



**Foto 1.** Cierre de bóveda, realizada por el maestro albañil Salvador Preciado. Casa habitación, Huahuchinango Puebla.  
Arq. Ramón Aguirre.



**Foto 2.** Texturas.  
Oficina Triángulo Diseño y Construcción, S.A de C.V.  
Arq. Ramón Aguirre M.  
Arq. Mario Vázquez



**Foto 3.** Vestibulo.  
Oficina Triángulo Diseño y Construcción, S.A de C.V.  
Arq. Ramón Aguirre M.  
Arq. Mario Vázquez



**Foto 4.** Paraguas.  
Proyecto restaurante Polanco Ciudad de México.  
Arq. Ramón Aguirre.  
Arq. Mario Vázquez

*“Las estructuras que resisten por la forma tienen la fascinación de la búsqueda y la satisfacción del descubrimiento.”*

EDUARDO TORROJA

## BÓVEDAS MEXICANAS

Bóvedas sin cimbra: un sistema de construcción tradicional de México. Traerlo a la modernidad a través de un material antiguo como es el ladrillo, que nos permite trabajar con mucha flexibilidad formando sólo arcos sometidos exclusivamente a su propio peso (foto 1); resulta tan apasionante e involuntariamente genera diferentes formas armónicas, una infinita variedad de texturas y una calidad espacial incomparable, que compite con la tecnología actual más avanzada (foto 2). Posee una gran ventaja sobre otros sistemas de construcción, como la no utilización de cimbra (encofrado) y hormigón armado; resulta bastante económico, con la calidad de que nosotros los constructores y auto constructores podemos realizarlo fácil y cómodamente.

La importancia del estudio de la arquitectura debe entenderse como una respuesta a las necesidades sociales dentro del contexto ideológico y cultural de cada país. Las estructuras naturales son formas derivadas de las cualidades intrínsecas de los materiales, así, son un ejemplo, también de cómo utilizar aquellas formas para satisfacer un programa (foto 3).

Los hombres imponemos formas a los materiales, para satisfacer necesidades de producción y de uso, así que la armonía entre ambos nos conduce a través de la utilización adecuada y racional de los materiales a la temática formal de la arquitectura (foto 4).

Uno de los retos del quehacer arquitectónico más arduo e importante es cubrir el espacio con técnicas estructurales simples, a éste respecto, el estudio de las técnicas de construcción de las bóvedas nos conduce a aseverar que las **bóvedas mexicanas** constituyen uno de los métodos idóneos a la mencionada problemática de construcción.

Desde hace ocho años colaboro como director técnico en la firma Triángulo Diseño y Construcción, donde he podido desarrollar trabajos con este sistema constructivo tan apasionante.



**Foto 5.** Casa habitación.  
Ciudad de México.  
Arq. Ramón Aguirre M.



**Foto 6.** Casa interes social.  
Ciudad de México.  
Arq. Ramón Aguirre M.



**Foto 7.** Clínica popular.  
Ciudad de México.  
Arq. Alfonso Ramírez Ponce

Más que enseñar quisiera compartir la experiencia que he acumulado durante los últimos once años de mi quehacer como profesionalista, en relación con la construcción de **bóvedas mexicanas** sin cimbra.

Las bóvedas de ladrillo sin cimbra, son cubiertas autoportantes, incombustibles y ligeras, capaces de actuar como elemento unificador de la respuesta estructural en las edificaciones; durante una eventualidad sísmica, trabajan proporcionalmente a su peso, por lo tanto entre menos peso, mejor comportamiento sísmico.

Por otro lado, este sistema de construcción, también se puede utilizar en entornos de casas habitación, viviendas de interés social, oficinas, estacionamientos, naves industriales, mercados, clínicas e iglesias. Las bóvedas autoportantes, nos dan una muestra clara de que el uso de bóvedas sin cimbra no sólo es parte de la arquitectura vernácula, sino la respuesta a las necesidades cotidianas, por lo que no se entiende la indiferencia y la falta de uso, de este tipo de construcciones, ante nuestra realidad (foto 5). Vivimos una situación de cambio, la relación costo-material-salario ha sido transformada, los gastos indirectos han crecido, por esto la eficacia de las **bóvedas mexicanas** es cada vez más importante.

Aquello, lo referido en párrafos anteriores, resulta oportuno actualmente en el campo de la construcción y autoconstrucción de vivienda, pues, la necesidad de adquisición o el mejoramiento de ésta, ha rebasado la capacidad de lo programado inicialmente, ya que, el costo de la vivienda de interés social, llamada “terminada”, sólo puede ser sufragado por una parte de la población, y siempre a base de costos subsidiados, debido a esto no se ha podido resolver el problema masivo que se presentó desde hace varios años en países como los nuestros, en particular. Por lo tanto, la construcción con bóvedas mexicanas viene a ser una alternativa viable en la solución a esta necesidad. (foto 6).

Alfonso Ramírez Ponce, quien me ha transmitido su conocimiento incondicionalmente, con la sensibilidad que lo distingue como una persona de grandeza, que hace fácil lo difícil (foto 7); conjuntamente con los arquitectos Eduardo Torroja, Eladio Dieste, Lluis Muncunill y Fernando López Carmona en su estudio sobre la utilización estructural del barro cocido, manifiestan que las formas curvas, “encontradas en la naturaleza desde el seno materno, y las primeras cuevas que dieron cobijo al hombre”<sup>1</sup>, pueden reproducirse de forma sencilla,

<sup>1</sup> Javier Senosiain Aguilar, *Bio Arquitectura. En busca de un espacio*, México, Editorial Limusa, 1998, p. 19.

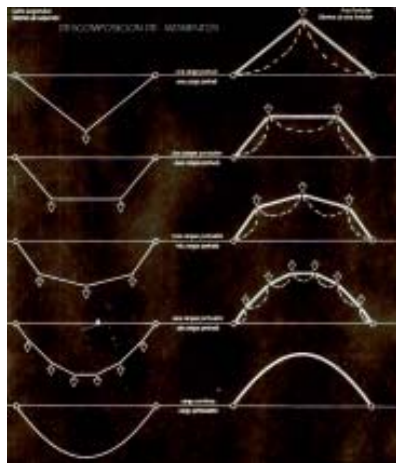


Foto 8. Arco funicular



Foto 9. Malla suspendida. Tomada del libro de Heino Engel, *Sistemas de estructuras*, España, Editorial Gustavo Gili, 2002. p. 127



Foto 10. Casa habitación. Morelos México. Arq. Alfonso Ramírez Ponce



Foto 11. Clínica, Hospital Popular. Ciudad de México. Arq. Alfonso Ramírez Ponce

entendiendo su origen y encontrando en ellas la satisfacción de la búsqueda del hombre por las formas de la naturaleza.

Uno de los métodos empleados por Gaudí, para determinar la forma de una estructura sin aplicar formulas matemáticas, es utilizar la curva que adopta una cadena suspendida por sus dos extremos y de la cual cuelgan cargas equivalentes a las que habrá de soportar el arco una vez construido, así define la forma de cada arco, como lo utiliza en La Cripta de la colonia Well en España.

Los sistemas tridimensionales de retículas abovedadas son un mecanismo de soporte y forma estructural, como un sistema de suspensión invertido, el espacio se cubre mediante el cruce de dos arcos funiculares (o cables suspendidos) a partir de dos ejes.

La forma óptima del arco sometido exclusivamente a su peso propio es la curva funicular (línea de compresiones). El arco funicular es la forma inversa de la catenaria (línea de suspensión) (foto 8).

Las reacciones que aparecen en los soportes de las retículas abovedadas responden a los esfuerzos de la malla suspendida. Es decir, los esfuerzos de los arcos y el empuje horizontal son inversamente proporcionales a la altura del arco (foto 9).

#### ANTECEDENTES

En la parte central de la Republica Mexicana, se encuentran regiones como Hidalgo, Querétaro, Guanajuato, Jalisco, Puebla, Tlaxcala y Morelos en cuyas construcciones se emplean bóvedas con ladrillo de barro cocido, construidas sin cimbra, este sistema de construcción ha sido enseñado de generación en generación, lo que ha permitido su trascendencia; los albañiles mexicanos han tenido la habilidad y la sensibilidad para desarrollar distintos diseños a través de un solo material: el ladrillo. Existen además, casos notables del uso de **bóvedas mexicanas** en construcciones contemporáneas realizados con mucho acierto, un ejemplo de esto, son las casas construidas en el estado de Morelos por el arquitecto Alfonso Ramírez Ponce quien ha experimentado con este sistema de construcción logrando realizar bóvedas a partir de directrices curvas e inclinadas, creando los paraboloides de revolución sin aplicar cimbra ni acero de refuerzo (fotos 10 y 11).





Foto 12. Entrepiso de casa habitación. Coyoacán, México. Albañil Roberto Lazaro Cruz.

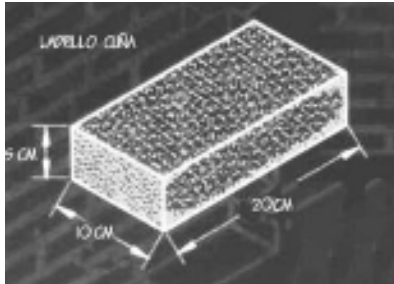


Foto 13. Ladrillo cuña



Foto 14. El tamaño del ladrillo, permite su fácil manejo. Universidad Hispanoamericana, Edo. de México. Arq. Fernando Ituarte Verduzco.

En la actualidad se ha retomado la antigua opción de dejar en manos de los propios interesados una buena parte del esfuerzo requerido para la construcción de la vivienda y dentro de ese esquema han sido desarrolladas distintas modalidades; algunas muy interesantes, otras utópicas, pero que conviene conocer y “estudiar periódicamente a fin de determinar el espacio entre lo deseable y lo realizable”<sup>2</sup>.

### OBJETIVOS

El estudio de la construcción de bóvedas de barro cocido es una respuesta a la necesidad de mejorar la calidad de las construcciones, a través de este saber popular, que al ser transmitido de generación en generación llega hasta nosotros con la virtud de que no se paga ninguna regalía, esta solución constructiva nos permite reducir costos de obra, además por su forma obtenemos una mejor sensación espacial y confort (foto 12).

### MATERIAL PRINCIPAL

Ladrillo (en México se le conoce como cuña), material de barro cocido con medidas de 5x10x20 centímetros, con un volumen 1000 cm<sup>3</sup>, un peso de 1.5 a 1.6 kg., con una resistencia de 60 a 75 kg/cm<sup>2</sup> y al cortante 4 kg., esta baja resistencia permite que pueda ser cortada manualmente por el albañil, por esta razón el ladrillo es el material óptimo para trabajar en la elaboración de **bóvedas mexicanas** (fotos 13 y 14).

### ECONÓMICA

El sistema constructivo se resuelve mediante el uso del ladrillo que funciona como guía para el control de la geometría de la bóveda, el ladrillo se coloca apoyando una hilada sobre otra en las traves o muros ranurados.

<sup>2</sup> Alfonso Ramírez Ponce, *Habitar una Quimera*, México, UNAM, 2001, p. 27.



**Foto 15.** Intersección de pechinas realizada por el albañil Salvador Preciado. Casa de interés social. Arq. Ramón Aguirre



**Foto 16.** Cubierta circular, radio al centro. Casa habitación, La Candelaria Coyoacán. Arq. Ramón Aguirre



**Foto 17.** Bodega de cañon. Restaurante Polanco, ciudad de México. Arq. Ramón Aguirre. Arq. Mario Vázquez.



**Foto 18.** Texturas. Casa habitación, Tlalpan, Ciudad de México. Arq. Ramón Aguirre.

La adhesión de los diferentes segmentos (ladrillo) por medio de mezcla de mortero con gran poder adhesivo y fraguado rápido (similar a la que se usa para hacer muros de ladrillo), permite su colocación de manera continua, y evita la utilización de cimbra; por esto resulta más económica que cualquier otro sistema constructivo (fotos 15 y 16).

Las diferentes posibilidades de colocación que el sistema permite en cuanto al juego de dibujo a formar con los ladrillos y los relieves posibles constituyen otra característica que se puede explotar de diferente manera al gusto particular del constructor (foto 17 y 18).

**COMPARATIVO CON OTROS SISTEMAS CONSTRUCTIVOS A COSTOS DIRECTOS POR M<sup>2</sup>. AL 15 DE JULIO DE 2004**

	LOSA DE HORMIGÓN ARMADO DE 10 CM. DE ESPESOR	VIGUETA Y BOVEDILLA DE 20 CM. DE ESPESOR	BOVEDA DE LADRILLO SIN CIMBRA
MATERIAL	COSTO	COSTO	COSTO
Vigueta <sup>1</sup>		68.20	
Bovedilla <sup>2</sup>		77.70	
Hormigón armado	272.27	136.06	
Mortero			64.39
Ladrillo 5x10x20			77.40
Madera	76.30	24.47	12.04
Metal desplegado			26.10
Acero	106.38	28.80	
Yeso	69.84	69.84	
Pintura	26.30	26.30	
Impermeabilizante	87.07	87.07	95.36
Mano de obra	230.60	186.00	240.00
<b>TOTAL</b>	<b>868.16</b>	<b>687.0</b>	<b>509.29</b>

\* **Nota:** Para ésta tabla comparativa tomamos en cuenta, en los tres casos, la mano de obra a destajo.

<sup>1</sup> No se considera traslado de viguetas fuera de la obra.

<sup>2</sup> No se considera traslado de bovedillas fuera de la obra.

CARGAS NOMINALES MUERTAS Y VIVAS			
PARA LA AZOTEA		PARA LA AZOTEA BÓVEDA	
	kg/m <sup>2</sup>		kg/m <sup>2</sup>
Losa de concreto de h=0.1	240	Cascara de ladrillo de h=0.1	150
Relleno (tezonle saturado) e=0.25	155	Malla y entortado e impermeabilizante	96
Enladrillado, entortado e impermeabilizante	90	Acabado inferior e instalaciones	50
Acabado inferior e instalaciones	50	R.C.D.F.	40
*R.C.D.F.	40		
<b>CARGA MUERTA TOTAL</b>	<b>575</b>	<b>CARGA MUERTA TOTAL</b>	<b>336</b>

\*Resistencia de carga del Distrito Federal.

### EL SISTEMA CONSTRUCTIVO

Es muy simple y repetitivo, esta fundado en la colocación de un ladrillo apoyado sobre otro, entrelazando hiladas una sobre otra formando arcos sin colocar cimbra. Como sabemos, el ladrillo trabaja a compresión, por lo tanto, casi en su totalidad eliminamos el acero y el hormigón armado.

La geometría natural que tienen los arcos parabólicos o arcos rebajados nos permiten desarrollar una estructura que trabaja por forma, la parte más crítica de un arco se llama punto de inflexión.

El trabajar con ladrillos ligeros formando arcos sin cimbra da como resultado la creación de diversas formas, tejidos y texturas.

Es una técnica constructiva que no se enseña, a nivel profesional y no se le ha dado aún el valor estructural que tiene. A pesar de ser un sistema de construcción utilizado desde hace más 400 años en algunas regiones de la zona centro de la Republica Mexicana.



Mapa de zonas de origen de las bóvedas



**Foto 19.** Detalle de arco inclinado apoyado en la hilada anterior. Universidad Hispanoamericana.



**Foto 20.** Colocación de ladrillo en seco. Albañil Ernesto A.



**Foto 21.** Proporciones para preparar la mezcla.



**Foto 22.** Andamio dentro del área a cubrir. Albañil Tomas.

#### CUATRO CONDICIONES MÍNIMAS PARA CONSTRUIR BÓVEDAS SIN CIMBRA

1. Utilizar ladrillo ligero.
2. Apoyar las hiladas de ladrillo en las hiladas anteriores (foto 19).
3. Siempre se forman arcos.
4. El ladrillo se pega en seco (foto 20).

#### MATERIALES

##### Ladrillo

Ladrillo de barro cocido con medidas de 5x10x20 centímetros (siendo de 10 centímetros el espesor de la bóveda), con un peso de 1.5 kilogramos aproximadamente; por su tamaño y peso resulta de fácil manejo para la construcción de bóvedas.

##### Mezcla

Se prepara en proporciones de un bulto de cemento (de 50 kilogramos) por dos bultos de cal (de 25 kilogramos) más ocho botes de arena cernida (de 20 litros) con un rendimiento de 4 a 5 m<sup>2</sup>; la cantidad de cemento puede variar dependiendo de la calidad de la arena ya que la mezcla debe tener una consistencia viscosa y aguada, similar a la que se usa para hacer muros de ladrillo, para lograr una mejor adherencia con el ladrillo que se pega en seco (foto 21).

##### Andamio

Estructura de madera que se coloca dentro del área a cubrir y sobre la que trabajará el albañil, la altura de este andamio le permitirá moverse libremente por lo que el albañil tendrá que alcanzar la trabe de borde (inicio de bóveda) y la altura máxima de la bóveda (foto 22).



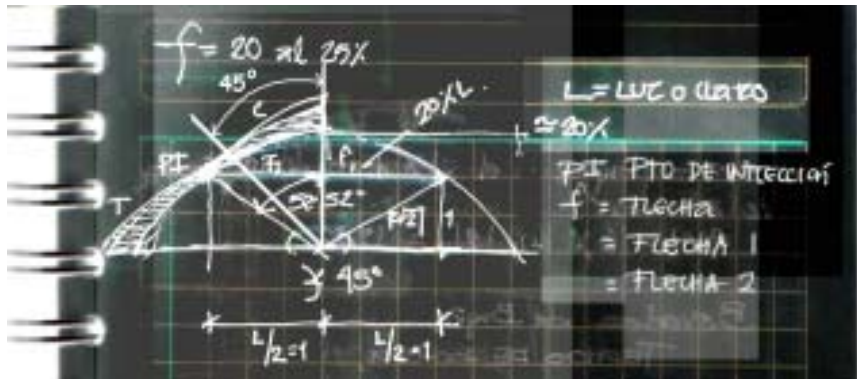


Foto 23. Momento de inflexión.

### CONSTRUCCIÓN DE LA BÓVEDA

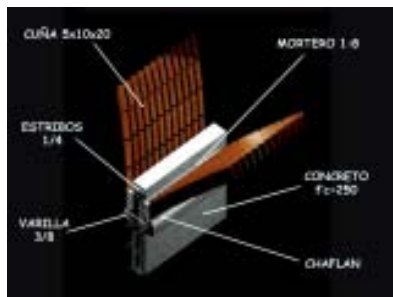


Foto 24. Trabe "T" de hormigón armado, para recibir dos bóvedas.

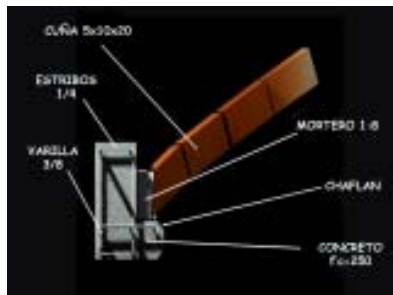


Foto 25. Armado de trabe con patín.

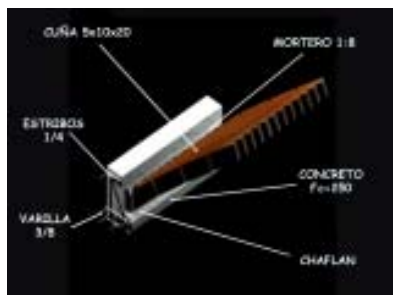


Foto 26. Trabe "L" de hormigón armado.

Las bóvedas se pueden construir en cualquier tipo de superficie: cuadrada, rectangular, en poliedros y curvas, en posición horizontal o inclinada, el único requisito es cumplir con las cuatro condiciones ya mencionadas.

Para construir una bóveda sin cimbra es importante saber que existen las compresiones y las tracciones, la transición entre ambas se llama punto de inflexión, este se encuentra a los 52° del eje vertical; al trabajar con compresiones estaremos haciendo una estructura por forma (foto 23). Para tener un rango de tolerancia de resistencia, en la construcción de **bóvedas mexicanas**, trabajaremos no más allá de los 45°; dentro de este rango se podrán construir bóvedas de 10 metros de claro como máximo, con ladrillo de 10 cm. de espesor; más allá de estos límites la bóveda se tendrá que reforzar con tela de gallinero de pulgada, o bien, en el arranque de la bóveda (parte en inicial de la construcción de la bóveda sin cimbra) se cambiará la medida del ladrillo a 12 ó 14 cm. de espesor.

### Trabes (directrices)

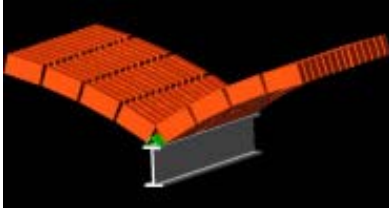
Éstas serán las envolventes de las bóvedas, existen tanto de acero estructural como de hormigón armado o barro (muros de ladrillo), inclinadas, horizontales, curvas y combinadas.

El cálculo de la cadena de borde depende del tamaño de la construcción y del claro a cubrir. Es tan pequeño el empuje (coco) de las bóvedas que para un claro de 4X4 ocuparemos una trabe con cuatro varillas de 3/8 y alambrión de 1/4. El patín (base de bóveda), en hormigón armado, es de mínimo 6 cm. de base y de 10 cm. de altura (fotos 24 a la 27).





**Foto 27.** Trabe de hormigón armado, lista para recibir la bóveda.



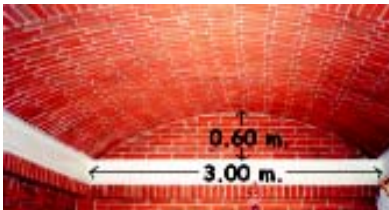
**Foto 28.** Viga "I" de 8"x4"x1/4" y ángulo de 2" en patín superior.



**Foto 29.** Trabe de acero (canal "C" de 4"x2").



**Foto 30.** Trabe de acero (vigal "I" de 6"x2").



**Foto 31.** Altura de la flecha.

En acero, se recomienda la viga "I" de 8"x4"x1/4", las bóvedas pueden arrancar en el patín inferior teniendo como base dos pulgadas, es decir, la mitad de la base de 4"; si arrancamos en el patín superior, se coloca un ángulo de 2"x2" en sentido de que la hipotenusa este perpendicular al patín, para que el arranque de la bóveda sea en diagonal (foto 28).

Si utilizamos una viga "C" de 6"x2"x1/4", la bóveda tendrá que arrancar en el patín inferior (fotos 29 y 30).

### La flecha

Es la altura máxima que tiene la bóveda, ésta se traza tomando como referencia la distancia del lado corto del claro a cubrir, a los especialistas en construcción de bóvedas se les llama bóvederos y ellos recomiendan como medida ideal, para la altura de la bóveda, entre el 20% y 25%. La medida de la flecha se toma a partir del arranque de la bóveda, hasta el lecho bajo de la misma; por ejemplo, en un espacio de 3 X 5 m. la flecha será de 60 cm. a 70 cm (foto 31).

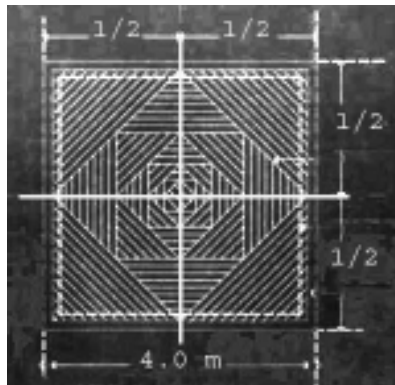


Foto 32. Trazo de Bóveda.

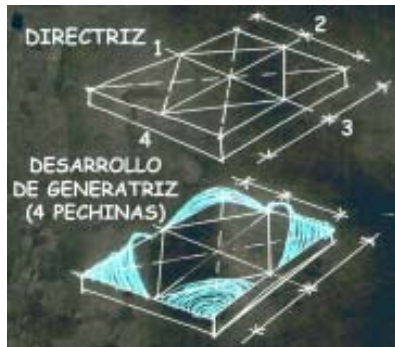


Foto 33. Generatriz de bóvedas formando cuatro triángulos conoides (pechinas).



Foto 34. Colocación de ladrillo a 45°.



Foto 35. Segunda hilada, corte de las esquinas.



Foto 36. Ajuste al centro.

## EL TRAZO DE LAS BÓVEDAS

Las bóvedas sin cimbra constan de dos elementos básicos, sus directrices o perímetro envolvente (trabe), y sus generatrices formadas por las hiladas de ladrillo, dando origen a las pechinas; éstas últimas se mantienen constantes, pero la variación la encontramos en la geometría de sus directrices, ya que dependiendo del diseño de las trabes las hiladas subirán, bajarán o se mantendrán constantes. En este documento sólo mencionaremos las directrices horizontales en un área a cubrir cuadrada.

En este caso, se toma como ejemplo una superficie cuadrada de 4 X 4 m. este tipo de bóveda es la más simple, se construye sobre cuatro rectas (directrices) horizontales formando cuatro pechinas.

1. Sacamos la mitad de las directrices del claro, en este caso es de 2 m. por lado (foto 32).
2. Unimos las intersecciones (1, 2, 3 y 4) y obtenemos cuatro triángulos conoides a los que llamaremos pechinas (foto 33).
3. Colocación del ladrillo: la primera hilada se inicia colocando el ladrillo en una esquina y cortándolo a la mitad, ochavando, es decir, cortando sus esquinas de manera que quede horizontal a ambas trabes y con una inclinación de 45° para mantenerse dentro de los esfuerzos de compresión (foto 34).
4. En la segunda hilada se apoyan dos ladrillos sobre la primera hilada con la misma inclinación, semejando un arco.
5. La tercera hilada se apoya sobre la segunda, con la misma inclinación, compuesta por tres ladrillos, teniendo el ajuste con la pieza del centro, semejando un arco, ya que el ladrillo es un polígono que genera rectas simulando



Foto 37. Arco inclinado y apoyado en el anterior.



Foto 38. Espesor de la bóveda: 10 cm.



**Foto 39.** Intersección de dos pechinas y pegado en seco.



**Foto 40.** Limpieza de bóveda con cepillo de alambre.



**Foto 41.** Intersección de dos pechinas con cierre en forma de espiral.



**Foto 42.** Vista interior de cierre de bóveda.



**Foto 43.** Bóveda aplanada para recibir impermeabilizante.

arcos, aunque en realidad lo que forma son líneas rectas, así colocamos el ladrillo de canto, mostrando sus aristas de 5x20 cm (fotos 36 y 38).

6. De la cuarta hilada en adelante, variará la cantidad de piezas de ladrillo; ya que dependerá del tamaño de la pieza en que esté apoyada a la trabe. Recordemos que esta pieza de ladrillo estará cortada en una esquina en forma horizontal a la trabe y apoyada con la misma inclinación de la hilada anterior y ajustando siempre al centro (foto 39).
7. Este método se repite en las siguientes hiladas hasta llegar a la mitad de la trabe, colocando los ladrillos a los extremos y teniendo el ajuste al centro del arco hasta terminar la primera pechina, este procedimiento se realiza en las cuatro esquinas
8. La limpieza se hace durante todo el proceso de la construcción de la bóveda con un cepillo de alambre, dejando el ladrillo aparente del lado inferior, con el criterio que llamamos “construir terminado” (foto 40).
9. Terminadas las cuatro esquinas, se coloca una hilada en cada pechina en forma espiral hasta que se cierra la bóveda (fotos 41 y 42).
10. En la parte superior colocamos tela de gallinero y aplanamos con mortero, dejando una superficie lisa para recibir el impermeabilizante (fotos 43 y 44).

Nota: Se recomienda en tiempo de lluvias reforzar las bóvedas, mayores a cuatro metros de claro, aplicando una lechada (mezcla de cemento y arena) para proteger el ladrillo de la humedad, durante el proceso de construcción (foto 45).



**Foto 44.** Bóveda impermeabilizada.



**Foto 45.** Bóveda con lechada.





Foto 46. Arranque inclinado y apoyado en muro.



Foto 47. Ajuste al centro



Foto 48. Detalle de bóveda de cañon hilada de ladrillo apoyada en la anterior.



Foto 49. Ajuste de bóveda al centro.



Foto 50. Interior de bóveda. Maestro Ernesto.

### BÓVEDAS DE CAÑON

Se realizan con el mismo proceso constructivo, cumpliendo con las cuatro condiciones obligadas, ya mencionadas.

1. Se traza un arco en los muros cebeceros colocando hilos entre ellos para mantener la misma generatriz a todo lo largo de la bóveda .
2. Se colocan los ladrillos en los extremos a lo largo de las traveses, ajustandolos al centro, con una ligera inclinación al muro cabecero (fotos 46 y 47).
3. Al igual que en punto anterior, la colocación de los ladrillos, tendra la misma inclinación hasta converger en el punto central de la bóveda.
4. En la unión de los arcos, se debera realizar un ajuste perpendicular a los dos arcos para cerrar la bóveda, respetando su generatriz (fotos 48 y 49).
5. Finalmente, sobre la bóveda se coloca malla de gallinero, y aplanamos con mortero, cemento y arena obteniendo un acabado liso y así recibir el impermeabilizante.

La fortaleza de la bóveda radica en la congruencia de la estructura por forma con su material, su ligereza lo hace un techo útil, económico y bello, capaz de ser aprendido por albañiles, auto constructores y cualquier persona interesada, se pueden cubrir hasta 10 m. de claro menor sin ningún refuerzo adicional de acero o hormigón armado. Como hemos visto el sistema constructivo de las bóvedas de ladrillo sin cimbra es muy sencillo; invento popular que nos hace pensar en su valor historico y cultural por lo que no debemos dejar que se extinga (fotos 50 y 51).

*“Resistir por peso es una torpe acumulación de la materia, no hay nada más bello y elegante que resistir por la forma.”*

ELADIO DIESTE



Foto 51. Bóveda de cañon con ladrillo 6x12x24. Casa habitación. Sto. Domingo Coyoacán.



Albañiles Juanito, Napoleón, Adán, Isidro, Nacho, Benito, Emiliano y arq. Ramón, sobre bóveda durante su construcción.



## BIBLIOGRAFÍA

- ENGEL, Heino, *Sistemas de estructuras*, España, Editorial Gustavo Gili, 2002
- MOYA Blanco, Luis, *Bóvedas tabicadas*, Madrid, Centro de Publicaciones Secretaría General Técnica Ministerio de Fomento, 2000
- SENOSIAIN AGUILAR, Javier, *Bio Arquitectura. En busca de un espacio*, México, Editorial Limusa, 1998
- RAMÍREZ PONCE, Alfonso, *Habitar; una quimera*, México, UNAM-ARQ, 2001
- RAMÍREZ PONCE, Alfonso, “Bóvedas de suspiro y barro”, en *Bitácora*, revista de la Facultad de Arquitectura de la UNAM, NÚM. 7, mayo de 2002, pp. 48-51
- TOCA, Antonio (ed.), *Nueva arquitectura en América Latina: presente y futuro*, México, Editorial Gustavo Gili, 1990
- TONDA, Juan Antonio, *Félix Candela*, México, CONACULTA, 2000
- Las Grandes Bovedas hispanas. Apuntes del curso: Las grandes bóvedas hispanas. Madrid, 19 al 23 de mayo de 1997*, Madrid, 1998