

Fig. 8-49



Fig. 8-53



Fig. 8-50

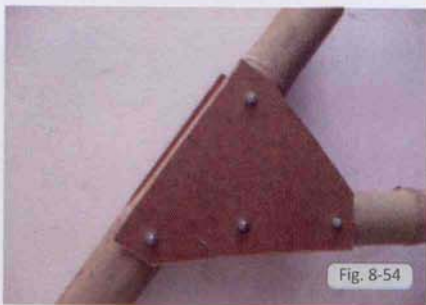


Fig. 8-54



Fig. 8-51



Fig. 8-55



Fig. 8-52



Fig. 8-56

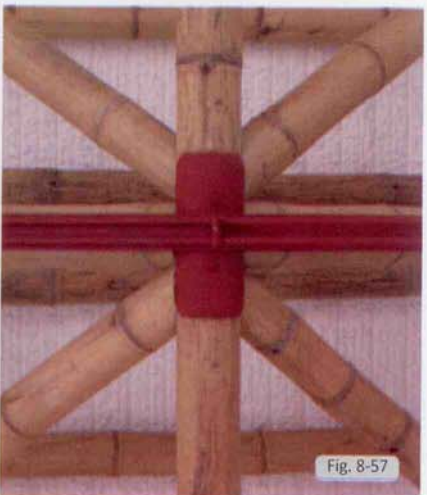


Fig. 8-57

engancha a otra varilla perpendicular. En vez de doblar la varilla para hacer un gancho, se puede soldar una arandela al final de ésta.

Las Figs. 8-57 y 8-64 muestran una solución tridimensionalmente optimizada diseñada por Marcelo Villegas, donde los elementos en tensión son varillas de hierro.

En la Fig. 8-60 se muestra que cuando no hay un nudo en el extremo de la caña se debe fortalecer el extremo con un alambre galvanizado o un zuncho para evitar que la caña se abra.

C. H. Duff desarrolló en 1941 una

peciales fue realizada por Gernot Minke; ver Fig. 9.1-8. Las terminaciones de las cañas descansan en un balde reciclado relleno con arena, lo que garantiza que si una de éstas tiene más fuerza que otra, va a penetrar más dentro de la arena hasta que todas transfieran la misma fuerza. Para transferir fuerzas grandes se pueden unir de manera paralela varias cañas; ver Fig. 9.1-11. Más elegante es la solución mostrada en las Fig. 9.1-13, que es una columna en forma de vientre de pez compuesta por cañas curvadas e interconectadas.

Para soportar grandes cargas se puede usar un grupo de columnas inclinadas a manera de hiperboloide en rotación como se puede ver en la Fig. 9.1-13. Esta forma fue usada por Marcel Kalberer en su proyecto mostrado en cap. 14.1 y por Jörg Stamm en su proyecto del cap. 13.15.



Fig. 9.1-8



Fig. 9.1-9



Fig. 9.1-10



Fig. 9.1-12



Fig. 9.1-11



Fig. 9.1-13

## 9.7 Cúpulas

Una cúpula es una estructura dimensional de doble curvatura en un mismo sentido, que transfiere fuerzas, predominantemente, en compresión.

En el Instituto de Investigación de Construcciones Experimentales (FEB) de la Universidad de Kassel, Alemania, fue construida una cúpula geodésica que cubre 20 m<sup>2</sup>, pesa 200 kg y soporta un techo verde con mucha tierra que pesa en total 12 toneladas, es decir, 60 veces más que su peso propio (Figs. 9.7-1 hasta 9.7-4 y Fig. 9.7-7). Arriba de las cañas hay una membrana semitransparente que funciona como cobertura impermeable y al mismo tiempo como luz cenital. Ésta



Fig. 9.7-1



Fig. 9.7-5



Fig. 9.7-2

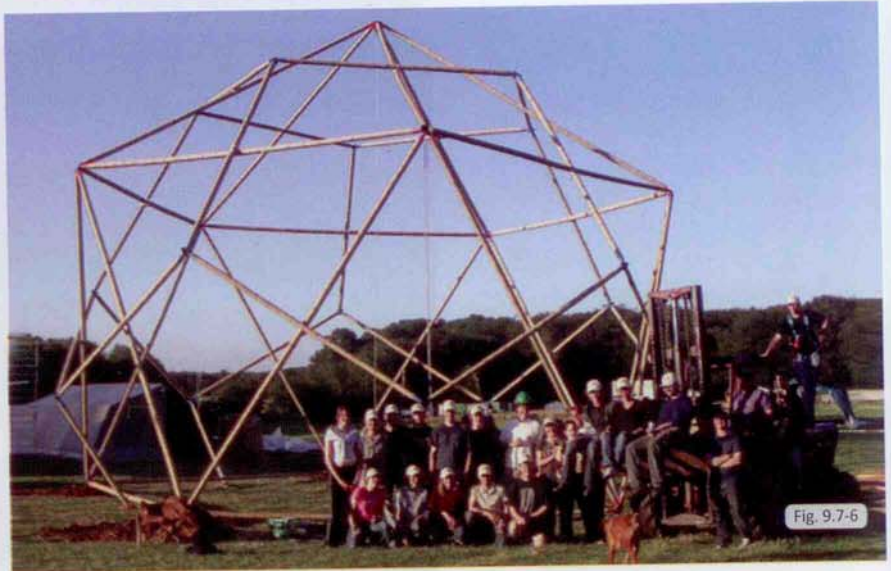


Fig. 9.7-6



Fig. 9.7-3



Fig. 9.7-7



Fig. 9.7-4