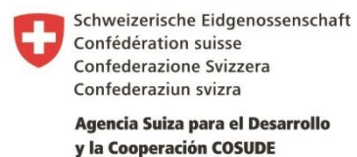


ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DE CONSTRUCCIÓN DE TECHOS DE BÓVEDAS DE LADRILLOS SIN CIMBRA EN LA PROVINCIA GUANTÁNAMO





ARQUITECTO DE LA COMUNIDAD
GUANTANAMO

ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DE CONSTRUCCIÓN DE TECHOS DE BÓVEDAS DE LADRILLOS SIN CIMBRA EN LA PROVINCIA GUANTÁNAMO.

CONTENIDO

1. Objetivo general
2. Antecedente nacional
3. Antecedente provincial
4. Objetivos específicos
5. Experiencia Guantánamo Construcción de Cubierta de Bóveda de ladrillos sin cimbra. Vivienda Polígono
 - a) Consumo de Materiales Vivienda Polígono.
6. Célula Básica de Vivienda (Estudio de caso).
 - a) Consumo de materiales: Cubierta de Bóveda de ladrillos sin cimbra
 - b) Consumo de materiales: Cubierta de Hormigón armado
 - c) Análisis comparativo del consumo material de Cubierta de Bóvedas de ladrillos sin cimbra con Cubierta de hormigón armado.
 - d) Análisis comparativo de gasto por concepto de consumo material.
 - e) Análisis comparativo de gasto por concepto de mano de obra.
 - f) Análisis comparativo del tiempo de ejecución.
 - g) Análisis comparativo de gasto por concepto de transportación.
7. Evaluación cualitativa de la construcción de bóvedas de ladrillos sin cimbra.
 - a) Seguridad. Comportamiento ante sismos y huracanes
 - b) Confort térmico
 - c) Beneficio social
 - d) Debilidades y fortalezas para la transferencia tecnológica
8. Evaluación de la producción local de cal y ladrillos en la provincia
9. Conclusiones.
10. Recomendaciones para la gestión
11. Anexos

1. Objetivo General

A solicitud del Gobierno Provincial, a través de la Dirección Provincial de la Vivienda, se ha realizado el presente estudio con el objetivo de estudiar la factibilidad del uso de la Tecnología de Construcción de Techos de Bóvedas de Ladrillos sin Cimbra como solución de cubiertas en la provincia Guantánamo y posible replica en otras provincias del país afectadas por el huracán Irma.

El presente trabajo pretende servir como instrumento a decisores de gobierno e inversionistas, productores, técnicos, especialistas, ejecutores y población en general para la evaluación de introducción eficaz de dicha tecnología en nuestro territorio.

2. Antecedente Nacional

Es política de la Vivienda y el Ministerio de la Construcción el uso de tecnologías alternativas y la producción local de materiales, con énfasis en las cubiertas para dar respuesta más eficiente a las necesidades habitacionales de la población cubana, con la aplicación también del criterio de progresividad de la vivienda.

La cubierta de una edificación es de las etapas de la obra de mayor incidencia en el costo total de la vivienda y de mayor complejidad técnica en una edificación. Poseen gran incidencia en la seguridad estructural de la edificación, además de su peso y las cargas de uso de la vivienda, debe resistir condiciones excepcionales provocadas por sismos y huracanes.

El Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), específicamente su Oficina de Gestión de Reducción de Riesgos, en el país ha desarrollado iniciativas en sintonía con esta política y con el apoyo de Gobiernos locales, entre los que se destacó la Construcción de Bóvedas de ladrillos sin cimbra en el municipio Contramaestre, Santiago de Cuba en el año 2014.

3. Antecedente Provincial

En el marco de los proyectos que se llevan a cabo en la provincia Guantánamo para la recuperación de los daños ocasionados por el Huracán Matthew, entre los días 29 de julio al 9 de agosto, el Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), el Consejo de la Administración Provincial de Guantánamo (CAP) y otras instituciones del territorio desarrollaron el Taller de Construcción de Techos de Bóvedas de Ladrillos sin Cimbra, conducido por el Arq. Ramón Aguirre Morales, director del Instituto de Bóvedas Mexicanas (IBOMEX) y profesor de la Universidad Autónoma de Oaxaca, México.

En el Taller se capacitaron 18 participantes de la EPCONS, entre técnicos y operarios de la construcción y otros profesionales del territorio de la Dirección de la Vivienda, Arquitecto de la Comunidad, Genedis y la UNAICC, culminando los trabajos previstos en la vivienda que sirvió como polígono del Taller.

La tecnología aplicada, tuvo buena aceptación por parte de la familia beneficiada, los operarios, profesionales y autoridades de la provincia, lo que generó la necesidad del presente estudio como punto de partida para la implementación de un Programa de Transferencia Tecnológica en nuestra provincia.

4. Objetivos Específicos

- ✓ Ofrecer información de la tecnología e índices de consumo, a través del proceso y los resultados obtenidos en la Vivienda Polígono, donde se ejecutó el Taller.

- ✓ Particularizar en la Célula Básica, para el cálculo de materiales.
- ✓ Realizar análisis comparativo con la tecnología de cubierta de hormigón armado.
- ✓ Realizar un análisis cualitativo de la Construcción de Techos de Bóvedas de Ladrillos sin Cimbra.
- ✓ Evaluar la disponibilidad de materia prima y producción local de materiales (ladrillo y cal).
- ✓ Proponer acciones y recomendaciones para la gestión del Programa de Transferencia Tecnológica.

5. Experiencia de Guantánamo. Construcción de Cubierta de Bóveda de ladrillos sin cimbra. Vivienda Polígono.

En el marco de los proyectos de colaboración que lleva a cabo el Programa de Naciones Unidas (PNUD) y el Gobierno de la provincia para la recuperación de los daños ocasionados por el Huracán Matthew, entre los días 29 de julio al 9 de agosto se desarrolló en Guantánamo un Taller de Capacitación de Construcción de Cubierta de Bóveda de ladrillo sin cimbra dirigido a operarios, técnicos y profesionales del territorio; para ello se laboró en una vivienda polígono seleccionada. La vivienda está ubicada en la Callejuela Moncada y el 7 Norte, barrio Casa de Piedra, municipio Guantánamo. Previo a la realización del Taller, se ejecutó los cerramientos con ménsulas o patines, específicos para los techos de bóvedas sin cimbra. En el plano horizontal, se techó un área de 57 m². Se decidió utilizar para la ejecución de las bóvedas, la flecha óptima del 30% del lado estrecho de la luz, en este caso, elevar 90 cm por encima del nivel de cerramiento, obteniendo un área superficial a techar de 74 m².

Se utilizó ladrillo cerámico elaborado en pequeño tejar de La Javilla, perteneciente a productor particular, se escogió de las dimensiones que produce, el formato más pequeño, es decir, 5cm x 10 cm x 22cm, con un peso aproximado de 1.8 kg, lo que permitió una sección de la bóveda de 10 cm de espesor. Para la colocación de los ladrillos se utilizó dos tipos de áridos, arena lavada y polvo de piedra, además de cal viva, la cual fue apagada con anterioridad durante 72 horas, luego de los ensayos llevados a cabo a pie de obra, se determinó la dosificación a emplear, en este caso arrojó 1 parte de cemento, 1 de cal, 1 de polvo de piedra y 3 de arena lavada.

Luego de construidas las bóvedas se ejecutó la capa de compresión, con una primera capa de lechada de cemento y arena dosificación 1:3, segunda capa de hormigón de baja resistencia, dosificación 1 parte de cemento, 5 de arena y 3 de piedra y por último, derretido o fino de cemento y arena, dosificación 1:3. Se obtuvo un espesor total de las diferentes capas de aproximadamente 4 centímetros.

a) Consumo de materiales fundamentales Vivienda Polígono

Construcción de Cerramiento con patín		
Material	U/M	Cantidad
Cemento Gris P-350	Saco(42.5kg)	35.65
Arena	M ³	2.90
Piedra	M ³	2.72
Acero 10 mm	KG	173.04
Acero 6 mm	KG	200.11

Construcción de bóveda de ladrillos		
Material	U/M	Cantidad
Cemento Gris P-350	Saco(42.5kg)	44.16
Arena	M ³	4.94
Cal	KG	2734.27
Ladrillo	U	6678

Construcción de Capa de Compresión		
Material	U/M	Cantidad
Cemento Gris P-350	Saco(42.5kg)	12.11
Arena	M ³	1.01
Piedra	KG	0.96

TABLA RESUMEN DE MATERIALES EMPLEADOS		
Material	U/M	Cantidad
Cemento Gris P-350	Saco(42.5kg)	91.92
Arena	M ³	8.85
Piedra	M ³	3.68
Acero	KG	173.04 Ø 10mm + 200.11 Ø 6mm
Ladrillo	U	6678
Cal	KG	2734.27

6. Célula Básica de Vivienda. Estudio de Caso.

Para el análisis se escogió una variante de proyecto de vivienda de dos habitaciones de 55.4 m² de superficie útil y 65.0 m² edificada. Aplicando el criterio de progresividad de la vivienda, se delimitó su célula básica de 26.6 m² de superficie útil y 32.5 m² edificada, compuesta de baño con servicio sanitario, cocina, patio de servicio y habitación de uso múltiple.

Para la célula básica, se realizó el cálculo de los indicadores del cerramiento y la cubierta, aplicando sistema de bóvedas de ladrillos sin cimbra y también con losa de hormigón armado para luego realizar las comparaciones de consumo material, gastos por concepto de adquisición de materiales, mano de obra y transporte, entre ambas soluciones.

- a) **Consumo Material: Cubierta de Bóveda de Ladrillos sin Cimbra:** Incluye la ejecución de los cerramientos con ménsulas o patín, la cubierta de bóveda de ladrillos sin cimbra y la capa de compresión de la célula básica. Se tuvo en cuenta la experiencia del consumo de materiales obtenido en el Taller de Capacitación.

Construcción de Cerramientos con ménsula o patín			
Material	U/M	Cantidad	Índice de Consumo
Cemento Gris P-350	Saco(42.5kg)	13.65	0.52 sc/ml
Arena	M ³	1.11	0.04 m ³ /ml
Piedra	M ³	1.04	0.03 m ³ /ml
Acero 10 mm	KG	125.60	4.79 kg/ml
Acero 6 mm	KG	29.40	1.12 kg/ml
Madera	PT	214.25	8.15 pt/ ml

Construcción de Bóvedas			
Material	U/M	Cantidad	Índice de Consumo
Cemento Gris P-350	Saco(42.5kg)	19.17	0.59 sc/m ²
Arena	M ³	1.95	0.06 m ³ /m ²
Cal	KG	1197.62	36.85 kg/m ²
Ladrillo	U	2925	90 u/m ²

Construcción de Capa de Compresión			
Material	U/M	Cantidad	Índice de Consumo
Cemento Gris P-350	Saco(42.5kg)	5.20	0.16 sc/m ²
Arena	M ³	0.325	0.01 m ³ /m ²
Piedra	KG	0.325	0.01 m ³ /m ²

TABLA RESUMEN DE MATERIALES: BOVEDA DE LADRILLO SIN CIMBRA			
Material	U/M	Cantidad	Índice de Consumo
Cemento Gris P-350	Saco(42.5kg)	38.02	1.17 sc/m ²
Arena	M ³	3.38	0.10 m ³ /m ²
Piedra	M ³	1.36	0.04 m ³ /m ²
Cal	KG	1197.62	36.85 kg/m ²
Acero (10 y 6 mm)	KG	155.00	4.77 kg/m ²
Madera	PT	214.25	6.6 pt/m ²
Ladrillo	U	2925	90 u/m ²
Cal	KG	1197.62	36.85 kg/m ²

b) Consumo Material: Cubierta de Hormigón Armado: Incluye la ejecución de los cerramientos y la losa de hormigón armado de la célula básica.

Construcción de Cerramiento tradicional			
Material	U/M	Cantidad	Índice de Consumo
Cemento Gris P-350	Saco(42.5kg)	8.36	0.32 sc/ml
Arena	M ³	0.68	0.03 m ³ /ml
Piedra	M ³	0.64	0.02 m ³ /ml
Acero 13 mm	KG	123.30	4.71 kg/ml
Acero 6 mm	KG	56.20	2.15 kg/ml
Madera	PT	131.0	5.0 pt/ml

Construcción de Losa de hormigón armado			
Material	U/M	Cantidad	Índice de Consumo
Cemento Gris P-350	Saco(42.5kg)	36.81	9.44 sc/m ³
Arena	M ³	3.00	0.77 m ³ /m ³
Piedra	M ³	2.82	0.72 m ³ /m ³
Acero 13 mm	KG	316.70	81.21 kg/m ³
Madera	PT	672.95	172.4 pt/m ³

TABLA RESUMEN DE MATERIALES: CUBIERTA HORMIGÓN ARMADO			
Material	U/M	Cantidad	Índice de Consumo
Cemento Gris P-350	Saco(42.5kg)	45.17	1.39 sc/m ²
Arena	M ³	3.68	0.11 m ³ /m ²
Piedra	M ³	3.46	0.11 m ³ /m ²
Acero (6 y 13 mm)	KG	496.20	15.27 kg/m ²
Madera	PT	803.95	24.73 pt/m ²

c) Análisis comparativo del consumo material.

TABLA RESUMEN MATERIALES				
Material	U/M	Bóveda sin cimbra	Hormigón armado	Relación
Cemento Gris P-350	Saco(42.5kg)	38.02	45.17	0.84
Arena	M ³	3.38	3.68	0.91
Piedra	M ³	1.36	3.46	0.36
Acero	KG	155.0	496.20	0.31
Madera	PT	214.25	803.95	0.26
Ladrillo	U	2925	-	-
Cal	KG	1197.62	-	-

Para una célula básica de vivienda de 32.5 m² de superficie edificada con cerramientos de patines y bóveda de ladrillos sin cimbra, se emplean 3000 ladrillos y 1.2 toneladas de cal de la producción local de materiales. Al comparar el consumo material de esta tecnología con célula básica similar con cerramientos convencionales y losa de hormigón armado se obtiene un ahorro del 9% de arena y 64% de piedra, también de producción local, y un ahorro del 74% de madera para encofrado, 16% de cemento y 69% de acero, ambos de la industria con un alto componente de consumo de materias primas, combustible y costos de transportación con elevado impacto en la economía del país.

Es una realidad que la tecnología de cubierta de hormigón armado, no demanda del uso de ladrillos y cal, pero en su defecto, consume mayor cantidad de áridos y sobre todo un consumo mayor de madera, cemento y alto consumo de acero. Por cada célula básica de vivienda se ahorran aproximadamente 590 pie tabla de madera, 7 sacos de cemento y 340 kilogramos de acero, además de 2 m³ de piedra.

d) Análisis comparativo de gastos por concepto de consumo material.

Para el análisis se tomó como base las Tarifas de Precio de Materiales aprobados de la producción local y del balance nacional dirigidos a la población, a través de los establecimientos de Comercio para la venta de materiales de construcción a la población. El cálculo se realizó teniendo en cuenta los materiales fundamentales que influyen en el gasto directo de materiales a la familia que ejecuta una célula básica de vivienda.

TABLA DE COSTO DE MATERIALES			
Material	Precio	Costo materiales Bóveda sin cimbra	Costo materiales Hormigón armado
Cemento Gris P-350 (Saco 42.5 kg)	165.00	6 273.30	7453.05
Arena (m ³)	190.00	642.20	699.20
Piedra(m ³)	200.00	272.00	692.00
Acero 1/2" (kg)	8.95	-	3 938.00
Acero 3/8" (kg)	8.92	1 120.35	501.30
Acero 1/4" (kg)	8.95	263.13	-
Madera (pt)	7.9	1 692.57	6 351.20
Ladrillo 22x10x5 (u)	0.80	204.75	-
Cal (kg)	0.70	838.33	-
TOTAL COSTO MATERIALES		11 306.63	19 634.75

Por concepto de adquisición y compra de los materiales necesarios para ejecutar los cerramientos y la cubierta de una célula básica, en la construcción de bóveda de ladrillos sin cimbra se obtiene un ahorro de 8 328 pesos respecto a la construcción de cubierta de hormigón armado, lo que significa un ahorro del 52% de dinero destinado al gasto material.

e) Análisis del comportamiento de gastos por concepto de gastos de mano de obra.

Para el análisis del gasto de mano de obra, debido a la diversidad de tarifas de precios que emplean los albañiles y brigadas con patentes tanto en la provincia como el país, se recreó un escenario de ejecución de los trabajos de cerramientos y cubierta con tecnología de bóveda sin cimbra y hormigón armado por alguna brigada especializada según los precios PRECONS, lo cual arrojó lo siguiente:

Costo de Mano de Obra Brigada Especializada		
Descripción	Bóveda sin cimbra	Hormigón armado
Costo directo de mano de obra	465.66	345.81
Costo directo de equipo	9.73	16.58
Otros gastos directos	423.10	322.53
Gastos generales directos	470.64	358.77
Costo Indirecto	169.22	128.99
Utilidad	307.67	234.54
Importe Total	1846.05	1407.26

El costo de mano de obra para la construcción de cubierta de bóveda de ladrillo sin cimbra es 31% superior al de cubierta de hormigón armado, quiere decir, que, para una célula básica, la familia debe erogar una cantidad de dinero superior por este concepto, por un monto de 438.8 pesos. Es comprensible este resultado, ya que la ejecución de la bóveda lleva una especialización de la mano de obra con un sentido más artesanal en su ejecución.

f) Análisis Comparativo del tiempo de ejecución

Para el análisis del tiempo de ejecución se tuvo en cuenta el reporte de los recursos humanos según el presupuesto de la ejecución de cerramientos y la cubierta para ambas tecnologías de cubierta.

ANALISIS COMPARATIVO DE TIEMPO DE EJECUCIÓN Y COMPOSICIÓN BRIGADA			
Descripción	Precio Horas hombre	Bóveda sin cimbra	Hormigón armado
		Tiempo	Tiempo
Albañil Grupo IV	2.1297	1.65	3.85
Albañil Grupo V	2.2692	20.29	34.87
Albañil Grupo VII	2.5296	14.44	1.54
Ayudante Grupo II	1.7763	126.47	77.32
Cabillero Grupo III	1.9716	1.64	2.56
Cabillero Grupo V	2.2692	7.91	11.27
Carpintero Grupo IV	2.1297	0.9	0.9
Carpintero Grupo V	2.2692	42.62	37.21
Carpintero Grupo VI	2.5296	13.87	0
Costo directo de mano de obra (\$)		465.66	345.81
Total trabajadores (U)		9	8
Total horas hombre (Horas)		229.79	169.52
Tiempo de ejecución (Días)		13.52	10.60

Para la construcción de una cubierta en una célula básica con bóveda sin cimbra, según PRECONS, se demanda de una brigada de 9 trabajadores con un tiempo de 13.52 días, es decir, 3 días más que la construcción de cubierta de hormigón armado, llevada a cabo por 8 trabajadores. La ejecución de la bóveda sin cimbra, lleva un mayor componente de mano de obra y horas hombre, sin embargo, se ahorra desde el punto de vista del factor tiempo, los 28 días necesarios esperar para el desencofre de una cubierta de placa.

g) Análisis Comparativo de Gastos por concepto de transportación

Resulta complejo y subjetivo realizar una valoración monetaria del ahorro que se produce por concepto de transportación con el uso de las bóvedas de ladrillo como material de cubierta, sin embargo, existen análisis con cifras de volúmenes y pesos de materiales a transportar que aportan elementos para considerar que es viable y sostenible el uso de esta tecnología. Para ello nos apoyaremos nuevamente en el consumo de materiales necesarios para la ejecución de cerramientos y cubierta de una célula básica de vivienda.

Volumen o Peso de Materiales a transportar para una célula básica		
Material	Cubierta de Bóveda de ladrillo	Cubierta de Hormigón Armado
	Cantidad (Peso o Volumen)	Cantidad (Peso o Volumen)
Cemento (toneladas)	1.6	1.9
Acero (toneladas)	0.155	0.5
Arena (m ³)	3.38	3.68
Piedra (m ³)	1.36	3.46
Ladrillo(m ³): 910u= 1 m ³	3.3	-
Cal(m ³): 3300 kg = 1 m ³	0.36	-
Madera(m ³): 428pt=1m ³	0.5	1.87
Mat. producción local	8.9 M³	9.0 M³
Mat. balance nacional	1.75 T	2.4 T

El volumen de materiales a transportar de la producción local en la cubierta de bóveda de ladrillo es similar a losa de hormigón armado, sin embargo, los materiales de la producción nacional de otras provincias del país a mucha mayor distancia del territorio son un 36% superior en las cubiertas de hormigón armado respecto a las bóvedas.

7. Evaluación Cualitativa de la Construcción de Bóvedas de Ladrillos sin Cimbra.

a) Seguridad. Comportamiento ante sismos y huracanes.

Con el desarrollo de la industria, existe la falsa percepción que cualquier otro material que no contenga un amplio uso de cemento y acero no es una construcción segura. La realidad demuestra que en América Latina y en nuestro país, por muchos años, han sido utilizadas las construcciones con ladrillos en elementos verticales y horizontales y que aún siguen en pie. Según el profesor Ramón, con más de 25 años de experiencia construyendo edificaciones con bóvedas de ladrillos sin cimbra en varias partes del mundo, si la edificación cuenta con buen cimiento, muros, columnas, vigas o trabes, las bóvedas no presentan nunca fallas estructurales, la geometría de las mismas, es la que le confiere una alta estabilidad estructural.

La norma sísmica cubana vigente plantea los requerimientos necesarios para que las construcciones tengan un comportamiento adecuado ante eventos sísmicos de diferentes magnitudes, por lo que su empleo en las edificaciones debe garantizar la sismo resistencia de la estructura ante determinados eventos.

Precisamente en fecha reciente, ocurrieron dos sismos de gran intensidad en México, el primero en la zona de los estados de Oaxaca y Guerrero con 8.1 grados en la escala de Richter y un segundo de 7.0 grados en la zona de Puebla y Distrito Federal con grandes daños a las edificaciones y con cifras elevadas de fallecidos, en email enviado luego del primer evento sísmico por el experto mexicano Ramón Aguirre pudimos conocer de su vivencia personal: “Inmediatamente revise la casa con una lámpara y para mi sorpresa la casa estaba intacta, por un momento pensé que se derrumbaría, inmediatamente les llame a mis amigos que les había construido casas de tierra y bóvedas y afortunadamente tanto ellos como las obras no tuvieron ningún daño. Amigos en México estamos acostumbrados a sismos de 5 y 6 grados, pero no de esa magnitud, creo que no es necesario que nos pongan estas pruebas o sí? Sin embargo, es nuestra obligación trabajar en pro de la humanidad y tomar en cuenta las reglas básicas de construcción con tierra y diseñar y construir a partir de la geometría y no solo a la resistencia de los materiales, así como lo decía mi maestro el ingeniero Eladio Dieste.” Este testimonio calificado, constituye una prueba reciente del comportamiento eficaz de este tipo de construcción ante movimientos telúricos.

Existen estudios, referidos en su libro Bóvedas Mexicanas de adobe y ladrillo, realizados por laboratorios de materiales de la Universidad Autónoma Metropolitana de México que demuestran que las mezclas basadas en cal, así como de barbotina proveniente de lodo de tierra, cumplen satisfactoriamente con los esfuerzos a que son sometidos, tanto en condiciones pasivas como bajo esfuerzos laterales, como el sismo y el viento.

Se realizaron pruebas de compresión a piezas de ladrillos y adobe por el Dr. Luis Fernando Guerrero, los cuales confirmaron que además de tratarse de materiales muy nobles, ofrecen seguridad a la construcción. También existe estudio de análisis estructural mediante software especializado y análisis sísmico por Método Dinámico, por el Ing. Oscar Félix García, con resultados satisfactorios del modelo de vivienda elaborado de muros y cubierta de bóveda de ladrillos.

Las cubiertas de bóvedas de ladrillos, constituyen un techo pesado con pendientes adecuadas para la evacuación de las aguas pluviales, lo cual le atribuye el valor de adaptación y resistencia a las fuertes lluvias y vientos que suceden con sistematicidad en nuestro país, debido a su posición geográfica. Además de constituir cubiertas auto portantes e incombustibles.

b) Confort Térmico.

En la construcción de viviendas, generalmente no se consideran los materiales más adecuados para mayor confort térmico y ahorro de energía y las bóvedas de ladrillo por naturaleza cubre estos aspectos, con gran influencia en la calidad de vida de sus habitantes y ahorro energético.

En estudios realizados en Cuba, específicamente por la Dra. Dania Gonzales en su libro Economía Global de la Vivienda, se plantea la poca diferencia térmica que existe entre el exterior y el interior de los espacios cuando se emplea las losas de hormigón armado como solución de cubierta.

En el caso de los techos de bóvedas de ladrillo, siempre se logran mayores puntales o alturas que en las losas planas tradicional, además por la baja velocidad de transferencia térmica de las piezas cerámicas, les confieren mayor confort térmico a las edificaciones construidas con este material.

Existe estudio del Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Regional(CIIDIR) en Oaxaca, México, sobre el comportamiento térmico del sistema de bóvedas de ladrillos, donde se

obtiene en un techo de bóveda de ladrillo cocido, una reducción de 9.72 grados centígrados respecto a la temperatura superficial interior -exterior de la cubierta.

c) Beneficio social:

La introducción de esta tecnología beneficia a todos los que participan en el proceso, no solo a los usuarios de las viviendas construidas con techos de bóvedas sin cimbra, sino a los productores de cal y ladrillos, familias, albañiles, empresas, cooperativas y brigadas que aprenden a construir este tipo de techo, quienes se benefician con su fuente de empleo y mejora de ingresos personales.

También se encuentran como beneficiarios potenciales, las zonas rurales o sub urbanas, con escasez de recursos provenientes de la industria, pudiendo usarse no solo en la vivienda, sino en instalaciones culturales, educacionales, comerciales y otros espacios comunitarios, estos también aprovechan la mano de obra local y menor material industrializado.

d) Debilidades y fortalezas para la transferencia tecnológica:

El reto principal para la introducción de la tecnología de bóvedas de ladrillos, radica en utilizar las herramientas y los andamios idóneos, en calcular la época del año más propicia y en capacitar permanentemente al personal que intervendrá en la edificación. Se dice que es fácil porque los materiales y herramientas son básicos, sin embargo, la dificultad estriba en convencer a los interesados (autoridades y usuarios) de que esa es una forma segura de cubrir espacios, aun cuando se aplique un mínimo de materiales industrializados y se utilice mano de obra local.

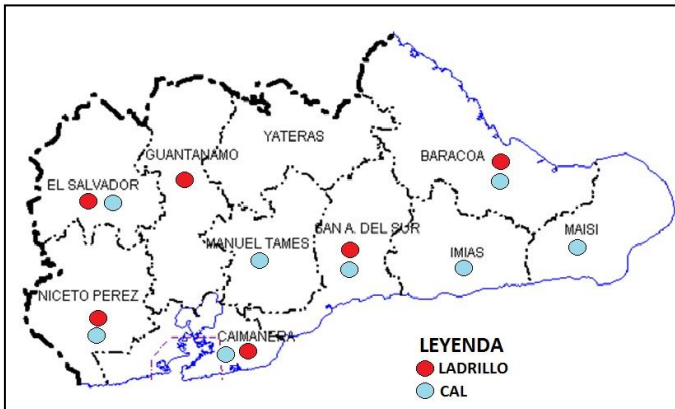
Cuando se trata de albañiles novatos o auto constructores, se pueden obtener bóvedas disperejas, esta situación no debe alarmar, pues en los tamaños estándar de vivienda, que van de los 3 a 4 metros de luz, existe un pequeño margen de tolerancia geométrica y estructural que permite absorber los fallos en el trazo, sin poner en riesgo el colapso de la bóveda. No obstante, requiere en la etapa inicial de introducción tecnológica, la asistencia y supervisión técnica de profesionales y albañiles capacitados.

8. Evaluación de la Producción local de cal y ladrillo en la provincia.

Capacidad Instalada por municipios en la provincia Guantánamo			
Municipio	Materiales		Observaciones
	Ladrillo(U x mes)	Cal(T x mes)	
Guantánamo	60 000	-	
Baracoa	20 000	20	
Maisi	-	5	No tiene tradición de producción de ladrillo.
San Antonio del Sur	-	5	Antiguamente producía ladrillo, puede instalarse una capacidad de 10 mil ladrillos mensual
Imias	-	15	No tiene tradición de producción de ladrillo.
Yateras	-	-	No tiene tradición de producción de ladrillo ni cal.
El Salvador	10 000	10	
Niceto Pérez	10 000	5	
Manuel Tames	-	5	No tiene tradición de producción de ladrillo.
Caimanera	-	3	Antiguamente producía ladrillo, puede instalarse una capacidad de 10 mil ladrillos mensual
Total	100 000	68	En la provincia se puede incrementar la capacidad instalada de ladrillos y cal.

En la provincia existe en la actualidad una capacidad instalada de 100 mil ladrillos y 68 toneladas de cal de producción, sensible de ser elevada esa producción, además de abrir nuevas capacidades de producción de ladrillo en los municipios San Antonio del Sur y Caimanera.

Teniendo en cuenta que la célula básica de una vivienda, demanda aproximadamente el suministro de 3 mil ladrillos y 1.2 toneladas de cal, haciendo un cálculo conservador, si se destinara el 50% de la producción de ladrillos y cal a la construcción de cubiertas de bóveda sin cimbra se obtendrían 40 viviendas mensualmente.



La producción de cal está mejor distribuida en la geografía del territorio, la producción de ladrillos es más limitada y constituye la prioridad en la proyección de introducción de las bóvedas sin cimbra. Guantánamo, Baracoa, El Salvador y Niceto Pérez tienen su capacidad instalada y debe extenderse a San Antonio del Sur y Caimanera, desde estos centros de producción se puede extender el suministro de ladrillos al resto de los municipios excepto Yateras, con distancias a recorrer inferior a los 40 kilómetros.

9. Conclusiones

- ✓ Es factible el diseño y construcción de bóvedas sin el empleo de cimbras en la provincia, entre otros aspectos, se destacan los siguientes:
 - Aprovechamiento de la producción local de materiales en la provincia, se produce ladrillos y cal, existe capacidad instalada con posibilidad de ampliarla y extenderla en varios municipios.
 - Ahorro de materiales de alto costo o deficitarios. Se ahorra el 74% de madera, 69% del acero, 16% de cemento del balance nacional, además del 9% de arena y 64% de piedra de la producción local, respecto a una cubierta de hormigón armado.
 - Se benefician desde el punto de vista económico las familias que ejecuten con bóvedas. Para una célula básica de vivienda la mano de obra es 31%(\$438.80) superior a la construcción de cubierta de hormigón armado, sin embargo, por concepto de compra de materiales fundamentales, obtienen un ahorro de \$ 8 328.00.
 - Disminución del tiempo de ejecución, al prescindir de la espera de 28 días por concepto de desencofre de cubierta.
 - Los costos de transportación son bajos respecto a cubiertas de hormigón armado. Con el uso de recursos locales y disminución de recursos nacionales, los volúmenes de materiales locales son similares, sin embargo, los que se producen en otras provincias a mayores distancias a transportar en cubiertas de hormigón armado se elevan un 36% respecto a las bóvedas sin cimbra.

- Presentan buen comportamiento ante huracanes y actividad sísmica, además de ser una cubierta auto portante e incombustible.
- Tecnología adecuada a nuestro clima, con pendiente natural para el drenaje de las aguas pluviales y el uso de ladrillo en cubierta proporciona agradable confort térmico.
- Fácil apropiación de las técnicas de colocación y construcción de esta tecnología, durante el desarrollo del Taller, todos los participantes, especialmente los operarios de la EPCONS, fueron avanzando con rapidez en su aprendizaje de manera práctica, hasta el nivel de ejecutar por si mismos sin supervisión la última bóveda construida.
- Impacto social positivo, además de adecuarse a viviendas y obras sociales, propicia y estimula con su aplicación la generación de empleos para la producción de materiales locales y ejecución de obras, con el consiguiente crecimiento de los ingresos personales. Quiere decir que además de la rentabilidad financiera que representa este tipo de construcción, presenta rentabilidad social

10.Recomendaciones para la gestión

- ✓ Elevar la producción de ladrillos y cal en el territorio, tanto por el estado, como la contratación a particulares para la producción local de materiales.
- ✓ Promover la fabricación de ladrillos de menor dimensión (5 x 10 x20 cm), adecuados para construir bóvedas sin cimbra y hacerlos llegar junto con la cal a los establecimientos de ventas de materiales a la población.
- ✓ Garantizar la calidad de la producción de ladrillos y cal.
- ✓ Revisar las fichas de costo de ladrillo y cal y establecer los precios a la población en los puntos de ventas de Comercio.
- ✓ Elaboración de proyectos de bóvedas de ladrillos, por las Empresas del territorio con destino a la vivienda y otros programas sociales.
- ✓ Conformación, capacitación y certificación de brigadas estatales, cooperativas y por cuenta propia para la ejecución de bóvedas de ladrillo sin cimbra.
- ✓ Aseguramiento de andamios, herramientas y medios de protección a brigadas especializadas.
- ✓ Capacitación del personal técnico proyectista e inversionista que dará seguimiento al proceso.
- ✓ Concientizar y capacitar a las familias seleccionadas.
- ✓ Coordinación con el gobierno e inversionistas de la vivienda, para seleccionar otras áreas o viviendas como polígonos de aprendizaje en el proceso de sensibilización y capacitación a todos los actores implicados en el proceso.

- ✓ Garantizar la supervisión técnica especializada por proyectistas e inversionistas en la fase de ejecución de las obras con esta tecnología.
- ✓ Elaboración y reproducción de folletos y manuales de instrucción sobre el uso de la tecnología para su difusión.

Bibliografía:

- Economía y Calidad en la Vivienda. Dra. Arq. Dania Gonzales
- Bóvedas Mexicanas de adobe y ladrillo. Arq. Ramón Aguirre Morales

Elaborado:

Arq. Yaniel Rodríguez Vega / Arq. Lexer Rodríguez Lora (Arquitecto de la Comunidad)

Colaboradores:

Ing. Carlos Martínez Turro. Vicepresidente Inversiones CAP Guantánamo

Lic. Niubis Labañino Cobas. Directora Provincial de la Vivienda.

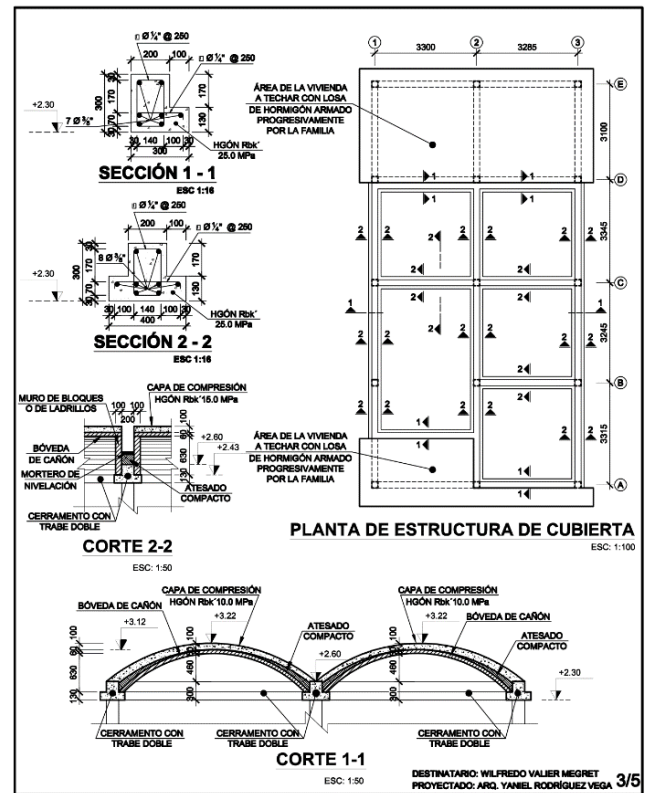
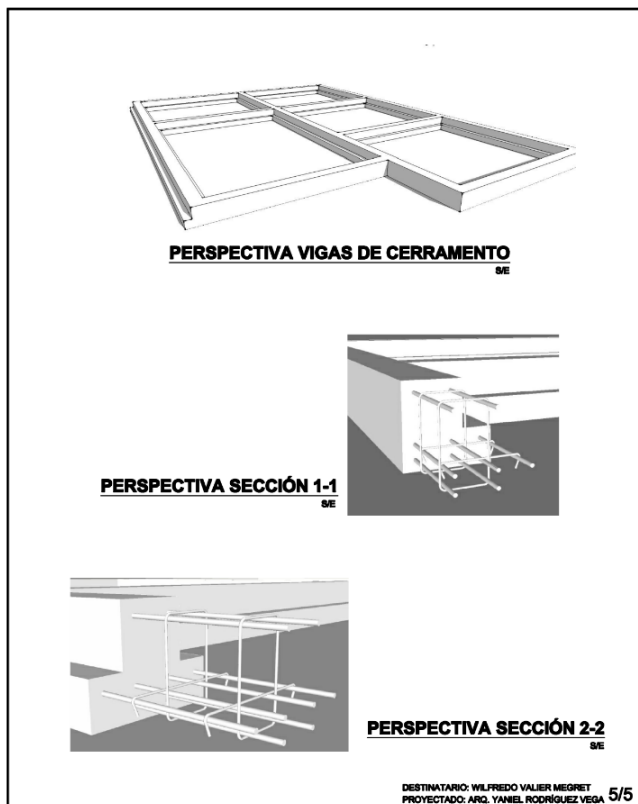
Ing. Oscar Thompson, Sub Director Empresa de Diseño e Ingeniería, Genedis

Arq. Iván Gamboa, Especialista Principal, Arquitecto de la Comunidad.

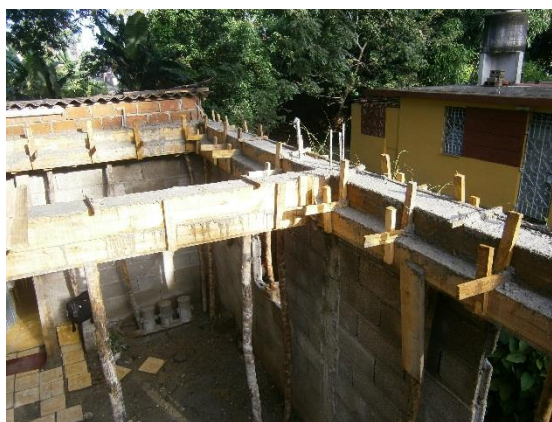
Ing. Arquímedes Caballero, Presidente Sociedad Ingeniería Civil UNAICC

Arq. Elvio Martínez, Especialista Principal, Arquitecto de la Comunidad. Stgo de Cuba

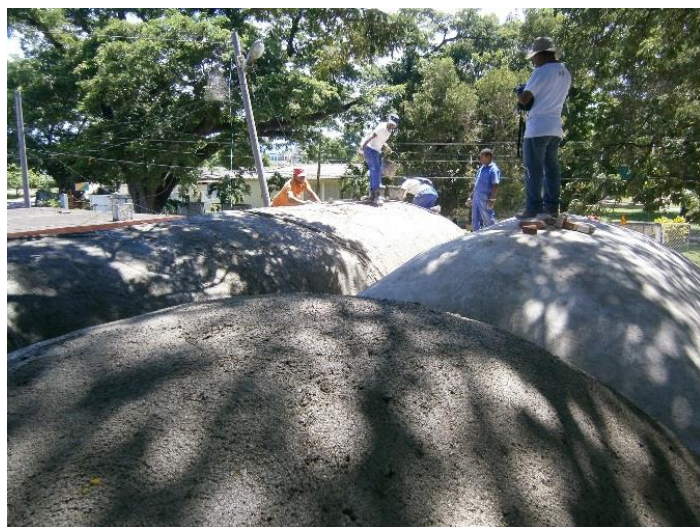
Anexo 1. Vivienda poligono, levantamiento y preparación tecnica.



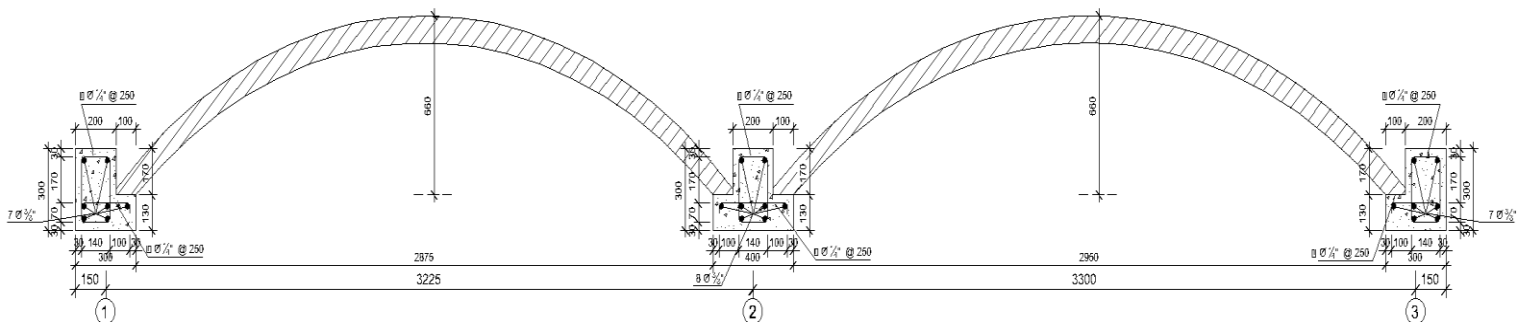
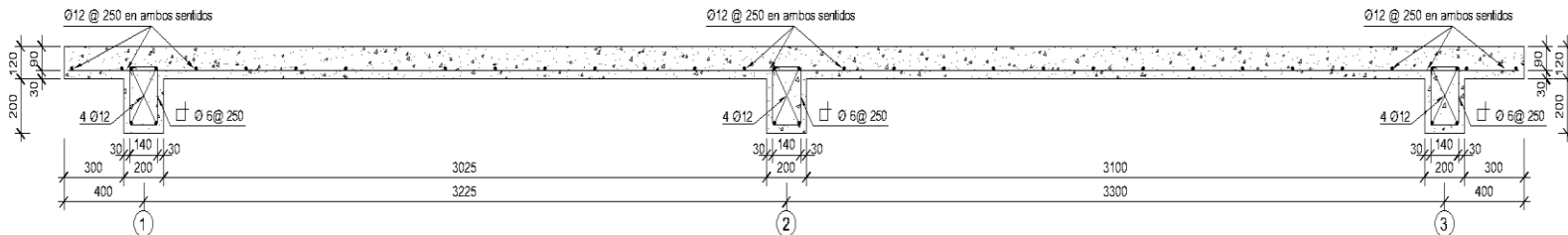
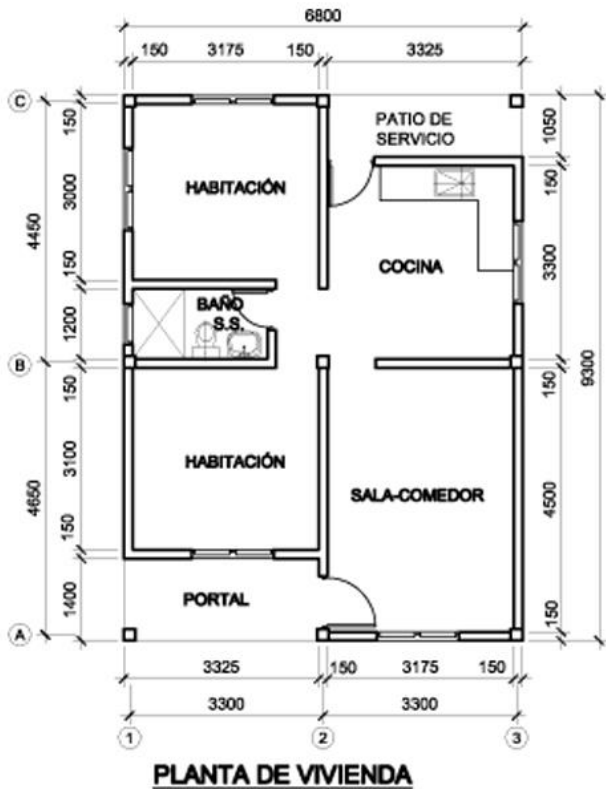
Anexo 2: Ejecución de Cerramientos con ménsulas o patines. Vivienda Polígono.



Anexo 3: Ejecución de Cubierta de Bóveda sin Cimbra. Vivienda Polígono.



Anexo 4: Célula Básica. Caso Estudio.



Anexo 5: Presupuesto Mano de obra. Cubierta de bóveda de ladrillos sin cimbra. Célula Básica

Presupuesto Todos (por Actividades)

Base de Datos: PRECONS II (P-98/2008), Publicada el 14/08/08

Modelo: #2 - PRECONS II (Res.199/05) donde el $(Ce = Ct - C1)$ y sin $(KoC1, KgC1)$, $\{(1+Ku)*(1+Ki)*\{(A1*C1)+[(1+Ko+Kg)*((A2*C2)+(A3*C3))]\}\}-(Ku*(A1*C1))$

\L►01 VIVIENDA ()

Unitario: 1846.0525

Total: 1846.0525

Sin Suministros: 1846.0525

Código	Descripción	Usos U.	Precio	Cantidad	C. Elab.	Unitario	Total
VIVIENDA 01				1		1846.0525	1846.0525
						1846.0525	1846.0525
						1119.5633	1119.5633
0004	ESTRUCTURAS					1119.5633	1119.5633
0371	ELEMENTOS DE LADRILLOS, BLOQUES Y PANELES ARCOS, BOVEDAS Y CUPULAS DE LADRILLOS CORRIENTES						
037111*	BOVEDAS DE 0.10 M ESPESOR ASENTADO CON MORTERO	m2	7.4308	32.5000	- H -	241.5010	241.5010
0424	HORMIGON FUNDIDO IN SITU COLUMNAS, PEDESTALES, VIGAS Y LOSAS PLANAS CERRAMENTOS, VIGAS Y CABEZALES VERTIDO MANUALMENTE						
042424	CON CUALQUIER CALIDAD DE HORMIGON	m3	25.2439	1.9730	- H E	49.8062	49.8062
0477	HORMIGON FUNDIDO IN SITU VARIOS TERMINACION DE SUPERFICIE						
047711	DE HORMIGON A FROTA GRUESA	m2	1.5168	10.4800	- H -	15.8961	15.8961
047721	CURADO DE HORMIGON CON SACOS DE YUTE HUMEDOS	c2	24.3089	0.2096	- H E	5.0951	5.0951
3011	BARRAS DE ACERO PARA REFUERZO ELABORACION MANUAL AROS POLIGONALES HASTA 5 DOBLECES						
301101*	DE 6 MM DE DIAMETRO	tm	690.5038	0.0294	- H -	20.3008	20.3008
3013	BARRAS DE ACERO PARA REFUERZO ELABORACION MANUAL BARRAS RECTAS						
301301*	DE 10 MM DE DIAMETRO	tm	78.3405	0.1148	- H -	8.9935	8.9935
3014	BARRAS DE ACERO PARA REFUERZO ELABORACION MANUAL BARRAS DOBLADAS						
301401*	DE 10 MM DE DIAMETRO	tm	222.8514	0.0108	- H -	2.4068	2.4068
3051	BARRAS DE ACERO PARA REFUERZO COLOCACION Y ENSAMBLAJE DE AROS POLIGONALES HASTA 5 DOBLECES						
305111	DE 6 MM EN VIGAS	tm	1585.3569	0.0294	- H -	46.6095	46.6095
3053	BARRAS DE ACERO PARA REFUERZO COLOCACION Y ENSAMBLAJE DE BARRAS RECTAS O DOBLADAS						
305321	HASTA 16 MM EN VIGAS	tm	105.2523	0.1256	- H -	13.2197	13.2197
3082	BARRAS DE ACERO PARA REFUERZO OTROS TRABAJOS CON EQUIPO OXICORTE						
308211	CORTE DE ACERO DE REFUERZO HASTA 38 MM	u	0.3134	64.0000	-- E	20.0576	20.0576
3115	ENCOFRADOS, FALSAS OBRAS Y OTROS TRABAJOS ENCOFRADOS DE MADERA EN CONSTRUCCIONES A CIELO ABI EN VIGAS O CABEZALES						
311521	DE CERRAMIENTO HASTA 0.30 M Y 4.00 M DE PUNTAL	m2	14.5183	21.4250	- H -	311.0546	311.0546
3151	ENCOFRADOS, FALSAS OBRAS Y OTROS TRABAJOS FALSAS OBRAS EN CONSTRUCCIONES "A CIELO ABIERTO"						
315111	HASTA 5.00 M DE ALTURA	m2	27.4876	12.1400	- H -	333.6995	333.6995
3163	ENCOFRADOS, FALSAS OBRAS Y OTROS TRABAJOS OTROS TRABAJOS MEDIOS AUXILIARES PARA LA EJECUCION DE TRABAJOS						
316321	ARME Y DESARME DE ANDAMIOS DE MADERA HASTA 12 M ALTURA EN FACHADAS	m2	5.6581	9.0000	- H -	50.9229	50.9229
0006	ALBAÑILERIA					726.4892	726.4892
0477	HORMIGON FUNDIDO IN SITU VARIOS TERMINACION DE SUPERFICIE						
047711	DE HORMIGON A FROTA GRUESA	m2	1.5168	6.0000	- H -	9.1008	9.1008
047721	CURADO DE HORMIGON CON SACOS DE YUTE HUMEDOS	c2	24.3089	0.3250	- H E	7.9004	7.9004
1282	CUBIERTAS OTROS TIPOS DE CUBIERTAS SOBRE BOVEDAS						
128211*	DE MORTERO 15 MM ESPESOR CON MORTERO	m2	4.5215	97.5000	- H -	440.8462	440.8462
3163	ENCOFRADOS, FALSAS OBRAS Y OTROS TRABAJOS OTROS TRABAJOS MEDIOS AUXILIARES PARA LA EJECUCION DE TRABAJOS						
316331	ARME Y DESARME DE ANDAMIOS METALICOS EN INTERIORES PARA TRABAJOS EN MUROS.	m2	3.2618	82.3600	- H -	268.6418	268.6418
1846.0525	VIVIENDA 01					1846.0525	1846.0525

Presupuestista: Arq. Yaniel Rodríguez Vega

Anexo 7: Listado de Recursos humanos primarios según presupuesto de mano de obra par Cubierta de ladrillo sin cimbra y para Cubierta de hormigón armado.

Mano de Obra. Cubierta de Bóveda de Ladrillo sin cimbra. Célula Básica de Vivienda

Listado Consolidado de Recursos Humanos Primarios según Presupuesto de Todos (por Actividades) Tarifa de Salario PRECONS

\↳01 VIVIENDA ()

Social							A. Esp.	Antig.	Vacac.	Imp.	S.	
Código	Descripción	UM	Precio	Tiempo	M. Obra	S. Basico	0%	0%	Salario	9.09%	25%	14%
0000010084	ALBANIL DEL GRUPO SALARIAL IV	hh	2.1297	1.65	3.51	2.31	0.00	0.00	2.31	0.21	0.63	0.35
0000010083	ALBANIL DEL GRUPO SALARIAL V	hh	2.2692	20.29	46.04	30.36	0.00	0.00	30.36	2.76	8.28	4.64
0000010082	ALBANIL DEL GRUPO SALARIAL VI	hh	2.5296	14.44	36.54	24.09	0.00	0.00	24.09	2.19	6.57	3.68
000000211	AYUDANTE DE CONSTRUCCION DEL GRUPO SALARIAL II	hh	1.7763	126.47	224.65	148.16	0.00	0.00	148.16	13.47	40.41	22.63
0000011384	CABILLERO DEL GRUPO SALARIAL III	hh	1.9716	1.64	3.24	2.13	0.00	0.00	2.13	0.19	0.58	0.33
0000011383	CABILLERO DEL GRUPO SALARIAL V	hh	2.2692	7.91	17.96	11.84	0.00	0.00	11.84	1.08	3.23	1.81
0000011514	CARPINTERO ENCOFRADOR DEL GRUPO SALARIAL IV	hh	2.1297	0.90	1.92	1.26	0.00	0.00	1.26	0.11	0.34	0.19
0000011513	CARPINTERO ENCOFRADOR DEL GRUPO SALARIAL V	hh	2.2692	42.62	96.72	63.78	0.00	0.00	63.78	5.80	17.40	9.74
0000011512	CARPINTERO ENCOFRADOR DEL GRUPO SALARIAL VI	hh	2.5296	13.87	35.10	23.15	0.00	0.00	23.15	2.10	6.31	3.54
Total:				229.80	465.66	307.10	0.00	0.00	307.10	27.92	83.75	46.90

Mano de Obra de Cubierta de Hormigón Armado Célula Básica de Vivienda

Listado Consolidado de Recursos Humanos Primarios según Presupuesto de Todos (por Actividades) Tarifa de Salario PRECONS

\↳01 VIVIENDA ()

Social							A. Esp.	Antig.	Vacac.	Imp.	S.	
Código	Descripción	UM	Precio	Tiempo	M. Obra	S. Basico	0%	0%	Salario	9.09%	25%	14%
0000010084	ALBANIL DEL GRUPO SALARIAL IV	hh	2.1297	3.85	8.19	5.40	0.00	0.00	5.40	0.49	1.47	0.82
0000010083	ALBANIL DEL GRUPO SALARIAL V	hh	2.2692	34.87	79.13	52.18	0.00	0.00	52.18	4.74	14.23	7.97
0000010085	ALBAÑIL DEL GRUPO SALARIAL VII	hh	2.7249	1.54	4.19	2.76	0.00	0.00	2.76	0.25	0.75	0.42
000000211	AYUDANTE DE CONSTRUCCION DEL GRUPO SALARIAL II	hh	1.7763	77.32	137.35	90.58	0.00	0.00	90.58	8.23	24.70	13.83
0000011384	CABILLERO DEL GRUPO SALARIAL III	hh	1.9716	2.56	5.05	3.33	0.00	0.00	3.33	0.30	0.91	0.51
0000011383	CABILLERO DEL GRUPO SALARIAL V	hh	2.2692	11.27	25.56	16.86	0.00	0.00	16.86	1.53	4.60	2.57
0000011514	CARPINTERO ENCOFRADOR DEL GRUPO SALARIAL IV	hh	2.1297	0.90	1.92	1.26	0.00	0.00	1.26	0.11	0.34	0.19
0000011513	CARPINTERO ENCOFRADOR DEL GRUPO SALARIAL V	hh	2.2692	37.21	84.43	55.68	0.00	0.00	55.68	5.06	15.19	8.50
Total:				169.51	345.82	228.07	0.00	0.00	228.07	20.73	62.20	34.83

Anexo 8: Testimonio de Arq. Ramón Aguirre Morales.

Estimados amigos. Les cuento como lo viví.

Fue un sismo de 8.2 grados escala Richter uno de los más grande que hemos tenido en México en los últimos 100 años, las condiciones eran las peores, con mucha lluvia, de madrugada y sin luz, la casa donde vivimos esta en Oaxaca y la construí hace casi 10 años como saben es de tapia pisada y cubiertas de **bóvedas**, una incertidumbre total... salimos espantados escuchamos como tronaba la tierra y se caían las cosas dentro de la casa los muros se movía como una espiga y las bóvedas como pétalos de una flor todo en conjunto como si fuera una planta que le están soplando con un ventilador, créanme no exagero, nos sentíamos completamente vulnerables e indefensos. (pensé que pequeños somos en este universo) Duró un poco más 90 segundos así dicen las noticias para nosotros fueron como dos horas al fin termino y entramos a la casa librereros en el piso, botellas rotas y figuras que teníamos en los nichos caídas en el piso y rotos. Inmediatamente revise la casa con una lámpara y para mi sorpresa la casa estaba intacta, por un momento pensé que se derrumbaría, inmediatamente les llame a mis amigos que les había construido casas de tierra y bóvedas y afortunadamente tanto ellos como las obras no tuvieron ningún daño.

Amigos en México estamos acostumbrados a sismos de 5 y 6 grados, pero no de esa magnitud creo que no es necesario que nos pongan estas pruebas o sí? sin embargo Es nuestra obligación trabajar en pro de la humanidad y tomar en cuenta las reglas básicas de construcción con tierra y diseñar y construir a partir de la geometría y no solo a la resistencia de los materiales, así como lo decía mi maestro en ingeniero Eladio Dieste, y hoy seguimos de pie espero que ustedes también estén muy bien y que el huracana no les afecte mucho

Anexo unas fotos de tres casas de tierra en Oaxaca todas están muy bien. Desde el corazón de Oaxaca, Ramón



Anexo 9: Documento referencia para organización de Talleres de Cubierta de bóveda de ladrillo sin cimbra, en provincias afectdas por huracán Irma.

PREPARACIÓN DE TALLER: CONSTRUCCIÓN DE CUBIERTA DE BOVEDAS DE LADRILLOS SIN CIMBRA.

A partir de la experiencia del Taller impartido por el Arq. Ramón Morales Aguirre en agosto de 2017 en Guantánamo, se recomiendan los siguientes aspectos:

Selección de Vivienda Polígono: El polígono debe ser una vivienda o edificación cuya construcción se encuentre al nivel de enrase de muro, es decir, sin cerramientos y debe resistir la ejecución de una cubierta pesada. Por el rendimiento alcanzado en Guantánamo, para un Taller de 10 días, se recomienda que el polígono oscile alrededor de los 60 metros cuadrados.

Trabajos Preliminares Vivienda Polígono: Antes del Taller, deben ejecutarse los cerramientos con ménsulas o patines, específicos de las bóvedas sin cimbra, para esta actividad se necesitan los siguientes recursos:

- 36 sacos cemento de 42.5 kg
- 3 m3 de arena
- 3 m3 de piedra
- 180 kg acero 10mm
- 200 kg alambón
- 3kg alambre 18
- Madera y puntales para encofrado

Para la ejecución del Taller:

Personal: Diez albañiles y diez operarios. Para el avance de los trabajos y que los albañiles participen en todo el aprendizaje, aprendiendo haciendo, son vitales los operarios, estos acarrear los materiales, arman y desarman andamios, preparan los morteros y hormigones, los sitúan al nivel de cubierta, limpian y cepillan las bóvedas durante todo el proceso.

Materiales: Incluye la ejecución de la bóveda y la capa de compresión.

- 7000 ladrillos (22 cm x 10 cm x 5 cm)
- 57 sacos de cemento de 42.5 kg
- 6 m3 de arena
- 1 m3 de gravilla
- 2.5 toneladas de cal viva (debe apagarse y dejar sumergida en agua, 72 horas antes del taller)
- 6 m2 de tablas para replanteo bóvedas cañón.
- 2 kg clavos 2 ½ "
- 30 ml de tubería ½ "pvc eléctrica para guías bóvedas y luego ducto eléctrico.
- 6 cajas eléctricas 4" x 4"
- 2 kg alambre 18

Herramientas:

- 10 cucharas grandes albañil (8 - 10 pulgadas).
- 2 martillos
- 1 serrucho
- 10 cubos de albañiles de 10 lts
- 4 palas cuadradas
- 4 frota de madera
- 4 frota metal
- 4 cepillos de alambre para limpiar las bóvedas
- 3 cintas métricas
- 1 nivel
- 1 Rollo de cordel

Medios auxiliares:

- 10 pares de patas de andamio metálico con 20 plataformas.
- 4 cajón de albañil (de madera, altura 90 cm).
- Tamiz menor a 4 mm
- Tanque o depósito para 2000 litros de agua

Nota: Es importante disponer lugar de la vivienda o facilidad temporal para almacén de algunos materiales y recursos en obra.

Medios de protección:

- 20 pares de guantes de goma(látex)
- 5 lentes para proteger durante el cepillado interior de la bóveda