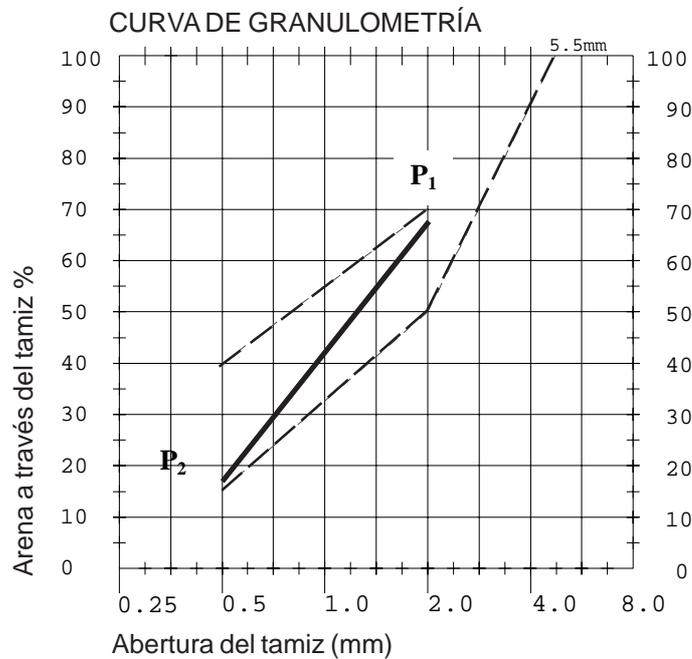
**Planilla # 1**

Taller: \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_\_

Provincia: \_\_\_\_\_ Empresa: \_\_\_\_\_

Tipo de arena: \_\_\_\_\_ Lugar: \_\_\_\_\_

PRUEBA DE GRANULOMETRÍA PARA TEJAS DE MICRO CONCRETO			
Análisis del tamiz			
ABERTURA DEL TAMIZ	RETENIDO EN EL TAMIZ		PASADO
mm	g	%	Σ %
5	0	0	100
2	325	32.5	67.5
0.5	495	49.5	18.0
<0.5 (caja fondo)	180	18.0	0
	Σ = 1000	100	



Como se observa, la arena analizada está dentro de las especificaciones para la fabricación de la TMC, por tanto, se puede trabajar con ella.

En muchas ocasiones la naturaleza no proporciona una arena con la calidad necesaria; es por eso que se muestran aquí otros ejemplos de arenas analizadas y qué hacer cuando no cumplen con las especificaciones, cómo se procede en esos casos para solucionar el problema y hacer de una arena que no cumple las especificaciones, una que las cumpla.

Si se observa la planilla # 2, en las columnas de retenido en el tamiz, el valor para el tamiz de 2mm es solo 30 gramos de 1.000. Los otros valores son 540g para el tamiz de 0.5mm, y el resto en el fondo de la caja, 430 gramos. La cantidad de granos por encima de 2 milímetros es muy poca, sin embargo, los granos finos son muchos más; esto revela que la arena es fina, como se observa en la gráfica de la planilla # 2.

**Planilla # 2**

Taller: \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_\_

Provincia: \_\_\_\_\_ Empresa: \_\_\_\_\_

Tipo de arena: \_\_\_\_\_ Lugar: \_\_\_\_\_

<b>PRUEBA DE GRANULOMETRÍA PARA TEJAS DE MICRO CONCRETO</b>			
Análisis del tamiz			
<b>ABERTURA DEL TAMIZ</b>	<b>RETENIDO EN EL TAMIZ</b>		<b>PASADO</b>
<b>mm.</b>	<b>g</b>	<b>%</b>	<b>Σ %</b>
5	0	0	100
2	30	3.0	97.0
0.5	540	54.0	43.0
<0.5 (caja fondo)	430	43.0	0
	Σ = 1000	100	

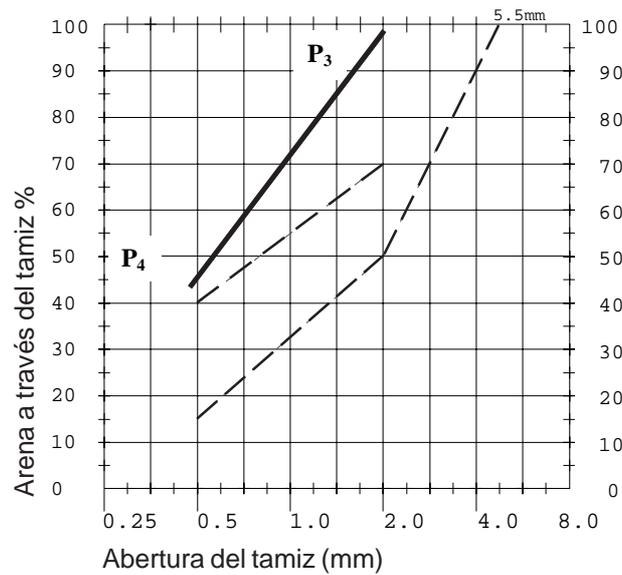
Esto puede suceder también a la inversa, es decir, una arena con mucha más cantidad de granos gruesos, como se observa en la planilla # 3.

**Planilla # 3**

Taller: \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_\_

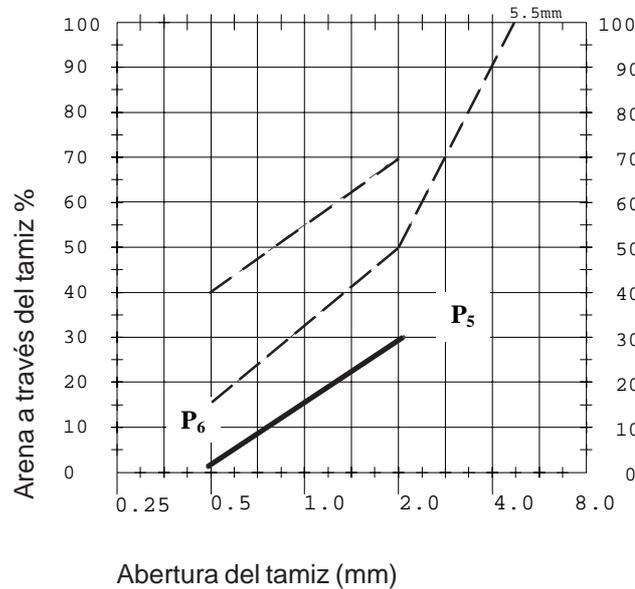
Provincia: \_\_\_\_\_ Empresa: \_\_\_\_\_

Tipo de arena: \_\_\_\_\_ Lugar: \_\_\_\_\_



PRUEBA DE GRANULOMETRÍA PARA TEJAS DE MICRO CONCRETO			
Análisis del tamiz			
ABERTURA DEL TAMIZ	RETENIDO EN EL TAMIZ		PASADO
mm	g	%	Σ %
5	0	0	100
2	710	71	29
0.5	270	27	2
<0.5 (caja fondo)	20	2	0
	Σ = 1000	100	

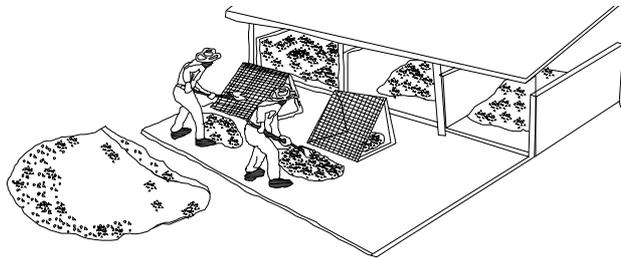
## CURVA DE GRANULOMETRÍA



Ahora la pregunta es cómo solucionar la situación si no se cuenta con un lugar de donde extraer otro tipo de arena, si el proveedor no tiene otro tipo de arena o si la arena ideal se encuentra muy distante y traerla aumenta su costo.

Para resolverlo se procede de la siguiente forma:

Si se analiza la curva de granulometría, se ve que la arena debe estar entre 50 y 70 % pasado para el tamiz de 2mm, y entre 15 y 40 % para el de 0.5mm. Esto da la posibilidad de igualar los porcentajes retenidos y obtener una arena dentro de la gráfica y que cumpla con las especificaciones. Para lograrlo, se debe tamizar la arena por los tamices de 5mm, eliminar el retenido en este tamiz, 2mm, 0.5mm, fondo de caja y obtener tres pilas de arena. El tamiz de 0.5mm se puede sustituir por 1mm y será más fácil hacerlo. Es necesario recordar que la arena debe estar lo más seca posible, guardarla en los compartimentos destinados para cada tamaño y mezclar bien cada tipo, para lograr un tamaño homogénea en cada tipo de arena.



Después, se toma un volumen (un cubo) de cada pila y se lo deposita en un sitio limpio; se mezcla muy bien para obtener una arena homogénea y se realiza nuevamente el proceso de cuarteo, se toma la muestra para realizar el ensayo granulométrico otra vez y ver el resultado. (Planilla # 4). Como se puede apreciar, la arena mejoró su composición, obteniéndose una curva dentro de los límites establecidos. Como es lógico, esto se puede mejorar mucho más, reduciendo los volúmenes o aumentándolos, según corresponda a cada grupo.

**Planilla # 4**

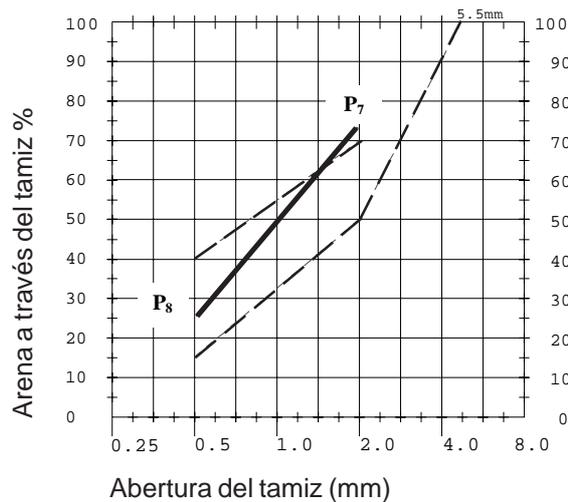
Taller: \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_\_

Provincia: \_\_\_\_\_ Empresa: \_\_\_\_\_

Tipo de arena: \_\_\_\_\_ Lugar: \_\_\_\_\_

PRUEBA DE GRANULOMETRÍA PARA TEJAS DE MICRO CONCRETO			
Análisis del tamiz			
ABERTURA DEL TAMIZ	RETENIDO EN EL TAMIZ		PASADO
mm	g	%	Σ %
4.75	0	0	100
2	267.20	26.72	73.28
0.5	486.5	48.65	24.63
<0.5 (caja fondo)	246.3	24.63	0
	Σ = 1000	100	

**CURVA DE GRANULOMETRÍA**



### 5.3 Agua

Las características del agua utilizada en la mezcla influyen en la calidad de las tejas, pues si está sucia y contaminada puede acarrear efectos negativos en el proceso de fraguado y endurecimiento del mortero. Debe estar fresca y limpia, preferiblemente usar agua potable ordinaria.

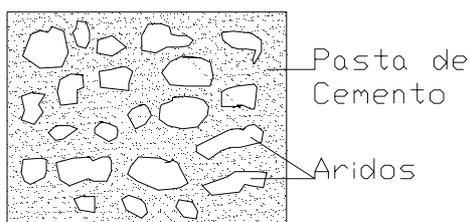
Por estas razones debe haber depósitos independientes para el agua de la mezcla y nunca utilizar la de los tanques de curado de las tejas para el mortero.

Si para la fijación de las tejas emplea alambre de acero no galvanizado, el agua no debe contener sal. Si es galvanizado, el contenido de sal no debe exceder de 4 %; es decir, puede emplearse agua de mar.

De existir dudas en relación con la calidad del agua, se deben realizar ensayos para comprobar si hay diferencias apreciables en el tiempo de fraguado y la resistencia de las tejas producidas con agua potable y con el agua en cuestión.

### 5.4 Relación agua-cemento

#### Influencia de la relación agua-cemento y el curado del hormigón de la TMC



Si hacemos un corte a un hormigón se observa una superficie como la mostrada en la figura. Se observa que el hormigón está compuesto por partículas de diferentes tamaños, a las que llamaremos áridos. La función principal del árido es llenar el volumen con un material relativamente barato.

Rellenando los huecos dejados por el árido se encuentra la pasta de cemento hidratada (piedra de cemento). En el caso de la TMC, la piedra de cemento se obtiene al fraguar la mezcla de cemento Portland y agua, que se utiliza como aglomerante. La función del aglomerante es unir todas las partículas que componen el árido, formando la piedra artificial que llamamos hormigón o concreto.

Aquí se muestran los aspectos básicos que determinan las propiedades de la pasta de cemento, la cual, de hecho, desempeña el papel predominante en las propiedades del hormigón y por consiguiente, de la TMC.

#### Piedra de cemento

La piedra de cemento está compuesta principalmente por GEL de cemento, poros de gel, poros capilares, y cemento anhidro (cemento sin fraguar).

El gel de cemento está compuesto por partículas coloidales producto del fraguado del cemento, con una porosidad aproximada de un 28 %. Estos poros son los del gel, que son sumamente pequeños (diámetro promedio de 1.5 millonésima de mm), e

influyen poco en las propiedades del hormigón.

Los poros capilares son mucho más grandes y son el resultado de los espacios ocupados por el agua que no han sido llenados por el gel. El volumen de estos poros varía desde 0% hasta un 40% del volumen inicial de la mezcla de cemento y agua, y depende de la relación agua-cemento y del grado de hidratación del cemento.

### Relación agua-cemento

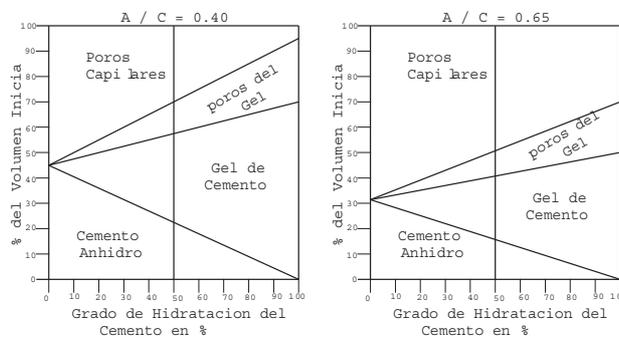
Se entiende por relación agua-cemento, la obtenida al dividir el peso del agua utilizada en una mezcla de hormigón entre el peso del cemento.

### Grado de hidratación

Se llama grado de hidratación a la relación entre el peso del cemento que ha fraguado y el total del cemento utilizado. El cemento para fraguar necesita una cantidad de agua igual al 23% de su peso y por cada gramo de cemento fraguado ocupa un volumen de 0.68 cm<sup>3</sup> de gel de cemento y poros de gel

Como un gramo de cemento ocupa un volumen de 0.32 cm<sup>3</sup>, la máxima cantidad de agua a usar para que todos los espacios ocupados por el agua queden rellenos por el gel de cemento y sus poros es de 0.36 cm<sup>3</sup>, que corresponde a una relación agua-cemento de 0.36. Para valores mayores de esta relación quedan poros capilares y para valores menores queda cemento sin fraguar.

La influencia de la relación agua-cemento y el grado de hidratación del cemento se la ve al analizar el comportamiento de dos pastas, una con relación A/C = 0.40 y la otra con A/C = 0.65, cuyos gráficos aparecen a continuación:



En los gráficos anteriores, al trazar una línea vertical para determinado grado de hidratación, se obtiene el porcentaje del volumen total que ocupan los diferentes componentes de la piedra de cemento.

Por ejemplo, para la relación A/C = 0.40 y 0 % de hidratación (que corresponde al instante de mezclar el agua con el cemento), el volumen está ocupado en un 44 % por cemento anhidro y en un 56 % por poros capilares, que en este caso están rellenos de agua.

A medida que aumenta el grado de hidratación del cemento (que fragua el cemento), disminuyen los poros capilares y el cemento anhídrido y aumenta el volumen del gel de cemento y de los poros de gel. Esto se puede observar al comparar la línea vertical de 50 % de hidratación y la de 0 % de hidratación.

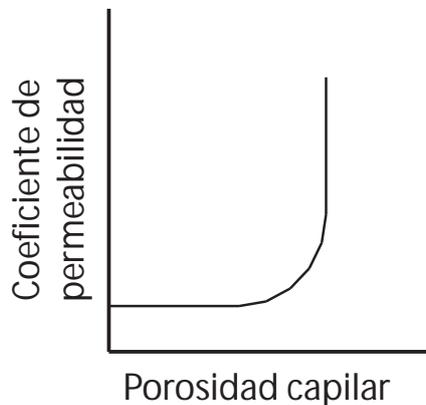
Cuando todo el cemento ha fraguado (100 % de hidratación) la pasta con  $A/C = 0.40$  sólo presenta un 5 % de poros capilares, mientras que la pasta con  $A/C = 0.65$  tiene un 30 % de poros capilares.

Como se mencionó, dicho que el cemento necesita agua para fraguar; cuando se analiza el ejemplo con relación  $A/C = 0.40$  y 0 % de hidratación, se señala que los poros capilares estaban llenos de agua. Si no se permite que ésta se evapore, el cemento va a tener el agua requerida para el fraguado. Pero, si el agua contenida en los poros se evapora, se detiene el fraguado. Por ejemplo qué sucede en esta situación. Si con una pasta con relación  $A/C = 0.40$  se evapora toda el agua, cuando sólo la mitad del cemento ha fraguado (50 % hidratado), el volumen de poros capilares es de un 31 %, lo que es algo mayor que para la pasta con  $A/C = 0.65$  y 100 % de hidratación, que como se había visto, era de un 30 %.

Por tanto, bajo estas condiciones, la mezcla con relación  $A/C = 0.40$  tendrá un peor comportamiento en todas sus propiedades, a pesar de tener más cemento porque sólo fraguó la mitad. Para evitar que suceda lo anterior, se estableció el sistema de curado de la TMC.

Hay que señalar que los poros capilares afectan todas las propiedades del hormigón: la **resistencia a la compresión, la permeabilidad, la durabilidad, etc.**

El efecto de la porosidad capilar sobre la permeabilidad de la pasta puede observarse a continuación:



Se observa que para una porosidad capilar menor de 15% (corresponde 15% de poros capilares a  $A/C = 0.50$  y 100% de hidratación), el valor del coeficiente de permeabilidad es muy bajo incrementándose a partir de este valor, siendo este incremento muy brusco para porosidades mayores del 30%. Por lo anterior, se plantea que la relación agua-cemento de la TMC debe estar entre 0.50 y 0.60. Por debajo de esta cifra requiere el uso de más cemento y se afecta la economía.

### **CONCLUSIONES:**

Para garantizar la calidad de la TMC, debe utilizarse en la mezcla de hormigón una relación agua-cemento entre 0.50 y 0.60, y garantizar el régimen de curado previsto, para asegurar que todo el cemento reaccione.

### **5.5 Uso de pigmentos minerales**

La demanda de TMC con color crece de año en año. El color de la teja puede obtenerse:

- Pintándola, con el inconveniente de que en un tiempo más o menos largo, la pintura se va deteriorando, debido a la acción de los rayos solares, el depósito de suciedades y el crecimiento de hongos, y va desapareciendo la belleza del techo.

- La otra vía es agregarle un pigmento mineral a la mezcla de hormigón, con lo cual se puede obtener un color permanente aunque de menor intensidad, aunque también con el decursar del tiempo y la influencia de los rayos solares, la suciedad y los hongos, se pierde el color.

A continuación se analizan los factores a considerar para un uso eficiente y económico de los pigmentos minerales en la fabricación de TMC.

#### **Poder colorante**

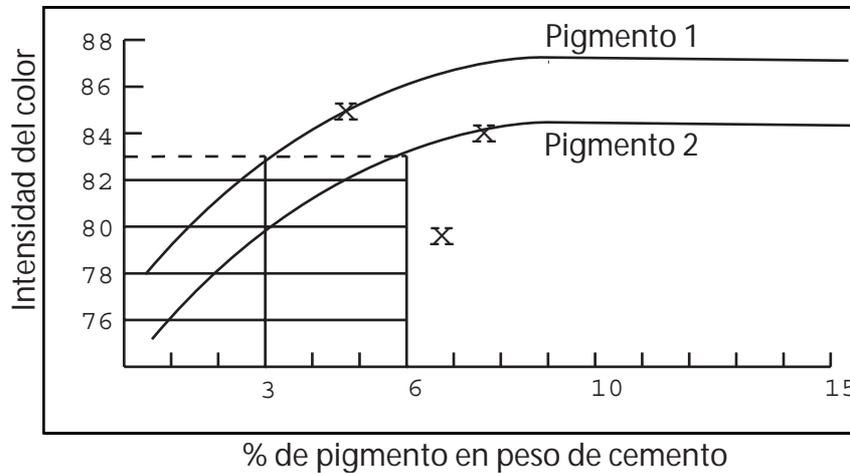
Se mide por el % de pigmento que es preciso añadir al hormigón para obtener una superficie con determinado color. El poder colorante va a depender de la pureza del pigmento, en otras palabras, del contenido de sustancias colorantes y de su finura. El gráfico 1 expone los resultados de muestras de hormigón coloreadas con dos pigmentos diferentes a base de óxido de hierro, en relación con la intensidad del color y la concentración del pigmento.

Puede observarse que la concentración requerida de pigmento 1 para una misma intensidad de color es la mitad que la requerida para el 2. Es decir, 1 posee doble poder colorante que el 2; por ese motivo, demanda de la mitad de la concentración para obtener la misma intensidad de color que el pigmento 2.

En resumen, no todos los pigmentos de un mismo color son iguales, ni es necesariamente más económico el más barato. Además, un mayor contenido de fino introducido al hormigón por un pigmento de bajo poder colorante implica usar mayor cantidad de agua, con la consiguiente pérdida en la resistencia del hormigón.

#### **Concentración de pigmento y efecto sobre el color**

Es necesario conocer la concentración óptima de pigmento en el hormigón, a fin de utilizar la cantidad estrictamente necesaria, pues este producto es caro. El gráfico siguiente muestra que al incrementar paulatinamente la concentración de pigmento en la mezcla de hormigón, la intensidad del color va a aumentar casi linealmente con la concentración de pigmento, hasta alcanzar un punto de saturación, por encima del cual se requiere de grandes cantidades de pigmento para incrementar ligeramente la intensidad del color. Para la mayoría de los pigmentos a base de óxido de hierro el punto de saturación oscila entre 5 y 8 % del peso del cemento.



#### **Efecto del color del árido sobre la intensidad del color**

El color del árido también influye sobre la intensidad del color, igual que el cemento, pero en menor grado, por lo que es conveniente utilizar áridos claros o de tonos similares al que se desee obtener en la teja. Es difícil lograr colores fuertes o claros con un árido oscuro.

#### **Efecto del color natural del cemento sobre la intensidad del color**

El gris tiene el efecto de amortiguar todos los colores. Por eso el hormigón coloreado con cemento gris no posee la misma brillantez que el fabricado con cemento blanco. Este efecto es más o menos acentuado de acuerdo con el matiz del pigmento añadido. Con el negro no hay diferencia, con el carmelita oscuro (café) y el rojo la diferencia es pequeña, mientras que es considerable con el amarillo y el azul. De manera que mientras más claro sea el color más necesario será el cemento blanco para mantener la pureza del color.

En resumen, desde el punto de vista económico es aconsejable utilizar cemento gris, por lo cual para las TMC debemos pensar en usar tonalidades oscuras.

#### **Efecto de la variación de la relación agua-cemento en la intensidad del color**

Se conoce que a medida que se incrementa la relación agua-cemento en la mezcla, parte de esa agua deja poros muy finos al evaporarse. Estos actúan como burbujas de aire similares a la espuma de jabón o de cerveza, dispersando la luz incidente y provocando que el hormigón se torne más claro. El incremento de la relación agua-cemento en un hormigón sin pigmento origina una tonalidad más clara. Esto mismo ocurre con el hormigón al cual se le incorpora pigmento. Por lo anterior, debe cuidarse celosamente la cantidad de agua en el hormigón coloreado para mantener uniforme la intensidad del color.

### **Efecto de la temperatura de curado sobre la intensidad del color**

La temperatura de curado afecta la intensidad de color por dos vías:

- En primer lugar la estabilidad térmica del pigmento tiene límites. Por ejemplo, el óxido de hierro negro se oxida aproximadamente a 180 °C, transformándose en óxido de hierro rojo. Esto es significativo para el curado en autoclaves, por lo que no tiene importancia para la teja.

- La temperatura afecta el grado de cristalización y el tamaño de los cristales de los compuestos hidratados del cemento. El tamaño de los cristales es responsable del poder dispersante de la luz. A medida que se eleva la temperatura, los cristales se hacen más pequeños, aumenta la dispersión de la luz y la tonalidad del color se hace más clara. Entre los 2 °C y los 28 °C la diferencia es relativamente pequeña, por lo que también lo es la afectación al color de la TMC.

### **Influencia del molde sobre la intensidad del color**

Durante el proceso de compactación del hormigón se forma una lechada compuesta de cemento, árido muy fino, pigmento y agua en la lamina plástica entre el molde y el hormigón. Dependiendo del material usado en la lámina plástica, menor o mayor será la cantidad de lechada en la superficie del hormigón. A menos absorción, más lechada en la superficie y el color va a ser más intenso que en el interior.

En el caso de la TMC, cuando se trabaja con tejas de color es importante utilizar interfases plásticas en buen estado y limpias.

### **Efecto de la concentración de pigmentos sobre la consistencia del hormigón**

El pigmento afecta la consistencia del hormigón, no solo porque es un material muy fino sino también por su forma y composición química. Es decir, a mayor concentración de pigmento la consistencia del hormigón va a ser más seca, por lo que va a requerir mayor cantidad de agua.

Por otra lado, la concentración de pigmento siempre debe ser inferior a un 10 % del peso del cemento. Para esa concentración y con un pigmento adecuado, el incremento de agua puede ser menos de 5 %.

Aproximadamente para una concentración de 5 % de pigmento del peso de cemento, el incremento del agua puede ser de un 3 %. No toda esta agua afecta la relación agua-cemento, dado que una parte es absorbida por el pigmento y no actúa en la reacción con el cemento. Por esta razón, con un pigmento adecuado la pérdida de resistencia por el incremento del agua es pequeña.

### **Efecto de la eflorescencia**

Se denomina eflorescencia a la mancha blanca que aparece en la superficie del hormigón. Se deben distinguir dos tipos de eflorescencia:

-La eflorescencia primaria ocurre durante el curado del hormigón, sin que se produzca condensación de agua.

- La eflorescencia secundaria es ocasionada por la acción del agua externa. La causa principal es que durante el fraguado se desprende cal libre, la cual se disuelve en el agua de mezclado, eflorescencia primaria, y o en el agua procedente del exterior

y es llevada a la superficie, donde al reaccionar con el dióxido de carbono de la atmósfera, se forma una mancha blanca de carbonato de calcio insoluble.

En una reacción más lenta, el carbonato de calcio puede reaccionar con cantidades adicionales de dióxido de calcio, que es soluble en agua. El agua de lluvia posee una alta carga de dióxido de carbono que va a provocar la formación del bicarbonato con la cual la eflorescencia se elimina con el tiempo.

Pruebas realizadas con tejas de hormigón coloreado presentaron un fuerte incremento de la eflorescencia durante el primer año de exposición, y ya al segundo año prácticamente había desaparecido.

El efecto de la eflorescencia en las tejas se elimina con el tiempo; no obstante, a la hora de venderla no debe presentar eflorescencia secundaria, por lo cual es necesario que, en caso de las tejas de colores, no se curen bajo el agua. Para hacerlo se utilizará una cámara de curado, donde se mantiene una lámina de agua de 3 ó 4cm de espesor en la parte inferior, y las tejas se colocan sobre una tarima sin que entren en contacto con el agua. En este caso, solo ocurre la eflorescencia primaria, pero prácticamente no es perceptible y se mantiene la uniformidad del color. Esta cámara puede lograrse en los estanques usados normalmente para el curado húmedo de las tejas, solamente incorporando una tarima en el fondo para evitar el contacto de las tejas con el agua y cerrando la parte superior con un material plástico o metálico.

#### **Efecto del mezclado sobre la intensidad del color**

Para lograr una misma intensidad de color en toda la superficie de la teja es preciso que el pigmento esté repartido uniformemente por todo el volumen del hormigón. Para ello mezclamos previamente en seco el cemento con el pigmento hasta lograr un tono uniforme. De ser factible, añadirle agua hasta formar una pasta de consistencia uniforme y posteriormente adicionarle el árido fino.

#### **CONCLUSIONES:**

Es posible fabricar una TMC coloreada uniforme e integralmente con el uso de un pigmento de adecuado poder colorante, en una concentración inferior al punto de saturación, empleando cemento gris. Pero se debe controlar correctamente la relación agua-cemento de la mezcla, usar láminas plásticas en buen estado y limpias y emplear un curado saturado de humedad.

#### **5.6 Aditivos**

Aditivos son aquellos productos químicos sólidos o líquidos que se añaden durante la fabricación de pasta, morteros y hormigón, en pequeñas cantidades (menos del 5 % del peso del cemento), para mejorar sus propiedades.

##### **Aditivos más usados**

##### **Plastificantes (reductores de agua)**

Permiten reducir el contenido de agua para igual laborabilidad, o un aumento en la laborabilidad para igual cantidad de agua.

### **Incorporadores de aire**

Forman burbujas que actúan como lubricantes, aumentando la cohesión y disminuyendo la exudación. Esto produce una mejor laborabilidad y mayor impermeabilidad, lo que hace al hormigón más durable.

### **Empleo racional del aditivo**

Básicamente, el aditivo se emplea para lograr una o varias de las siguientes condiciones:

- Mejorar o modificar la reología del hormigón fresco.
- Mejorar o modificar los tiempos de fraguado y endurecimiento del hormigón.
- Mejorar o modificar las resistencias mecánicas.
- Mejorar el comportamiento de morteros y hormigones en el tiempo frente a determinados medios agresivos.
- Lograr regularidad en la fabricación del hormigón.
- Ampliar el campo de aplicación del hormigón.
- Disminuir el costo de fabricación y colocación del hormigón.

### **5.7 Elementos de fijación de las tejas**

La fijación de las tejas generalmente se realiza después que la cubierta ha sido techada, excepto cuando se efectúa mediante el clavado de las tejas a las vigas secundarias o al entablado de madera.

El tipo de fijación utilizado depende del material de fabricación de las vigas secundarias (regla, clavador, perlín, correa, etc). Así tenemos que:

<b>Material de las vigas a las que se fijarán las tejas</b>	<b>Elementos de fijación de la teja</b>	<b>Forma de fijación de la teja</b>
Madera	Tacón con alambre galvanizado	Clavado o amarrado
Barras de acero	Tacón con alambre galvanizado	Amarrado
Hormigón armado	Tacón con alambre galvanizado	Mortero o amarrado
Hormigón pretensado	Tacón con alambre galvanizado	Amarrado

Los elementos de fijación de las tejas utilizados generalmente son:

- Alambre de acero galvanizado, con diámetro mínimo de 0,9 mm.
- El alambre de acero, puede ser usado cuando no se dispone del galvanizado, con un diámetro mayor de 2mm para garantizar su durabilidad.
- Alambre de cobre, u otro metal no ferroso, compatible con el mortero, con un diámetro no menor de 1.2 mm.

El alambre utilizado debe ser lo suficientemente flexible para que pueda ser torcido sin romperse.

No deben utilizarse materiales orgánicos que puedan sufrir pudrición.

Todas las tejas del borde de la cubierta deben tener una segunda fijación, la cual se hará perforando las tejas del borde en el lugar que les corresponda, en el momento de su fabricación, o un tacón adicional, y amarrándolas con alambre galvanizado.



## CAPITULO 6

### Proceso de producción

#### 6.1 Diseño de la mezcla de hormigón para la TMC

Previamente a la aplicación de esta metodología, debe seleccionarse la arena y el cemento adecuados. Se explica a continuación un método simple del proceso, manteniendo un alto rigor técnico, utilizando utensilios y equipos que puedan ser parte de un taller.

Equipamiento necesario:

- Recipiente de aproximadamente 2 litros.
- Recipiente de unos 12 litros.
- Probeta graduada de 250 ó 500 mml, o, una botella de 500 ml.
- Balanza de 5kg, menor división de la escala, 5 gramos.

#### PARTE A

##### Procedimiento para la determinación de la mezcla a través del peso

Se usan dos relaciones de agua:

- $A/C = 0.50$
- $A/C = 0.60$

##### Diseño de una mezcla con la relación $A/C = 0.5$

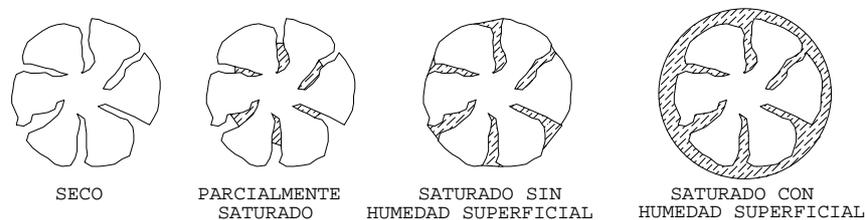
###### 1<sup>er</sup> PASO

Se prepara 10 kg de arena y 2 kg de cemento.

###### 2<sup>do</sup> PASO

Determinar el estado de humedad de la arena.

Cuando se trabaja con una arena en las condiciones normales de un taller, los granos pueden estar secos, parcialmente saturados, saturados sin humedad superficial, y saturados con humedad superficial, como se representan a continuación.



Al preparar la mezcla de concreto, se vierte determinada cantidad de agua, pero esta no siempre es la que se utiliza para calcular la relación A/C.

Si la arena está seca o parcialmente saturada, parte del agua va a rellenar los poros de esta y no interviene en la reacción con el cemento. Por lo tanto, para determinar la relación A/C, se deberá restar la cantidad de agua que penetra en los poros del total que se agrega.

Si la arena está saturada con humedad superficial, el agua que se encuentra en la superficie va a intervenir en la reacción con el cemento, por lo cual, el agua que se agrega debe ser menor al cálculo de la relación A/C.

Lo ideal en la arena es que esté saturada sin humedad superficial, y así hay que agregar la cantidad exacta de agua para la relación A/C. En la práctica, esto es muy difícil de obtener.

A continuación, se trata sobre el procedimiento para determinar la cantidad de agua para el diseño de una mezcla de hormigón a nivel de taller.

Como ya se explicó, en las condiciones de taller no es posible aplicar los ensayos que permitan hacer las correcciones del agua para calcular la relación A/C, por lo que se usa la arena con los granos saturados sin humedad superficial. Esto se basa en la propiedad que tiene la arena con humedad superficial de aglomerarse cuando se compacta.

Por ejemplo, cuando se toma un puñado de arena y se la aprieta, si tiene humedad superficial, se aglomerará.

- Se toma 10 kg de arena con la granulometría establecida para la teja con los granos saturados con humedad superficial.

- Se extiende la arena sobre una superficie que esté a la sombra y ventilada.

- Frecuentemente se realiza la siguiente prueba: Se llena con arena el cilindro utilizado en el ensayo de Laborabilidad del Mortero. Se lo compacta 10 veces y se levanta el cilindro cuidadosamente y se observa lo que pasa.

- Se llena con arena el cilindro utilizado en el ensayo de laborabilidad de mortero. Se compacta 10 veces.

- Se levanta cuidadosamente el cilindro y se observe la forma de la arena.



- Cuando la arena se ha secado hasta que toma la forma adecuada en la prueba, se la guarda en un recipiente tapado y hermético.

### 3<sup>er</sup> PASO

#### Determinar la cantidad de agua

Determinar la relación agua / cemento con que se va a trabajar.

Para el diseño de la mezcla se preparan dos mezclas con relación:

**A/C = 0.50 y A/C = 0.60**

#### Para la relación A/C = 0.50

Peso del agua  $A = 0.50 \times 2000g = 1000g = 1000ml$

#### Para la relación A/C = 0.60

Peso del agua  $A = 0.60 \times 2000 g = 1200 g = 1200 ml$

**Nota:**  $1 g \text{ de agua} = 1 \text{ cm}^3 = 1 \text{ ml}$     $1 \text{ kg} = 1000 \text{ ml} = 1 \text{ litro}$

### 4<sup>o</sup> PASO

#### Preparación de la mezcla

Se vierten 2 kg de cemento Pórtland en un cubo.

Se mide el agua y se vierte en el cubo donde se encuentra el cemento.

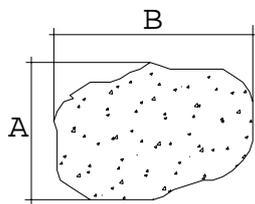
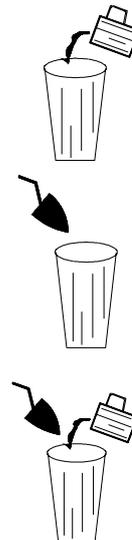
Se mezcla con una cuchara de albañil hasta que se forme una pasta uniforme.

Se toma 10 kg de arena saturada sin humedad superficial, y se le agrega al cubo.

Se mezcla hasta obtener una consistencia adecuada; al final es necesario lograr una mezcla no muy húmeda ni muy seca. Se comprueba la consistencia de la mezcla utilizando el ensayo de laborabilidad, según el Manual de Control de Calidad.

En caso de que no alcanzar la consistencia requerida, se agrega un poco más de arena, hasta obtener la laborabilidad deseada.

Se determina la consistencia de acuerdo con el ensayo de laborabilidad:



$$\text{CONSISTENCIA} = \frac{A+B}{2}$$

La consistencia para la teja debe de encontrarse entre 14 y 16 cm.

### 5º PASO

#### Cálculo de la arena utilizada.

Una vez alcanzada la consistencia, se determina la cantidad de arena utilizada, que resulta de restar la cantidad de kilogramos que no se utilizó, del total de arena.

La cantidad usada es:  $10 \text{ kg} - 1.2 \text{ kg} = 8.8 \text{ kg}$

Si se usan 2 kg de cemento con 8.8 kg de arena, la proporción es de de: **1 : 4.4**

### 6º PASO

#### Determinación de la consistencia de la mezcla y fabricación de tejas para ensayos

Después de determinar la consistencia de la mezcla, de acuerdo con el Ensayo de Laborabilidad del Manual de Control de Calidad, y la proporción utilizada, se procede a fabricar tejas. Esta cantidad de mezcla debe permitir fabricar, por lo menos, 4 tejas de 8 mm de espesor ó 3 de 10 mm. Es conveniente marcarlas para determinar la carga de rotura a flexión a los 28 días. Si se desea probar otras propiedades, se confecciona un volumen mayor, con iguales dosificaciones.

Estas tejas deben de curarse con el mismo régimen establecido en un taller, es decir, 24 horas en el molde, 7 días en la piscina de curado y 21 días más a la sombra, hasta completar los 28 días.

### 7º PASO

#### Pasos a realizar para el diseño de una mezcla con la relación A/C = 0.60

Se repiten los pasos del 1 al 6 para una mezcla con relación A/C = 0.60, usando 1.2 litro de agua y 2 kg de cemento. Debe resultar una cantidad de arena de 8 kg, lo cual dará una proporción: **1 : 4**

### 8º PASO

#### Ensayo de flexión de las tejas fabricadas

Se ensayan las las tejas que se hicieron con la proporción de 0.50 y 0.60, y llevemos el resultado a una tabla.

Mezcla	Relación A/C	Relación cemento/arena	Carga de rotura
1	0.50	1 : 4.4	90 kg
2	0.60	1 : 4	40 kg

Para garantizar el mínimo requerido de la carga de rotura de las tejas, se procede de la siguiente manera:

En la teja se utiliza la carga característica de rotura a flexión y no la media. Para las condiciones medias de fabricación en los talleres, la carga media es un 20 % mayor que la carga característica, por tanto:

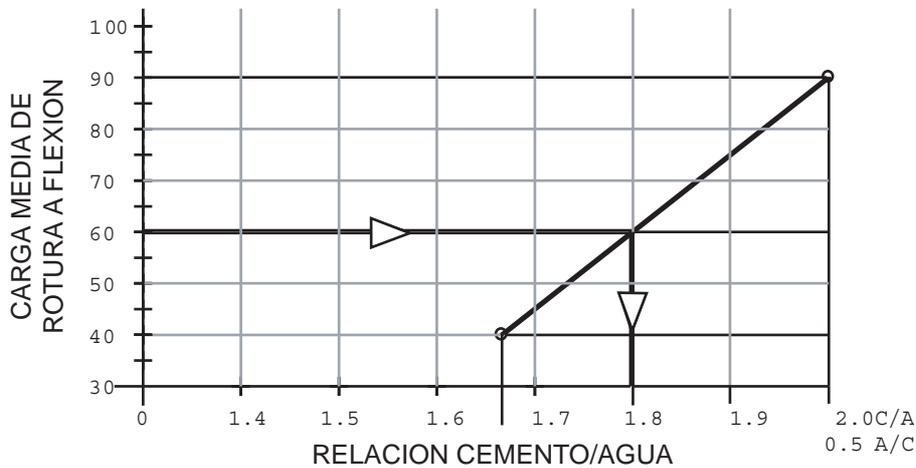
$$\left( \begin{array}{c} \text{CargaMedia} \\ \text{RoturaFlexión} \end{array} \right) = \left( \begin{array}{c} \text{CargaCaracterística} \\ \text{DeLaTeja} \end{array} \right) + \left( \begin{array}{c} 0.20\text{CargaCaracterística} \\ \text{DeLaTeja} \end{array} \right)$$

Por ejemplo, para la teja de 8 mm de espesor será:

$$\text{CMRF} = 50 \text{ kg} + 0.20 \times 50 \text{ kg} = 60 \text{ kg}$$

En la confección de los gráficos se utilizó la relación C/A en vez de la relación A/C ( $C/A = 1/A/C$ ), debido a que de esa forma los gráficos tienen un comportamiento lineal y es más precisa la interpolación.

Para construir la gráfica marquemos en el eje de Carga Media de Rotura a Flexión, 60 kg, que fue lo que resistieron las tejas con la relación A/C = 0.60, y a su vez, en el eje Relación C/A, marquemos el inverso de la relación con que fueron fabri-



casas las tejas ( $C/A = 1/A/C = 1/0.60 = 1.66$ ), tracemos líneas discontinuas perpendiculares a estos puntos, y donde ellas se corten obtendremos el primer punto de nuestra gráfica; repetimos el mismo proceso para el otro grupo de tejas, y obtendremos el segundo punto, unamos los dos con una línea continua gruesa y tendremos nuestra curva.

Con el valor obtenido de Carga Media de Rotura a Flexión (CMRF) = 60 kg lo marcamos en eje de Carga Media de Rotura a Flexión y trazamos una línea perpendicular, hasta que se corte con la curva hallada; desde ese punto bajamos hasta el eje de Relación Cemento / Agua, y determinamos la relación C / A = 1.8.

Con la relación C / A = 1.8 entraremos al siguiente gráfico que se ha construido con los datos de la tabla anterior.

Para la mezcla requerida encontramos ahora:

$$1 : 3.88 \text{ con una relación } A / C = 0.55$$

## PARTE B

### Procedimiento para la determinación de la mezcla a través del volumen

Se trabaja con dos relaciones de agua:

- $A/C = 0.50$
- $A/C = 0.60$

#### Pasos a realizar para el diseño con la relación $A/C = 0.50$

Se repiten los pasos del 1 al 4 de la parte A.

##### 9<sup>no</sup> PASO

##### Determinar el peso suelto del cemento

Se coloca sobre una balanza un recipiente con capacidad de 2 litros, para determinar su peso vacío.

Ejemplo: 290 g.

Se llena el jarro con cemento, sin apisonarlo, y se enrasa para eliminar el exceso.

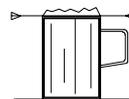
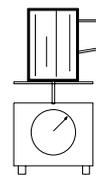
Se pesa nuevamente el recipiente lleno de cemento, se anota el peso y se resta el peso del jarro vacío. El dato obtenido es el peso del cemento.

Ejemplo:

Jarro vacío = 290 g

Jarro lleno = 2 290 g

Peso del cemento =  $2290 - 290 = 2000$  g

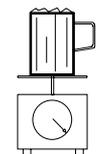


##### 10<sup>mo</sup> PASO

**Determinar la relación agua / cemento con que se va a trabajar.**

Para el diseño de la mezcla se hacen morteros con relación:

**$A/C = 0.50$  y  $A/C = 0.60$**



##### Para $A/C = 0.50$

Peso del agua  $A = 0.50 \times 2000 \text{ g} = 1000 \text{ g} = 1000 \text{ ml}$

##### Para $A/C = 0.60$

Peso del agua  $A = 0.60 \times 2000 \text{ g} = 1200 \text{ g} = 1200 \text{ ml}$

**Nota:** 1 gramo =  $1 \text{ cm}^3 = 1 \text{ ml}$       1 kilogramo = 1000 ml = 1 litro

##### 11<sup>no</sup> Paso

### Preparación de la mezcla

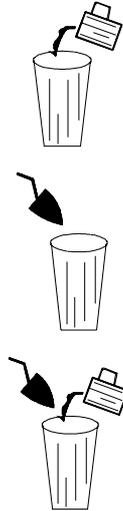
Se llena el recipiente con cemento, se enrasa y se vierte el cemento en el cubo plástico.

Se mide el agua y se vierte en el cubo.

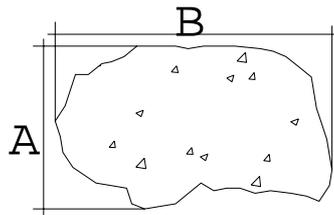
Se mezcla con una cuchara de albañil hasta que se forme una pasta uniforme.

Se llena el recipiente con arena saturada sin humedad superficial, se enrasa y se vierte en el cubo con la pasta de cemento y se mezcla hasta que tenga consistencia.

Se llena el recipiente otra vez con arena y se vierte un poco sin dejar de mezclar hasta obtener una consistencia uniforme. Se repite esta operación hasta que la mezcla tenga una consistencia similar a la que se usa generalmente para la teja.



**Determinar la consistencia del mortero de acuerdo con el ensayo de laborabilidad.**



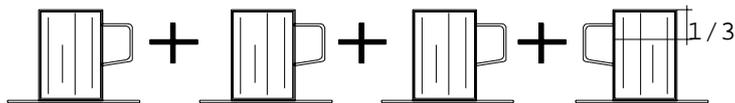
$$\text{CONSISTENCIA} = \frac{A+B}{2}$$

La consistencia del mortero para la teja debe de encontrarse entre 14 y 16 cm.

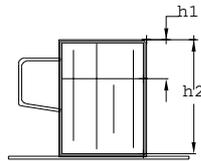
### 12<sup>do</sup> PASO

#### Cálculo de la arena utilizada

Una vez alcanzada la consistencia, se determina la cantidad de arena utilizada, que es el número de recipientes de arena completos que se echaron, más la fracción del recipiente que no se echó completo.



La fracción del volumen del recipiente que no se echó completo se calcula de la forma siguiente:



$$\text{FRACCIÓN DE VOLUMEN} = \frac{h1}{h2}$$

Por ejemplo, si echamos 3 recipientes completos de arena y del cuarto echamos  $h1 = 6$  cm. Y  $h2 = 18$  cm. La relación volumétrica sería :

**1 de cemento : 3.6 / 18 de arena.**

**1 de cemento : 3.33 de arena**

Por tanto, la proporción utilizada fue de: **1 : 3.1/3**

### 13<sup>er</sup> PASO

#### **Determinación de la consistencia de la mezcla y fabricación de tejas para ensayar**

Se determina la consistencia de la mezcla de acuerdo al Ensayo de Laborabilidad del Manual de Control de Calidad, se toma nota y confeccionan las tejas. Esta mezcla debe permitir fabricar, por lo menos, 4 tejas de 8 mm de espesor o 3 de 10 mm. Es conveniente marcar las tejas, para poder determinar la carga de rotura a flexión a los 28 días. Si desea probar otras propiedades se confecciona un volumen mayor con iguales dosificaciones.

Las tejas deben curarse con el mismo régimen establecido en un taller, es decir, 24 horas en el molde, 7 días en la pileta de curado y 21 días más a la sombra; hasta completar los 28 días.

### 14<sup>to</sup> PASO

#### **Pasos a realizar para el diseño de una mezcla con la relación A/C = 0.60**

Se repiten los pasos del 1 al 4 de la Parte A y del 9 al 13 de la Parte B, para una mezcla con relación A/C = 0.60, usando 1.2 litro de agua y 2 kg de cemento, y resultará una proporción volumétrica: **1 : 4.25.**

### 15<sup>to</sup> paso

#### **Ensayo de flexión de las tejas fabricadas**

Se ensayan las tejas que se hicieron con la proporción de 0.50 y 0.60. Llevemos el resultado a una tabla.

Mezcla	Relación A/C	Relación Cemento/Arena	Carga de Rotura
1	0.50	1 : 3.33	90 kg
2	0.60	1 : 4.25	40 kg

Para garantizar el mínimo requerido de la carga de rotura de las tejas, se procede de la siguiente forma:

En la teja se utiliza la carga característica de rotura a flexión y no la media. Para las condiciones medias de fabricación en los talleres, la carga media es un 20 % mayor que la carga característica, por tanto:

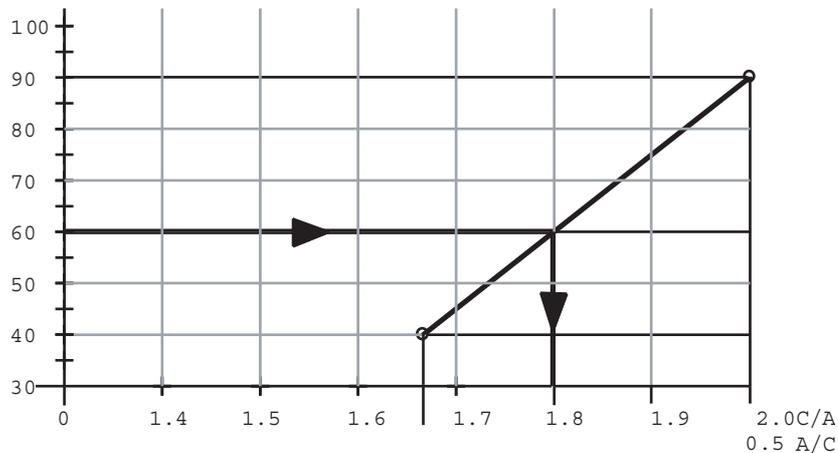
$$\left( \begin{array}{c} \text{Carga Media} \\ \text{Rotura Flexión} \end{array} \right) = \left( \begin{array}{c} \text{Carga Característica} \\ \text{DeLaTeja} \end{array} \right) + \left( \begin{array}{c} 0.20 \text{Carga Característica} \\ \text{DeLaTeja} \end{array} \right)$$

Por ejemplo, para la teja de 8 mm de espesor será:

$$\text{CMRF} = 50 \text{ kg} + 0.20 \times 50 \text{ kg} = 60 \text{ kg}$$

En la confección de los gráficos se utilizó la relación C/A en vez de la relación A/C ( $C/A = 1/A/C$ ), debido a que en esa forma los gráficos tienen un comportamiento lineal y es más precisa la interpolación.

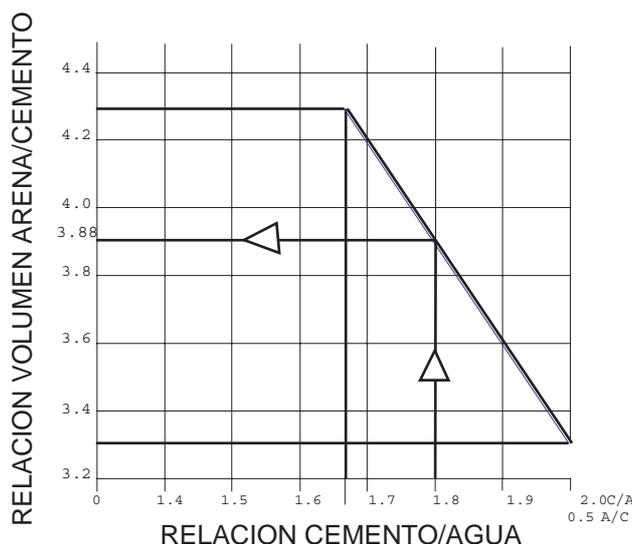
Para construir la gráfica, se marca en el eje de Carga Media de Rotura a Flexión, 40 kg, que fue lo que resistieron las tejas con la relación  $A/C = 0.60$  y a su vez en el eje Relación C/A, se marca el inverso de la relación con que fueron fabricadas las tejas ( $C/A = 1/A/C = 1/0.60 = 1.66$ ), se trazan líneas discontinuas perpendiculares a estos puntos, y donde ellas se corten se obtiene el primer punto de la gráfica, se repite el mismo proceso para el otro grupo de tejas, y se obtiene el segundo punto de la gráfica, se unen estos dos puntos con una línea continua gruesa y se tiene la curva.



Y con el valor obtenido de Carga Media de Rotura a Flexión (CMRF) = 60 Kg, se lo marca en eje de Carga Media de Rotura a Flexión y se traza una línea perpendicular, hasta que se corte con la curva hallada, desde este punto se baja hasta el eje de Relación Cemento / Agua, y se determina la relación  $C/A = 1.8$ .

Con la relación  $C/A = 1.8$  se entra al siguiente gráfico que se ha construido con los datos de la tabla anterior.

Para la mezcla requerida se encuentra ahora:  
1 : 3.88 con una relación A / C = 0.5



**NOTA:** Al preparar la mezcla a través del volumen, es necesario tener en cuenta la humedad de la arena. Recuerde que para las pruebas se emplea una arena saturada sin humedad superficial. Por tanto, al usar la arena en el taller es necesario controlar la cantidad de agua en la mezcla, y por tanto, se debe conocer cuánta humedad contiene la mezcla. Para hallarla se procede de la siguiente manera:

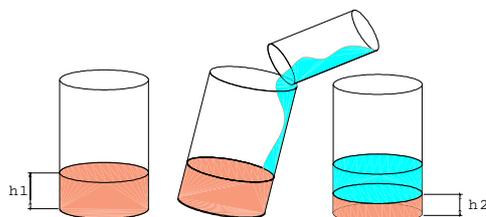
- Se coloca una cierta cantidad de arena en un frasco, sin apisonar. Se mide la altura de la arena contenida en él.

Ejemplo:  $h_1 = 12$  cm.

- Lentamente, se vierte agua en el frasco, deslizándola suavemente por la pared del frasco, como se muestra en la figura, hasta que el nivel alcance 2 cm sobre la arena.

- Se mide nuevamente la altura de la arena.

Ejemplo:  $h_2 = 10$  cm.



- Se determina el factor de corrección.

$$h_1 / h_2 = 12 / 10 = 1.2$$

- Hay que añadir arena a la mezcla en una cantidad relacionada con este factor de corrección.

Ejemplo: La relación obtenida al final del 14<sup>to</sup> paso es necesario corregirla por el factor. El aumento para tener en cuenta la humedad de la arena es:

$$3.88 \times 1,2 = 4.66$$

Ejemplo:

Después de estudiar los dos métodos, para determinar una mezcla adecuada, se comienza el proceso de producción de la teja. Se debe tener listos el equipamiento y todos los accesorios, como se ha explicado en capítulos anteriores. En principio, se trabaja

con una relación en volumen:

Proceso de dosificación.

**Cemento : Arena : Agua 1 : 2.5 : 0.5**

1. Se toma un cubo lleno de cemento y se determina la cantidad de cemento.

Peso del cemento C = 17 kg.

2. Se encuentra la cantidad de agua necesaria para el cemento que se usará:

$$A = C \times 0.5 = 17 \times 0.5 = 8.5 \text{ Kg.} = 8.5 \text{ l.}$$

3. Se prepara un cubo con el agua.

4. Se toma de cada pila (0-1; 1-2 y 2-5 mm) de arena dos cubos y se los pone en una superficie limpia para mezclarlos bien y de ahí tomar 2.5 cubos con la arena prediseñada anteriormente.

5. Se procede a depositar la arena en la artesa, pero antes hay que verificar que no contenga agua. Recuerde que anteriormente se recomendó que esta se mantenga siempre con agua en su interior, aunque no se esté utilizando, para de esa forma mantener húmeda la superficie y evitar que absorba el agua de la mezcla; si esta contiene agua, sacarla; de lo contrario, si está seca totalmente, se debe humedecerla. Después de estas operaciones se puede echar la arena.

6. Se vierte el cemento sobre la arena y se mezcla vigorosamente, extendiéndose el color gris del cemento por toda la superficie. Este proceso puede tomar de 3 a 5 minutos, en dependencia de la habilidad del operario.

7. Se toma el cubo con la cantidad de agua predeterminada para la cantidad de cemento que se utiliza. Se vierte aproximadamente la mitad del agua y se empieza el amasado. Se podrá observar que el agua o la pasta fluida del cemento con el agua siempre se dirige al centro de la artesa, debido a la forma que esta tiene, y nunca se derrama fuera, esto es una gran ventaja, pues no se desperdicia agua ni cemento. Se vierte otro poco más de agua y se sigue amasando la mezcla. Las razones para hacerlo de esta manera son:

En primer lugar, hay que considerar las condiciones en que se encontraban guardadas las arenas, si estas están a la intemperie o bajo techo, si está seca (parcialmente saturada), o húmeda (saturada con humedad superficial), la época del año y la humedad ambiental existente.

Si la arena está seca, el agua que se calcula será insuficiente no nos alcanzará, y la laborabilidad (14 y 16 cm) de la mezcla no se obtiene; la teja no se puede moldear y se agrieta; al contrario, si está húmeda, el agua sobraré y la laborabilidad sobrepasaré los límites establecidos con la consecuencia de una teja frágil, no impermeable, no resistente y poco duradera.

Si el clima es húmedo, la pérdida por evaporación será muy poca; en un clima seco y con velocidades del aire, la evaporación será grande.

Todo lo antes señalado es la causa por la que el agua se añade por etapas a la mezcla, realizando periódicas pruebas de laborabilidad, hasta que se obtenga la deseada, y se conozca la cantidad de agua necesaria.

Por ejemplo, en el caso de una arena seca, se calcula el agua que corresponde a la cantidad de cemento utilizado, se le agrega el agua como se indicó anteriormente, y cuando se termina con el agua calculada, se realiza la prueba de laborabilidad. Si no se alcanza la laborabilidad requerida, se añade más agua; claro está, hay que medirla, para saber cuánta más se necesita; se anota el resultado de la prueba de laborabilidad y la cantidad de agua utilizada por encima de la calculada.

Con estos datos anotados, cuando se vuelva a preparar otra cantidad de mezcla igual, ya se conocen las condiciones, aproximadamente, pero siempre hay que realizarlo por etapas y tanteando el resultado con la aplicación de la prueba de laborabilidad; así se lograrán muy buenos resultados.

Estos pasos para preparar la mezcla son muy importantes, pues de ellos dependen los resultados finales de una teja de buena calidad. Por eso hay que llevar un reporte detallado.

### **Control de calidad sobre la laborabilidad. Ensayo de taller**

#### **¿Por qué este ensayo?**

Una forma fácil de controlar las correctas proporciones de la dosificación utilizada en mortero, es el chequeo de su laborabilidad.

#### **¿Cómo?**

La laborabilidad puede ser medida de la forma siguiente: Se coloca una lámina de plástico sobre la superficie de la mesa vibradora. Se coloca el molde estándar en el centro de la mesa vibradora: se presiona el molde hacia abajo sobre la mesa, se llena con mortero y se apisona 20 veces aproximadamente con una varilla de madera (longitud 20 cm y diámetro 1.5 cm).

Se enrasa la superficie de mortero en el molde.

Se retira el molde con cuidado, sin que se desbarate el mortero, y se enciende la mesa vibradora durante 10 segundos exactamente.

#### **¿Quién?**

El operario de la máquina.

#### **¿Cuándo?**

La laborabilidad del mortero debe ser controlada para cada mezcla, inmediatamente antes del moldeo de la primera teja y de la última.

### Resultado

El resultado es la medida del diámetro promedio de la "torta" de mortero.

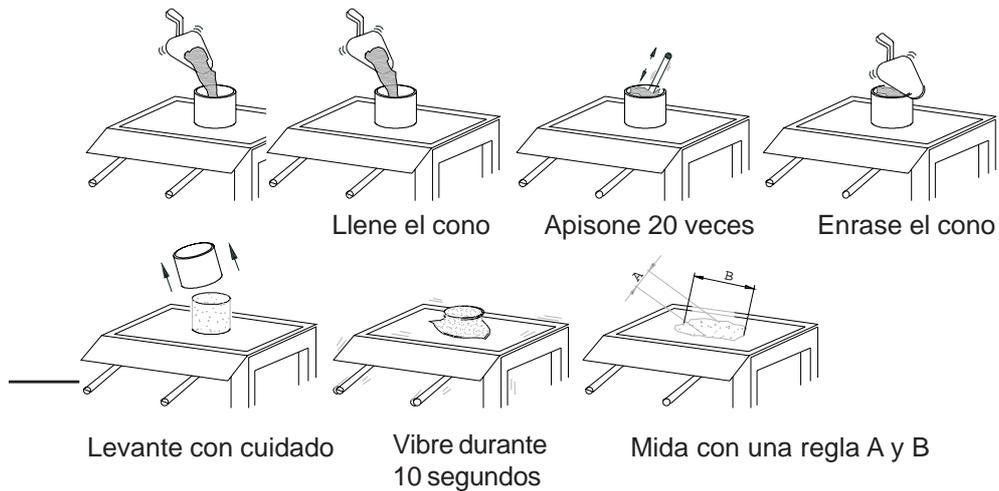
### Consecuencias

Si la laborabilidad es muy alta, el mortero puede resultar sobrevibrado durante la producción y los componentes se pueden separar. En tal caso, la adición de agua ha sido excesiva (la arena también puede estar demasiado húmeda). Por lo tanto, se debe adicionar cemento extra a la mezcla.

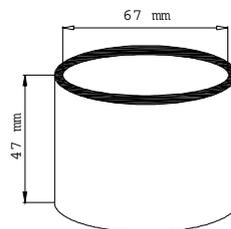
La práctica mostrará cuál es la mejor laborabilidad para las materias primas existentes. Si la laborabilidad difiere en más del 20 % de la estándar obtenida por Ud., se deben realizar ajustes en la dosificación de la mezcla.

Si la mezcla es muy seca, se adicionará pasta de cemento (una mezcla de agua y cemento con una baja relación agua-cemento). Si es muy húmeda, se añadirá arena.

### Ensayo de laborabilidad



$$\text{Laborabilidad} = \frac{A + B}{2} = 14 - 16 \text{ cm}$$



## Ensayo de laborabilidad

Planilla de reporte

Mezcla no.	Fecha	Laborabilidad

### 6.2 Fabricación de la lámina de mortero

Después de los pasos descritos, se puede proceder a fabricar la primera teja.

El mortero se vibra sobre una lámina plástica que va sobre la placa vibradora.

La lámina plástica permite:

- Trabajar el mortero sin ensuciar la máquina vibradora.
- Transportar la lámina de concreto hacia el molde.
- Copiar la forma del molde (forma de la teja).
- Aislar la mezcla del molde, manteniéndolo limpio en todo momento.

### Requerimientos de la lámina plástica

- La lámina plástica (lámina de interfase) es la que permite conformar y transportar hacia el molde la matriz de hormigón donde tomará su forma definitiva. La lámina plástica es un rectángulo de 535 x 325 mm y un espesor de 0.250 mm (micras), de polietileno transparente. Estas podrán ser utilizadas de 100 a 150 veces, en dependencia del cuidado que se tenga con ellas.

- El espesor de la lámina plástica debe ser el adecuado. Cuando es menor de 250 micras, esta lámina es muy fina y copiará la forma del molde muy fácilmente, pero en el momento de transportar la matriz de mortero, que en ese momento pesa aproximadamente 4 kg, sufre deformaciones, las que se transfieren a la teja. De lo contrario, una lámina mucho más gruesa que lo recomendado no se deformará, pero tampoco será capaz de copiar la forma del molde, por lo que también se obtiene una teja deformada.



-Antes de usarse por primera vez, la lámina debe sumergirse en agua con cemento durante 24 horas, y luego secarse al aire, para evitar que las primeras tejas que se produzcan salgan con una cantidad excesiva de poros.

- Las láminas plásticas deben limpiarse inmediatamente después de ser usadas. Esto debe hacerse con un paño y nunca con un objeto que las pueda rayar o perforar. Se debe utilizar agua en abundancia.

- Si las láminas plásticas se limpian con agua, no pueden guardarse húmedas, antes hay que secarlas al aire, y nunca al sol, pues este las deteriora; también hay que cuidar de que no se deformen al sujetarlas.

- No se debe usar nunca una lámina plástica húmeda colocada sobre la vibradora, después de vibrada, es casi imposible transportarla al molde plástico; esta se adhiere de tal forma que los esfuerzos que hay que realizar para desprenderla deformarán la lámina, obteniéndose al final una teja deformada.

- Si una lámina plástica tiene un orificio pequeño, hay que retirarla inmediatamente del uso, pues a través de este pasará el cemento líquido, ensuciando la vibradora y los moldes, lo que es fatal para todo el equipamiento.

- Cuando se almacenan las láminas plásticas, se debe evitar que se doblen al medio o en las esquinas, pues adquieren deformaciones que dificultan su colocación en la vibradora, las deformaciones son copiadas por las tejas que después no ajustan bien entre sí.

-Una lámina plástica no se puede colocar encima de una vibradora si su marco y placa no fueron cuidadosamente limpiados anteriormente; el residuo de arena con cemento deteriora las láminas plásticas y las ensucia, y a su vez a los moldes plásticos, lo cual dificulta el trabajo.

- Después de colocar la lámina plástica en la vibradora y bajar el marco, se debe alisar con la mano la lámina plástica, procurando que desaparezcan todas las deformaciones y el aire que queda entre la placa vibradora y la lámina plástica.



### **Llenado de la cuchara dosificadora con mortero**

Las cucharas dosificadoras facilitan el colocar una cantidad exacta de mortero encima de la placa vibradora, sin que falte ni sobre mortero.

A la hora de llenar la cuchara es necesario poner cuidado en que en las esquinas no queden espacios sin llenar con mortero, y enrasar la cuchara, de forma que no sobre ni falte mortero.

Se debe tener mucho cuidado al depositar el contenido de la cuchara sobre la vibradora, y no pinchar con la punta de la cuchara la lámina plástica pues se puede romper.

La cuchara debe vaciarse completamente, sin que quede residuo de mortero en ella; la teja necesita una cantidad exacta de mortero, de lo contrario, el espesor no será igual en todas partes. La cuchara debe mantenerse limpia durante el trabajo y después de este. No se debe usar la cuchara para otros menesteres que no sea para la fabricación de tejas.

### **Colocación del mortero sobre la vibradora, su distribución y vibrado. Requerimientos**

- El tiempo de vibrado óptimo es de 30 a 50 segundos; en ese lapso es indispensable distribuir el mortero en todo el interior del marco, sin que las esquinas queden vacías; a la misma vez hay que ejercer cierta presión sobre el mortero, para ayudar a su compactación y que el aire sea expulsado. En el caso de que se sobrepase el tiempo de vibrado, se puede provocar la segregación de los componentes de la mezcla y, por consiguiente, obtener tejas de baja calidad.

- Se considera que la vibración ha sido suficiente cuando comienza a aparecer el agua en la superficie del elemento. Al final de la vibración no debe existir esa película de agua, ni tampoco fisuras, huecos o burbujas de aire. La superficie debe ser uniforme y con un espesor parejo.



### **Problemas durante la distribución y vibrado del mortero**

**Problema:** Durante la distribución y vibrado del mortero, este es muy difícil de distribuir y vibrar.

**Causa:** La granulometría puede no ser correcta, se seleccionó una curva en la zona gruesa de la distribución; la relación cemento-arena no es adecuada y la relación agua-cemento está por debajo de la norma.

**Solución:** Debe rectificarse y ajustar la laborabilidad, al igual que la granulometría y la relación cemento-arena.

**Problema:** El mortero se vibra con demasiada facilidad y el agua con cemento se filtra entre el marco y la lámina plástica.

**Causas:** Exceso de agua, una relación agua-cemento fuera de los límites, laborabilidad fuera de las normas establecidas. El marco no ajusta correctamente y los cierres tampoco. Láminas plásticas muy finas o deterioradas.

**Solución:** Rectificar y comprobar la relación agua-cemento con el ensayo de laborabilidad. Ajustar



te los cierres para que el marco ajuste. Cambiar el espesor de las láminas, eliminar las láminas en mal estado.

**Problema:** La vibración no es suficiente.

**Causas:** Conexiones eléctricas defectuosas, potencia de los transformadores y baterías, varias máquinas conectadas a una misma fuente de energía; baterías descargadas o en mal estado, baterías de muy poca potencia. Conexión motor-vibrador.

**Solución:** Revisar las conexiones eléctricas; si la vibradora está conectada a un transformador, verificar que el voltaje y la potencia que entrega sean los adecuados. Si hay dos o más equipos conectados a un mismo transformador, comprobar si este es capaz de suministrar la carga necesaria. Si la vibradora funciona con baterías, comprobar la capacidad y carga. Revisar y ajustar las presillas que aprietan la unión de goma del motor y el vibrador.

**Problema:** Durante la distribución y vibrado del mortero este se dirige o derrama fuera del marco por uno de sus lados o una esquina.

**Causa:** La mesa vibradora no se encuentra nivelada.

**Solución:** Nivelar la mesa vibradora con un nivel de burbuja, colocándolo sobre la placa vibradora. Poner alzas en las patas de la mesa, donde lo requiera. Ajustar los tornillos que aseguran la vibradora a la mesa. Comprobar el nivel de la mesa periódicamente al menos, una vez al mes.

**Problema:** Durante la distribución y el vibrado se forman ondas que impiden formar la placa concreto; aire entre la placa vibradora y la lámina plástica.

**Causa:** Los cierres y el marco no ajustan correctamente. Desgaste de los elementos de ajuste del marco. Deformación del marco por manipulación incorrecta, limpieza insuficiente, acumulación y endurecimiento de mortero.

**Solución:** Rellenar con soldadura eléctrica los elementos de ajuste del marco y ajustarlos. Limpiar el marco. Ajustar las bisagras del marco. Corregir la deformación del marco.

**Problema:** Al levantar el marco, después de conformar la placa de concreto, esta se pega en algunas de las esquinas y lados.

**Causas:** El interior del marco no se ha pulido correctamente (si la máquina es nueva). Acumulación de mortero en las esquinas y otras partes del marco.

**Solución:** Pulir con papel de lija muy fino la parte interior del marco. Eliminar todo rastro de mortero del marco, con especial cuidado en las esquinas.

### **Conformación del taco de soporte de la teja y colocación del elemento de fijación.**

#### **Requerimientos**

- El tiempo de vibrado óptimo es de 3 a 4 segundos, lo imprescindible para que el mortero del taco se una con el de la teja. Se debe procurar que el tiempo de vibración no sea muy largo como para que el mortero del taco de soporte no descienda demasiado, y tenga una altura adecuada. Como práctica, siempre se deja una cantidad de mortero por encima de la cajuela, y este desciende cuando se vibra.

- Cuando la cajuela se encuentra llena de mortero se procede a colocar el alambre de sujeción, y se alisa cualquier desperfecto que ocasione el alambre.

#### **Problemas durante la confección del taco de soporte:**

**Problema:** El taco se desprende al levantar el marco.

**Causa:** Poco vibrado, las esquinas de la cajuela están sucias con mortero viejo.

**Solución:** Vibrar el tiempo adecuado. Limpiar bien la cajuela cada vez que se termine de fabricar una teja.

**Problema:** El taco se deforma inmediatamente que se levanta el marco.

**Causa:** La consistencia del mortero no es la adecuada.

**Solución:** Revisar la relación agua-cemento según el ensayo de laborabilidad.

#### **Apertura del marco de tejas y colocación en el molde plástico de la placa de mortero vibrada.**

##### **Requerimientos**

- Se sujeta el marco mientras se presiona por el apéndice que tiene en su lado izquierdo, y con la mano derecha se procede a zafar las palancas de cierre y colocarlas debajo de la placa vibradora, para que no estorben a la hora de colocar el molde plástico.

- Se levanta el marco con cuidado y se ayuda a despegar la matriz con una pequeña vibración o golpe del marco con la mano, hasta que se desprende el mortero; en la parte del taco se puede ayudar con los dedos.

- Se coloca el molde plástico en posición en la mesa vibradora.



#### **Extracción de la teja y su colocación en el molde plástico.**

##### **Requerimientos**

- Se mueve la lámina plástica hacia el molde sin levantarla de la placa vibradora y halándola firmemente por los extremos, hasta colocar el borde delantero de la lámina de concreto en el borde del primer escalón del molde. Esto es muy importante, pues de la correcta colocación en el molde, depende una buena teja.

- Si fuera necesario acomodar la matriz cuando ya se encuentra sobre el molde, hay que sujetarla con las dos manos por los lados estrechos de la lámina plástica y en el medio; de esta forma se puede mover sin ninguna dificultad y la matriz no se deforma. Nunca debe moverse la lámina plástica por las esquinas, esto provoca que la matriz se deforme si se obtiene una teja también deformada.

- Se debe distribuir equitativamente la teja sobre el lomo del molde, de tal forma que quede aproximadamente un centímetro a cada lado.

### **Problemas durante la colocación de la lámina de mortero sobre el molde de plástico:**

**Problema:** Al colocar en el molde la lámina de mortero se agrieta y no copia la forma del molde.

**Causas:** La arena utilizada es muy gruesa, la relación agua-cemento no es la adecuada, la lámina plástica es muy gruesa, mucho tiempo de vibrado y demora al mover la lámina de mortero hacia el molde. La cantidad de mortero preparado es mayor del que se debe consumir y ha empezado a fraguarse (30-40 minutos)

**Soluciones:** Revisar la granulometría y seleccionar una arena más fina. Rectificar y comprobar la relación agua-cemento. Verificar el espesor de la lámina y cambiar las si fuera necesario. Agilizar el proceso de producción (esto se adquiere con la práctica). Preparar menos mortero, de tal forma que el operario pueda utilizarlo en el tiempo establecido y batir constantemente durante el proceso de fabricación.

**Problema:** Los bordes de la teja no están definidos claramente, sus aristas se deforman, toman forma redondeada, hay mucha presencia de agua, el taco también se deforma, en la parte ondulada de la teja el espesor es mayor porque el mortero se desliza al colocar la teja en el molde.

**Causa:** Cantidad excesiva de agua en la mezcla.

**Solución:** Comprobar y rectificar la relación agua-cemento, aplicando el ensayo de laborabilidad.



**Problema:** La placa vibradora y los moldes se ensucian con mortero.

**Causa:** La lámina plástica presenta roturas.

**Solución:** Cambiar inmediatamente las láminas dañadas.

### **6.3 Curado en molde**

#### **Colocación del molde con la teja en la estiba de moldes**

##### **Requerimientos**

- La estiba de moldes llenos debe colocarse lo más cerca posible del lugar donde se fabrica la teja, sin que moleste el flujo de producción y no reciba golpes.
- Debe estar colocada sobre una superficie totalmente plana, para evitar deformaciones del molde y de la teja.
- Debe estar colocada en un lugar donde no reciba luz solar y corrientes de aire, para evitar la evaporación del agua del mortero ocasionando un curado deficiente.
- El tamaño de las estibas no debe sobrepasar los 25 moldes o adaptarse a la altura del operador.

- El último molde con teja no puede estar destapado más de 5 minutos, es necesario taponarlo con un molde vacío o con una caja hermética, preparada especialmente para esa función.

- Los moldes deben de encajar perfectamente uno encima del otro, sin dañar las tejas moldeadas, conservando la hermeticidad, evitando que se escape la humedad y se detenga el fraguado.

- Las estibas deben ordenarse según se fabriquen las tejas, de tal forma que cuando se comience a desmoldar al siguiente día, se comience por la primera estiba que se fabricó, la cual tendrá 24 horas de fraguado.

#### **6.4 Desmolde.**

Solamente las dimensiones y forma correctas de todas las tejas garantizan un adecuado montaje de la cubierta. Las tejas mal colocadas pueden romperse con más facilidad bajo la acción de las cargas, y el viento puede hacer que penetre el agua.

Las tejas que no tengan el encuentro correcto presentarán un encaje y un solape insuficientes.

El proceso de endurecimiento se inicia después de transcurrir de 20 a 24 horas de curado primario en los moldes plásticos, nunca antes de este tiempo, y teniendo en cuenta las temperaturas ambientales del lugar donde se están fabricando las tejas. En climas donde la temperatura ambiente esta por debajo de los 10° C, el tiempo que deben permanecer las tejas en los moldes es mayor; el fraguado se demora más en climas fríos.

- Se retira el molde y se limpia con un paño mojado hasta eliminar cualquier vestigio de mortero que pudiera quedar. La limpieza de los moldes plásticos los conserva como nuevos y duran más.



#### **Requerimientos**

- Después de quitar el molde plástico se despega la lámina plástica de la teja. Es más fácil si se lo hace desde el lado más largo.

- Las láminas deben almacenarse una encima de otra, sin doblarlas, pues la huella del doblez deformará la lámina de mortero.

- Es muy probable que al retirar la lámina por el lado más estrecho se deforme, dejando una marca en forma de «pata de gallina», inutilizando la lámina plástica. Esta marca aparecerá en la nueva teja que se fabrique.

#### **Requerimientos para la limpieza de los bordes de las tejas en el proceso de desmolde.**

- Luego de retirar la lámina plástica, se deb limpiar cuidadosamente los bordes

de cada teja; se debe quitar el exceso de mortero de los bordes en este momento porque todavía no se encuentra totalmente endurecido.

- Los bordes de la teja deben limpiarse cuidadosamente, por encima y por debajo. De la limpieza correcta de los bordes de la teja depende en gran medida el aspecto del producto a la vista del cliente y su correcto acoplamiento en el techo.

### Requerimientos

- La teja debe ajustarse cuidadosamente a la plantilla de desmolde (si se la usa), evitando que se mueva.

- Una vez limpia la teja, debe comprobarse que el borde de la teja coincida con la barra horizontal de la plantilla de desmolde.

- Si no se dispone de una plantilla de desmolde, el ensayo se puede realizar con un molde plástico, el cual se destinará exclusivamente para este proceso, protegiéndolo siempre con una lámina plástica.

- Se comprueba la cuadratura de los bordes de las tejas con la barra horizontal de la plantilla de desmolde.

- Se comprueba si existen diferencias entre los espesores de las partes superior e inferior de la teja. El rango de valores permisibles será hasta 0.5 mm.

- Ocasionalmente, debe comprobarse el espesor en el centro, rompiendo una teja.



### Ensayo de resistencia a flexión después de las 24 horas de fabricadas las tejas

- Después de efectuar todas las comprobaciones anteriores a las primeras tejas



desmoldadas, y antes de continuar con el proceso, se realiza el ensayo de flexión. Debe usarse una carga de 15 kg para las tejas de 8 mm de espesor y 25 kg para las de 10 mm a fin de comprobar su resistencia en las primeras 24 horas de fabricadas. Si durante el desmolde se rompen muchas tejas, el ensayo de flexión permite saber si se puede continuar con el proceso de desmolde. Si las tejas no resisten la carga, se debe dejar las tejas en el molde por otras 12 horas. Si después de este tiempo las tejas aún no resisten la carga se debe revisar todo el proceso de producción para determinar las causas.

Si las tejas resisten esta prueba, a los 28 días resistirán la prueba de flexión.

### **Problemas que se presentan durante el proceso de desmolde**

**Problema:** Al ser colocada en la plantilla de desmolde, la teja se mueve y no coincide con la varilla horizontal.

**Causa:** La lámina de mortero no fue colocada correctamente en el molde plástico, sin que coincida el borde delantero con el primer escalón del molde.

**Solución:** Tener mayor cuidado a la hora de colocar la matriz en el molde plástico; verificar su colocación de nuevo cuando se pone en las estibas; sujetar la lámina plástica junto con el molde para evitar que esta se corra de lugar durante el traslado del molde con la teja hacia la estiba; evitar el traslado de los moldes llenos hacia otros lugares; evitar que las estibas sean golpeadas.

**Causa:** La lámina plástica no posee el espesor correcto y al mover la matriz la lámina se deforma, deformando la matriz; están demasiado usadas.

**Solución:** Cambiar por láminas con el espesor adecuado y desechar las demasiado usadas y deterioradas.

**Causa:** El mortero posee demasiada agua, y este se corre de las partes altas del molde.

**Solución:** Corregir la dosificación agua-cemento.

**Causa:** Los moldes y las tejas se deforman.

**Solución:** Las estibas están colocadas sobre una superficie irregular. Colocar las estibas en superficies totalmente planas.

**Problema:** Las tejas presentan mucha cascarilla en sus bordes.

**Causas:** El mortero tiene demasiada agua, los cierres no ajustan, el marco está deformado, las láminas plásticas son muy delgadas, limpieza deficiente del marco y la placa vibradora después de fabricarse la teja.



**Soluciones:** Revisar y corregir la dosificación agua-cemento. Ajustar los cierres o repararlos si fuera necesario. Rectificar las deformaciones del marco y su ajuste, corregir las altura de las bisagras. Cambiar las láminas plásticas. Limpiar con cuidado el marco y la placa vibradora.

**Problema:** Las tejas presentan agrietamiento.

**Causa:** Exceso de agua en la mezcla, los moldes no encajan uno sobre otros, los marcos de madera están deteriorados, las estibas están expuestas a fuertes corrientes de aire o al sol. Utilización de cementos no adecuados. Dosificación alta de cemento.

**Solución:** Ajustar y comprobar la relación agua-cemento con el ensayo de laborabilidad. Verificar que los moldes con los marcos de madera ajusten bien uno sobre otro. Reparar los marcos de madera deteriorados. Situar las estibas en lugares adecuados, donde no existan corrientes de aire y luz solar para evitar una rápida evaporación del agua del mortero. Utilizar el cemento adecuado (Pórtland). Rectificar la relación cemento-arena.

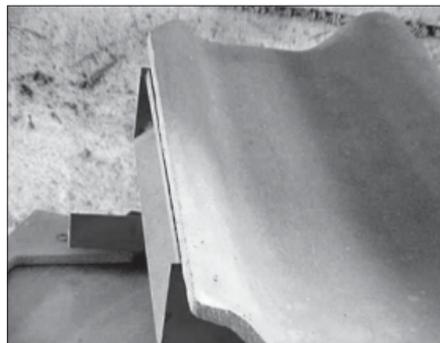
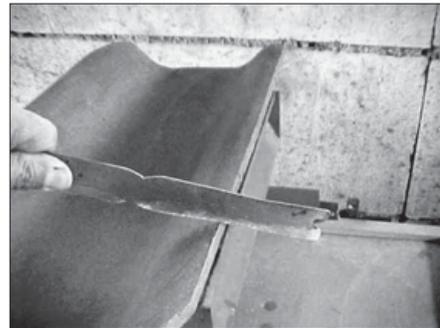
**Problema:** Las tejas presentan porosidades.

**Causas:** Poco tiempo de vibrado. Las láminas plásticas son nuevas. La distribución del mortero en las esquinas es deficiente y no se ejerce presión sobre el mortero cuando se distribuye y vibra.

**Solución:** Verificar y corregir el tiempo y la técnica de vibrado. Las láminas nuevas, antes de usarlas por primera vez, se deben colocar 24 horas dentro de un depósito con agua y un poco de cemento disuelto y después, secarlas al aire o lavarlas con algún detergente. Durante la distribución y vibrado del mortero sobre la placa vibradora es necesario aplicar una fuerza de compactación para ayudar a la vibración.

#### **Requerimientos para las tejas desmoldadas.**

- Las tejas recién desmoldadas **JAMAS** deberán secarse bajo el sol o el viento antes de entrar al tanque de curado. Las tejas después de desmoldadas no deben



permanecer más de 5 minutos fuera del agua, pues esto influye en su resistencia.

- Las tejas deben transportarse dos en cada mano puesto que llevan pocas horas de fabricadas y su resistencia es baja.
- Las tejas desmoldadas deben ser revisadas, se debe llevar una estadística de sus defectos mediante los reportes de dimensión y forma. Por medio de los reportes se podrá conocer la eficiencia del proceso de producción y detectar los problemas que pudieran surgir producto de alguna alteración en una de las fases de fabricación.

#### Planilla de Reporte. Dimensiones y forma

Fecha de control	# de tejas ensayadas	Tejas desechadas por			
		Balaceo en la plantilla	Falta de alineamiento	Espesor del borde	Otras

#### Planilla de Reporte. Control final 1

Fecha de Producción	Fecha de Control	No. de tejas ensayadas	Número de tejas desechadas por				
			Poros > 2 mm	Poros > 5 mm	Poros más de 6	Huecos	Fisuras

- Gran cantidad de poros de gran tamaño son prueba de compactación insuficiente, debido a deficiencias durante el mezclado o vibrado.
- Las fisuras no solo son potenciales puntos de filtraciones, sino también zonas de resistencia reducida. Aún cuando la teja presenta una resistencia adecuada, su durabilidad se verá afectada.
- Cada teja debe ser revisadas visualmente en busca de fisuras y poros

#### 6.5 Curado húmedo y a vapor

- Después de desmoldada, la teja se traslada cuidadosamente en grupos de a dos a los tanques de curado, donde se colocan en posición vertical sumergidas totalmente en agua.

Si el mortero tiene pigmentos para colorear las tejas, se deben curar las tejas al vapor: se colocan dentro del tanque sobre una plataforma, y se añade una cantidad de agua tal, que no toque las tejas. El tanque de curado se cubre entonces con una lámina de plástico negro (de preferencia), de manera que el tanque quede herméticamente sellado.

#### Requerimientos del curado húmedo

- Las tejas deben mantenerse en el tanque de curado un mínimo de 5 días.
- El nivel del agua debe estar siempre entre los 5 y 10 cm por encima de las tejas. Esto garantiza que las tejas nunca se queden fuera del agua y el curado sea completo.
- El agua de los tanques se debe cambiar frecuentemente (una vez al mes).

- El agua de los tanques de curado no debe utilizarse para otros procesos (lavado de moldes, producción de mortero)
- Las tejas se colocan dentro del tanque en grupos de dos tejas, una junto a la otra, en el sentido más estrecho del tanque, nunca a lo largo.
- Las tejas producidas en un mismo día deben marcarse con la fecha de fabricación, para controlar el tiempo de curado ya que el tiempo de salida del curado húmedo de cada grupo es diferente.

### Problemas que presentan las tejas al ser sacadas del curado húmedo

**Problemas:** Las tejas presentan una capa blanca. Marcas sobre una parte de la teja.

**Causas:** No se ha cambiado el agua de los tanques en mucho tiempo. El nivel de agua en los tanques no es suficiente para cubrir las tejas. Los tanques están demasiado sucios y hay sales depositadas en el fondo.

**Solución:** Cambiar el agua una vez al mes o más frecuentemente si fuese necesario. Revisar periódicamente el nivel del agua.

### Requerimientos del curado a vapor

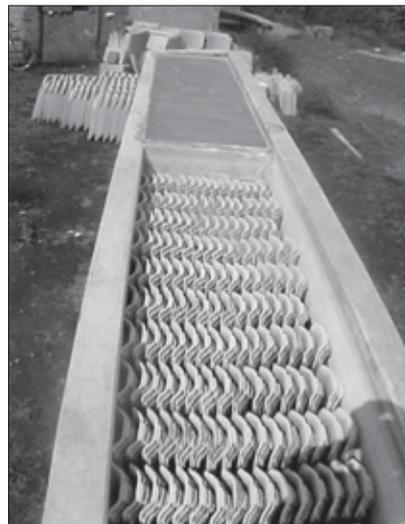
- Este es un proceso que se puede usar en dos condiciones, una, cuando no existe la suficiente cantidad de agua disponible y además se quiere pintar las tejas, o, para evitar manchas cuando el mortero se ha pigmentado para obtener tejas coloreadas.

- Se debe mantener los tanques totalmente tapados, evitando que se escape el vapor de agua que se produce en el interior del tanque.

- Se debe mantener el nivel del agua estricto, sin que en ningún momento el agua toque las tejas. Para mantener constante el nivel de agua dentro del tanque y que no toque las tejas, por la parte exterior del tanque donde se encuentra el desagüe, se construye un pequeño rectángulo con ladrillos, donde queda el tubo de desagüe. La altura de este rectángulo será la misma que la de la película de agua que queremos que quede dentro del tanque. De este modo, cualquier cantidad de agua que sobrepase ese nivel será evacuada por el desagüe.

- Al construir el tanque hay que orientarlo de tal forma que reciba la mayor cantidad de sol para obtener mayor temperatura y concentración de humedad al interior del tanque.

- Al construir el tanque es necesario que una de sus paredes más largas sea más alta que la otra para que al colocar el plástico, el agua de lluvia no se acumule. Si el agua se acumula puede romperse la lámina plástica, penetre el agua y moje las



tejas, ocasionándoles manchas. Con este plano también se evita que las gotas de agua que se condensan en la parte interior de la manta plástica se caigan sobre las tejas y las manchen.

### **Problemas que presentan las tejas al ser sacadas del curado a vapor**

**Problemas:** Las tejas salen manchadas. La parte inferior de las tejas presenta una zona manchada.

**Causas:** Las tejas se están mojando porque la lámina plástica está rota o la cos gotas de condesación caen sobre la teja. El nivel de agua sobrepasa los límites y entra en contacto con las tejas.

**Solución:** Cambiar las tapas que presentan orificios por donde pueda penetrar el agua de lluvia. Inclinar más la lámina plástica para que la condensación no gotee al interior. Garantizar un drenaje adecuado que mantenga un nivel constante.

### **Curado final y a la sombra**

- Una vez terminado el curado en los tanques, ya sea por inmersión o vapor, es importante que la teja esté a la sombra hasta que cumpla los 28 días de fabricada, que es cuando la teja alcanza el 80% de su resistencia final.

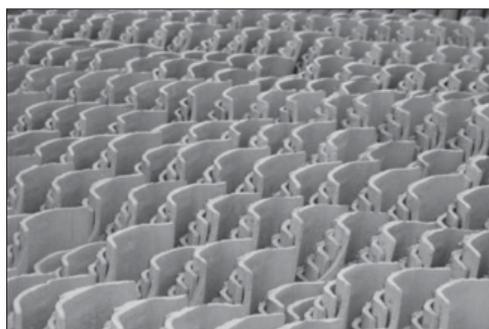
### **Requerimientos**

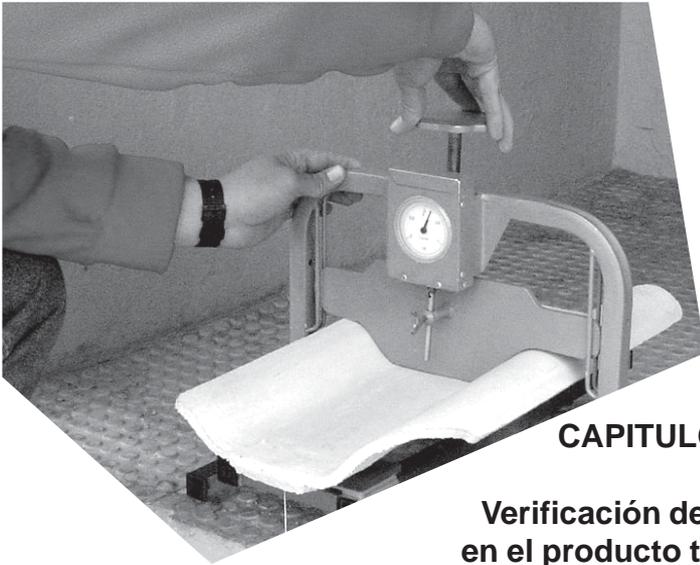
- La teja debe curarse a la sombra durante esos últimos 20 días, evitando la acción directa de los rayos solares y la circulación de aire, lo cual provoca una evaporación demasiado rápida del agua que contiene la teja. Si el sitio es de clima seco o con mucho viento, es necesario mojar las tejas dos veces al día.

- Las tejas deben almacenarse en grupos por fecha de producción. Estos deben tener una identificación.

- El terreno donde se almacenen las tejas debe estar cubierto de arena, grava u hormigón, para evitar que se ensucien con la tierra o el barro.

- Las tejas se pueden almacenar en grupos de hasta ocho, una montada en el taco de soporte de la anterior.





## CAPITULO 7

### Verificación de calidad en el producto terminado

Antes de ser vendidas o antes de su colocación, en el caso de que el productor sea el que instale las tejas en la cubierta, debe realizarse un control final de calidad sobre el producto terminado.

Algunos ensayos se realizan a cada teja y otros a una muestra aleatoria del total de la producción.

Los ensayos a realizarse son:

- Resistencia a la flexión
- Resistencia al impacto
- Permeabilidad
- Dimensión y forma
- Porosidad y fisuración
- Peso
- Ensamblaje de la teja

#### 7.1 Ensayo de flexión

##### Equipo de ensayo a flexión modelo ccf-02

Este equipo está especialmente diseñado para ensayar la TMC a flexión, en condiciones de laboratorio o de taller artesanal, de acuerdo con el Manual para el Control de Calidad, Ensayo L 4.3.20.

##### ¿Por qué este ensayo?

Para garantizar una calidad uniforme y adecuada de las tejas producidas.

##### El equipo consta de las partes siguientes:

- Base con cuatro perforaciones para permitir su fijación.
- Palanca con una razón de multiplicación de 6, con tornillo de regulación.
- Cuchilla intercambiable de aplicación de la carga para permitir ensayar diferentes modelos de tejas.

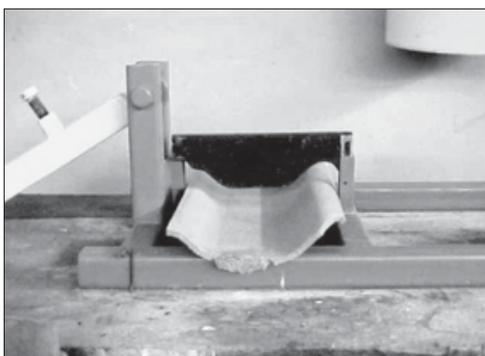
- Recipiente calibrado que permite leer directamente la carga, la cual se aplica con agua.
- Ponderal calibrado.

**Montaje:**

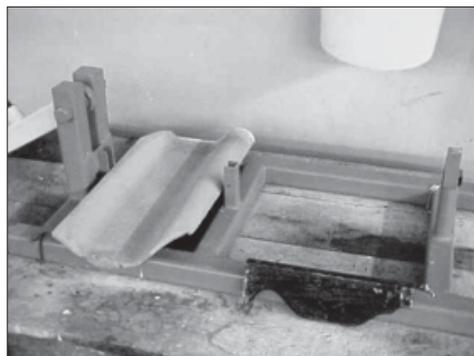
El equipo debe ser fijado rígidamente a una base, mediante tornillos. La base debe tener una altura mínima de 50 cm. El equipo, una vez fijado, debe encontrarse perfectamente horizontal.

**Parámetros técnicos:**

- Carga mínima con la palanca	13 kg
- Carga de la palanca con el ponderal	15 kg
- Carga de la palanca con el recipiente calibrado	27 kg
- Capacidad máxima con el recipiente calibrado lleno de agua	110 kg



**Colocación de la teja.**



**Colocación de la cuchilla.**

**Modo de Operación:**

- Se procede a colocar la teja a ensayar debajo de la cuchilla de aplicación de la carga ajustándola de tal forma que el perfil de la cuchilla coincida con el perfil de la teja.
- Se ajusta el tornillo de regulación hasta lograr que la palanca quede perfectamente horizontal.
- Se aplica la carga vertiendo agua en el recipiente, preferiblemente con una manguera fina, para lograr una velocidad constante de aplicación de la carga.
- Al romper la teja se lee en la escala ubicada en el recipiente calibrado de la carga de rotura de la teja.
- Se ensaya el 1% de las tejas producidas, después que esta cumplieron los 28 días de producidas.
- Se lleva una estadística del comportamiento de las tejas ensayadas, esto nos permite conocer el comportamiento de la producción y detectar un posible fallo en el proceso.

**Resultados:**

- El valor de las cargas de roturas obtenidos debe ser superior:

	A los 28 días	A las 24 horas
Tejas de 8 mm de espesor	60 kg	15 kg
Tejas de 10 mm de espesor	80 kg	25 kg

Solo puede haber una teja con carga de rotura inferior a estos valores en cada lote ensayado (1 de 5).

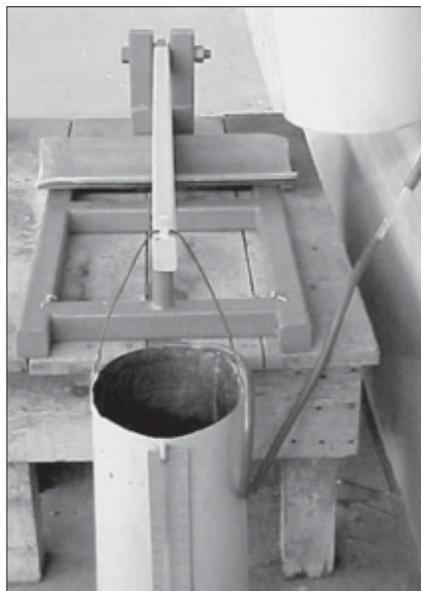
**Conclusiones**

Si no se cumplen estas condiciones, la producción del taller no es adecuada. Se deben determinar las causas que han provocado esto y tomar las medidas necesarias par eliminarlas.

Si los resultados del ensayo de todas las tejas se encuentra por encima de la carga de rotura señalada, y el promedio de la carga de rotura es superior a un 25% de la especificada, debe revisarse la dosificación utilizada, dado que contiene un exceso de cemento.



*Listo para comenzar el ensayo.*



*Aplicación de la carga con agua, mediante una manguera fina.*

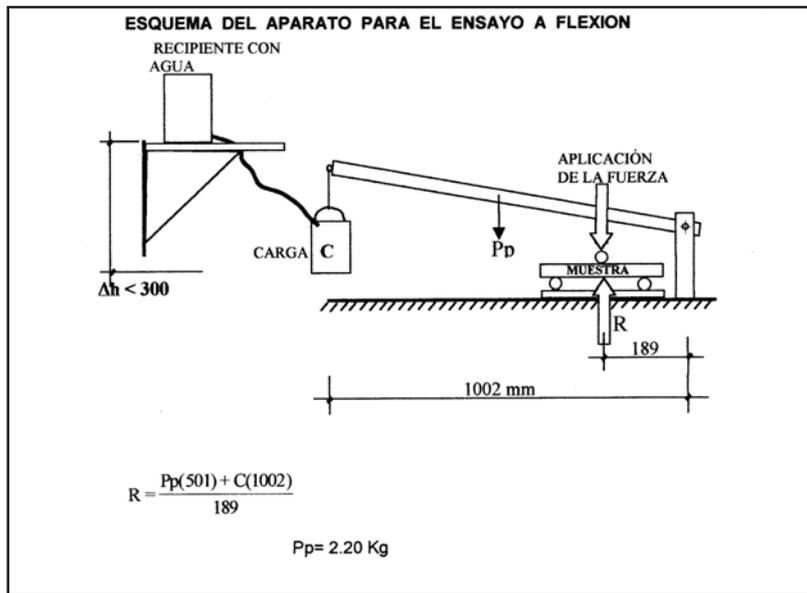


*Teja rota.*

## Ensayo de flexión

Planilla de reporte

Fecha de producción	Fecha de realizado el ensayo	Cantidad de tejas ensayadas	Resultado del ensayo



## 7.2 Ensayo de impacto

Este equipo está especialmente diseñado para ensayar la resistencia de las TMC a cargas de impacto, en condiciones de laboratorio o de taller artesanal, de acuerdo al Manual para el Control de Calidad, Ensayo L 4.7.20.

### ¿Por qué este ensayo?

La resistencia al impacto permite evaluar la calidad del concreto utilizado, así como el proceso de fabricación de las tejas.

### El equipo consta de las partes siguientes:

- Guía tubular de 300 mm de altura, diámetro interior de 41 mm, autosoportada en patas con tornillos ajustables para regular la verticalidad.
- Suplemento tubular que permite alcanzar un altura de 400 mm en la guía.
- Esfera metálica de  $220 \pm 1$  gramos de peso.

**También se puede realizar con:**

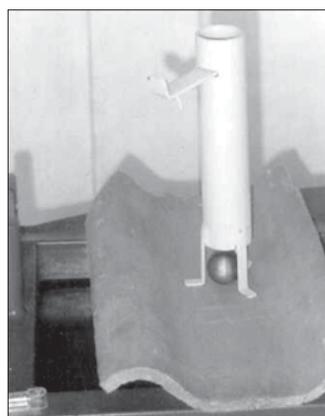
- Regla graduada de 50 cm.
- Esfera metálica de  $220 \pm 1$  gramos de peso.

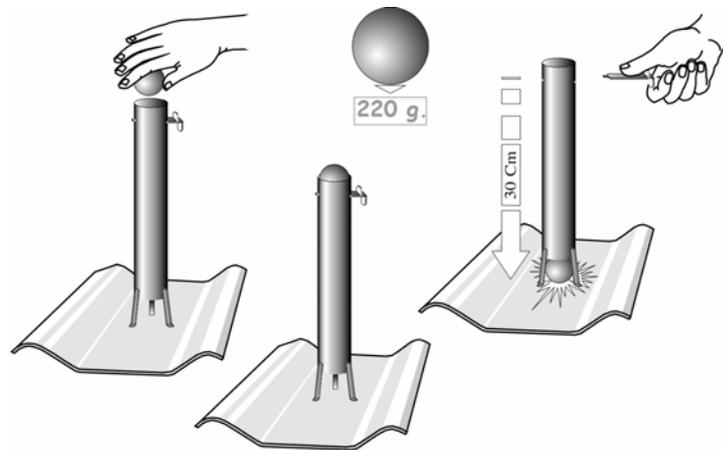
**Parámetros técnicos:**

- Carga de impacto = 6 600 g x cm (30 cm de altura para la teja con un espesor de 8 mm)
- Carga de impacto = 8800 g x cm (40 cm de altura para la teja con un espesor de 10 mm)

**Modo de operación:**

- La teja a ensayar se apoyará sobre una estructura de listones de madera, separados a una distancia de 350 mm, procurando que la estructura y la teja queden totalmente horizontales, también puede apoyarse en la base del equipo de flexión, que reúne las mismas dimensiones.
- Se coloca el equipo sobre el centro de la sección plana de la teja y a la mitad de la distancia entre los listones.
- Se garantiza la verticalidad del equipo accionando los tornillos ajustables colocados en las patas mediante el auxilio de un nivel de burbuja situado en la parte superior del equipo.
- Se deja caer la bola metálica desde la parte superior de la guía tubular para la teja de 8 mm de espesor (30 cm), y desde el suplemento tubular para la teja de 10 mm de espesor (40 cm).
- Se ensaya el 1% de las tejas producidas, después que estas cumplieron los 28 días de producidas.
- Se lleva una estadística del comportamiento de las tejas ensayadas, esto nos permite conocer la calidad de la producción y detectar un posible fallo en el proceso.
- Si una o más tejas ensayadas no resisten, se debe chequear todo el proceso productivo, haciendo especial énfasis en la dosificación de la mezcla (relación agua-cemento) y el proceso de curado.





**Ensayo de impacto  
Planilla de reporte**

Fecha de producción	Fecha de realizado el ensayo	Cantidad de tejas ensayadas	Resultado del ensayo

**7.3 Ensayo de permeabilidad**

– El ensayo consiste en llenar el canal de la teja con agua, formando un recipiente mediante la colocación de dos tapas de mortero que toman la forma de la sección de la teja para contener el agua.

– El ensayo debe realizarse sólo en atmósfera húmeda (más de 70% de humedad relativa), pues en un ambiente caliente y seco el agua que se filtre se seca inmediatamente y no puede ser observada.

– La impermeabilidad de la teja se considera aceptable, si después de 24 horas de ensayo no aparecen gotas en la cara inferior. Puede haber signos de humedad, pero el área humedecida no debe exceder el 50% del área total de la teja.



– Si una o más tejas ensayadas no presentan la impermeabilidad requerida, se debe chequear todo el proceso productivo, poniendo especial énfasis en la dosificación de la mezcla (relación agua-cemento) y el proceso de curado.

**Ensayo de permeabilidad  
Planilla de reporte**

Fecha de producción	Fecha de realizado el ensayo	Cantidad de tejas ensayadas	Resultado del ensayo

**7.4 Ensayo de dimensión y forma**

El Ensayo de dimension y forma esta especificado de acuerdo al Manual para el Control de Calidad, Ensayo F. 3.4.10.

Este ensayo busca garantizar que todas las tejas tengan una misma forma y dimensiones idénticas, para así poder realizar un montaje adecuado de la cubierta. Esto es importante no solo por la estética, sino también porque en las tejas mal colocadas existe mayor potencial de que entren polvo, agua y viento. También, las tejas que no encajan bien unas con otras tienen mayor probabilidad de romperse por la acción de una carga cualquiera.

Es bueno que recordemos que las tejas que no tengan la escuadra correcta presentaran deficiencias y se verán muchos claros de luz en el techo, y si son muy finas presentaran además, filtraciones y baja resistencia.

Este ensayo es muy fácil de ejecutar y lo hace el operario al momento de desmoldar la teja. Para realizarlo es necesario disponer de la plantilla de desmolde y verificación de forma.

**Forma**

1. Sostenga el molde por los extremos y coloque la teja sobre la plantilla de desmolde. Voltee el molde de la teja sobre los pivotes de la plantilla hasta colocarlo boca abajo.

2. Retire el molde y la lámina de plástico. Con una espátula elimine el concreto sobrante de los bordes de la teja.

3. Verifique cuidadosamente que la teja ajuste exactamente en la plantilla sin bambolearse.

4. El borde de la barra horizontal de la plantilla debe verse pero no debe quedar ningún espacio entre esta y el borde de la teja. Si no se dispone de plantilla, el ensayo puede realizarse con un molde. Trate de que este molde sea siempre el mismo y que no se hagan tejas en él.

**Cuadratura**

1. Compruebe en un molde estándar si los bordes de la teja son paralelos a los del molde.

**Espesor de los bordes**

1. Con un pie de rey compruebe el espesor de las tejas, tanto de forma transversal con longitudinal. Para una teja de de 8mm. El rango de los valores permisibles estará entre 7.5 y 8.5 mm.

Si la teja es de 10mm El rango de valores permisibles estará entre los 9.5 y 10.5mm.

#### **Tolerancias permitidas**

Longitud	± 10 mm
Ancho	± 5 mm
Perfil	± 3 mm
Espesor	± 0.5 mm
Cuadratura	± 3 mm

Las tejas que no cumplan con los requerimientos indicados deben ser desechadas y calificadas como tejas de segunda categoría. Si el espesor presenta muchas variaciones, es conveniente examinar como se esta haciendo la mezcla y verificar la calidad del trabajo del obrero.

#### **7.5 Ensayo de porosidad y fisuración**

El ensayo de porosidad y fisuración esta especificado de acuerdo al Manual para el Control de Calidad, Ensayo F. 4.1.10.

Este es un control visual. En este ensayo se trata de determinar que la teja no tenga una excesiva cantidad de poros de gran tamaño, lo cual revela que hubo poca compactación, debido a deficiencias durante el mezclado o el vibrado.

Si hay fisuras en la teja, estas no solo son potenciales puntos de filtración, sino que son zonas de baja resistencia, por lo cual la durabilidad de la teja se verá afectada.

La realización de esta prueba es sencilla. Se hace al mismo tiempo que el ensayo de dimensión y forma después de quitar el plástico, cuando la teja está asentada en la plantilla de desmolde.

#### **No se deben aceptar como buenas:**

1. Tejas con poros superficiales de más de 2mm de profundidad, o con un diámetro mayor a los 5mm.
2. Tejas con más de 6 poros con un diámetro superior a los 2mm cada uno.
3. Los huecos no son aceptables.
4. Fisuras visibles con más de 5mm de longitud.

#### **7.6 Ensayo del peso**

El ensayo de peso esta especificado de acuerdo con el Manual para el Control de Calidad, Ensayo F. 4.6.20.

– La determinación del peso de las tejas es una forma fácil de controlar sus dimensiones, especialmente el espesor.

– Se deben tomar 4 tejas al azar de cada producción semanal, dejarlas secar durante 24 horas y pesarlas.

El peso de las tejas no debe diferenciarse en más del 10% del peso esperado (el valor promedio de las tejas con espesores normales). En caso contrario, el proceso de vibrado y moldeo debe ser revisado.

### Ensayo de peso. Planilla de reporte

Fecha de producción	Fecha de realizado el ensayo	Cantidad de tejas ensayadas	Resultado del ensayo

#### 7.7 Ensayo de ensamblaje de la teja

Este ensayo debe realizarse por lo menos una vez a la semana. Consiste en tomar cuatro tejas fabricadas en diferentes días y ver como ensamblan una con otra. Si no ensamblan correctamente es seguro que tendremos problemas al colocar el techo. Verifique inmediatamente los controles de dimensión y forma y la limpieza y cuadratura de los moldes.

Este ensayo es quizás el más importante desde el punto de vista del cliente, ya que cuando las tejas están mal ensambladas el techo queda mal, se filtra el agua y entra polvo a la vivienda.

#### Defectos de producción más frecuentes

Es muy importante detectar y rectificar los errores que se cometen durante la producción de las tejas. A continuación se brinda una relación de los defectos más frecuentes y las causas que los provocan.

#### Quedades en la superficie de la teja

- Poca cantidad de agua en la mezcla.
- Vibración insuficiente.
- Incorrecta granulometría.

#### Tejas poco resistentes y/o muy porosas

- Cemento muy viejo.
- Poca cantidad de cemento.
- Exceso de agua en la mezcla.
- Excesivo tiempo de vibración.
- Inadecuado mezclado del mortero.
- Curado insuficiente.

#### Espesor variable

- Insuficiente o excesiva cantidad de mortero.
- Distribución no uniforme del mortero.
- Excesiva cantidad de agua en el mortero.
- Mesa vibradora desnivelada.

**Alabeo en la forma de la teja**

- La lámina de mortero no es paralela al molde.
- Las estibas de moldes colocadas sobre una superficie no plana.
- Los marcos de madera no están en buenas condiciones.

**Muchas grietas durante el moldeo**

- Mortero con mucho tiempo de fabricado o muy poca agua.
- Granulometría no adecuada.

**Agrietamiento del tacón de fijación**

- El tacón no fue compactado durante la vibración.
- Insuficiente o exceso de agua en el mortero.

**Endurecimiento lento del mortero**

- Cemento muy viejo.
- Excesivas impurezas en la arena.



## CAPÍTULO 8

### El techo

Las funciones básicas de un techo son:

- Proteger el interior de la humedad causada por factores externos, como el agua, el sol y el viento.
- Regular el intercambio de calor y frío.
- Crear un grado máximo de intimidad.

Por consiguiente, un techo, como parte integrante de una vivienda o construcción, debe promover una estructura funcional a través de un período de uso previsto por el usuario, manteniendo las condiciones de vida y salud.

Un buen techo debe durar un tiempo apropiado, no debe necesitar reparaciones continuamente, y, de necesitarlas, ser fáciles y económicas.

En la decisión de qué techo utilizar siempre está el costo de la cubierta, que viene dado, no solo por el costo inicial, sino también por los costos de reparación a través de su vida útil.

Las razones principales de la falta prematura de un techo son, por lo general: un pobre diseño e instalación y la negligencia habitual en lo referente al mantenimiento.

#### **Costo del techo = Costo inicial del techo + Mantenimiento**

Las dos partes más importantes de un techo son la cubierta y el soporte de la cubierta. En este documento se menciona ambos, reafirmando siempre a la TMC cuando se mencione la cubierta.

#### **8.1 Estructuras de madera**

La madera es el material más usado en América Latina, el más antiguo y quizás el más versátil utilizado para la construcción. Pero también es el más complicado por la variedad de formas y características propias de las diferentes maderas.

La madera es un material de construcción renovable, sin embargo, en los últi-

mos años la tala indiscriminada de árboles de todo tipo, ha puesto en peligro los bosques, y en muchas partes de nuestro planeta la deforestación constituye un problema difícil de resolver. Es por esto que si se va a emplear madera como soporte de techo, se debe hacerlo de la manera más racional y emplear la menor cantidad posible y de la mejor calidad, para obtener un buen techo que dure muchos años.



### **Soporte estructural de un techo**

La función de la estructura de madera en los techos es soportar la carga del sistema de cubiertas. Se podría definir que el soporte estructural de un techo son los huesos del mismo. No es tan importante lo «bonito» de su aspecto, sino la resistencia a los esfuerzos interiores (tensión, compresión, flexión, etc.) ocasionados por las cargas.

### **Detalles de la estructura de madera**

Un soporte estructural de techo está sometido a dos tipos de carga: carga viva y carga muerta.

La carga viva consiste en la carga que provocan el viento, personas encima del techo, el peso resultante de la absorción de agua por las tejas, sismos, entre otros.

La carga muerta es el peso del soporte estructural más el elemento de cubierta, que en este caso es la TMC.

Por consiguiente, cuando se elija un tipo de madera se debe saber cuál es su resistencia y los esfuerzos a los que va a estar sometida, para siempre escoger un tipo de madera que soporte más carga de la que el techo va a exigir.

Hay dos tipos de madera: duras y blandas.

Dentro de las maderas duras están: caoba, roble, cedro, pino, saman, candelón, etc. En cada país existen diferentes tipos de madera o se las conoce con otros nombres.

Las maderas blandas son: mango, javilla, etc. Las maderas blandas casi no tienen uso, ni decorativa ni estructural, por su poca resistencia y durabilidad.

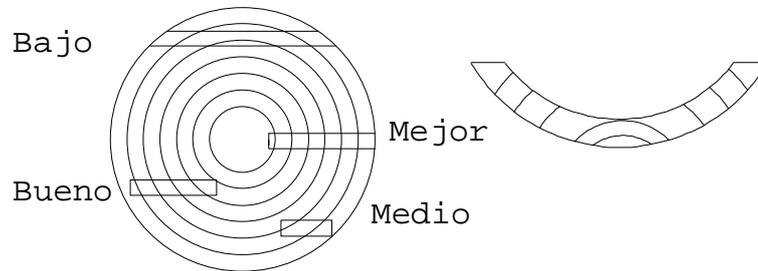
Los criterios a considerar en la madera para la construcción de un buen techo son los siguientes: cantidad, grosor y sitio de los nudos, dirección de las fibras, edad del árbol, humedad, presencia o no del corazón del tronco e imperfecciones particulares, entre otros.

Con estos criterios las maderas se pueden clasificar en:

**Clase I:** Palo sin nudo ni defectos, derecho, fibras longitudinales, sin corazón del tronco, seco, etc.

**Clase II:** Con pocos nudos e imperfecciones menores.

**Clase III:** Con nudos, recién cortada (húmeda), árbol joven, etc.



Para su uso en cubiertas de TMC, bien pudiera optarse por madera Clase II o I, nunca Clase III. Una madera para un soporte de techo de TMC debe poseer las siguientes características:

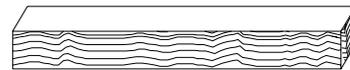
- La menor cantidad posible de nudos, y que sean pequeños.
- Las fibras deben ser longitudinales y derechas.
- No utilizar la proveniente del corazón del árbol. Esto evita alabeos posteriores.

#### Reglas y cálculos de dimensiones

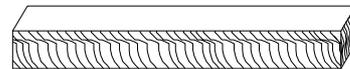
A continuación se dan algunos ejemplos prácticos que hay que seguir en las estructuras de madera.

Los nudos son defectos naturales de la madera, por lo que no depende de nosotros evitarlos. Entonces, hay que saber cómo debilitan la madera para poder colocarlos donde causen la menor cantidad de problemas o daños.

Alrededor de un nudo, las fibras de la madera se curvan. Ellas no cruzan el nudo sino que le rodean. Si consideramos que cada fibra es un hilo, el nudo resta fuerza a la madera porque esos hilos no lo cruzan, más bien el nudo desvía estos hilos.



Bueno



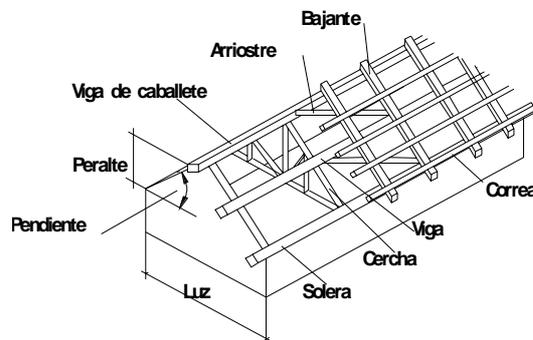
Malo

**Donde hay tensión no puede haber nudo, donde hay compresión sí.**

En una viga de madera simplemente apoyada, la tensión está abajo y la compresión arriba.

Mientras que en una viga con apoyo intermedio se intercala la tensión y la compresión.

El pandeo natural de una pieza también resulta importante para saber cómo se debe colocar la pieza de madera. Generalmente, el



pandeo se dispone hacia arriba. Así, cuando la carga se aplica la pieza baja y endereza el pandeo.

Este tema, además de importante, es muy extenso y se trata con profundidad en el libro titulado "Manual de estructuras y cubiertas de techo", publicado por ECOSur.

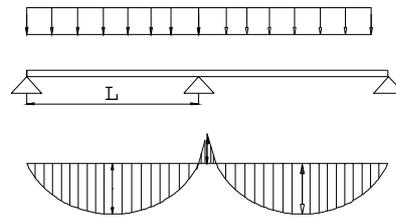
### Dimensionamiento de la madera

Los cálculos que permiten decidir el tamaño necesario de una viga de madera para una carga dada son los siguientes:

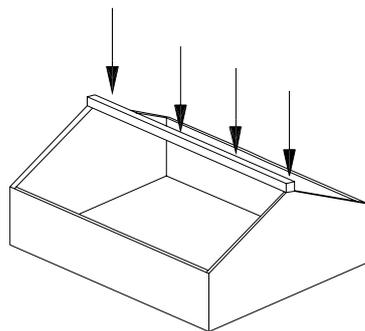
1. Determinar el momento máximo en el sistema estático considerado.
2. Determinar la sección de la viga necesaria para resistir dicho momento.
3. Calcular el pandeo de la viga elegida y verificar que esté dentro de los valores permisibles.
4. Controlar eventualmente la resistencia al cortante y al esfuerzo normal.

No es posible dar reglas generales sencillas que permitan esos pasos porque esos cálculos dependen de muchos factores:

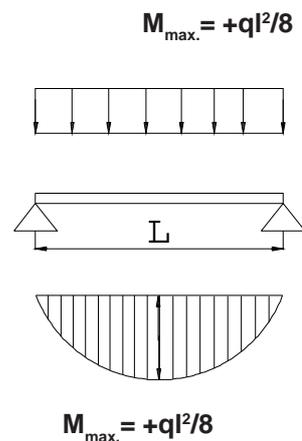
- Tipos de apoyo
- Número de apoyos
- Distancia entre apoyos
- Tipo de carga
- Intensidad de carga
- Posición de la carga
- Tipo de madera
- Esfuerzos internos permisibles
- Sección de la madera
- Inercia de esa sección.



Como vemos, todos esos datos son difíciles de manejar. Sin embargo, queremos presentar a continuación varias tablas que permiten determinar el tipo de sección de madera necesario a una estructura muy especial, pero utilizada muy a menudo.

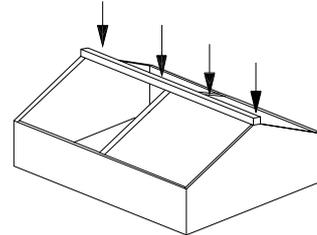


**Viga simplemente apoyada**  
**Carga q**



Las tablas a continuación son calculadas con las siguientes condiciones:

- Cubierta de TMC de 8mm de espesor.
- Espacio entre bajantes 90cm.
- Pendiente techo 40% (1m de altura por cada 2.5m de largo)
- Madera: pino americano bruto.



1) Tabla de dimensiones de bajantes: 2 apoyos (durmiente y solera)

**Tabla # 1**

LARGO	Distancia entre bajantes = 90 cm					
	SECCIONES					
	2x2	2x3	2x4	2x6	2x8	2x10
1.50 m	X	X	X	X	X	X
2.00 m		X	X	X	X	X
2.50 m			X	X	X	X
3.00 m			X	X	X	X
3.50 m				X	X	X
4.00 m				X	X	X
4.50 m				X	X	X
5.00 m					X	X
5.50 m					X	X
6.00 m					X	X
6.50 m						X
7.00 m						X

2) Tabla de dimensiones de bajantes: 3 apoyos (durmiente, durmiente intermedio, solera). Condición: El durmiente intermedio divide el claro en dos partes iguales.

**Tabla # 2: Techos de Teja de MicroConcreto**

Largo	Distancia Entre Bajantes = 90 cm			
	SECCIONES			
	2x2	2x3	2x4	2x6
4.00 m	X	X	X	X
4.50 m		X	X	X
5.00 m		X	X	X
5.50 m		X	X	X
6.00 m			X	X
6.50 m			X	X
7.00 m			X	X
7.50 m				X
8.00 m				X

Para construir un buen techo de TMC se deben seguir los siguientes pasos:

1. Los techos de TMC deben tener una pendiente entre 30 y 45%. Es decir, por cada metro de longitud se deben subir 30 ó 45 cm.

2. Se colocan las vigas de cumbrera y soleras. Antes y después de colocada la estructura de madera, se debe revisar la escuadra y el nivel de la edificación y de la estructura.

3. Los bajantes deben colocarse a una distancia entre uno y otro (desde el centro de cada pieza) de 90 cm a 1,00 m.

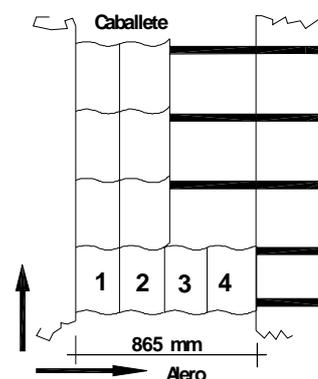
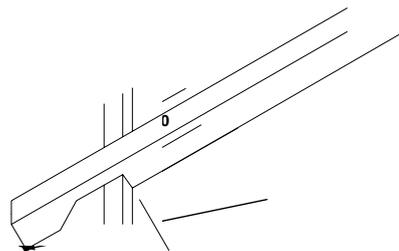
4. Las correas deben ser de 1" x 2" y se colocarán con una separación entre ellas de 40 cm (de borde superior a borde superior), excepto la primera, que va a 2 cm de la viga de caballete, y la última que se coloca en el vuelo o alero. La última correa, en el vuelo de la cubierta, debe estar separada de la correa anterior más próxima con una distancia de entre 30 y 35 cm aproximadamente, para permitir el vuelo de la teja. Además, esta correa debe ser 3/8 de pulgada (1 cm) más alta que las demás, para mantener la pendiente del techo y así evitar que la última teja se "caiga".

5. Se debe medir siempre desde el lado superior de la correa (tal como se ve en el dibujo), porque muchas veces las correas no tienen el mismo ancho. Debe ayudarse con un hilo, así las correas quedarán bien rectas. Una plantilla es una herramienta adecuada para revisar que las correas estén colocadas a la distancia correcta.

6. La colocación de las tejas se realiza en franjas de un ancho máximo igual a 4 tejas, de abajo hacia arriba y de izquierda a derecha.

7. Antes de comenzar la colocación de las tejas se debe marcar en las vigas secundarias más altas y más bajas, puntos que señalen el ancho de la franja de 4 tejas. La medida del ancho de la franja es igual al ancho útil de las 4 tejas, o sea  $200 \text{ mm} \times 4 = 800 \text{ mm}$  + la parte del traslape que es aprox. 65 mm.

8. Los primeros puntos marcados en la viga



secundaria más alta y más baja, deben marcarse con un cordel, quedando delimitado y alineado el extremo de la cubierta de la franja.

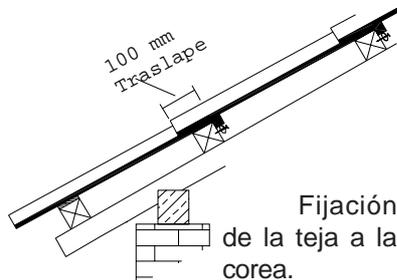
9. Se inicia la colocación de las tejas desde el extremo izquierdo de la cubierta hasta el cordel hasta completar el ancho de la franja inferior. La operación se repite, de abajo hacia arriba, hasta completar la franja.

10. Se procede de igual forma en las demás franjas hasta completar la colocación de todas las tejas de la cubierta. Si la cubierta es de dos aguas, primero se monta una y después la otra. De igual manera se montan las cumbres.

11. Cuando tenemos cubiertas de formas poligonales (por ejemplo, un techo a cuatro aguas) tendremos cumbres inclinadas. Las tejas deben cortarse cuando estemos próximos al caballete. Estos cortes son generalmente diferentes unos de otros. Para cortar la teja se utiliza una pulidora.

12. Si tenemos una cubierta que termina en la parte superior o en un lateral con un muro, se hace un canal en el muro, insertar 3 cm el borde superior de la teja y rellenarlo con una mezcla de mortero o de fibra de vidrio, luego se aplica un sellador o impermeabilizante de silicona (Consultar Manual de Estructura y Cubiertas de techos, Elemento 24 / 25S).

13. Después de colocar la cubierta, se amarran las tejas. Para esto cada teja tiene el elemento de fijación que se apoya en la correa, clavo o grapa o amarre con alambre galvanizado. Es importante que se fije la teja en los aleros del techo y en la cumbre.



### Cumbrera de MicroConcreto

En cada país las cumbres han sido trabajadas e inventadas de acuerdo con las tradiciones y necesidades de cada lugar. Se expone aquí el más usado y que da mejores resultados.

Según su pendiente, las cumbres son: horizontales (en techos a dos aguas), inclinadas (cuando las cubiertas son de más de tres aguas o cubiertas poligonales).

Con la unidad de producción de MicroConcreto se pueden fabricar dos tipos de cumbres: una grande, que mide 50 cm de largo por 25 cm de ancho, y una pequeña, de 25 por 25 cm.

Las cumbres se pueden colocar de las siguientes formas:

1. En las cubiertas que tienen cumbrera horizontal no se utiliza mortero, sino que se colocan longitudinalmente las cumbres grandes y para unirlos se utiliza la cumbrera pequeña encima de las grandes. Esta cumbrera pequeña se amarra con



alambre galvanizado a la estructura de soporte.

2. En las cubiertas de más de dos aguas, donde existan cumbres inclinadas, solamente se utilizan cumbres grandes. Primero, se unen con mortero las tejas cortadas en la unión de las dos aguas diferentes, y luego, se colocan las cumbres empezando por la parte inferior.



### **Accesorio tapaonda**

La TMC le otorga impermeabilidad a los techos, propiedades acústicas y favorables resultados en los aspectos económico y ecológico. De la mano con estas cualidades, debe marchar el acabado de las cubiertas, y en ese sentido los especialistas han encontrado soluciones técnicas novedosas, tales como el accesorio tapaonda. Este tiene como objetivo cubrir el espacio entre la onda de la teja y la cumbrera, para que además de impermeabilizar, mejore la apariencia del techo.

Este accesorio debe utilizarse de la siguiente manera:

1. Una vez terminado el entejado, se alinean los accesorios con la parte posterior de la teja y, usando una cuerda para nivelarlas, se alinean a lo largo del techo.

2. Una vez alineadas, se coloca la mezcla y se pega el accesorio.

3. Se revocan las uniones entre los dos accesorios contiguos y entre el accesorio y la teja.

4. Si el techo es a dos aguas, el accesorio de la segunda agua debe topar con el extremo del otro.

5. El siguiente paso es colocar las cumbres maestras, una en cada extremo del techo. Luego, se tira una cuerda para que la del extremo final quede a nivel.

6. Las cumbres se pegan con mortero y se revocan las uniones entre cumbres y teja y entre cumbrera y accesorios.

7. Se debe evitar cortar una cumbrera para terminar el techo. Para lograrlo, se debe aumentar o disminuir el traslape hasta que el acabado sea perfecto.

8. Si el techo es a una sola agua, se utilizan botaguas a 90 grados, en lugar de cumbres, siguiendo el mismo procedimiento descrito anteriormente: Se colocan dos botaguas maestros, se nivela el del extremo y se sigue la línea tendida, teniendo cuidado con el traslape para que haya un número entero de botaguas.

### **Ventajas:**

- El accesorio protege la cubierta porque crea un sello hermético entre la teja y la cumbrera.

- A pesar de que no hay ganancia en el tiempo de trabajo, es muy grande la mejoría en los acabados y en la estética general de la cubierta.

### **Desventajas:**

- Incrementa el costo de la obra, porque se necesitan 5 accesorios por metro lineal de cumbres.



## 8.2 Estructuras metálicas

Ante la escasez de madera, muchas personas deciden construir sus techos con estructuras metálicas. El arte de la carpintería ha evolucionado durante siglos y sus bases se han trasladado de generación en generación. Las estructuras metálicas, sin embargo, se revelan como un fenómeno nuevo, en cuya práctica se cometen errores por falta de claridad en sus conceptos.

### Cada material tiene ventajas y desventajas

Popularmente, se cree que una estructura metálica posee una vida más larga que un artesonado de madera. Sin embargo, no siempre es así; de ahí la utilidad de conocer las distintas opciones que se tienen en estructuras metálicas. En la vivienda popular se consideran, por lo general, dos elementos: las varillas de acero empleadas para reforzar el concreto y los perfiles formados en frío, popularmente conocidos como “perfiles C”. Aunque raras veces se usan, los tubos cuadrados, sean formados en frío (tubo industrial), o formados en caliente (tubo estructural), suelen ser muy ventajosos.

Todos estos elementos tienen que ser pintados dos veces con pintura anticorrosiva, y después de soldarlos, atornillarlos o empernarlos también es preciso retocar los puntos de unión dos veces.

En áreas de mucho salitre (mar) o gases agresivos (azufre en las cercanías de volcanes activos), esto quizás no sea suficiente para garantizar una larga vida. En tales condiciones hay que sellar las puntas de los tubos para que no se oxiden desde adentro.

### Soluciones deficientes

Si se compra la estructura del techo en madera, se asume que el carpintero conozca la técnica y que sea un experto en su arte. Quizás, esto mismo no se aplica cuando se encarga esa estructura a un soldador. El arte de las estructuras metálicas

aún es nuevo y muchas veces no sabe colocar la teja. Acostumbrado a producir techos para láminas de hierro galvanizado o aluminio, el soldador no es conciente de las exigencias de un techo de teja, ya sea de TMC o de teja de barro tradicional.

Existen muchas cubiertas deficientes, hechas con varillas soldadas o con perfiles, en las cuales se ha gastado más material que el necesario, para obtener un resultado mediocre. Por ejemplo, las vigas construidas de varillas soldadas casi nunca salen rectas y por ende el techo termina de forma irregular. Casi siempre se usan varillas para soportar las tejas (correas), y estas siempre se deforman.



***A la izquierda, vemos una estructura de varillas (cabe destacar que fue hecho en fábrica y es de una calidad superior a lo usual). Los pares se colocan a una distancia de 75 cm y se usan varillas de 3/8 como correas. Estas se deforman con el peso de la teja y los techos terminados presentan irregularidades. Esta solución resultó más cara que usar perlines y tubos.***

***A la derecha, se aprecia claramente la deficiencia de las correas de varilla. Aún sobre pares de “perlin C”. Es difícil lograr líneas rectas, aparte de que el peso de la teja hunde la varilla.***



#### **Soluciones técnicamente correctas y económicas**

Al analizar un techo se empieza de arriba hacia abajo, pues lo más importante es que la teja esté bien colocada y no deje penetrar la lluvia. Las varillas de acero no son una buena solución como correa, ya que casi siempre llegan dobladas y luego se deforman por su propio peso. Para garantizar un techo más o menos satisfactorio, deben colocarse las vigas inclinadas a una distancia muy corta, lo que implica un gran gasto. En todos los países existe algún tipo de tubo (tubo industrial, tubo estructural) que se puede emplear. Estos vienen rectos y se comportan mucho mejor que las varillas. No siempre son más caros (en El Salvador, por ejemplo, un tubo industrial de 1” cuesta menos que una varilla de ½”), y aún cuando lo sean, muchas veces resultan más económicos porque las vigas se pueden separar más.

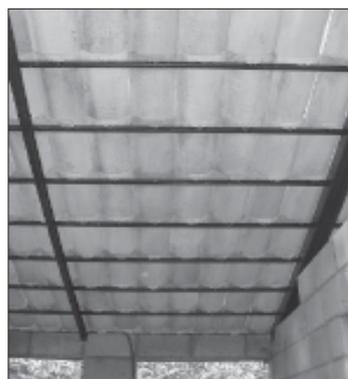
Es muy difícil dar recetas sin hacer un cálculo específico del caso, pero se pueden dar líneas generales para determinar las dimensiones que se deben utilizar. Se debe tener un plano exacto y las especificaciones de los productos disponibles localmente.

Guiándose por la siguiente tabla es fácil calcular cuánto espacio puede cubrir un tubo con la carga de TMC encima:

- Tubo industrial de  $\frac{3}{4}$ " , de 1 mm de espesor cubre hasta 1,25 m
- Tubo industrial de 1" , de 1 mm de espesor cubre hasta 1,50 m
- Tubo estructural de  $\frac{3}{4}$ " , de 1,5 mm de espesor cubre hasta 1,75 m
- Tubo estructural de 1" , de 1,5 mm de espesor cubre hasta 2 m entre apoyos

En caso de dudas, se coloca el tubo sobre dos apoyos, se colocan tejas encima y, comparando la deformación con una cuerda tensada, se puede aceptar una deformación de hasta 1/200, esto quiere decir que en una luz de dos metros el tubo se puede deformar hasta 1 centímetro.

Para las vigas inclinadas o bajantes se emplean con preferencia perfiles C. Estos elementos son rectos y pueden soldarse o empernarse fácilmente; también los tubos para correas suelen ser atornillados o soldados. Existen distintos perfiles, la calidad no varía mucho de un producto a otro, pero sí el grosor de la lámina de metal.



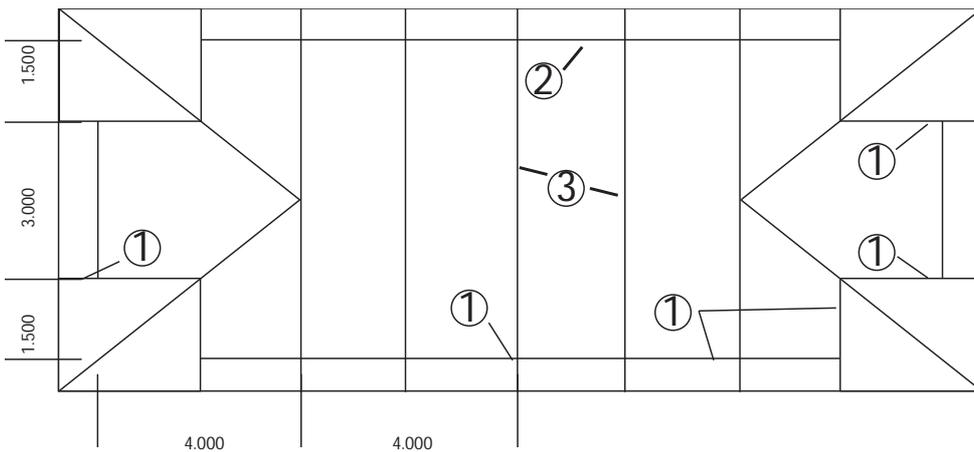
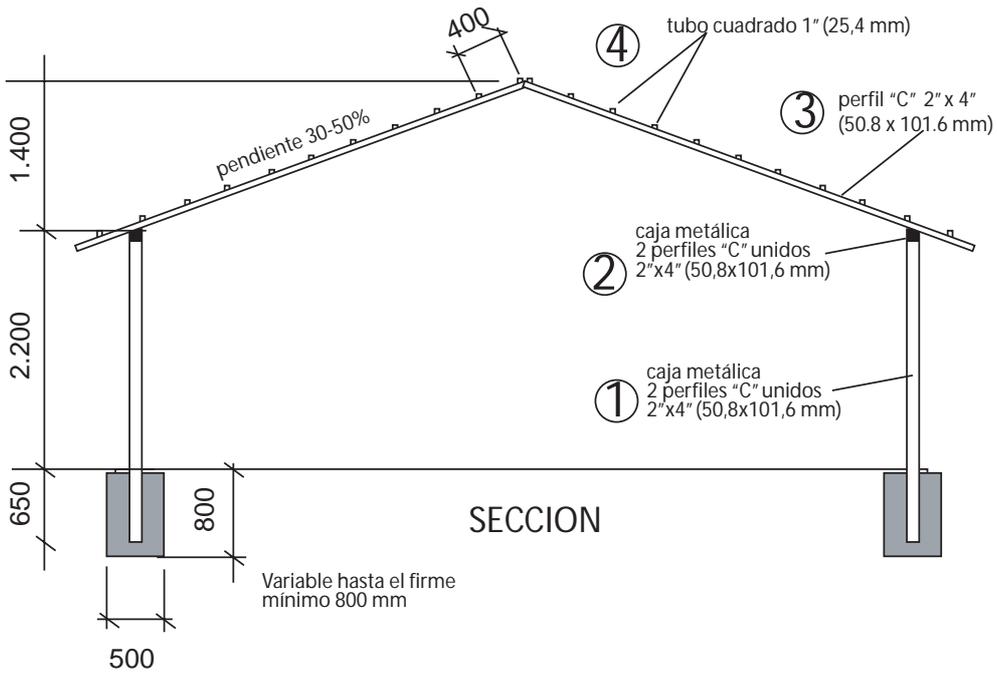
La siguiente tabla permite escoger el perfil en función de la distancia entre ellas (o sea la luz que cubre) y la distancia entre apoyos (tamaño del cuarto). Para los cálculos se usaron láminas metálicas de 1.5 mm de espesor, que son las más empleadas en Centroamérica.

### Un ejemplo práctico

El techo a cuatro aguas (o de tres en una casa más pequeña), no solamente resulta atractivo, sino que es una estructura mucho más sólida que un techo a dos aguas; su mayor rigidez lo hace más resistente en caso de terremotos.

Luz de carga de la viga	Distancia entre vigas (luz que carga la correa)	Peralte del polín "C"
2.00 m	Hasta 2 m	3" (80 mm)
2.50 m	Hasta 1.75 m	3"
3.00 m	2.0 m	4" (100 mm)
	1.25 m	3"
3.50 m	1.50 hasta 2.00 m	4"
	Hasta 1.75 m	4"
4.00 m	2.00 m	5" (125 mm)
	Hasta 1.5 m	4"
	1.75 hasta 2.00 m	5"

A continuación se muestra una estructura metálica diseñada para un techo de cuatro aguas con dimensiones de seis metros por veinte. Se trabaja con correas de tubo estructural de 1". De esta manera, se pueden espaciar los pares a una distancia de dos metros y se deben usar perfiles de 4".



### **Mantenimiento de un techo de TMC**

Como toda parte de una construcción, los techos también necesitan mantenimiento para que pueda cumplir con el tiempo estipulado de vida. Si el mantenimiento se hace de forma regular y los desperfectos del techo son corregidos a tiempo, la vida del techo aumentará considerablemente. Un mantenimiento en el momento preciso no solo ayuda a la durabilidad del techo, sino que siempre será mucho más económico que una reparación de emergencia.

Revisar el techo debe ser algo rutinario. Una inspección anual es necesaria. También después de cada tormenta y sismo y claro está, cuando existan goteras.

Como se vió en el capítulo anterior, el techo está compuesto por la estructura y la cubierta. Es recomendable que si hay que realizar una reparación de la estructura la haga personal calificado para garantizar el trabajo y evitar accidentes.

Normalmente, en un techo de TMC el mantenimiento no es muy grande, pero siempre es importante. Después de grandes vientos las tejas pueden quedar fuera de lugar o haberse roto por un movimiento sísmico, o al caer una rama de un árbol. Puede suceder que una de las tejas haya sido de mala calidad.

Por lo general, estas inspecciones y reparaciones deben hacerse por la parte interior del edificio. Se debe evitar, en lo posible, caminar encima de las tejas.

A continuación se muestran algunos casos y cómo resolverlos:

#### **1. Cómo reemplazar una teja rota**

Por debajo del techo, con una escalera, se retira la teja rota. Para esto se mueven ligeramente todas las tejas que están a su alrededor. Se coloca introduciendo encima de la teja inferior la parte inferior de la nueva teja; luego se levanta la parte inferior de la teja superior y se mueve la teja hasta que el taco de soporte esté en su lugar. Por último se acomodan todas las tejas para que vuelvan a estar alineadas.

#### **2. Tejas fuera de lugar**

Con una pieza larga de madera se mueve la teja cuidadosamente hasta que esté en su lugar.

Con estas dos formas de arreglo es probable que todas las posibilidades de mantenimiento estén cubiertas. Si el problema es mayor, se debe llamar a personal calificado.

### **8.3 Viabilidad ecológica y social**

Toda acción, ya sea artesanal, industrial, social, comercial o de cualquier índole que involucre al ser humano y a nuestro planeta, debe ser en forma simultánea: socialmente justa, económicamente rentable y ambientalmente sustentable.

Para esto último, Stephan Schmidheiny en su libro «Cambiando Rumbo», expone las siguientes cuatro hipótesis:

- 1) El sector privado debe y puede asumir el liderazgo del proceso hacia el desarrollo sostenible en el Tercer Mundo. El reto a la vez es simple y complicado.
- 2) El desarrollo actual de la mayoría de los países tercermundistas no es

sostenible. No son los grandes problemas ambientales de alcance mundial, tales como el calentamiento de la atmósfera y el agujero de ozono, los que se encuentran en primer plano, sino más bien el subdesarrollo y la emigración rural y la urbanización desmedida de las grandes urbes, la industrialización contaminadora y la agricultura destructora de los bosques.

3) No solo es necesario cambiar de rumbo, sino hacerlo posible.

4) El fundamento de esta acción lo constituye una nueva y activa cooperación de los diferentes grupos actores.

El desarrollo sostenible constituye una visión fundada en la premisa de que el desarrollo es el requisito esencial para la utilización sostenible de los recursos naturales, con una orientación global pero al mismo tiempo de aplicación local.

Para el Tercer Mundo, el desarrollo sostenible constituye una concepción de extraordinaria importancia que marca nuevos rumbos, pero que lleva a cierto escepticismo, basándose en dos razones:

1) Por tratarse de una idea global y a largo plazo, el tema se emplea frecuentemente y de manera muy superficial, de manera tal que casi todos estamos de acuerdo con él, pero muy pocos hacemos algo al respecto.

2) El rechazo de estos argumentos, debido a que fueron elaborados por el "norte" y en el "sur" se piensa que es otra de las tantas camisas de fuerza elaboradas por el "norte" para mantener subyugado al "sur".

A pesar de las dos razones, debemos tener presente que ya estamos en el siglo XXI, que inaugura el segundo milenio de nuestra civilización, y que a pesar de todo, hay esperanzas respecto al futuro. Hemos mejorado las expectativas de vida, salud y en algo, la educación. Pero nuestro planeta aún se enfrenta a varios problemas, como los siguientes:

- Un planeta, que ya lo habitan muchas personas, tendrá que soportar probablemente el doble de la población actual.

- Las reservas forestales de muchos países del tercer mundo llegarán a su fin, si sus gobiernos no adoptan una política seria y consciente del problema.

Y todo esto ¿qué tiene que ver con la Teja de MicroConcreto? Mucho. Cualquier actividad del hombre repercute en el medio ambiente y nosotros debemos obligarnos ya a tomar conciencia de lo que debemos hacer para preservar nuestro planeta, y si la TMC no resulta ecológicamente viable ni ecoeficiente, entonces todo lo expuesto con respecto a las tejas está de más.

Todo plan de desarrollo debe ser sostenible ecológica y económicamente, y es aquí donde la TMC juega un papel importante en el desarrollo de los individuos, regiones, países y nuestro planeta. Es una producción alternativa que no solo tiene que ver con las bondades tecnológicas de la misma, sino que es generadora de empleos y puede utilizarse por pequeños empresarios o productores familiares que no necesitan

de gran capacidad técnica. Es compatible con la autoconstrucción. Resuelve el problema de la materia prima y además, posee un agradable aspecto, factor muy importante para el usuario.

Si se compara el consumo energético de la TMC con el de otros materiales, resulta sumamente bajo. Como toda acción humana, se hace daño al medio ambiente, pero la TMC minimiza estos daños con respecto a los demás materiales de cubierta existentes en el mercado.

**- Un m<sup>2</sup> de TMC consume en su producción total (incluyendo la fabricación de cemento, maquinaria y teja) 30 megajoules de energía.**

**- Un m<sup>2</sup> de teja de barro consume de 200 a 300 megajoules de energía, dependiendo de la eficiencia del horno.**

**- Un m<sup>2</sup> de zinc (hierro galvanizado) consume 350 mega-joules de energía.**

Por lo tanto, a la Teja de MicroConcreto se la puede declarar como un material ecológicamente viable y sus talleres pueden incluirse en un plan global de desarrollo sostenible.

Sin embargo, ¿se puede catalogar un techo como ecológicamente sostenible?

Está claro que la gran diferencia será el transporte. Si existe una fábrica de TMC cerca de la obra, se puede hablar de un techo compatible con el medio ambiente, pero si se piensa en fábricas grandes y redes de distribución grandes, se pierden las ventajas adquiridas y se vuelve tan nocivo como el resto.

Entonces, para que la TMC sea ecológicamente viable, es necesario disponer de una gran red de talleres pequeños y medianos en los diferentes pueblos y barrios. Además se resuelven problemas sociales de desempleo y se mejora el ingreso promedio de más familias.



## GLOSARIO

### A

**Absorción:** Habilidad de un material sólido poroso para mantener dentro de su cuerpo una cantidad relativamente grande de líquidos.

**Abrazadera:** Elemento de unión

**Absorbente:** Material en que fácilmente penetra humedad

**Acanalado:** Con canales o estrías

**Acarreo:** Transporte

**Acelerante:** Material distinto al agua, cemento o áridos que se adiciona al hormigón para aumentar el tiempo del fraguado y su endurecimiento. El producto más usado es el cloruro de calcio o el sulfato sódico.

**Acero:** o varilla. Se utiliza generalmente en la construcción de elementos de hormigón armado. Viene de varios espesores y puede ser circular o rectangular. Se utiliza también como estructura de soporte para la TMC (Nicaragua, Ecuador: hierro)

**Acopiar:** Reunir. Amontonar. Llevar los materiales hasta el taller o pie de obra.

**Adaptar:** Unir, aplicar o acoplar una cosa a otra.

**Adherencia:** Fuerza que une a dos cuerpos, o resistencia que se opone a que se separen.

**Administración:** Dirigir la economía, y personal que labora en un taller de TMC

**Agua:** Líquido incoloro e inodoro. Se utiliza en la TMC para hacer el mortero con que se fabrican las tejas y para el curado secundario de las mismas.

**Agudo:** Ángulo menor a los 90 grados

**Aislamiento:** Material usado para separar una cosa de otra o para retardar el flujo de calor o frío a través de un techo o muro.

**Alabeo:** Torsión de los bordes de la teja que no queda plano ni recto. Vicio que toma una tabla encorvándose (Nicaragua: curvatura, Ecuador: pandeo)

**Albañil:** obrero de la construcción.

**Alero:** o vuelo, volado. Es la parte del techo que sobresale más allá de los muros exteriores de la vivienda. En la TMC, por lo general, el alero es de 0,30 a 0,50 metros.

**Alfajía:** Pieza de madera de 14 cm de alto y 10 de ancho. En Ecuador, la alfajía tiene 3x3 cm y mide 2 m (En España: Alfarjía)

**Aljibe:** Cisterna. Depósito de agua

**Ancho:** La dimensión que se contrapone al largo y que generalmente se encuentra entre los bordes menos separados. Una teja debe medir 25 cm

de ancho  $\pm$  5mm.

**Anclar:** sujetar a un lugar fijo.

**Andamio:** Armazón de tablas y vigas que se utilizan adaptándolo a la altura del muro o techo en la construcción o reparación de un edificio.

**Anteproyecto:** Trabajo preliminar de un proyecto o techo

**Apuntalar:** Poner puntales. Fijar una cosa provisionalmente con columnas móviles.

**Arandela:** Pieza plana, redonda y agujereada por su centro que se coloca entre otras dos para lograr una mejor unión y casi siempre es con un tornillo.

**Arcilla:** Sustancia mineral muy fina, impermeable y plástica, formada principalmente por silicato aluminico. Un árido que contenga arcilla y/o limo en más de un 4% de su volumen no debe ser utilizado para la fabricación de la TMC.

**Ápice:** Extremo superior o punta de un techo.

**Área efectiva:** Superficie que cubre realmente la teja. La otra área restante es de solape. En la TMC el área efectiva es de 40 cm de largo por 20 cm de ancho. (Costa Rica: cobertura)

**Arena:** Árido suelto, principalmente de origen silicio o volcánico que tiene un tamaño que va de 5 mm hasta 0.150 mm. Es una de las materias primas necesarias para fabricar la TMC.

**Árido:** Elemento inerte que compone un mortero. En la TMC cuando se menciona árido se refiere a arenas.

**Artesa:** Cajón cuadrado en forma de tronco de pirámide invertida, que se usa para mezclar morteros y concretos.

**Asbesto cemento:** Plancha utilizada para techar, fabricada con una mezcla homogénea en proporciones definidas de las materias primas de igual nombre.

Suele también llamarse fibrocemento.

**Asociación de Productores:** Organismo nacional de los productores de TMC. Es un sueño que en cada país donde se fabrique la TMC exista una asociación de productores.

**ASTM-1:** Cemento Pórtland Tipo 1. El cemento que normalmente se compra en las ferreterías.

## B

**Bajante:** Elemento estructural colocado en forma inclinada que descansa sobre apoyos. Los bajantes están diseñados para soportar cargas transversales a ellos. Como estos elementos tienen nombres particulares en cada país, se usa generalmente esta palabra más descriptiva en este tomo. El término técnico correcto es "par". También se usan "tendal", "alfajilla", "viga", "polín".

**Batería:** Acumulador eléctrico de automóvil. La mayoría de las vibradoras de TMC pueden funcionar con una batería. Para la TMC, las baterías deben tener 12 volts y una potencia mínima de 10 amperes.

**Brazos:** o arriostre. Piezas cortas de madera que se utilizan para reforzar la estabilidad estructural de una vigueta o columna. También se conoce como pie de amigo. (Nicaragua: refuerzo)

**Bolsa:** Unidad en que en muchos países latinoamericanos se vende el cemento, la cal, el yeso, etc. De acuerdo al país puede contener 50 Kg, 55 Kg, o 100 libras (República Dominicana, Ecuador: funda).

## C

**Calor:** Fenómeno físico que eleva la tem-

peratura y dilata, funde, volatiliza o descompone un cuerpo.

**Carga viva:** Consiste en la carga que debe soportar un techo ocasionada por personas, viento, sismo, absorción de agua, etc.

**Carga muerta:** Consiste en la carga que debe soportar un techo ocasionada por los materiales usados en la construcción. Para la TMC, es el peso de la estructura más el peso de la teja.

**Carretilla:** Vehículo pequeño de mano, con una rueda y dos pies, que sirve para transportar y medir los materiales de construcción.

**Cemento:** Producto artificial que resulta de calcar mezclas homogéneas de calizas y arcilla (klinker), y luego pulverizada con un 3% de yeso. Este producto es una de las materias primas de la TMC.

**Cerámica (o producto cerámico):** Son aquellos que se obtienen mediante la cocción de materias arcillosas naturales, previamente moldeadas. Ejemplo, ladrillos cocidos, teja criolla, etc.

**Cercha, tijerilla o armadura plana:** Es una estructura compuesta por cierto número de piezas rectas, que pueden ser de acero o madera, y que están todas en un plano, articuladas entre sí en sus extremos, de modo que se forme un entramado rígido.

**Choque térmico:** Esfuerzos de contracción generados en una cubierta de techo por un descenso súbito en la temperatura, debido a cambios bruscos en el clima. Por ejemplo, un aguacero luego de un sol brillante.

**Cielo raso o falso techo:** Es el elemento que se coloca en la parte inferior del techo para cubrirlo, y darle una terminación plana

**Columna, horcón o pilar:** Elemento vertical que se utiliza en las construcciones para reforzar y soportar la estructura de la misma.

**Compactación:** Acción que se realiza al vibrar el mortero para la TMC, mediante la cual se garantiza la unión de los áridos y el gel de cemento, evitando la mayor cantidad de poros.

**Comportamiento acústico:** Capacidad de absorber o transmitir que tienen los cuerpos sometidos a sonidos y ruidos. La TMC es una mala conductora de sonido.

**Comportamiento térmico:** Capacidad de absorber o transmitir que tienen los cuerpos sometidos a las diferentes temperaturas. La TMC no es una buena conductora térmica. La conductividad térmica de la TMC es de 0.5 watts / m<sup>2</sup> °C.

**Concreto:** Ver "hormigón"

**Construcción:** Arte de fabricar o edificar algo. En la TMC, se refiere a armar un techo utilizando la Teja de MicroConcreto.

**Contenido de humedad:** es la cantidad de agua que contiene un mortero. Para la TMC, mantener el contenido de humedad constante durante los diferentes curados, significa obtener una teja de mayor calidad.

**Control de calidad:** Conjunto de ensayos que deben realizarse a la teja para asegurar su calidad.

**Correa:** Elemento de madera o acero colocado horizontalmente, que forma parte de la estructura de soporte y es donde se fijan las tejas a dicha estructura. (Nicaragua: regla; Costa Rica: clavador; Ecuador: alfajía, regla)

**Cortante:** Cuando dos fuerzas actúan sobre una teja en dirección opuesta y con sentido contrario.

**Costo de producción:** Valor monetario que tiene producir una teja. El costo de producción nunca incluye las ganancias, solo los gastos en que se incurre para producir la teja.

**Costo del techo:** Es el valor monetario que tiene un techo. Esto incluye el costo de la estructura, la cubierta y el mantenimiento.

**Costo fijo:** Gastos que se tienen para fabricar una teja y que, por lo general, no varían. Alquiler del terreno, amortización del equipo, infraestructura, pago del capital de trabajo, etc.

**Costo variable:** Gastos que se tienen para fabricar una teja y que pueden variar más o menos, de forma constante, tales como cemento, arena, agua, electricidad, etc.

**Cuadratura:** Es la acción y efecto de cuadrar una figura o elemento geoméricamente, dándole una forma cuadrada.

**Cuarreamiento:** Serie de grietas finas en la superficie de los materiales.

**Cubierta:** Sinónimo de techo. Que cubre la vivienda y a las personas que la habitan.

**Cubo:** Recipiente de diversas formas, dimensiones y materiales, que sirve para medir la materia prima de la TMC y transportar el mortero (Ecuador: balde).

**Cuchara dosificadora:** Accesorio que sirve para medir la cantidad exacta de mortero que necesita una Teja de MicroConcreto

**Cumbrera:** Caballete, teja de caballete. Tipo de teja que une dos o más aguas en un techo.

**Curado primario:** Curado que recibe la TMC en las primeras 24 horas mientras está aún en el molde plástico, donde se produce el fraguado del mortero. También se llama curado en

molde.

**Curado secundario:** Curado que reciben las tejas de micro concreto pasadas las 24 horas, dentro de un tanque con agua o vapor. Este curado dura un mínimo de 7.

**Curado a vapor:** Curado secundario realizado en tanques especiales herméticos que mantienen una elevada humedad y temperatura. Se realiza de preferencia en sitios de clima tropical.

## D

**Deforestación:** Destrucción de los bosques al cortar los árboles de manera indiscriminada.

**Degradación:** Deterioro en la estructura química, las propiedades físicas o la apariencia de un material.

**Desagüe:** Conducto por donde se eliminan líquidos.

**Desmolde:** Acción de sacar la teja del molde pasadas las primeras 24 horas.

**Dimensiones:** Medidas de un objeto. En el caso de la TMC, las dimensiones de la teja son 50 cm de largo por 25 cm de ancho, y con espesor de 8 ó 10 mm.

**Diseño:** Actividad creativa consistente en determinar las propiedades formarles y las características exteriores e interiores de los objetos que se va a producir artística, artesanal o industrialmente.

**Diseño de mezcla:** Es el estudio que se realiza para determinar la cantidad de cemento, arena y agua que necesita un mortero, afin de producir una buena teja.

**Dosificación:** Proporción específica de cada materia prima (cemento-arena-agua) para producir el mortero con que se fabrica la TMC o se corrigen las

cualidades de la arena.

**Durabilidad:** Tiempo de vida útil para el cual fue fabricado o construido. La durabilidad de una teja de micro concreto está estimada en 30 años.

**Durmiente o solera:** Elemento de madera que sirve como viga de amarre y enlace entre la estructura del techo y los muros o columnas de la construcción. Siempre va encima de un muro. (En Cuba: carrera)

## E

**Económico:** De poco costo.

**Elasticidad:** Propiedad de un material de retornar inmediatamente a su tamaño o forma original, luego de removerse el esfuerzo que había causado la deformación. La TMC tiene muy poca elasticidad.

**Elemento de fijación:** Alambre galvanizado, acero, cobre u otro metal, que se coloca en el taco de soporte de la teja al momento de fabricarla y que sirve de fijación; debe ser flexible para que permita ser torcido sin que se rompa.

**Energía:** Potencia. Fuerza necesaria para mover algo. En el caso de la TMC, es la fuerza necesaria para mover el motor de la mesa vibradora.

**Ensayo de tracción del taco de soporte:** Es la prueba de calidad que se hace al taco de soporte de la teja para saber si este romperá al ser sometido a un esfuerzo de tracción.

**Ensayo de flexión:** Es la prueba de calidad a la que se somete una teja que permite saber qué peso soporta antes de fallar en condiciones de trabajo. La TMC debe soportar un mínimo de 80 kg / cm<sup>2</sup> para las tejas de 10 mm de espesor.

**Ensayo de impacto:** Prueba de calidad

a la que se somete una teja que permite saber la resistencia a un golpe de una teja. La TMC debe soportar el golpe de una bols de acero de 220 g de peso, dejada caer desde una altura de 30 cm, para la teja de 8 mm de espesor, y desde 40 cm para una de 10 mm de espesor.

**Ensayo de permeabilidad:** Prueba de calidad que nos permite saber si la TMC filtra agua. La teja jamás debe dejar pasar el agua de una cara a la otra.

**Ensayo del peso:** Prueba de calidad que nos permite saber el peso exacto de cada teja. Una teja de 8 mm debe pesar 2.5 kg, mientras que una de 10 mm debe pesar 3.0 kg, con una tolerancia de  $\pm 10\%$ .

**Ensayo del sonido:** Prueba de calidad que nos permite saber si la TMC tiene fisuras u otros puntos débiles que reduzcan su durabilidad y resistencia.

**Equipo:** Unidad de Producción de MicroConcreto. Conjunto de vibradora y moldes que conforman la maquinaria para producir Tejas de MicroConcreto, botaguas, cumbreas, bovedillas, accesorios tapaonda.

**Esfuerzo:** Es la resistencia interna que presenta a la acción de una fuerza externa la TMC. Los tipos de esfuerzos a que esta sometida una teja son: tracción, compresión, cortante y torsión.

**Espesor:** grosor o profundidad de una teja. Puede ser 8 o 10 mm

**Estructura:** Armadura de madera, hormigón o acero, arreglada de forma tal para soportar los requerimientos externos e internos de una construcción. En la TMC, la estructura es el soporte de las tejas en los techos.

**Estudio de factibilidad:** Es el análisis previo que debe realizarse antes de

instalar un taller de TMC para saber si se puede vender el producto.

## F

**Fabricación:** Acción y efecto de hacer una obra por medios mecánicos o construir algo.

**Falla:** Es cuando una teja no soporta la acción externa a que es sometida y rompe su estructura homogénea.

**Fibralix:** Nombre que recibió la tecnología en sus inicios cuando se utilizaba fibra vegetal o artificial en el mortero con que se fabricaba la plancha o teja.

**Fibrocemento:** Es la mezcla de un mortero con fibra vegetal o artificial. Se utilizó en un principio para fabricar las tejas.

**Fijación:** Acción de sujetar la teja a la correa por medio de un clavo o alambre.

**Fisura:** Fractura longitudinal que se produce en la teja. Esta puede ser externa o interna, y ser visible o no. Para saber si la TMC tiene o no fisuras, debe realizarse el ensayo de sonido.

**Fraguado:** Proceso químico por el cual el cemento, cal, yeso u otro material en unión con el agua se endurece.

## G

**Granulometría:** Proporciones de los granos de diferentes tamaños que contiene un árido.

**Gel de cemento:** Es la composición de partículas coloidales producto de la hidratación del cemento, es decir, la unión del agua y el cemento.

## H

**Herramientas:** Conjunto de instrumentos necesarios para que un obrero o

artesano pueda rendir su labor.

**Hormigón:** Mezcla homogénea de áridos, agua y cemento utilizada en elementos de construcción. El hormigón es empleado en la fabricación de TMC. Concreto.

**Hormigón armado:** Unión de hormigón y acero que se utiliza en la construcción para soportar las cargas internas y externas.

**Huracán:** Fenómeno natural que posee vientos de más de 120 km / hora, que giran en forma de torbellino y viene acompañado por mucha lluvia y baja presión atmosférica.

## I

**Impermeable:** Se dice de los cuerpos o del tratamiento que se le da para que no se dejen atravesar por agua o cualquier otro líquido.

**Inercia de una sección:** o momento de inercia. Es la suma del producto que se obtiene al multiplicar todas las áreas infinitamente pequeñas por el cuadrado de su distancia al plano neutro. Se utiliza para obtener la flexión de una pieza estructural.

**Intensidad de carga:** Es la carga total a la que es sometido un elemento. Es la suma de la carga viva y la carga muerta.

## L

**Lámina de mortero:** Es el mortero ya vibrado sobre la lámina de plástico antes de pasarlo al molde. Matriz de concreto, lámina de concreto.

**Limahoya:** Línea a lo largo del ángulo de depresión que se forma en el fondo de dos superficies de techo inclinadas que se juntan. Por lo general, se usa un canal de desagüe.

**Limatesa:** Línea a lo largo del ángulo de elevación que se forma en la unión de dos superficies de techo inclinadas que se juntan. Se utilizan tejas de caballete (Costa Rica, Ecuador: limatón)

**Límite de elasticidad:** Punto hasta el cual la deformación de un material es directamente proporcional al esfuerzo que se le aplica, y de donde siempre puede volver a su estado natural, una vez se deje de aplicar dicho esfuerzo.

**Limo:** Material orgánico sumamente fino. Si un árido contiene más de un 4% de limo y/o arcilla, no debe usarse para fabricar TMC.

**Limpieza:** Acción de quitar toda suciedad o residuo de mortero. Se debe mantener una buena limpieza de la vibradora, moldes y las láminas de plástico.

**Longitud:** Dimensión más larga de la teja de micro concreto. Esta debe ser de 50 cm, con una tolerancia de  $\pm 5$  mm.

## M

**Malla o cedazo:** Tela metálica por la que se pasa la arena para asegurarnos de que la teja no se fabricará con áridos mayores a los requeridos, ni con impurezas. En la TMC, la malla debe ser de 4 mm, para la teja de 8 mm de espesor, y de 6 mm para la de 10.

**Mano de obra:** Labor. Paga a los obreros por realizar su labor.

**Mantenimiento:** Conservar en buen estado lo ya construido. Buscar la solución antes de que se dañe.

**Marcos de madera:** Pieza rectangular de madera que se adhiere a la parte inferior del molde para darle estabilidad y mantener una distancia entre molde y molde cuando están apilados en el curado primario.

**Marcos metálicos:** Pieza rectangular de acero que se coloca encima de la mesa vibradora, por medio de bisagras, para darle la forma y el espesor deseado a la lámina de mortero, previo al moldeo.

**Materiales:** Todos los elementos que sirven para fabricar un techo o una teja.

**Materia orgánica:** Restos de origen animal o vegetal muy dañinos al hormigón. Viene por lo general acompañando las arenas.

**Mesa vibradora:** Es la máquina necesaria para compactar, mediante el vibrado, la mezcla de concreto y darle el espesor necesario a la TMC.

**Moldeo:** Es el efecto de dar forma a la lámina de concreto. Se moldea la teja al pasarla de la vibradora al molde.

**Molde:** Componente que sirve para dar la forma a la teja. En la TMC, es imprescindible que los moldes sean todos perfectamente iguales.

**Momento máximo:** Es la máxima tendencia de una fuerza a causar rotación de un elemento alrededor de un punto o eje. El momento de una fuerza con respecto a cierto punto es igual a la magnitud de la fuerza, multiplicado por la distancia al punto considerado.

**Mortero:** en el caso de la TMC es la mezcla proporcional de arena, cemento y agua. Concreto, hormigón.

**Muro:** pared o tapia. Elemento que tiene como función principal dar privacidad a las áreas interiores de las exteriores. Muros de carga son aquellos que soportan los esfuerzos provenientes de la cubierta.

## N

**Normas de calidad:** Conjunto de leyes que establecen la calidad de un producto en un país determinado.

**Nudo:** Unión de dos o más piezas estructurales de soporte de una cercha o estructura de techo.

## O

**Oquedad:** Hueco. Son los huecos que a veces tienen las tejas.

## P

**Pala:** Instrumento que comprende una especie de cuchara cóncava o plana y un mango, que sirve para mezclar la arena con el cemento, y estos con el agua, para formar el mortero para fabricar las tejas (Ecuador: lampa).

**Pandeo:** Torcedura de un elemento alabeándose en diferentes partes.

**Pasta de cemento:** Unión de cemento y agua antes de convertirse en piedra de cemento.

**Pendalón:** Pieza de armadura de cubierta que une la hilera con el tirante, y da apoyo a las tornapuntas.

**Pendiente:** Inclinación de la armadura de un techo.

**Perfil:** Corte o sección que permite ver la disposición y naturaleza de los materiales utilizados en la TMC.

**Peso:** Acción de la gravedad sobre un cuerpo o teja. El peso de una teja oscila entre 2.5 a 3.0 kg, en dependencia de si es de 8 ó 10 mm de espesor.

**Piedra de cemento:** Resultado de la reacción química del agua y el cemento.

**Pigmento:** Material colorante que sirve para dar color a las tejas de micro concreto (Nicaragua: colorante; Ecuador: anilina)

**Plana metálica:** o cuchara de albañil. Sirve para distribuir el mortero en la mesa vibradora para formar la lámina ya moldeada. (Nicaragua: llana; Ecuador: bailejo). Badilejo.

**Plancha:** Lámina que puede ser de va-

rios materiales utilizada para techar una construcción.

**Plancha de fibrocemento:** Elemento de techar similar a la plancha de asbestocemento, con fibra vegetal o artificial. Precursora de la TMC.

**Planchas de zinc:** Plancha de hierro galvanizado. Buen conductor, tanto de calor como de frío, y de muy poco peso de uso muy generalizado en América Latina.

**Plantilla de desmolde:** Equipo metálico que permite sacar la teja del molde pasada las primeras 24 horas. Aquí se hace el primer control de calidad a la forma de la teja, además de limpiar sus orillas.

**Plastificante:** Material diferente al agua, cemento o árido que se adiciona al hormigón para aumentar la laborabilidad del hormigón, la resistencia a la comprensión y reducir el agua.

**Porosidad:** Agujeros que separan un elemento de otro.

**Precio de venta:** Es el precio a que se vende una teja. Incluye costo de producción, ganancias, desperdicios e impuestos.

**Proceso de producción:** Son todos los pasos necesarios, desde el mezclado de la materia prima hasta la colocación de la lámina moldeada en el molde, para producir una TMC.

**Puntales:** Pieza de madera o hierro que sirve para sostener por un tiempo determinado y corto, una pared o techo (Ecuador: andamio).

**Punto de condensación:** Temperatura a la que el vapor de agua que contiene el aire saturado empieza a condensarse.

## R

**RAS** (Roofing advisory service: Servicio

de Asesoría de Techos): Departamento de SKAT que ayuda a personas o instituciones a resolver sus problemas de techo.

**Red Latinoamericana de TMC:** Organización continental que vela por la difusión, información y calidad de la teja de micro concreto. Las redes nacionales de TMC están adscritas a la Red Latinoamericana.

**Red Nacional de TMC:** Organización de cada país que vela por la difusión, información y calidad de la teja de micro concreto.

**Relación agua-cemento (A/C):** Cociente resultante de dividir el peso del agua utilizada en una mezcla entre el peso del cemento empleado en la misma mezcla. Para la TMC, la relación A/C debe ir desde 0.40 hasta un 0.65.

**Reparar:** Arreglar una cosa. Enmendar, corregir. En el caso de la TMC, por lo general, se refiere a arreglar un techo, cambiando una teja o colocándola en su lugar correcto.

**Resistencia:** Es la oposición natural de un elemento para soportar las cargas a la que es sometido.

**Resistencia a la abrasión:** capacidad de un material de resistir desgaste superficial, rasguños, fricción o erosión por el viento, polvo y otros agentes.

## S

**Saturación:** Acción de introducir en un cuerpo un fluido hasta el mayor punto de concentración.

**Sección de viga:** Es el corte transversal que tiene una viga. La sección es el alto y ancho de la viga.

**Sellante:** Material plástico (brea, caucho, goma o plástico) empleado para rellenar y sellar juntas, grietas y fisuras, haciéndolas resistentes al paso del

agua.

**Sismo:** Terremoto, temblor o sacudimiento del terreno en una gran extensión.

**Sistema estático:** Sistema que nos define el apoyo que tiene una viga u otro elemento estructural para soportar los esfuerzos a que es sometido.

**SKAT:** Centro Suizo de Cooperación Para el Desarrollo Tecnológico y Empresarial.

**Solape:** Cubrir una parte de una cosa con otra. En la TMC, una teja al ser colocada encima de la otra en un techo se solapan 10 cm en sentido longitudinal y 5 cm en el transversal. (Costa Rica, Ecuador: traslape).

**Solera:** Madero sobre el cual descansan o se ensamblan otros.

**Soporte de cubierta:** Apoyo o sostén.

## T

**Taco de soport:** También llamado tacón o nódulo. Es la parte de la TMC que se une con la estructura del techo.

**Tanque de curado:** Cisterna que sirve para dar el curado secundario a la TMC. En un metro cuadrado (largo por ancho) entran entre 200 y 230 tejas.

**Taller:** Lugar donde se produce la TMC.

**Techo:** Parte superior de una construcción que nos protege del viento, lluvia, frío, etc. Se usa también en forma figurativa como sinónimo de vivienda.

**Techo a dos aguas:** Techo que consta de dos lados. Por lo general, es un techo inclinado. Tres aguas serían tres lados, y así sucesivamente.

**Tecnología:** Medio o procedimiento para la fabricación de productos industriales o artesanales. En nuestro caso, se refiere a la forma o procedimiento de fabricar la TMC.

**Tecnología apropiada:** Movimiento de autonomía en las esferas tecnológicas

de los países del tercer mundo. Nació principalmente en China y La India.

**Teja:** Pieza prefabricada de barro cocido u hormigón vibrado, diseñada para ser instalada con unidades similares en fila y columnas traslapadas y en pendiente.

**Tejacreto:** TMC. Sinónimo usado en Perú.

**Teja criolla:** Teja de barro cóncava muy utilizada en España y las que fueron sus colonias en América Latina. Se puede producir una teja similar en MicroConcreto que se denomina Pantile.

**Teja francesa:** Denominación que se le da en América Latina a un tipo de teja de barro que tiene una parte cóncava y la otra plana. Muy parecida a la teja romana de MicroConcreto.

**Teja de media cumbre:** Es una cumbre caballete de la mitad de la longitud normal y se coloca encima de la unión de dos cumbres para sellar su unión.

**Teja de caballete:** Cumbre.

**Teja de MicroConcreto (TMC):** Tipo de teja que utiliza como materia prima arena y cemento. Actualmente existen dos modelos: romana y pantile.

**Teja romana:** Tipo de Teja de MicroConcreto que tiene forma plana en la parte central, una parte cóncava a la izquierda y una convexa a la derecha.

**Teja española:** Teja criolla o Pantile. Tipo de Teja de MicroConcreto que tiene forma de "S" acostada.

**Temperatura:** grados de calor en los cuerpos o medio ambiente.

**Tercer Mundo:** Clasificación dada a un conjunto de países en vías de desarrollo. Generalmente usado para los países asiáticos, africanos, árabes y latinoamericanos.

**TEVI:** Marca comercial que identifica la Unidad de producción de MicroConcreto y la tecnología vibrada.

**Tiempo de vibrado:** Tiempo que debe dársele a la lámina de mortero encima de la plancha de la vibradora mientras se le distribuye y compacta. Para la TMC, este tiempo debe estar entre 20 y 55 segundos.

**Tijerilla:** Cercha.

**Tipos de apoyo:** Son las diferentes formas de apoyar un elemento estructural. Existen tres tipos de apoyo: Simplemente apoyado, articulado y empotrado.

**Tolerancia:** Diferencia consentida en el peso o dimensión de la TMC. Para la TMC, las tolerancias son:

Largo	± 10 mm
Ancho	± 5 mm
Perfil	± 3 mm
Espesor	± 0.5 mm
Cuadratura	± 3 mm

**Tracción:** Fuerza que actúa sobre un cuerpo de modo que tiende a alargarse.

**Transporte:** Llevar de un sitio a otro. Conjunto de diversos medios para trasladar personas, mercancías, etc.

## V

**Valores permisibles:** Esfuerzos que puede soportar una viga o columna, sin fallar.

**Viabilidad económica:** Factibilidad que puede tener una persona o institución con un equipo mínimo hasta una fábrica mediana, de producir TMC, ser comercialmente rentable y obtener beneficios.

**Vibrado:** Movimiento oscilatorio a que se somete el hormigón para obtener una mayor homogeneidad.

**Viga:** Elemento estructural utilizado horizontalmente o inclinado que descansa sobre apoyos, que, por lo general, están situados en los extremos. Las vigas están diseñadas para soportar cargas transversales a ella.

**Vigueta:** Piezas de madera que soportan las correas y las tejas y que a su vez transmiten los esfuerzos del techo a las vigas y columnas. (Nicaragua: alfajía; Dominicana: bajante).

**Viga intermedia:** Elemento de madera que se coloca a mitad de la distancia de dos muros a techar de forma paralela a estos, para evitar tener que usar bajantes de mayor espesor.

**Viga muerta:** En Nicaragua, es la estructura de madera que va horizontalmente en las fundaciones.

**Viga sísmica:** Se llama a la estructura de acero y hormigón que va en las fundaciones.

**Viga corona:** Se llama a la estructura de acero y hormigón que va en la parte superior de los muros terminados.

**Vivienda:** Morada, habitación, barraca, casa (sinónimo de alojamiento).

**Volumen:** Porción de espacio ocupado por un material cualquiera.

## BIBLIOGRAFIA

- Noti Tejas / Red LA-TMC*
- Temas Sobre Materiales de Construcción / José E. Segura*
- Diseño Simplificado de Estructuras de Madera / Harry Parker*
- Ingeniería Simplificada para Arquitectos y Constructores / Harry Parker*
- Manual del Arquitecto Descalzo / Johan van Lengen*
- Instruction Manual for Appropriate Building Systems / Development Alternative*
- Tejas Livianas de Concreto / Kurt Willi*
- Tejas de Fibro Concreto / FUNHABIT*
- ECO EFICIENCIA / Ernst Brugger / Eduardo Lozano*
- Cambiando Rumbo / Stephan Schmidheiny*
- Manual para Control de Calidad / SKAT / CECAT / Grupo Sofonias*
- Manual de Uso Tevi; Tecnología de Cubierta Ligera / CECAT*
- Equipment Quality Guideline For MCR Tiles Production / Kurt Rhyner/Jorge Acevedo/Orlando Espinosa*
- Concrete Roofing Elements (Element 10) / SKAT*
- Production Guide; Fibre and Micro Concrete Tiles (Element 22) / SKAT*
- Standards Guidelines; Fibre and Micro Concrete Tiles (Element 4) / SKAT*
- Roof Structures Guide (Element 24) / SKAT*
- Roof Cover Guide (Element 25) / SKAT*