

## FICHA TÉCNICA: SISTEMA CONSTRUCTIVO DE TEJAS DE MICRO-CONCRETO (TMC)

## CARACTERÍSTICAS DEL MATERIAL

TIPOS/ESPECIES

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

## PROCESO DE FABRICACIÓN

INFRAESTRUCTURA

MAQUINARIA

PROCESO DE FABRICACIÓN

MEZCLAS

MANO DE OBRA

TRANSPORTE

## SISTEMA CONSTRUCTIVO

ESTRUCTURA AUXILIAR

COLOCACIÓN

MÉTODOS DE FIJACIÓN

COSTO/M<sup>2</sup>

## EVALUACIÓN DEL SISTEMA

VENTAJAS

INCONVENIENTES

## Bibliografía

PUBLICACIONES

ENLACES

## CARACTERÍSTICAS DEL MATERIAL

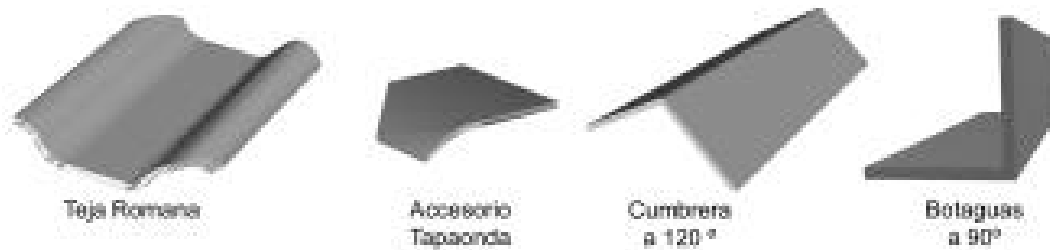
### TIPOS/ESPECIES

#### Tipos:

De 6 mm, 8 mm o de 10 mm de espesor

#### Piezas:

Teja romana y sus piezas especiales: tapaonda, cumbrera, vierteaguas



### CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Producto	Teja de 8 mm	Teja de 10 mm
Unidades/m <sup>2</sup>	12.5	12.5
Dimensión neta (mm)	500x250	500x250
Dimensión útil	400x200	400x200
Peso aprox. Unidad (kg)	2.5	3
Peso aprox. m <sup>2</sup> (kg)	31.2	37.5
Conductividad térmica (w/m°C)	0.5	0.5
Durabilidad	Hay techos en buen estado de más de 20 años	
Resistencia: flexión	Más de 60 kg	Más de 80 Kg
Resistencia impacto (esfera de 220 g)	300 mm caída libre	400 mm caída libre
Rendimiento cemento (50 Kg)	80 unidades	64 unidades
Producción persona/día	100 a 200	100 a 200
Pendiente mínima recomendable	30%	30%

**PROCESO DE FABRICACIÓN****INFRAESTRUCTURA**

El taller de producción de TMC debe tener áreas para guardar el cemento, la arena, la granza de pedrín (piedra diámetro entre 2 y 4 mm) y la máquina vibradora con sus moldes, los equipos de control de calidad, los tanques de curado, fregadero para la limpieza de utensilios y láminas plásticas, espacios para el mezclado de las materias 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.

**MAQUINARIA**

El equipo de una máquina vibradora incluye:

- Máquina de chasis corto y mesa vibradora con motor eléctrico a 12 V 8 A
- Marcos metálicos para teja, cumbre 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 (un modelo con el que hay que hacer 200 marcos) 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

Accesorios necesarios en un taller con una máquina vibradora y 200 moldes, para producir 16m<sup>2</sup> de techo:

- 2 cuchara de albañil mediana
- 2 palas
- 2 carretillas
- 6 cubos metálicos o de plástico de 10 ó 12 litros
- 1 tamiz 0.8 x 1 metro y diámetro 5 mm
- 1 tamiz 0.8 x 1 metro y diámetro 2 mm
- 1 tamiz 0.8 x 1 metro y diámetro 1 mm
- Guía para verificar la alineación y el talle de las orillas
- Mueble para hacer las piezas de cumbre (lo hace un carpintero por encargo)
- Pilas de curado



Operarias manejando las vibradoras sobre las mesas. Planta de fabricación ASF-ASIAPRODI, Programa Oxlajuj Tz'ikin

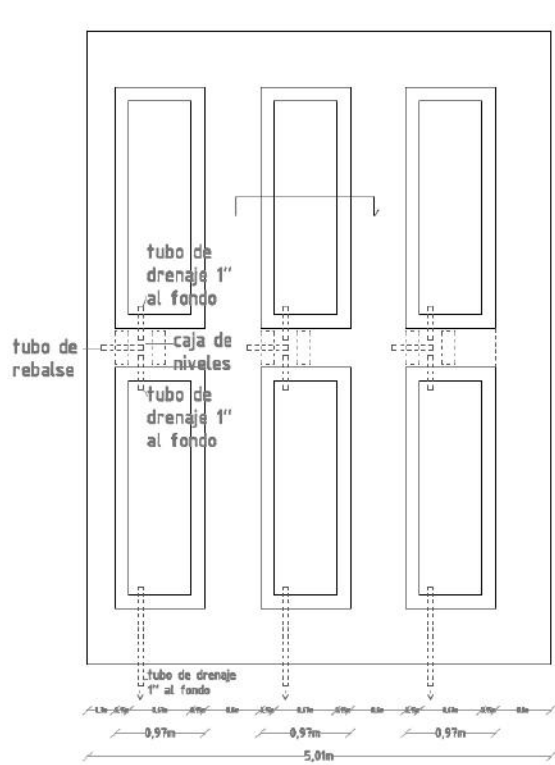


Operaria utilizando la guía de verificación

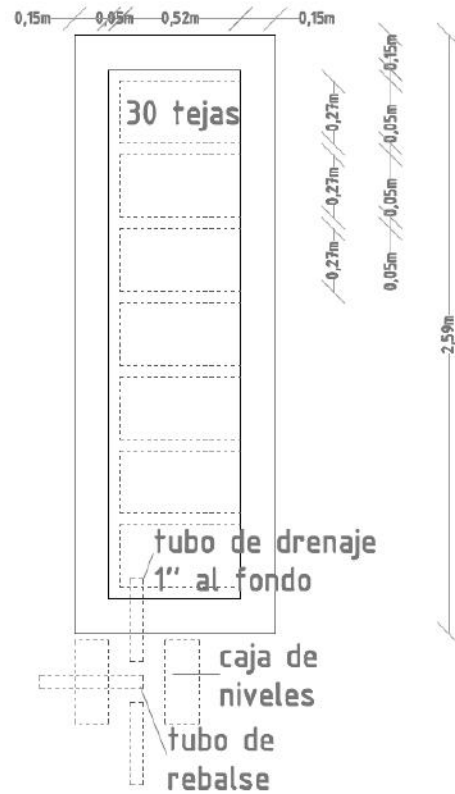


Mueble para piezas de cumbrera

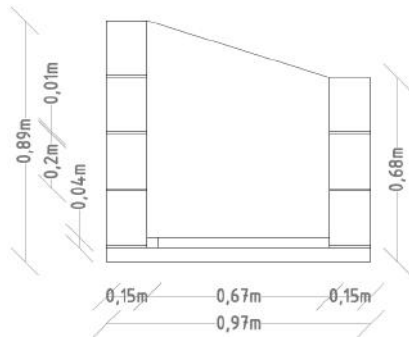
SISTEMA CONSTRUCTIVO DE TEJAS DE MICRO-CONCRETO (TMC)



Planta de las pilas de curado



Detalle de una pila de curado



Sección de la pila de curado



Pila de curado



Operario colocando tejas para su curado

**PROCESO DE FABRICACIÓN.**

<b>Paso</b>	<b>Descripción</b>	<b>Responsable</b>	<b>Equipo</b>
<b>1</b>	Cernir las arenas de río y de mina	Mezcladores	Malla de ¼ de pulgada
<b>2</b>	Almacenar el cemento en las plataformas	Mezcladores	
<b>3</b>	Elaboración de las mezclas	Mezcladores	Carretillas de mano, palas y azadones
<b>4</b>	Colocar la mezcla en las bandejas de las máquinas vibradoras	Mezcladores	Palas y cubetas
<b>5</b>	Dar a la mezcla la consistencia necesaria	Operadores de máquinas vibradoras	Azadones y agua
<b>6</b>	Colocar el lienzo de nylon en el marco de la máquina vibradora	Operadores de máquinas vibradoras	
<b>7</b>	Cargar las máquinas vibradoras con la mezcla sobre el lienzo de nylon	Operadores de máquinas vibradoras	Pala medidora y cuchara de albañil
<b>8</b>	Accionar la máquina vibradora	Operadores de máquinas vibradoras	Máquina vibradora
<b>9</b>	Colocar la grada de sujeción y el gancho de alambre	Operadores de máquinas vibradoras	Máquina vibradora
<b>10</b>	Levantar el marco y colocar el lienzo con la mezcla en el molde	Operadores de máquinas vibradoras	Molde para teja
<b>11</b>	Trasladar el molde al área destinada para su curado primario	Operadores de máquinas vibradoras	Molde para teja
<b>12</b>	Desmoldar las tejas	Operadores de máquinas vibradoras	Molde para teja
<b>13</b>	Verificar la alineación y talle de las orillas	Operadores de máquinas vibradoras	Guías
<b>14</b>	Colocar las tejas en la pileta de curado	Personal de producción de tejas	Laboratorio de piletas para curado
<b>15</b>	Cubrir las piletas con plástico negro y dejar curar	Personal de producción de tejas	Plásticos negros
<b>16</b>	Sacar y trasladar las tejas de las piletas hacia la bodega de almacenamiento	Personal de producción de tejas	Bodega de producto terminado

## MEZCLAS

Los materiales utilizados para formar la mezcla para la fabricación de 64 tejas son:

- 57 litros de arena de río.
- 28,5 litros de arena de mina
- 45 kg de cemento
- Agua

El agua es agregada a la mezcla conforme es requerida por los operarios de las máquinas vibratoras, este proceso depende de la experiencia de los mezcladores para lograr una mezcla lo suficientemente homogénea para la producción.

## MANO DE OBRA

- Personal administrativo
- Mano de obra indirecta: gerente de producción
- Mano de obra directa:
  - 2 operarios de máquina vibradora
  - 1 preparador de mezcla
  - 1 preparador de moldes y nylon.

## TRANSPORTE

El transporte debe realizarse con las tejas colocadas sobre una manta de arena o de sacos de cemento. Se situarán también sacos de cemento en los laterales. Las tejas se colocarán en posición vertical, apoyadas en su borde más largo, y agrupadas de tres en tres.



Tejas colocadas para su transporte



**SISTEMA CONSTRUCTIVO**

Se recomienda una pendiente entre 30% y 45%.

**ESTRUCTURA AUXILIAR**

Las tejas se colocan sobre una estructura auxiliar de viguetas y rastreles. Las viguetas se colocan con una separación de 2 m. Los rastreles se separan una distancia de 41,50 cm.

La estructura auxiliar puede ser de madera o metálica.

**Estructura auxiliar de madera**

En las siguientes tablas se pueden obtener medidas de referencia para los rastreles en cubiertas 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.

Largo	Secciones					
	2"x2"	2"x3"	2"x4"	2"x6"	2"x8"	2"x10"
1.5 m	X	X	X	X	X	X
2.0 m		X	X	X	X	X
2.5 m			X	X	X	X
3.0 m			X	X	X	X
3.5 m				X	X	X
4.0 m				X	X	X
4.5 m				X	X	X
5.0 m					X	X
5.5 m					X	X
6.0 m					X	X
6.5 m						X
7.0 m						X

Tabla de dimensiones de bajantes: 2 apoyos (durmiente y solera), y 90 cm de separación entre bajantes

Largo	Secciones			
	2"x2"	2"x3"	2"x4"	2"x6"
4.0 m	X	X	X	X
4.5 m		X	X	X
5.0 m		X	X	X
5.5 m		X	X	X
6.0 m			X	X
6.5 m			X	X
7.0 m			X	X
7.5 m				X
8.0 m				X

Tabla de dimensiones de bajantes: 3 apoyos (durmiente, durmiente intermedio y solera), y 90 cm de separación entre bajantes. Condición: el durmiente intermedio divide el claro en dos partes iguales.

### Estructura auxiliar de metálica

Normalmente se utilizan perfiles en C o tubos cuadrados. 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.

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

### Longitud de correas y número de tejas

La longitud precisa de las correas puede ser calculada usando la fórmula:

$$(n \times 200) - 50 = L$$

n es el número de tejas

L es la longitud de la correa

De esta fórmula se obtienen los valores que aparecen en la siguiente tabla:

Cantidad de tejas	Longitud de la correa mm.	Cantidad de tejas	Longitud de la correa mm.	Cantidad de tejas	Longitud de la correa mm.	Cantidad de tejas	Longitud de la correa mm.	Cantidad de tejas	Longitud de la correa mm.
1	150	11	2150	21	4150	31	6150	41	8150
2	350	12	2350	22	4350	32	6350	42	8350
3	550	13	2550	23	4550	33	6550	43	8550
4	750	14	2750	24	4750	34	6750	44	8750
5	950	15	2950	25	4950	35	6950	45	8950
6	1150	16	3150	26	5150	36	7150	46	9150
7	1350	17	3350	27	5350	37	7350	47	9350
8	1550	18	3550	28	5550	38	7550	48	9550
9	1750	19	3750	29	5750	39	7750	49	9750
10	1950	20	3950	30	5950	40	7950	50	9950

## COLOCACIÓN

La longitud útil de una teja a lo largo es de 400 mm y sobresale en los aleros 100 mm (mín. 50mm).

Todas las aristas del techo, caballetes y aleros están especialmente expuestas a la succión del viento. Los techos abiertos, voladizos grandes, cubiertas de galerías, etc. Están también expuestos al viento. En estas áreas más expuestas se requiere una fijación muy cuidadosa, por ejemplo, con un gancho adicional o un doble tacón de fijación.

En las áreas menos expuestas es suficiente con un solo tacón y lazo de alambre.

La fijación con lazo de alambre se puede omitir en edificaciones de menos importancia en áreas que no son propensas a las tormentas. Esto solamente en el caso en que no haya falso techo y el reajuste de tejas desplazadas sea fácilmente realizable desde el interior. En este caso, las tejas deben ser colocadas con gran cuidado y la estructura debe ser plana, de manera que el solape entre tejas sea adecuado y el viento no pueda encontrar aberturas.

La colocación de las tejas se comienza con la teja más baja, en el borde izquierdo y en hiladas de cuatro tejas. Se coloca toda la fila a lo largo del borde y es alineada con la ayuda de un cordel. Se coloca la segunda hilera y se alinea, así continua y sucesivamente todo el tramo.

### Tejas de cumbrera

Las tejas de cumbrera se colocan inclinadas una sobre la anterior.

También es posible colocar dos hiladas de tejas, con la superior tapando los huecos entre las tejas inferiores.



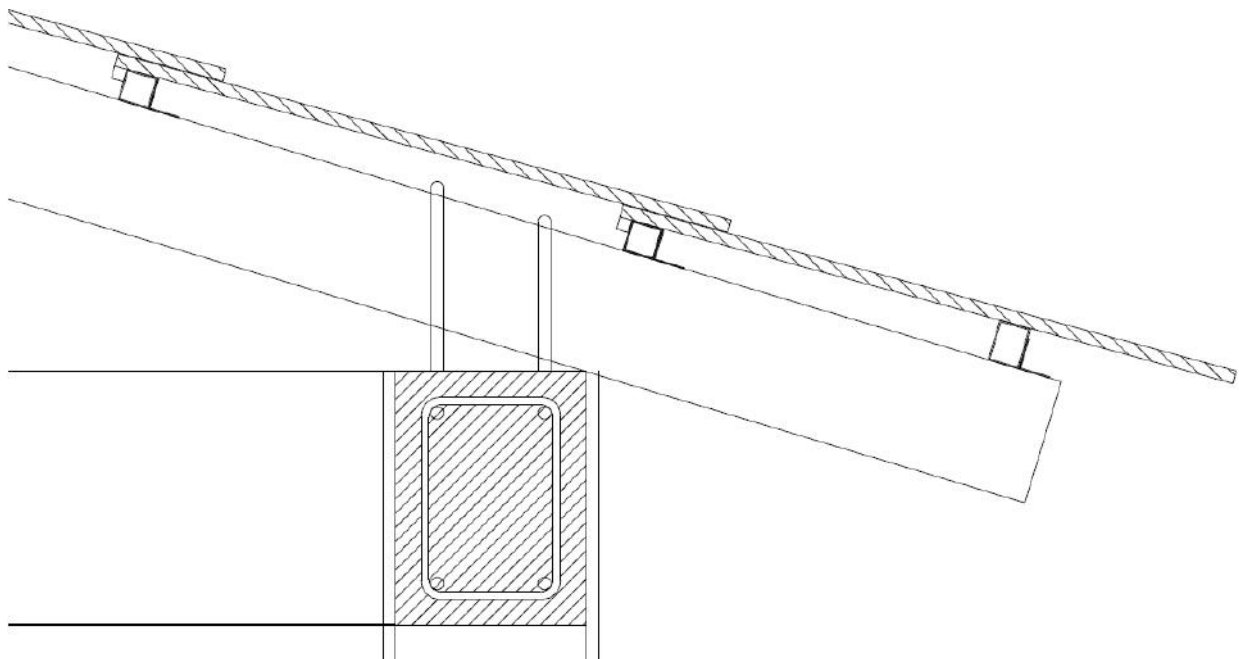
Cumbrera de una obra de mejora de techo mínimo realizada por ASF-ASIAPRODI en el Programa Oxlajuj Tz'ikin

## MÉTODOS DE FIJACIÓN

Las tejas se solapan una sobre otra 100mm en la dirección de la pendiente del techo y descansan en la correa por medio de un tacón, que está situado normalmente, en el extremo superior de la teja. A este tacón se le inserta en el proceso de fabricación de la teja un lazo hecho con alambre de no menos de 2mm de diámetro. La teja se fija con un clavo a la correa a través de este lazo.



Cubierta de TMC en la Comunidad El Triunfo (Champerico, Guatemala) del Proyecto de ASF-Galicia-ASIAPRODI

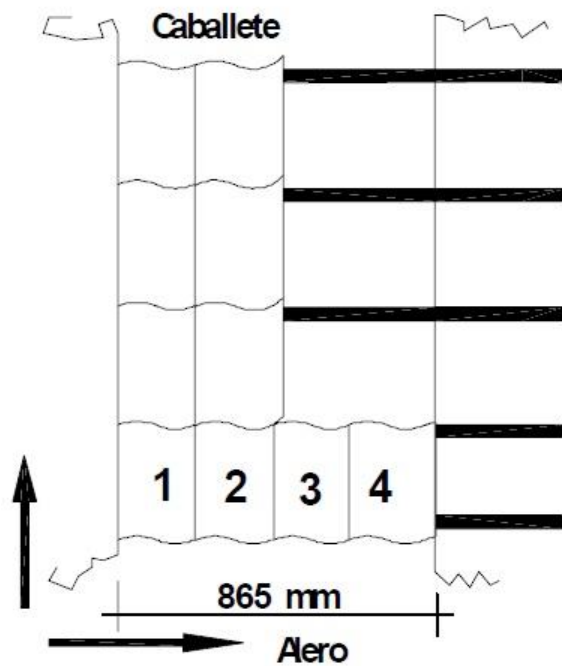


Sección de cubierta con TMC

Como se puede ver en la sección constructiva, el rastrel inferior debe tener una pulgada más que los demás para mantener la inclinación de las tejas constante.

Experiencia en el Proyecto ASF-Galicia en Guatemala

Es posible fijar las tejas sólo en los aleros, las vertientes, y una fila vertical cada cuatro. Se coloca el cordel guía cada cuatro hiladas, y esas tejas son las que se fijan con alambre. Utilizando este sistema de fijación las cubiertas resistieron sin desplazarse las tormentas Agatha y Alex en 2010.



Colocación de una cubierta de TMC en la Comunidad El Triunfo (Champerico, Guatemala)

## COSTO/M<sup>2</sup>

Las TMC resultan baratas en comparación con las láminas metálicas, sobre todo si tenemos en cuenta que sus características térmicas, acústicas o de resistencia a viento son mucho mejores.

### Comparativa de precios en Guatemala (según experiencia ASF-Galicia Guatemala 2010)

Precio m<sup>2</sup> cubierta de teja: 50 quetzales

Precio de una teja: 4 quetzales

Precio m<sup>2</sup> cubierta lámina: 55 quetzales

Precio lámina (0.6x2.4m<sup>2</sup>): 80 Q

## EVALUACIÓN DEL SISTEMA

### VENTAJAS

- **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. También 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 tejas conocidas; son más económicas e igualmente duraderas.
- **Bajo coste energético de producción**  
Un m<sup>2</sup> de TCM consume en su producción total (incluyendo la fabricación de cemento, maquinaria y teja) 30 MJ (mega julios) de energía.  
Un m<sup>2</sup> de teja de barro consume de 200 a 300 MJ de energía, dependiendo de la eficacia del horno.  
Un m<sup>2</sup> de zinc (hierro galvanizado) consume 350 MJ de energía.

### INCONVENIENTES

- **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. En algunos casos se ha observado que, contrario a toda lógica, la teja es considerada menos deseada que las planchas de zinc.
- **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.  
Aunque requiere una estructura más sencilla que otras tejas, esta es más compleja que la utilizada para una cubierta con chapa metálica.
- **Patología** La teja de microconcreto puede ser atacada por un hongo que le produce manchas negras, pero no produce daños funcionales.

## Bibliografía

### PUBLICACIONES:

Martín Meléndez, Orlando Espinosa, Kurt Rhyner, Marcelo Noboa. *Un techo que cubre el mundo: la Teja de Microconcreto TMC. Carazo, Nicaragua, 2004.* Editado por ECOSUR, La red del hábitat ecológico y económico.

Paul Gut, Intep AG. *Manual TMC/TFC. Manual de estructuras y cubiertas de techos.* Sangolqui, Ecuador, 1995. Grupo sofonías y CECAT

Hans – Erik, Paul Gut y Jorge Acevedo. *Manual para el control de calidad de tejas de microconcreto.* Cuba, 2002. SKAT / ILO y grupo sofonías / CECAT

### ENLACES:

ECOSUR

<http://www.ecosur.org/index.php/ecomateriales/teja-de-microconcreto>

Ficha elaborada por Cristina Blanco Montero y Paula Morales Pereira, durante su estancia en Guatemala, en el [Proyecto de Conocimiento de la Realidad \[PCR\]](#), dentro del Proyecto de [ASF/ASIAPRODI](#): Mejora de las condiciones de habitabilidad básica en el marco del Programa Oxlajuj Tz'ikin