



UHo
UNIVERSIDAD DE HOLGUÍN
Facultad de Ingeniería

“Sede Oscar Lucero Moya”

DEPARTAMENTO DE CONSTRUCCIONES

TRABAJO DE DIPLOMA

**DISEÑO DE BÓVEDAS DE LADRILLO EN CUBIERTAS Y ENTREPISOS
PARA EL SISTEMA SANDINO**

AUTORA: MAILENIS REYES GÓMEZ DE MELLO

HOLGUÍN

2017



UHo
UNIVERSIDAD DE HOLGUÍN
Facultad de Ingeniería

“Sede Oscar Lucero Moya”

DEPARTAMENTO DE CONSTRUCCIONES

TRABAJO DE DIPLOMA

**DISEÑO DE BÓVEDAS DE LADRILLO EN CUBIERTAS Y ENTREPISOS
PARA EL SISTEMA SANDINO**

AUTORA: MAILENIS REYES GÓMEZ DE MELLO

TUTOR: MsC.Arq. RAÚL FIGUEREDO REYES

CONSULTANTE: MsC.Ing. ÁNGEL ÁVILA LABRADA

HOLGUÍN

2017

PENSAMIENTO

“Se hace una bóveda según bóvedas hechas; es cuestión de experiencia”

Paul Séjourne

AGRADECIMIENTOS

- A todas las personas que de una forma u otra colaboraron para hacer posible este trabajo.
- A mis padres por su apoyo y amor incondicional.
- A mis primos.
- A mis tíos.
- A mi hermano.
- A todos mis familiares en general por entenderme y acompañarme en cada paso y decisión que asumo en la vida.
- A trabajadores de la Dirección Provincial de Vivienda, de Estadística Municipal, Vértice, Umbrales y UCM.
- A mi tutor Raúl Figueredo por guiarme y mostrarme el camino correcto para vencer mí meta.
- Al ingeniero Ángel Ávila por brindarme sus conocimientos y sabiduría.

DEDICATORIA

A mis padres por motivarme cada día para lograr que mis sueños se hicieran realidad.

RESUMEN

Al realizar un análisis de la problemática de la vivienda en Cuba se manifestó la insuficiencia de materiales para la construcción de viviendas (cemento, arena y acero), en especial los que se destinan a las cubiertas y entrepisos que son a la vez los elementos estructurales más costosos y complejos de construir. En busca de nuevas soluciones para la construcción, que cumplan los requerimientos de una vivienda saludable y económica, se plantea el estudio de las bóvedas de ladrillo de barro para cubiertas y entrepisos como alternativa sostenible.

Las tipologías habitacionales definen la calidad de vida de los ciudadanos que residen en cada una de estas. En nuestro país las técnicas de construcción han evolucionado según el momento histórico vivido, al igual que los sistemas constructivos. En este trabajo investigativo se evidencia que el sistema prefabricado Sandino está entre los más idóneos para la construcción por esfuerzo propio debido a sus características.

De ahí que se hace una propuesta de diseño para cubiertas y entrepisos de bóvedas de ladrillo para el sistema Sandino, lo cual indicó ser una solución prácticamente desconocida, pero a la vez factible desde el punto de vista económico, social y medio ambiental en comparación con otras variantes de cubiertas y entrepisos. El resultado obtenido constituye una herramienta para los inversionistas, profesionales y la población en general.

ABSTRACT

When accomplishing an analysis of the problems of the house in Cuba the insufficiency of materials for residential construction manifested itself (cement, sand and steel), in special the ones that destine the covers and mezzanines that are at the same time the structural elements themselves more expensive and complex of constructing. In search of new solutions for the construction, that fulfill the requests of a wholesome and cost-reducing house, he proposes the study of the vaults of earthenware brick for covers and mezzanines as an alternative sustainable.

The habitational typologies define the quality of life of the citizens that reside in every one of these. In our country the techniques of the construction have evolved according to the historic moment lived, just like the constructive systems. In this investigating work it becomes evident than the prefabricated system Sandino is between the most suitable for the construction by his bootstraps due to his characteristics.

So that Sandino prepares a designing proposal for covers and mezzanines of vaults of brick for the system, which indicated to be a practically unknown solution, but to the feasible time from the point of sight economic, social and half-way environmental as compared with other variants of covers and mezzanines. The obtained result constitutes a tool for the investors, professionals and the population in general.

ÍNDICE

	Pág
INTRODUCCIÓN.	1
CAPÍTULO – I: ESTADO DEL ARTE DE LA VIVIENDA EN CUBA, GENERALIDADES Y SISTEMAS CONSTRUCTIVOS.	6
Introducción al capítulo.	6
I.1 Breve reseña histórica de la evolución de los materiales y técnicas de construcción en el mundo.	6
I.2 Antecedentes históricos de la vivienda en Cuba.	7
I.3 Problemática de la vivienda en Cuba.	14
I.3.1 Características del fondo habitacional.	14
I.3.2 Materiales e industria de la construcción.	15
I.3.3 Costo y financiamiento de vivienda.	18
I.3.4 Medio ambiente y vivienda saludable.	20
I.4 Sistemas constructivos utilizados en Cuba.	21
I.5 Sistemas constructivos más utilizados en la provincia de Holguín en los últimos 5 años.	22
I.5.1 Breve descripción del sistema G.P.H.	23
I.5.2 Breve descripción del sistema tradicional.	24
I.5.3 Breve descripción del sistema constructivo Forza.	24
I.5.4 Descripción del sistema Sandino.	25
I.5.4.1 Partes componentes del sistema Sandino.	27
I.5.4.2 Terminaciones e instalaciones.	29
I.5.4.3 Secuencia Constructiva.	30
Conclusiones del capítulo.	31
CAPÍTULO – II: SOLUCIÓN DE CUBIERTA Y ENTREPISO CON LA UTILIZACIÓN DE BÓVEDAS DE LADRILLO.	32
Introducción al capítulo.	32
II.1 Definición y características generales del ladrillo.	32
II.1.1 Formas de colocar el ladrillo y tipos de paredes.	33
II.1.2 Usos, ventajas y desventajas del ladrillo.	33
II.1.3 El ladrillo en Cuba y el ladrillo en Holguín.	35
II.2 Bóvedas de ladrillos.	38

II.2.1 Características técnicas a cumplir para su construcción.	39
II.2.2 Bóveda de ladrillos para entrepisos.	39
II.2.3 Secuencia constructiva.	40
II.2.4 Cálculo de la cimbra.	41
Conclusiones parciales.	42
CAPÍTULO – III: DISEÑO DE LAS BÓVEDAS DE LADRILLO EN CUBIERTA Y ENTREPISOS PARA EL SISTEMA SANDINO.	43
Introducción al capítulo.	43
III.1 Particularidades de la materia prima utilizada en la producción de ladrillos para bóvedas.	43
III.2 Características específicas del ladrillo para las bóvedas.	44
III.3 Mortero y hormigones para la construcción de las bóvedas.	44
III.4 Principales patologías que presentan las bóvedas de ladrillo.	45
III.5 Propuestas de diseño de cubiertas y entrepisos para dos modelos Sandino.	46
III.5.1 Modelo Sandino 1.	46
III.5.2 Modelo Sandino 2.	49
III.6 Solución de impermeabilización.	53
III.7 Valoración económica de las bóvedas de ladrillo.	56
Conclusiones del capítulo.	58
CONCLUSIONES GENERALES.	59
RECOMENDACIONES.	60
BIBLIOGRAFÍA.	
ANEXOS.	

INTRODUCCION

La vivienda siempre ha sido un tema de suma importancia para el desarrollo de toda sociedad. Desde el surgimiento de los primeros habitantes que poblaron nuestras tierras, se evidenció la necesidad de guarecerse de los ataques climáticos, fue entonces que se empezaron a construir las primeras viviendas. A partir de ese momento se consolidó una estrecha relación entre el hombre, la vivienda y el medio ambiente, siendo los techos un elemento primordial en cada una de estas construcciones. Al pasar de los años, en Cuba, los materiales utilizados para los techos evolucionaron, desde el uso de la yagua, el guano y la madera, elementos básicos obtenidos de la naturaleza, luego se pasó a las tejas y losas de barro. Más adelante la losa de hormigón armado y con el triunfo revolucionario y gracias al intercambio económico y social con la URSS se introdujeron los elementos prefabricados, para cubiertas, entresijos y paredes, vigentes aún en nuestros días.

Para la década de los 90, luego de la caída del campo socialista el país entra en el llamado "período especial", una época de mucha escasez y necesidad en todas las esferas de la sociedad, y el sector de la vivienda no se quedó atrás, para ese entonces la construcción de viviendas decreció considerablemente, por lo que urgía buscar una nueva alternativa para resolver los problemas existentes.

En aras de solucionar dichas adversidades se pone en marcha un programa destinado a mejorar la problemática de la vivienda y lograr una vivienda saludable y económica. La construcción de las viviendas de bajo consumo demostró ser la alternativa adecuada, eran fáciles de construir y lo más importante es que tenían un costo mucho menor a las tecnologías antes empleadas, dadas sus características.

Los elementos prefabricados de pequeño formato como el sistema Sandino, favorecen los principios de la vivienda de bajo consumo que no solo son buenas teorías, sino también excelentes propuestas de viviendas para la construcción por esfuerzo propio.

Al pasar de los años se ha conseguido erradicar un poco las dificultades en la construcción de viviendas, se empezó la producción local de materiales, y más adelante la producción por cuenta propia de estos. Aún hay un alto déficit de materiales para la

construcción, los cuales no satisfacen las demandas de la población, en especial los que son destinados para la construcción de cubiertas y entrepisos.

En la actualidad somos afectados en muchas ocasiones por las condiciones del medio ambiente, debido a esto, un sin número de viviendas son dañadas en especial los techos de estas, además todavía hay una gran cantidad de casas con problemas de habitabilidad y existe una notable insuficiencia de materiales para la construcción, lo antes dicho nos lleva a la conclusión que lo mejor sería recurrir a tecnologías alternativas para cubiertas y entrepisos prácticamente olvidadas, como las bóvedas de ladrillo de barro, sin dejar de mencionar que las cubiertas y entrepisos son los elementos estructurales con mayor complejidad técnica y son también los más costosos.

La población, los constructores y los profesionales del sector en general no recurren a las soluciones alternativas para la construcción de viviendas y muchos desconocen la propuesta de bóvedas de ladrillo para cubiertas y entrepisos, pues no tienen conocimiento de cómo diseñarlas y construirlas. Uno de los sistemas constructivos prefabricados más apropiados para la construcción por esfuerzo propio por sus características es el sistema Sandino y las bóvedas de ladrillo para cubiertas y entrepisos pueden ser una solución adecuada a ser utilizada por el sistema de la construcción en Cuba.

De ahí surge un **problema**: ¿Cómo diseñar bóvedas de ladrillos en cubiertas y entrepisos para viviendas Sandino de hasta dos niveles?

Objeto de investigación: La vivienda Sandino con cubierta y entrepiso de bóveda de ladrillo.

Campo de acción: El diseño de bóvedas de ladrillos en cubiertas y entrepisos para viviendas Sandino.

Se determina como **objetivo general**: Diseñar bóvedas de ladrillo en cubiertas y entrepisos para viviendas Sandino de hasta dos niveles.

Los objetivos específicos son:

1-Estudiar el estado del arte de la vivienda en Cuba, sus generalidades y sistemas constructivos.

2-Analizar las soluciones de cubiertas y entrepisos con la utilización de bóvedas de ladrillo.

3-Diseñar bóvedas de ladrillo para cubiertas y entrepisos en viviendas Sandino de hasta dos niveles.

Lo antes expuesto nos lleva a la siguiente **hipótesis:** Si la construcción por esfuerzo propio y la vivienda construida por el estado de Cuba tuvieran al alcance una propuesta específica de como diseñar bóvedas de ladrillo en cubierta y entrepiso para el sistema Sandino, lograrían desarrollar un tipo de vivienda sustentable desde el punto de vista social, económico y ambiental, lo cual cumpliría con las expectativas de los ciudadanos cubanos y acudirían de forma directa a esta solución de cubierta.

Tareas de la investigación:

- 1- Estudiar profundamente el sector vivienda en el país y su problemática, además investigar sobre los sistemas constructivos más utilizados en Cuba a través de los años.
- 2- Analizar las características del ladrillo de barro y de las bóvedas de ladrillo para utilizarlas en cubiertas y entrepisos.
- 3- Realizar el análisis y diseño estructural de las bóvedas de ladrillo en cubiertas y entrepisos para dos modelos de viviendas Sandino.

Métodos de investigación:

- 1- Histórico y lógico: Se estudia la evolución de la vivienda en Cuba y las técnicas constructivas en el mundo.
- 2- La entrevista: Se entrevistan a distintos expertos y profesionales de la construcción para abordar temas que no están expuestos en libros de nuestro alcance.

- 3- Análisis y síntesis: Se estudió la situación actual en que está la problemática de la vivienda en Cuba, y los diferentes sistemas constructivos, extrayendo los conocimientos que puedan aportar a las conclusiones y resultados del estudio.
- 4- Criterio de experto: Para tomar algunas consideraciones que se hicieron a la hora de construir viviendas con el uso de las bóvedas de ladrillo.
- 5- Hipotético - Deductivo: Para la elaboración de la hipótesis de la investigación, y la precisión de las variables de esta.
- 6- Estadístico – descriptivo: Para presentar las informaciones derivadas de los procesos del diseño de las bóvedas de ladrillo y la validación de la propuesta.

Estructura de la tesis:

Capítulo I: Estado del arte de la vivienda en Cuba, generalidades y sistemas constructivos.

Capítulo II: Solución de cubierta y entrepiso con la utilización de bóveda de ladrillo.

Capítulo III: Diseño de bóvedas de ladrillo en cubiertas y entrepisos para el sistema Sandino.

El **aporte de la investigación** es el diseño de cubiertas y entrepisos con bóvedas de ladrillo de barro para el sistema prefabricado Sandino.

La **novedad científica** de la investigación consiste en el diseño de cubiertas y entrepisos con bóvedas de ladrillo de barro para el sistema Sandino, lo cual es una solución apta por sus características de bajo consumo, ahorro de materiales y sostenibilidad económica, ambiental y social, partiendo siempre de la problemática actual de la vivienda en el país.

El informe se conforma de tres capítulos en el primero se analiza la evolución de las construcciones en Cuba, los sistemas constructivos más utilizados (con mayor énfasis en el sistema Sandino) y la problemática de la vivienda vigente en la actualidad. En el segundo se caracteriza el ladrillo junto con las bóvedas de ladrillo en cubiertas y entrepisos. En el tercer y último capítulo se realiza el diseño de cubiertas y entrepisos con bóvedas de ladrillo para dos modelos de viviendas Sandino. Finalmente, se

exponen las conclusiones, recomendaciones, bibliografía consultada y referenciada y los anexos que componen la memoria del trabajo.

CAPITULO I. ESTADO DEL ARTE DE LA VIVIENDA EN CUBA, GENERALIDADES Y SISTEMAS CONSTRUCTIVOS.

Introducción al capítulo

En este capítulo estudiaremos la evolución de las técnicas de la construcción en el mundo, así como el estado del arte de la vivienda en Cuba y las características de los diferentes sistemas constructivos utilizados a lo largo de los años con más énfasis en el sistema prefabricado Sandino. Además de analizar la problemática actual de la vivienda en nuestro país. El estudio está orientado desde una dimensión histórico-teórica.

I.1 Breve reseña historia de la evolución de los materiales y técnicas de construcción en el mundo

Las técnicas de construcción han sido la base del desarrollo de las construcciones en el mundo, estas evolucionaron con el paso de los años y los materiales empleados dependían del lugar donde se asentaran. En Egipto utilizaban la piedra como material principal, sus construcciones eran colosales, realizaban muchos rituales religiosos por lo que construían muchos templos y tumbas y dentro de estas últimas, las pirámides. Algunas de las características de estas obras monumentales eran: vigas sobre soportes verticales, y en los templos empleaban diferentes puntales, con lo que creaban distintas vistas a los espacios interiores. Los egipcios fueron los creadores del sistema columnar.

En Mesopotamia el primer material manipulado para construir fue la arcilla, recurrían mucho al ladrillo cocido y vidriados. La arcilla también la utilizaban en forma de losas y mosaicos para el embellecimiento de las paredes, fue aquí donde se comienza a poner en juego nuevas soluciones como las bóvedas y cúpulas, ya que no poseían suficiente madera para las cubiertas.

En Grecia era el mármol el material esencial, su arquitectura era formal, no le daban tanta importancia a la majestuosidad estructural como al envoltorio externo. Una de las edificaciones simbólicas es el Partenón. Aquí las edificaciones son prácticamente horizontales y emplean el sistema columnar similar al de los egipcios, pero le dan verdadera función de soporte. Las cubiertas eran de madera, inclinadas a dos aguas con pendientes pequeñas y revestidas con tejas o losa de mármol. La exquisitez en las dimensiones es una característica fundamental de las obras griegas. Las

construcciones romanas se hacen sobre la base de experiencias de lo hecho en Grecia, y tienen como elementos componentes significativos que: los dinteles y columnas acogen las órdenes griegas, pero eleva las columnas sobre los pedestales y las lleva del exterior al interior de las construcciones, además de empotrarlas a los muros, utilizan la bóveda y la cúpula cuantiosamente. Crea materiales de concreción y surge el cemento, que era la mezcla de arenas volcánicas, puzolanas, arcillas y calizas, que al añadirles cal y piedras se obtenía el hormigón en su forma más primitiva. En Roma nacen nuevos principios estructurales: el principio dinámico y la existencia de sistemas de fuerzas en acción. Luego de la caída del imperio romano comienza la Edad Media, y aparece un estancamiento en ciertas ramas del desarrollo social. En los primeros siglos de esta nueva etapa las construcciones no tuvieron aportes de relevancia. Las viviendas tenían poco valor arquitectónico y se construían con ladrillos y piedras. Los períodos de mayor movimiento en la arquitectura fueron: el Gótico y el Renacimiento¹.

Las obras de mayor impacto en la época gótica fueron las catedrales. Estas se caracterizaban por la acentuación del eje vertical ascendente, la finura y estiramiento de los elementos arquitectónicos, el estilo de las columnas, los arcos, las livianas bóvedas de finas aristas y la limpieza de las paredes transformadas en inmensos vitrales. Tienen un gran valor los materiales de terminación y ornamentación (madera, yeso y pintura).

Con el Renacimiento y a partir de 1789 se crean nuevos materiales como el cemento actual. A finales de este siglo florece un material que revoluciona las técnicas de construcción: el hormigón armado. Las técnicas constructivas evolucionan constantemente, cobra una gran demanda los elementos prefabricados y surgen nuevos sistemas constructivos, permitiendo el desarrollo de la construcción y la arquitectura.

I.2 Antecedentes históricos de la vivienda en Cuba.

Desde el surgimiento de la humanidad se ha tenido la necesidad de resguardarse de las inclemencias del tiempo por lo que en un inicio utilizaban espacios que les ofrecía la propia naturaleza, como las cavernas y cuevas, las cuales en muchas ocasiones tenían que quitarle a los animales salvajes. La propia necesidad de tener que estar en

¹ Sánchez Rodríguez, Fernando. Introducción a las técnicas de construcción. La Habana, 1990.

constante movimiento en busca de las mejores tierras para cultivar, agua y lugares para cazar, los lleva a la realización de las primeras construcciones, en un inicio considerablemente rudimentarias.

En nuestro país las primeras viviendas construidas fueron las aborígenes utilizaban madera, yagua, bambú y guano en la cubierta, adaptándose de manera extraordinaria al clima y al entorno que las rodeaba, en la mayoría de los casos se comprendían de un solo espacio de variadas funciones y separadas del suelo o no según las condiciones del lugar de ubicación. En esta época las viviendas generalmente se concentraban en comunidades según la cultura, costumbres, tradiciones y desarrollo social alcanzado por los grupos humanos a los que se pertenecía.



Foto 1: Viviendas aborígenes

Con el proceso de conquista y colonización los habitantes de Cuba adquirieron nuevas técnicas, tecnologías y materiales de construcción traídos por los españoles, aunque los bohíos seguían siendo elementos muy característicos en los campos cubanos, pues quedaron como legado de los primeros habitantes y determinado además por las condiciones económicas. El empleo de materiales locales contribuyó al desarrollo de las construcciones, utilizaban la yagua y la madera en las paredes, el piso de cemento pulido esporádicamente y la cubierta de guano con soportería de madera. La población aumentaba en conocimiento y calidad de vida por lo que los habitantes empezaron a sentir la necesidad de una mayor seguridad y comodidad. Fue entonces cuando se emprendieron a construir las primeras villas las cuales se establecieron en lugares que había rocas calizas para la obtención de la cal y sillería, arcillas de la mejor calidad y bosques maderables para de ellos extraer las maderas preciosas. Las edificaciones se adecuaban a los materiales que se les permitía obtener de la naturaleza con mayor facilidad, en dependencia del lugar donde se ubicaban. Debido a esto surgieron algunas tecnologías constructivas como: uso de tierra o material calcáreo y terroso apisonado para pisos, y uso generalizado del guano y escasamente para las tejas criollas no explotadas en las cubiertas. Las construcciones de mayor relevancia fueron las fortificaciones del Castillo

de la Real Fuerza, el Castillo de Los Tres Reyes del Morro y el Castillo de San Salvador de la Punta.

En el siglo XVII en las casas continuó el uso de los techos de guano, aunque en La Habana las paredes eran mayoritariamente de ladrillos o cuando menos de tapia o embarrado. Los materiales constructivos eran los mismos del siglo pasado lo que con mayor calidad. Las soluciones constructivas para esta época eran mucho más provocadoras debido a las experiencias adquiridas por los constructores en obras anteriores.

Las construcciones se caracterizaban por tener paredes repelladas de embarrado o tapia, pisos de hormigón (fragmentos de piedra con mortero de cal, aplastado y pulido con llana) y techos de tejas de barro apoyados en tablones sobre madera maciza, algunos bohíos de esta época sustituyeron las yaguas por madera.

Edificaciones que mostraron rasgos más innovadores y que daban gran seguridad para las ciudades fueron: La Muralla de La Habana, las Fortalezas en La Habana y el Morro en Santiago de Cuba, Torreones de Cojímar, Chorrera y Terrón de San Lázaro.

En el siglo XVIII en las casas de las ciudades las paredes estaban conformadas de mampostería, unión de: los ladrillos, la mampostería ordinaria y tapia. Utilizaban la piedra conchífera extraída de la costa, la cual era un material básico. Además para darle mejor terminación repellaban las paredes por dentro y por fuera. En los techos resaltaba el uso de las tejas y losas de barro y estas últimas en particular tuvo gran aceptación en los pisos. Aunque había avances en la construcción, aún se continuaba el empleo de materiales como el embarrado, las tablas y las yaguas en las paredes de los pueblos y caseríos. En los finales de este siglo en La Habana empiezan a utilizarse cubiertas planas hechas con vigas de madera, encima tablones con un grueso enrajonado superpuesto y arriba losas de barro cocido.

Como un ejemplo de construcción en el siglo XVIII tenemos la Casa del Teniente a Gobernador, una obra de gran importancia del Holguín de aquella época. Con techumbre de maderas preciosas, talladas y pintadas, un arco mixtilíneo, muros de tierra y cujes, carpintería a la española y de cuarterones trabajados y rejas de balaustres de madera.

También tenemos la Casa del Marqués de Arcos, el Palacio de Los Capitales generales y la Catedral de La Habana.

En el siglo XIX hay un gran incremento en las construcciones gracias al aumento de la economía del país por la producción del azúcar. Debido a eso se desarrolló la construcción de ingenios, naves, almacenes e infraestructura portuaria y ferroviaria.

Datos del año 1861 muestran que en Cuba existían 130 690 casas y estaban hechas con los siguientes materiales:

Tabla 1: Materiales usados en el siglo XIX.²

Paredes		Techos	
Material	%	Material	%
Yagua	29	Guano	59
Mampostería	27	Tejas de barro	39
Tablas	24	Teja maní	1
Embarrado	20	Otros	1

En este siglo todavía había un gran uso de la yagua en las paredes y el guano en los techos, materiales utilizados desde las primeras construcciones realizadas por nuestros aborígenes. La mampostería y las tejas de barro ya mostraban un crecimiento con 27 % y un 39 % respectivamente, esta solución de vivienda a pesar de ser mucho menos económica resultaba más duradera.

Se puso de moda en La Habana revestir con revoques de mortero de cal y arena las paredes de los muros de sillería de los edificios. El empleo de nuevas alternativas trajo consigo variados materiales como la cal hidráulica, las tejas de barro planas, también conocidas como tejas francesas, la piedra triturada y balasto, el cemento Portland y el asbesto cemento.

² De las Cuevas, Juan. 500 Años de Construcción en Cuba. La Habana. Servicios Gráficos y Editoriales, S.L, 2001.

En estos años se explotaba el sistema al que llamaban losa-por-tabla. Otras de las nuevas alternativas usadas en este siglo fueron: el hierro, las rejas de madera torneada son sustituidas por el hierro fundido y los pisos cerámicos por los de mármol pulido. Podemos decir que la vivienda del siglo XIX se caracterizó por el portal corrido y el uso profuso de los códigos neoclásicos, y desapareció el entresuelo y la vivienda almacén del siglo XVIII.

Ya en el siglo XX en los años de 1900 a 1958 el desarrollo de las construcciones es notable en comparación con los siglos anteriores en parte por el aumento de la población. Hay una gran difusión de materiales como el cemento y sus derivados, prefabricados decorativos de cemento y de yeso, impermeabilizantes asfálticos, asbesto cemento, el hormigón armado pretensado, falsos techos, pinturas y aislamientos que aunque ya existían en el siglo XIX ahora aumenta su producción y comercialización nacional.

Con el crecimiento de la población muchos pasaron de vivir en los campos para vivir en la ciudad esto impulsó la necesidad de hacer nuevas viviendas, repartos y urbanizaciones. Para lograr mayor tamaño en los edificios se comienzan a usar las estructuras de acero, las cuales hicieron las edificaciones más ligeras, ya no se requerían paredes de un metro, ni siquiera de 60 cm de espesor. Renovaciones tecnológicas de singular importancia para las construcciones fueron otorgadas por el uso del hormigón prefabricado y del premezclado. Se acorta el tiempo de ejecución con equipos de gran potencia: grúas, concreteiras, camiones, compresores, excavadoras, buldóceres.

En la tabla siguiente se expone el estado técnico de las viviendas en la primera mitad del siglo XX, donde prevalecían las casas en mal estado con un 47 %, se evidencia la situación habitacional que presentaba el país en esos años, solo un 13 % eran consideradas en buen estado.

Tabla 2: Estado técnico de la vivienda.³

Estado de la vivienda	Año 1953 (%)	Año 1970 (%)
Malas	47	38
Aceptables	40	45
Buenas	13	17

Para los inicios de la segunda mitad de este siglo hubo un ligero aumento de los hogares en buen estado representado en un 4 % y disminuyeron las que estaban en mal un 9 %, se demostró los avances en la construcción para lograr entre lo posible una mejor calidad de vida hacia los habitantes de Cuba.

Las edificaciones simbólicas de nuestro país levantadas en este período fueron: El Capitolio Nacional (1929), El Palacio Presidencial (1913), La Universidad de La Habana (1913-1927).

Después del triunfo de la revolución en 1959 se pudo demostrar que casi la totalidad de las obras se realizaban en La Habana y el interior del país se encontraba en un estado total de abandono. Fue por esto que la vivienda campesina fue una prioridad y se inicia la incorporación de sistemas constructivos tradicionales a base de mampostería y la utilización del prefabricado debido a la escasez de madera. Esta nueva etapa se considera como de generalización, investigación y desarrollo. Se comenzaron a usar las tecnologías constructivas prefabricadas de pequeño y mediano formato. Hay un gran predominio de la vivienda aislada y uniplanta. Además se perfeccionan tecnologías para la construcción de edificios multifamiliares. Para las cubiertas y entrepisos se emplearán obras de fábrica y losas de hormigón armado y prensado. Implementaron sistemas de grandes paneles muy útiles y de gran envergadura para obras sociales traídos desde los países nórdicos, los cuales fueron transformados a los intereses

³ Idem al 1

cubanos y dieron lugar al sistema Gran Panel 70. Luego aparecen otros sistemas de mayor complejidad y altura.

A partir de 1973, con el aumento en el precio del azúcar, se estrena una etapa de industrialización, que incitó incrementar las capacidades en materiales de construcción: barras de acero, cemento, piedra, arena, etc. Fue en los años de 1970 a 1990 que creció considerablemente la prefabricación en el país.

En los años 90 en Cuba se produce la mayor crisis económica de todos los tiempos, producto de la desintegración de la URSS, la desaparición del campo socialista y el recrudecimiento del bloqueo lo que repercute de forma negativa sobre los planes de construcción de viviendas, más del 75% de los recursos del país se comercializaba con la Unión Soviética. A pesar de eso se asume el reto de continuar la producción de viviendas, por lo cual hubo que recurrir a diferentes alternativas constructivas, las utilizadas en esta etapa fueron:

- Empleo de materiales de bajo consumo energético.
- Predominio del uso de una sola planta.
- Soluciones de cubiertas ligeras con planchas acanaladas o tejas de barro y micro hormigón.

En aras de encontrar la economía se buscan soluciones constructivas duraderas y resistentes como usar menos acero y hormigón para las cubiertas de ahí las cubiertas en forma de bóvedas. Los materiales utilizados eran locales o lo más cercanos posibles, con bajo consumo energético y bajo requerimiento tecnológico.

En esta etapa se veía un crecimiento de viviendas en altura y utilización de sistemas prefabricados de pequeño formato. Un aspecto positivo en esta etapa fue el incremento de la colaboración internacional que permitió la transferencia tecnológica para la producción de materiales y otros componentes con características sustentables.

Podemos llegar a la conclusión que a través de los tiempos la construcción en Cuba se ha ido perfeccionando siempre teniendo en cuenta el momento histórico vivido y acorde a las necesidades existentes aún falta mucho por hacer y aprender pero el legado de los años pasados los tenemos vigentes en el presente . Aún se buscan soluciones y

nuevas alternativas constructivas en especial para las cubiertas y entrepisos pero cada día estamos más cerca de resolverlas.

I.3 Problemática de la vivienda en Cuba

El Programa de la Vivienda está entre las prioridades del sistema socialista en Cuba desde el triunfo revolucionario en 1959. El sector de la vivienda puede tornarse en un motor de arranque del desarrollo y viene a facilitar la mejoría de las condiciones de empleo, ingreso y habitabilidad de gran parte de la población cubana.

I.3.1 Características del fondo habitacional

En el periodo comprendido entre los años 1959 al 2012 el fondo habitacional en Cuba tubo un aumento de un 149% (1 millón 560 mil a 3 millones 885 mil 900 viviendas)⁴ poniendo en evidencia una de las preferencia del nuevo sistema político en nuestro país. Al fondo edificado se le interpreta por tipología habitacional, estado técnico-constructivo, tipología constructiva y ubicación. Se clasifica en siete tipologías constructivas de acuerdo a los materiales constructivos utilizados, siendo la tipología 1 la de mejor calidad constructiva. Según el estado técnico-constructivo y de acuerdo al censo del 2012, se clasifican en buen estado técnico el 65% del contenido poblacional del país, el 20% en estado regular y el 15% en mal estado. El fondo habitacional en Cuba presenta un gran número de viviendas con distintos tipos de carencias ya sean en barrios desfavorables, ciudadelas y cuarterías, lugares donde se ha comprobado la pésima calidad de los materiales empleados, espacios constructivos impropios, infraestructura y servicios insuficientes, todo esto sin la existencia de un programa firme y constante que permita innovar, renovar, restablecer o reconstruir tales viviendas. Las normativas de urbanismo y vivienda no han sido reformadas y evolucionadas, por lo cual se afectan las metodologías e índices de cálculo del déficit habitacional, el reconocimiento de tipologías, composición familiar-habitacional y obstaculiza las nuevas alternativas para soluciones en la vivienda. Los municipios con la peor situación son Habana Vieja y Centro Habana donde hay trabajos emergentes pero no al nivel del problema.

⁴ Perfil de la vivienda en Cuba. 2014 ONU-HABITAT

En Cuba no se encuentra ninguna persona sin vivienda, pero 6 mil 993 familias (21 mil personas) viven en albergues en espera de su solución habitacional definitiva, de ellas 5 mil 619 en La Habana.

En nuestro país las mayores dificultades que presentan las viviendas se localizan en los techos, donde el 48,3% de las casas tienen alguna afectación, un promedio de 1,62, por lo que hay más de una afectación por vivienda. Las patologías que afectan las cubiertas son: derrumbe parcial, filtración, humedad, abofado o desconchado, grietas, aceros expuestos y madera podrida, las más significativas según datos del censo realizado en el 2012 son: filtraciones (37,2%) y humedad (18,1%). En columnas, vigas y arquivadas el 43,3% de los hogares presentan alguna afectación, de estas el 12% son grietas o rajaduras. Las provincias con mayor número de daños en los techos son Santiago de Cuba, Isla de la Juventud y Camagüey con el 59,9; 55,5 y 54,6% respectivamente. La provincia de Holguín con un 45,1 % de viviendas con afectaciones en los techos esta entre las que menos presenta en comparación con las demás provincias, pero en general hay muchos problemas en las edificaciones del pueblo cubano, debemos analizar y tratar de corregir tales inconvenientes, ya sea cuestión de la calidad de los materiales o mano de obra.⁵

I.3.2 Materiales e industria de la construcción

Desde el año 2010 el gobierno cubano liberó la venta de materiales de la construcción a la población como vía para solucionar algunos de los problemas en el sector de la vivienda. Aunque la nueva ley ha reportado muchas ventajas aún hay muchas limitaciones, donde está la disponibilidad de materiales para la construcción en diversidad y cantidades suficientes para proveer las tiendas minoristas de comercio, así como para dar respuesta a las demandas del sector cuentapropista y asegurar los planes estatales.

Las restricciones económicas y el atraso tecnológico impiden el desarrollo de la base técnico-material del sector de materiales de construcción, con elevados gastos energéticos y niveles de contaminación ambiental. La principal tarea a realizar hoy en día es hallar un equilibrio sano entre los materiales tradicionales (ladrillo, piedra de

⁵ Censo 2012.Emp.Estadística municipal

cantera, cal, cementos puzolánicos), los materiales modernos (concreto, láminas de fibrocemento) y los materiales alternativos (ferrocemento, bambú, puzolana, tejas Tevi). Solo en la combinación de todas las opciones disponibles se puede satisfacer la enorme demanda en materiales y no en la selección basada en dos o una sola alternativa.

La producción de materiales esparcida a nivel municipal sigue siendo insuficiente para afirmar la sustentabilidad del Programa constructivo de la Vivienda. Entre las contrariedades esta que no se aprovechan al máximo todos los espacios instalados en los municipios, tanto la de fábricas y talleres de materiales, como la de plantas de producción de elementos prefabricados. La ineficacia en la producción de elementos esenciales para las viviendas no permite disminuir el déficit del surtido nacional de productos imprescindibles como lo son los techos, elemento muy vulnerable ante la aparición de huracanes. Hay una alta demanda de materiales, para la construcción en general y para la vivienda en particular que no logra ser satisfecha por la producción y distribución local/nacional.

Tabla 3. Materiales predominantes en pisos⁶

Provincias	Materiales Predominantes					
	Total	Losa Cerámica o Mosaico	Cemento	Madera	Tierra	Otro
Cuba	100%	57,8	34,3	0,4	7	0,5
Holguín	100%	42,1	42,8	0,9	13,7	0,5

En Cuba los materiales que más se utilizan en los pisos son la losa cerámica o mosaico, el cemento, la madera, tierra, entre otros. Los más usados son la losa cerámica y el cemento, en el país el 92,1 % de las casas recurren a estas soluciones de piso y en Holguín el 84.9 %, es decir casi la totalidad de las viviendas. Todavía en nuestra provincia hay un alto número de casas que aún utilizan pisos de madera (0,9%) y tierra (13,7%), en total el 14,6 % muy por encima de la media nacional que es de 7,4

⁶ Censo 2012.Emp.Estadística municipal

%, estos no cumplen con los criterios de lograr una vivienda saludable pues los pisos de tierra son perjudiciales para la salud de quienes los habitan.

Tabla 6. Materiales predominantes en techos⁷

Provincias	Materiales Predominantes								
	Total	Placa o losa de hormigòn	Vigas o losa	Madera y tejas	Madera y papel embreado	Plancha de fibrocemento	Plancha metàlica	Madera y guano	Otro
Cuba	100%	50,4	1,9	8	1,9	21,3	11,1	4,6	0,8
Holguín	100%	43,7	0,7	3,9	2,1	21,6	14,8	12,2	1,1

Los techos son componentes primordiales en la estructura de todas las edificaciones pues estos son los que nos protegen de las inclemencias del tiempo. Los principales materiales empleados en las cubiertas de las viviendas en Cuba son la placa o losa de hormigòn, vigas o losas, madera y tejas, madera y papel embreado, planchas de fibrocemento, planchas metàlicas, madera y guano, entre otros. La mayoría de las viviendas recurren a la losa de hormigòn, aunque en Holguín hay un menor por ciento en comparación a la totalidad de las casas en el país, con una diferencia de un 6,7%. El uso de las vigas (0,7%) y la madera con tejas (3,9%) es menor en nuestra provincia que lo promediado en el país, mientras los demás materiales como las planchas de fibrocemento y las metàlicas está por encima con un 0,3 y 3,7 % respectivamente, no siendo algo positivo pues estas son muy vulnerables ante la presencia de huracanes. La madera y el guano también tienen un elevado empleo (12,2 %) y aunque parezcan ser más débiles a los desastres naturales no es cierto, son más resistentes que los antes mencionados.

⁷ Censo 2012.Emp. Estadística municipal

Tabla 7. Materiales predominantes en paredes exteriores⁸

Provincias	Materiales predominantes					
	Total	Hormigòn , bloques o ladrillo	Madera	Adobe o embarre	Tabla de palma	Otros
Cuba	100%	78,1	15	0,5	5,6	0,8
Holguìn	100%	65,5	20,9	1,1	11,7	0,8

Las paredes es otro de los componentes imprescindible en las viviendas tiene como función proteger y delimitar el espacio interior del medio circundante. Este elemento es de suma importancia pues es el encargado de soportar las cargas emitidas por la cubierta y entresijos. Los materiales predominantes en las paredes o muros de los domicilios en Cuba son el hormigòn, bloque o ladrillo (78,1%), madera (15%), adobe o embarrado (0,5%), tabla de palma (5,6%), entre otros (0,8%). El hormigòn junto con los bloques y los ladrillos son los materiales más resistentes y duraderos, la provincia está por debajo de la media nacional en un 12,6% una diferencia significativa, mientras que con los otros materiales está por encima con: madera (5,9%), adobe o embarre (0,6%), tabla (6,1%). Esto es algo que caracteriza la calidad de vida de muchos ciudadanos cubanos.

I.3.3 Costo y financiamiento de vivienda

El Estado ha tratado de buscar nuevas soluciones a todas las limitaciones existentes en diversos núcleos familiares, pues las bases del cálculo del valor, así como el precio legal de las viviendas que construye no se corresponden con su costo de producción, se establece así un atraso perjudicial para todos los involucrados en el proceso productivo de la vivienda, con efectos negativos en el mercado habitacional. Además los elevados precios de los materiales e insumos para la construcción de la vivienda influyen en su alto costo final y entorpecen inmensamente las iniciativas constructivas por esfuerzo propio de la población. Las formas de cálculo de costos de producción y de los valores finales de la vivienda son antiguas y originan un descontento entre los valores de subsidio y el ingreso familiar de los beneficiarios que acaba por crear más

⁸ Censo 2012.Emp. Estadística municipal

distorsiones en el aporte financiero del gobierno a las familias necesitadas. En el presente el valor mínimo de una casa fabricada por esfuerzo propio oscila entre 130 mil y 160 mil pesos⁹.

Entre las vías para la obtención de materiales de la construcción a personas naturales de bajos recursos están los subsidios. Actualmente existen más solicitudes de subsidios que financiamiento para otorgarlos, fue por esto que se estableció que de acuerdo al financiamiento disponible se harían como mínimo dos convocatorias anuales para la recepción de solicitudes de la población con el propósito de autorizar al subsidio. El financiamiento disponible para el subsidio se corresponde con el 60% del impuesto recaudado sobre la venta en la comercialización de materiales de construcción en las provincias¹⁰.

Sobre la transmisión de la propiedad de las viviendas concedidas por el Estado y las células básicas habitacionales construidas por esfuerzo propio de la población con subsidio del Presupuesto del Estado se establecen nuevas regulaciones, pues se han descubierto casos de beneficiados que con la ambición de ganancias han vendido sus viviendas a altos precios, transformando el objetivo social de resolver sus problemas habitacionales.

Como vía para motivar la construcción por esfuerzo propio de la población muchas viviendas que se ejecutaban por la vía estatal fueron paralizadas. Esto ha provocado un deterioro de las edificaciones, pues se paralizaron recursos financieros y materiales que en su momento estaban destinados a las necesidades habitacionales. Por estos motivos en este año y como única vez se decidió entregar 16 887 viviendas estatales en ejecución a personas naturales que acepten su terminación por esfuerzo propio mediante el pago del valor de transferencia. Además está autorizado la compraventa y donación ante notario, con el pago de los impuestos asociados a estos actos, a razón de un 4%. Para determinar el valor referencial de la vivienda se tendrá en cuenta: número de dormitorios, tipología constructiva, facilidades urbanísticas y la importancia

⁹ Perfil de la vivienda en Cuba. 2014 ONU-HABITAT

¹⁰ . Puig, Yaima. Periodista, artículo periódico Granma 'Desarrollo habitacional: nuevas regulaciones jurídicas'. (Abril 2017)

de los asentamientos, así como la existencia de garajes o vallas de parque, patio y jardines.

I.3.4 Medio ambiente y vivienda saludable

Cuba es uno de los países que más apuesta por el concepto de la vivienda saludable en el mundo, la que se especializa en resguardar el bienestar y la vida de todos sus habitantes frente al medio ambiente natural y también el construido. Al no cumplirse las reglas y normas de edificación, iluminación, ventilación así como la improvisación constructiva, queda evidente la debilidad del control urbano y de las construcciones que producen incertidumbre y al mismo tiempo restringen la consumación de las soluciones para una vivienda saludable. El manejo de residuos sólidos urbanos y las prácticas obsoletas de recogida y gestión de restos son incorrectos, crean condiciones de perjuicio y no facilitan el desarrollo de una cultura de reciclaje. También se identificó que el tratamiento de residuos líquidos es inadecuado en muchas zonas urbanas donde hay riesgo de contaminación de las cuencas subterráneas de abasto y pueden causar la trasmisión de enfermedades a los habitantes. Ministerios del país intervienen continuamente en la descontaminación de bahías, mediante programas establecidos para eliminar residuos dañinos. Hay que mantener las condiciones higiénico-sanitarias en todos los hogares como alternativa para apoyar la lucha antivectorial. En estudios realizados en algunas localidades del país se comprobó que los diseños de las viviendas construidas con Petrocasas y otras tipologías de prefabricado, no se ajustan a las condiciones cubanas ni cumplen las normas sanitarias y arquitectónicas establecidas.

El país es reconocido mundialmente por los adelantos en la reducción de gases de efectos invernaderos expuestos por la infraestructura de las industrias. No obstante en el sector residencial se producen manifestaciones de gases contaminantes debido a la dependencia energética de fuentes no renovables, al déficit de vegetación forestal en las urbanizaciones, y a otros factores. Como solución a corto plazo se proyecta la construcción de asentamientos que servirán de energías limpias.

I.4 Sistemas constructivos utilizados en Cuba

Luego de la victoria revolucionaria del gobierno cubano en enero de 1959, en busca de una mayor producción de viviendas, donde se acorten los tiempos de trabajos, así como el uso de la mano de obra y alcanzar una mayor economía del proceso constructivo se fundan los sistemas constructivos en su gran mayoría totalmente prefabricados.

Los sistemas constructivos utilizados en Cuba a lo largo de los años han sido muchos, todos han resuelto problemas de habitabilidad y calidad de vida de muchas personas. Estos se clasifican según la función social que van cumplir.

Los sistemas para edificios multifamiliares semiprefabricados son:

- Serie E-14
- Serie SP-72
- Serie SP-79
- Serie SP-80

Los sistemas para viviendas unifamiliares son:

- Los sistemas tradicionales
- Sistemas prefabricados y sistema Sandino

También están los sistemas para edificios multifamiliares Gran Panel y dentro de estos están:

- Gran panel soviético
- Gran panel IV
- Gran panel VI
- Gran panel 70
- Gran panel modificado o Gran panel Holguín

Además están los sistemas LH y el IMS que también son sistemas constructivos para viviendas.

Los sistemas empleados para obras sociales son: sistema Girón, CENSA, SMAC, SAE, SPL, VICA y el Lift-slab.

I.5 Sistemas constructivos más utilizados en Holguín en los últimos 5 años

Según datos oficiales de la Dirección de Vivienda provincial, los sistemas constructivos más utilizados en la provincia de Holguín en los últimos 5 años son:

- Gran panel Holguín(GPH)
- Sandino
- Convencional con cubierta pesada
- Convencional con cubierta ligera
- Forza.
- Madera y cubierta ligera.

Tabla 8. Viviendas construidas por el estado en los últimos 5 años en la provincia de Holguín¹¹

Sistema constructivo	Año 2012	Año 2013	Año 2014	Año 2015	Año 2016
Gran Panel	160	104	127	187	134
Sandino	304	155	127	177	95
Convencional cubierta pesada	441	473	436	363	180
Convencional cubierta ligera	922	766	460	286	157
Forza	0	85	90	108	91
Madera y cubierta ligera	346	219	174	1	0
Otros	0	4	101	0	86

Tabla 9. Viviendas construidas por esfuerzo propio en la provincia de Holguín¹²

	Año 2012	Año 2013	Año 2014	Año 2015	Año 2016
Esfuerzo propio total	1123	1333	1424	476	1236

La tabla 8 demuestra la implementación de la política estatal de estimular la autoconstrucción, disminuyendo el número de viviendas construidas por el estado desde el 2012 hasta el 2016 en más de 1430 viviendas. Por otra parte se consolida el

¹¹ Vivienda provincial Holguín. Modelo 21.

¹² Vivienda provincial Holguín. Modelo 20

aumento sostenido de las viviendas construidas por la población, aunque en años como el 2015 las cifras decrecieron.

I.5.1 Breve descripción del sistema G.P.H

El sistema constructivo G.P.H es un sistema formado por losas y paneles de hormigón prefabricado, para edificios de viviendas hasta cinco plantas, con modulación de 2,20m, 3,20m y 4,05m, predominando la luz de 3,20m. Las losas se apoyarán en sus cuatro bordes en la generalidad de los casos. Todos los



Foto 2: Viviendas G.P.H

paneles son de carga de 0,10m de espesor y se clasifican según sus dimensiones, en interiores (3,09m x 2,45m x 0,10m) y exteriores (3,19m x 2,45m x 0,10m) y en reforzados y no reforzados de acuerdo a su ubicación. Todas las losas son de 0,09m de peralte, planas y macizas, simplemente apoyadas en los paneles. Se clasifican según su función (entrepiso, cubierta, escalera) y dimensiones. Este sistema constructivo presenta cuatro tipos de juntas típicas: juntas entre paneles, juntas entre losas, juntas entre paneles y losas, juntas entre el panel complementario y la losa de cubierta. El sistema constructivo G.P.H no fue diseñado para carga sísmica; debe tenerse esto en cuenta para su ubicación¹³.

Los objetivos del sistema Gran Panel Holguín (G.P.H) son:

- Reducir lo máximo posible las maniobras del proceso productivo
- Agilizar y facilitar el montaje de los elementos prefabricados, empleando técnicas de producción industrial innovadas en el país y de poca inversión
- Ahorrar los materiales básicos como el cemento, el acero, la madera, cables eléctricos y conductos PVC, tratando siempre de utilizar los que son producidos en nuestro país
- Producir los elementos en las plantas actuales donde se hacían el GP-IV y el GP-VI, ya que es una combinación de estos y a la vez aprovechando su base técnico material

¹³ Catálogo de sistemas constructivo de grandes paneles prefabricados Holguín (G.P.H). Vértice

- Fusionar la prefabricación con trabajos de albañilería para lograr diferentes variantes y diseños, agradables a la vista del cliente

I.5.2 Breve descripción del sistema tradicional



Foto 3: Viviendas tradicionales

Los sistemas tradicionales se caracterizan por ejecutarse sus muros a base de ladrillos en citara de 0,15m o de bloques de hormigón de 0,20m apoyados en cimentación corrida con zapata de hormigón armado sobre una de hormigón ciclópeo con 30 % de rajón¹⁴. Este es el sistema más común utilizado para

viviendas por esfuerzo propio por la fácil manipulación de sus elementos componentes, económicos y accesibilidad en el mercado ya sea estatal o cuentapropista. La mayor dificultad para este sistema es la cubierta, ya que hacerla in situ provoca un gran gasto madera para el encofrado y mucho trabajo artesanal. Algunas variantes de cubiertas son:

- Cubierta con planchas de fibrocemento
- Cubierta con planchas metálicas.
- Cubierta constituidas por bovedillas aligeradas de cerámica.
- Cubierta de vigas y losas.
- Losas siporex reforzadas.
- Entre otras.

I.5.3 Breve descripción del sistema constructivo Forza

El sistema prefabricado Forza en la provincia de Holguín se utiliza en la construcción de viviendas, tienen hasta 5 niveles, son resistentes a efectos meteorológicos de gran envergadura pues son antisísmicos. La cimentación que emplean es: cimentación balsa, con hormigón de 25 MPa y 2 malla de acero de 5/8". Los puntales para este tipo de vivienda son: 2,62 m para el primer nivel, 2,46 m del segundo al cuarto nivel y 3,25

¹⁴ Sistemas constructivos utilizados en Cuba. Tomo I. Luis Medina Sánchez. La Habana 1986

m para el quinto nivel. Las fundiciones de la edificación son de hormigón monolítico (se funden las paredes y cubierta juntos), las instalaciones eléctricas están incluidas dentro de estas y posee tuberías para las comunicaciones y la salida de la antena, que se ubican en la sala y las habitaciones. El ciclo de fundición de una vivienda es cada 2 días entre encofrado, colocación de la malla con las distintas instalaciones, fundición y el desencofrado. El encofrado es con formaletas

(moldes de 0,60 x 2,45 m) de aluminio, se utiliza la malla electrosoldada para las cubiertas y los muros. En la cubierta disponen de una base para tanque que está compuesta por 2 losas spiroll y muros de bloque. La carpintería es de aluminio lacado para puertas exteriores y ventanas, las puertas interiores son de p.v.c. Se enchapa con azulejo la cocina (toda la meseta y



Foto 4: Viviendas Forza

1,20 x 1,40 m donde se coloca la cocina eléctrica) y el baño (1,40 x 2,00 m) además las instalaciones hidráulicas cuentan con agua fría y caliente. El piso es de gres. A la estructura en general se le aplica masilla en la parte interior. Las pinturas empleadas son: Hempadeco Moon blanco (cubierta), Hempadeco liso de colores varios (paredes interiores) y Hempadeco rugoso de colores varios (paredes exteriores). Después de configurada la edificación se cubre con impermeable (MAPELASTIC) los hoyos de las corbatas y las uniones de entrepiso. En la cubierta el impermeabilizante colocado es la manta simple y granulada. La altura total de estas construcciones oscila en los 13,50 m¹⁵.

I.5.4 Descripción del sistema Sandino

El sistema de prefabricación de pequeños paneles Sandino empezó a desarrollarse en Cuba a partir de la década del 40. Tiene como característica fundamental su bajo nivel de mecanización y economía de la inversión.

¹⁵ Entrevista al ingeniero Josué Pérez. UCM



Foto 5: Viviendas Sandino

Es una solución constructiva de elementos de hormigón, sencillos, ligeros, económicos y de fácil manipulación y montaje, los elementos fundamentales de cierre (columna y panel), se complementan con elementos de cimientos, cubiertas y entrepisos, así como marcos de puertas y ventanas. Tiene como ventaja que todos sus elementos componentes pueden ser levantados y colocados por dos personas, sin la necesidad de recurrir a recursos mecánicos ya que sus pesos oscilan alrededor de los 65 kg. Los elementos son pre moldeados en la fábrica y transportados al lugar. Vigas con vasos para el alojamiento de las columnas constituyen el cimiento, las cuales son colocadas sobre dados de concreto hormigonados. La modulación entre ejes de columnas es de 1.04 m y en el espacio entre ellas se colocan 5 paneles de hormigón, cerámico o ventanas. Los paneles de pared con dimensiones de 945 x 468 x 62 mm son sin refuerzo y las columnas de 110 x 110 mm de grosor y una altura de 2435 mm ligeramente armadas se hacen de concreto hormigonados de altas resistencia y tienen una superficie pulida.

Puede ser usado para la construcción de edificaciones de una o más plantas. Se pueden utilizar diferentes tipos de cubiertas y entrepiso lo que posibilita una rápida ejecución, económica y con ahorro de materiales. Esto propicia la participación de la población en la autoconstrucción supervisada por expertos de sus viviendas que emplean este sistema. Al buscar la forma de adaptar el sistema a las nuevas exigencias del momento se le añaden dos variantes más de cimentación, bloque canal sobre ciclópeo y vasos prefabricados, además de seguir usando la zapata corrida tradicional. El puntal libre será de 2,5 m mientras que las luces empleadas serán de 3,12 y 4,16 m. Las vigas de cerramientos son de hormigón armado moldeado "in situ" con dimensiones dadas por el proyectista en dependencia de la solución del tipo de cubierta y entrepiso seleccionado. Las características técnicas y estructurales de los elementos y el sistema así como su comportamiento estructural han sido verificados mediante ensayos físicos mecánicos en los laboratorios del Centro Técnico para el Desarrollo de Materiales de Construcción, donde se archivan los informes de los ensayos. La manipulación y

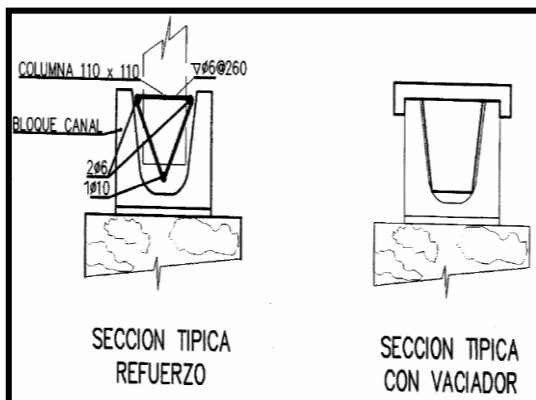
montaje de los componentes del sistema se realizan manualmente. La transportación no requiere medios especializados, facilitando la construcción por esfuerzo propio.¹⁶

I.5.4.1 Partes componentes del sistema Sandino

Cimiento prefabricado, in situ o mixto, paredes con columnas de hormigón armado de 110 x 110 mm, y paneles de hormigón simple. Cerramiento hormigón nado “in situ” y cubierta y entrepiso de semiviguetas y bovedillas de hormigón, cerámica o tejas, losa canal y viguetas y plaquetas, aunque por la flexibilidad de este sistema es posible el uso de otro tipos de cubiertas.

El sistema Sandino tiene tres variantes básicas de cimentación y son:

a) Bloque canal sobre ciclópeo.



Se basa en un hormigón ciclópeo (si lo requiere en dependencia al tipo de suelo) que recibe los bloques canal de hormigón simple de 240 x 195 x 500 mm, colocados con arena y cemento 1:4. Estos bloques forman un encofrado perdido, con la ventaja de no necesitar madera en la cimentación. Dentro se coloca el refuerzo de

Foto 6: Bloque canal sobre ciclópeo

acero que consta de 3 barras corridas y aros triangulares de Ø 6 mm, distribuidos según criterios del calculista. Los vaciadores de acero o madera se ajustan al bloque canal distribuyéndose cada 1040 mm, 780 o 520 mm según los espaciados dados en el proyecto, sirviendo de dispositivo para producir el alojamiento o reservación de las columnas, después se coloca el hormigón de resistencia característica (según requiera el proyecto), con el cuidado de recuperarlos vaciadores después de terminar completamente el fraguado del hormigón y comenzar el endurecimiento, aproximadamente de 2 a 3 horas de comenzar el hormigonado.

¹⁶ Sistema constructivo Sandino PF. Manual de instrucciones para el diseño y construcción. MICONS. La Habana 2007.

b) Vasos prefabricados.

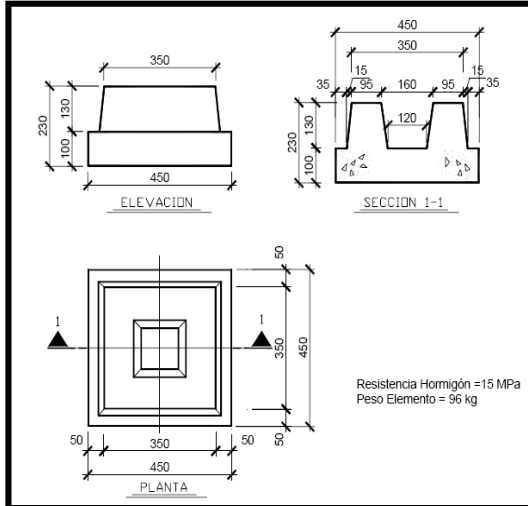


Foto 7: Vasos prefabricados

El sistema posee una cimentación aislada prefabricada de hormigón en forma trapezoidal, capaz de soportar edificaciones de hasta dos plantas en terrenos cuya resistencia sea superior a 0.15 MPa (1.5 Kg/cm²). Este tipo de cimentación aislada para la modulación del Sandino posibilita, en primer lugar un sustancial ahorro de acero, hormigón y madera, el empleo de la prefabricación y una rápida ejecución de la

obra. Resulta la más económica por no requerir acero, pero se limita a dos plantas y un suelo apropiado. Las uniones entre los elementos o los vasos de cimentación y las columnas prefabricadas se efectúan a través del alojamiento previsto en el cuerpo de la cimentación prefabricada.

c) Zapata corrida tradicional.

Es la solución tradicional de zapata corrida con hormigón armado, dejando los alojamientos para las columnas. Las dimensiones y refuerzo varían según el suelo y número de pisos. El equipo de proyecto puede seleccionar otro tipo de cimentación, pero siempre dejando el alojamiento de las columnas.

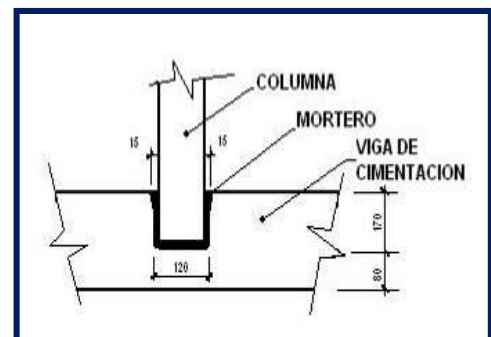


Foto 8: Zapata corrida tradicional

Las paredes del sistema están formadas por columnas y tabletas de hormigón prefabricadas de hormigón armado de 110 x 110 mm de sección, presentan cajuelas por donde se deslizan los paneles de hormigón de 485 mm de altura nominal y con longitudes básicas 420, 680 y 940 mm, lográndose con ello mayor flexibilidad del sistema en planta. Las columnas se presentan en un surtido capaz de satisfacer la continuidad longitudinal en “L” y en “T”. La ubicación de columnas de hormigón armado conjuntamente con los paneles cada 1040, 780 y 520 mm otorga desde el punto de vista del comportamiento estructural una gran durabilidad al sistema, verificada está en ensayos realizados al efecto en el Centro Técnico para el Desarrollo de los Materiales

de Construcción. Desde el punto de vista de ejecución, el empleo de paneles Sandino de hormigón entre columnas de hormigón armado agiliza sustancialmente la construcción de las paredes de la vivienda y el ahorro de material. Para la colocación del primer panel Sandino entre las columnas es necesario prever la aplicación de una película impermeabilizante sobre la cimentación con vista a impedir el paso de la humedad del terreno por capilaridad a la pared. Esta película impermeabilizante puede consistir en una pintura asfáltica, polietileno de alta densidad, papel de techo u otro material adecuado.

El Sandino puede emplear diferentes tipos de cubierta y entepiso, preferentemente los siguientes:

- Semivigueta de hormigón pretensado o armado y bovedillas de hormigón, o cerámica.
- Losa canal de hormigón armado
- Viguetas y plaquetas de hormigón armado
- Losas de hormigón celular
- Tejas acanaladas de fibrocemento (solo para cubierta)
- Canalón de fibrocemento (solo para cubierta)
- Tejas TEVI (solo para cubierta)
- Cubierta de hormigón armado fundida in situ
- Entre otras

I.5.4.2 Terminaciones e instalaciones

Las paredes no requieren repello, en baño y cocina se emplearán azulejos ó estucados, según consideraciones económicas. Los otros materiales de terminaciones como losas de piso, carpintería, impermeabilización, etc. serán escogidos según el proyecto y el inversionista.

Las instalaciones hidráulicas, sanitarias y eléctricas estarán colocadas por el relleno de piso y la cubierta, podrán ser de PVC u otro material, según especificaciones del proyecto ejecutivo. En el área del baño y cocina se proveerá de agua fría o caliente acorde a las especificaciones del proyecto ejecutivo.

I.5.4.3 Secuencia Constructiva.

1. Excavación y colocación del hormigón ciclópeo.
2. Colocación sobre ciclópeo de los bloques canales de zapata con arena y cemento.
3. Colocación de acero de refuerzo.
4. Colocación de los vaciadores para los alojamientos de las columnas.
5. Vertido de hormigón de gravilla en zapata.
6. Retirar los vaciadores después de 2 a 3 horas de hormigonada la zapata.
7. Montaje de columnas prefabricadas en los alojamientos dejados en la zapata.
8. Colocación del mortero para la unión de cimientos y columnas.
9. Inserción de los paneles Sandino.
10. Construcción de los cerramientos moldeados "in situ".
11. Replanteo y colocación de las semiviguetas pretensadas u otra solución entrepiso.
12. Colocación de las instalaciones hidráulicas, sanitarias y eléctricas en entrepiso.
13. Colocación de las bovedillas de hormigón, poliestireno o cerámica.
14. Colocación de las instalaciones eléctricas de la cubierta según sea de 1 ó 2 plantas.
15. Encofrado de los aleros.
16. Colocación de acero y hormigonado de la carpeta de la cubierta y los aleros.
17. Impermeabilización de cubierta.
18. Revoques de techo.
19. Montaje de la fenestración.
20. Rehincho interior y atesado de piso.
21. Colocación de las instalaciones hidráulicas, sanitarias y eléctricas con todos los accesorios y equipos para la terminación de cada una de las instalaciones.
22. Colocación de azulejos, piso y rodapié.
23. Hormigonado de las aceras.

Los puntos del 1 al 5 varían según la solución de cimentación en el caso de los vasos prefabricados se realizan las operaciones siguientes:

Las operaciones para los vasos de cimientos aislados son:

- Realizar el replanteo de los vasos y proceder a la excavación hasta una profundidad de 230 mm.
- Limpiar el fondo de la excavación y colocar un hormigón de nivelación de 10 MPa.
- Extraer todo el material producto de la excavación del área de la obra.
- Se marcarán en cada vaso de las esquinas los ejes extremos y posteriormente los restantes.
- Se colocarán hilos de nylon en ambas direcciones y con una vitola se comprobarán todos y cada una de las alturas de los vasos en su borde superior.
- Se procederá a nivelar todos los fondos de los vasos y las diferencias se tomarán con mortero.

Conclusiones parciales

- En Cuba existe un déficit significativo de materiales para la construcción de cubiertas y entrepisos de acuerdo a las demandas de la población.
- El Sandino es uno de los sistemas prefabricados ligeros con grandes potencialidades para la autoconstrucción.
- La utilización de los diferentes tipos de cubiertas ligeras en Cuba otorgan vulnerabilidad a la vivienda por el embate de eventos climatológicos.

Capítulo II. SOLUCIONES DE CUBIERTAS Y ENTREPISOS CON LA UTILIZACIÓN DE BÓVEDAS DE LADRILLO.

Introducción al capítulo

En el siguiente capítulo se abordarán temas relacionados con el ladrillo en general. Además se expondrán características de las bóvedas de ladrillo para cubiertas y entrepisos, empleando métodos investigativos como la entrevista a profesionales.

II.1 Definición y características generales del ladrillo

Según la NC 360-2005 el ladrillo es una pieza generalmente ortoédrica, utilizada en construcción, cuya dimensión máxima sea igual o inferior a 29 centímetros (cm). Esta norma abarca otras definiciones del ladrillo como son:¹⁷

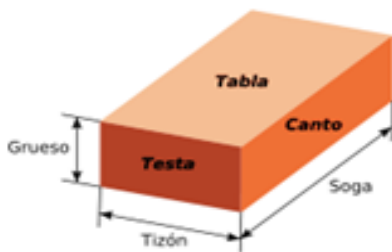


Foto 10: Forma del ladrillo

Ladrillo manual: Ladrillo moldeado manualmente o mediante un proceso de moldeo mecánico que intenta simular las deformaciones e imperfecciones de los ladrillos hechos a mano.

Ladrillo de arcilla cocida: Ladrillo obtenido por moldeo, secado y cocción a temperatura elevada de una pasta arcillosa.

Ladrillo rugoso: Ladrillo que presenta en sus caras vistas, protuberancias o rugosidades con

la finalidad de conseguir una estética singular. Dichas rugosidades deberán ser de tal magnitud que no permitan su forma y dimensiones con precisión de 1 milímetro (mm).

Ladrillo de cara vista (V): Ladrillo que se utiliza sin revestir.

Ladrillo para revestir o tosco (NV): Ladrillo que se utiliza con revestimiento.

El ladrillo tiene la forma de un prisma rectangular, sus dimensiones reciben el nombre de soga, grueso y tizón y las distintas caras del ladrillo se nombran tabla, canto y testa.

¹⁷ NC 360:2005 Ladrillos cerámicos de arcilla cocida. Requisitos.

Existen distintas clasificaciones del ladrillo basado en lo escrito en la NC 360-2005, en ella aparecen tres tipos de ladrillos:

Macizo: Se designa con la letra M, es el ladrillo sin perforaciones o con perforaciones en tabla de volumen no superior al 10%

Perforado: Se designa con la tabla P, es el ladrillo con perforaciones en tabla de volumen superior al 10%

Hueco: Se designa con la letra H, es el ladrillo con perforaciones en canto o testa, ninguna de las perforaciones tendrá una superficie mayor de 16 cm².

II.1.1 Formas de colocar el ladrillo y tipos de paredes

El ladrillo puede colocarse de disímiles maneras las más conocidas son:

- Ladrillo colocado a Soga (cuando está colocado con su mayor longitud paralelo al cordel en el mismo plano)
- Ladrillo colocado a Tizón (cuando el ladrillo está colocado con su mayor longitud perpendicular al cordel)
- Ladrillo colocado a Soga y Tizón (es la combinación de ambos)

Los tipos de paredes de ladrillos son:

- Citara (el ladrillo se coloca a soga sobre su ancho, el mortero que utiliza es: 1 cemento, 4 arena, 2 recebo)
- Citaròn (tiene una hilada de ladrillos colocados a soga y la otra a tizòn, el mortero empleado es: 1 cemento, 5 arena, 3 recebo)
- Alicatado (el ladrillo se coloca a soga sobre su espesor, el mortero que se utiliza para este tipo de muro es: 1 cemento, 3 arena, 10% polvo de cal)

II.1.2 Usos, ventajas y desventajas del ladrillo

Al pasar de los años el ladrillo se ha utilizado en diversas actividades de la construcción, en cerramientos, fachadas y particiones siendo un elemento casi imprescindible en las viviendas en Cuba. También se ha empleado en la construcción de muros, paredes y tabiques. No es solo un elemento de cerramiento perimetral de espacios arquitectónicos ya que se ha usado en obras como puentes y en algunos años hasta en techos. Tiene gran uso en soluciones de cubiertas y entresijos como las bóvedas, es un material de ilimitadas posibilidades.

El ladrillo posee pocas desventajas entre las que presenta están:

- Largas jornadas de trabajo, pues al ser un elemento de pequeño tamaño necesita mayor tiempo para la terminación de las obras que lo utilizan.
- Consumo de combustible y energías.
- Lograr que el ladrillo tenga la calidad requerida para su correcto funcionamiento.

Entre las ventajas que tiene el uso del ladrillo podemos decir que están:

- Durabilidad: es un material que supera a muchos otros a través del tiempo, prácticamente no se deforma al ser sometido a una carga permanente.
- Fácil colocación y modulación, incrementando la productividad.
- Altas resistencias físicas y químicas que son determinadas por la materia prima y reforzada por el proceso de cocido a temperaturas muy elevadas, estos productos se caracterizan por ser excelente regulador de la humedad, alta resistencia a la compresión y a la flexión, así como al fuego y a los ácidos.
- Instalación y reparación sencillas, su manipulación no necesita de especialistas, ni de experimentos que puedan resultar costosos.
- No requieren mantenimiento especial.
- Garantizan que en las construcciones no se propaguen algunos hongos, plagas y bacterias propiciando una vivienda saludable.
- Excelente aislamiento térmico y acústico, lo que permite crear ambientes interiores sanos y agradables.

- Gran variedad de formas por las características de la arcilla, la extensa cantidad de productos, colores, tamaños y texturas, brinda un sin número de posibilidades al constructor y un gran valor estético a sus diseños.
- Las construcciones en ladrillo pueden colocarse en uso inmediatamente después de terminadas, no es necesario esperar para poder hacer uso de ellas.
- Precios moderados, comparado con otros materiales de construcción el ladrillo a través de los tiempos se ha caracterizado por su economía, que sumada a las demás ventajas mencionadas, lo han conservado como el material más utilizado en todo el mundo.

II.1.3 El ladrillo en Cuba y el ladrillo en Holguín

Distintos investigadores afirman que el uso del ladrillo fue a partir del siglo XVII. Aunque en esos tiempos las casas en su mayoría eran de guano, en algunas viviendas en La Habana ya se utilizaba el ladrillo en paredes, en los siglos posteriores se extiende a todo el país.

Según el investigador Toraya en el censo realizado en el año 1861, en el país existían 130,690 casas, de las cuales el 27 % eran de mampostería (dentro de este porcentaje se encontraban la de ladrillos). (Toraya, 2001).

Para mediados del siglo XX las elaboraciones del ladrillo se caracterizaban por lo artesanal e inhumano del trabajo, donde además era común que laboraran niños. La arcilla se extraía a pico y se cargaba a pala sobre carretones; la pre elaboración se realizaba en pisas circulares donde un mulo daba vueltas sin cesar, accionando una rueda que maceraba la arcilla; los productos se moldeaban a mano sobre el piso y después se transportaban sobre carretillas hasta los secaderos, que eran naves bajas, más o menos abiertas. Si había viento y mucho calor se rajaban; si llovía, no se secaba ni en tres o cuatro semanas.

Del secadero al horno se transportaban sobre carretillas, estos eran de llama directa, con notable pérdida de calor y una capacidad media de 20 a 25 millares de ladrillos. El hornero trabajaba en la fosa, a 3-4 metros de profundidad. La mayoría de las mezcladoras no humedecían de forma uniforme, no homogeneizaban, no mezclaban ni

amasaban, solo transportaban, a veces a una velocidad exagerada, la materia prima hacia la extrusora.

La mayoría de las cortadoras era del tipo "peine" o "machete" con alambres cortadores gruesos, flojos y sucios, colocados a distancias no calibradas, por lo que el producto nunca tenía medidas exactas.

Luego del triunfo revolucionario en 1959, el nuevo gobierno empezó a resolver los problemas expuestos en *La historia me absolverá*, sobre la precaria situación de la vivienda en nuestro país.

Con este fin, se adoptan las primeras medidas de carácter legal y se inician los planes de construcción, imponiéndose la vía de la prefabricación como la única alternativa segura para desarrollarlos y se desestima la vía de la construcción tradicional y convencional.

En el período de 1959 a 1980, se construyó por el Estado cerca de 300.000 viviendas por métodos prefabricados y semi prefabricados. La sustitución de los ladrillos por otros materiales convencionales como el acero, cemento y muchos más provocó un sensible retraso en la tecnología que ha demostrado, nacional e internacionalmente, su validez.

En comparación con la estructura tecnológica de la industria de la cerámica roja a nivel mundial donde se presentan principalmente dos ventajas competitivas: la primera relacionada con el suficiente tamaño de las empresas y la segunda con la disponibilidad de procesos tecnológicos avanzados; podemos decir que las empresas cubanas se caracterizan por su reducida dimensión y por tener una tecnología bastante obsoleta.¹⁸

Según los últimos datos encontrados acerca de la producción artesanal en nuestro país, en el año 2010 se contaba con una red de productores privados de más de 500 personas que en ese año produjeron cerca de unas 36 millones de unidades, lo que representó un potencial de construcción de más de 8000 viviendas, en contraste con la gran industria que tiene una inversión de casi 700 millones de dólares y que solo pudo producir cerca 9 millones de unidades en ese mismo año.

¹⁸ Jesús Manuel Tur Chacón, M.d.C.A.A. (2005) El aprendizaje tecnológico y la innovación en la industria de materiales de construcción. *Experiencias del Combinado de Cerámica Roja de Ciudad de La Habana*. Folletos-Gerenciales 2, 32-40.



Foto 11: El ladrillo

Como características generales estos productores privados producen bajo precarias condiciones, con tecnologías que poco han cambiado con el paso del tiempo, trabajando en hornos pequeños, consumiendo combustibles como la leña en cantidades cercanas a los 4 MJ/Kg de producción, significado un promedio de más de 80ha de bosque talado, para estos fines, provocando severos problemas al medio ambiente¹⁹.

Actualmente hay un aumento de productores del ladrillo en nuestro país debido a los cambios ocurridos en los últimos años referentes a los cuentapropistas.

Referente al uso de la cerámica roja en Holguín, como material de construcción no se encontró bibliografía que pudiera definir una fecha exacta del inicio de su uso en esta provincia, por lo que se asume que fue igual que en el resto del país. El ladrillo fue muy usado paulatinamente en la construcción luego de la colonización de los españoles, aunque no fue empleado de inmediato en el municipio.

Según el censo realizado en 1861, de 1,177 casas censadas en Holguín el 42% tenían paredes de mampostería y el 58% estaban cubiertas de tejas (Toraya, 2001).

A partir de la segunda mitad del siglo XIX, hay un aumento del uso de este material en el territorio holguinero, en las construcciones de influencia neoclásica. Los muros generados con estas piezas se caracterizaron por ser más aplomados, de sección regular y superficie lisa, por lo que se diferencian claramente de los fabricados con otros materiales, asimismo denotan un mayor dominio técnico. También fue usual el empleo del ladrillo en combinación con la piedra para conformar las paredes de mampostería.

¹⁹ Boentes, A., Jasan Nieves, J. (2010). *La ciencia del ladrillo*, CIDEM.

En la provincia de Holguín se evidencia una gran tradición de la producción artesanal del ladrillo. En la cabecera provincial, de acuerdo a los datos ofrecidos por la Oficina Nacional de Administración Tributaria (ONAT), se cuenta con una red de fabricantes privados de más de 170 productores patentados.

Actualmente la empresa de servicios René Ramos Latour en la provincia de Holguín, municipio de Mayarí en aras de resolver una gran variedad de problemas, se ha incorporado a la producción de materiales de la construcción mediante la venta en el mercado de ladrillos prensados de alta calidad, según ensayos físicos-mecánicos realizados. En la elaboración de estos ladrillos se utiliza relleno tecnificado, es decir, un residuo del proceso de la trituración de piedras en un molino, que se mezcla con un 10% de cemento P350 y luego se lleva a una máquina diseñada para ejercer 100 toneladas de presión. Capaz de conformar 24 unidades por minuto, actúa sobre moldes metálicos independientes que permite obtener piezas con una notoria regularidad dimensional. Se puede afirmar que es un producto útil, funcional y su fabricación deviene operación ecológica porque contribuye a disminuir acumulaciones de materiales de desecho²⁰.

II.2 Bóvedas de ladrillos

Definición de bóveda:

Según el diccionario, bóveda es la estructura de una edificación con forma curva que cubre un espacio comprendido entre paredes o pilares.

Definición de cubierta:

La cubierta es la cubrición exterior del edificio y que la protege horizontalmente de las inclemencias del tiempo.

Las bóvedas de ladrillos es una tecnología muy utilizada desde la antigüedad tanto en cubiertas como en entresijos, son construidas a partir del uso de ladrillos de barro cocidos describiendo una curva y tienen como elementos estructurales significativos los



Foto 12: Vivienda con cubierta de bóveda de ladrillo

²⁰ Periódico Granma 2015

tensores y cerramientos aleros que garantizan la estabilidad de la misma. Según Stanford Anderson *“cada sección transversal de la bóveda es una estructura catenaria que, bajo la carga del peso propio, asegura fuerzas de compresión dentro de la bóveda”*.²¹

De forma general podemos decir que la cubierta de bóveda de ladrillos es una obra de fábrica que se basa en el uso de ladrillos de suelo estabilizado o barro cocido ubicados sobre un molde en forma de bóveda que tendrá el ancho del local, esta bóveda debe trabajar a compresión pura, la base teórica de su funcionamiento es la curva catenaria. Este molde se conoce como cimbra, que será preferiblemente metálica para evitar deformaciones en la línea de presiones. Debe seguir la curvatura exacta proyectada para garantizar la estabilidad, durabilidad e impermeabilidad de las bóvedas.

II.2.1 Características técnicas a cumplir para su construcción:

- Para luces menores de 4.00 metros.
- La altura de la bóveda con respecto al arranque debe estar en el orden de (Luz /4) o (usual L/5).
- El ladrillo a emplear será de dimensiones 25cm x 12cm x 7cm y calidad de 1ra con alta resistencia a la compresión de 8 Mpa. (80 Kg/cm²).
- El espesor mínimo de la bóveda es de 7cm. Según la experiencia y dado la tolerancia en errores de construcción se recomienda usar 12cm de espesor.
- Como espaciamiento máximo entre tensores se recomienda 4.00 metros para secciones de aleros estándar.
- El mortero a emplear de consistencia plástica y resistencia de 20 Mpa con una dosificación (1 de cemento P350 y 3 de arena fina).
- Se recomienda para el cálculo de las ordenadas calcular cada 20cm para una buena aproximación en la curvatura.
- Se considera necesario que los aleros tengan cierta pendiente para evacuar las aguas sin dificultades.

²¹ . Menéndez, José. Desperfectos en la construcción de ingeniería y de arquitectura.(Septiembre de 1998).

II.2.2 Bóveda de ladrillos para entrepisos

Esta se diferencia con respecto a la de cubierta por el hecho de que cubren menores luces evitando un relleno excesivo encima de ellas.

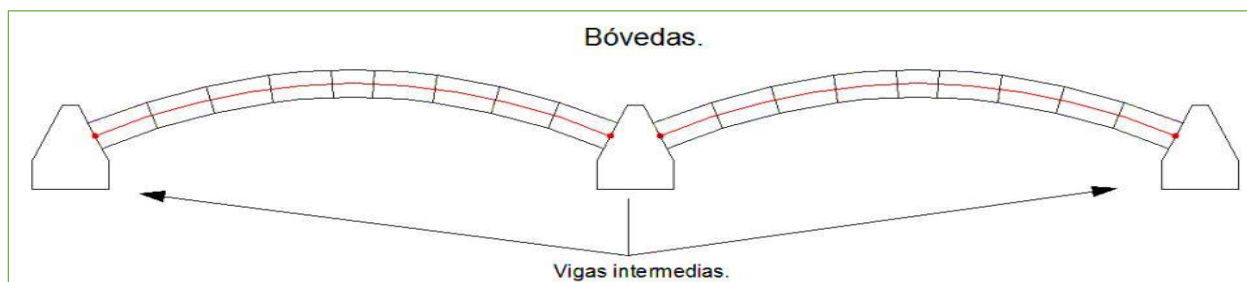
Se harán necesarias vigas intermedias en los locales a cubrir para que las bóvedas se apoyen, estas estarán separadas de 1m a 1.50m.

- La altura central de la directriz con respecto al arranque debe ser de $(L/8)$ o $(L/10)$.
- Las vigas pueden cubrir luces de hasta 3.70m, con la sección que se muestra.

Recomendaciones:

- El hormigón debe tener una resistencia de 20Mpa.
- Los extremos de estas vigas se deben empotrar con el cerramiento, esto sería mediante el entrecruzado de los aceros para lograr una buena unión.
- Como un nuevo elemento tenemos las vigas intermedias que funcionan de la siguiente forma:

Foto 16: Vigas intermedias para las bóvedas de entrepisos



II.2.3 Secuencia constructiva

1. Elaboración de la cimbra según el cálculo ejecutado de la directriz de la bóveda ó del encofrado o cimbra, preferible metálica.
2. Ejecución de los cerramientos aleros y cerramientos tensores. Los cerramientos son de hormigón armado, fundido in situ. Los tensores son reforzados longitudinalmente con acero y se colocan aproximadamente cada 3,00 m.

3. El acero de los cerramientos tensores debe doblar para amarrarse al acero del cerramiento alero.
4. Todos los cerramientos tensores serán rectos
5. Se colocará solera o viga para desplazar la cimbra en ambos laterales bien firme y apuntalada
6. Se colocará la cimbra sobre la solera, se nivelará y acuñará hasta los arranques de los cerramientos de apoyo de aleros o intermedios.
7. Se inicia la colocación de los ladrillos de la bóveda desde los arranques hacia la clave por ambos lados, con el mortero indicado compactando con martillo de goma logrando un espesor mínimo de junta preferible 1cm.
8. Después de colocado una franja completa sobre la cimbra se procede a esperar un mínimo de una hora para bajar la cimbra cuidadosamente y al mismo tiempo por ambos lados quitando las cuñas,
9. Se volverá a colocar a continuación apoyando el borde de la cimbra en la bóveda recién ejecutada. Repitiendo la operación continuamente.
10. Se debe calcular la cantidad de mortero necesario para cada etapa pues al terminar una sección no se debe emplear para la próxima.
11. Si se utiliza cimbra con recubrimiento metálico puede dejarse colocado el mortero del repello por debajo de la bóveda previa colocación de desmoldante en la superficie de la cimbra.
12. En los cerramientos intermedios donde coinciden dos bóvedas paralelas es necesario dar pendientes hacia los extremos para evacuar las aguas
13. Dar repello superior a la bóveda dejando la superficie aplanada
14. Es recomendable el empleo de impermeabilizante con lámina de origen asfáltico para garantizar la impermeabilidad TOTAL.

II.2.4 Cálculo de la cimbra

El valor de las alturas en cada punto de la bóveda se determina mediante la siguiente ecuación:

Ecuación 1. Para el cálculo de cada coordenada en los puntos X K.

$$Y_k = 4 \times F \times \frac{X_k(L-X_k)}{L^2}$$

L: luz entre apoyos de la bóveda.

F: flecha o altura en la clave.

X_k: coordenada horizontal del punto k.

Y_k: coordenada vertical del punto k.

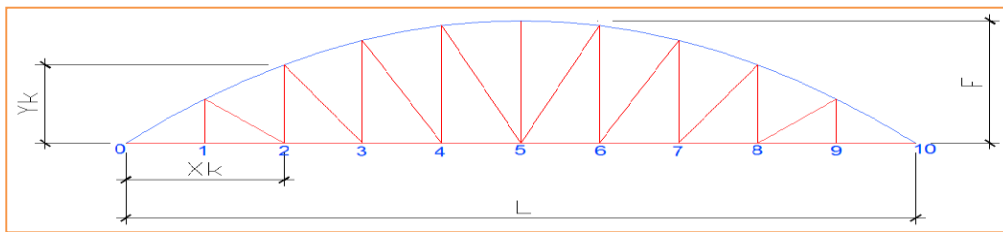


Foto 17: Muestra de la Cimbra

Para facilitar el cálculo de las bóvedas se puede utilizar un programa especializado para el cálculo de directrices de bóvedas (EpiSoft) elaborado en la Empresa de Proyectos de Ingeniería y Arquitectura # 11 (EPIA 11) de la provincia de Camagüey en 1994. Los ingenieros encargados del análisis estructural fueron Lorenzo Duany y Noel Iraola, la programación estuvo en manos del arquitecto Cosme Caso Machín.

Conclusiones parciales

- La cubierta y los entrepisos son los componentes más complejos de cualquier sistema constructivo por lo que se hace necesario ofrecer soluciones más adecuadas desde el punto de vista social, económico y ambiental.
- El ladrillo es un material manuable, asequible para la población y con resistencias iguales o superiores al hormigón.

- Las bóvedas de ladrillo de barro es una solución alternativa resistente, factible y barata que puede estar al alcance de todos, además de contribuir en los principios de una vivienda saludable.

Capítulo III. DISEÑO DE LAS BÓVEDAS DE LADRILLO DE BARRO EN CUBIERTAS Y ENTREPISOS PARA EL SISTEMA SANDINO

Introducción al capítulo

En el último capítulo se realizará el diseño de bóvedas de ladrillo en cubiertas y entrepisos, especificando el tipo de cerramiento, tensores, calidad del ladrillo y sistema de impermeabilización. Además se hará un análisis económico, ambiental y social de este tipo de cubierta.

III.1 Particularidades de la materia prima utilizada en la producción de ladrillos para bóvedas

El ladrillo usado en las bóvedas de cubierta y entrepiso debe ser de primera calidad y las materias primas empleadas en su fabricación son la base de su correcto estado. La principal materia es la arcilla (silicato de alúmina hidratado) que se obtiene ya sea en el lugar donde se fabrica o fuera de este. Además del material arcilloso se hace necesario agregar a la pasta cerámica otros materiales, tales como fundentes u otros tipos de arcillas, que consigan un mejoramiento de sus propiedades, pues en muy pocas ocasiones estas pueden ser utilizadas tal y como están en la naturaleza. En una pasta cerámica se hallan tres ingredientes principales, ellos son: los elementos plásticos, los magros o desengrasantes (responsables de disminuir la plasticidad de las arcillas y su encogimiento al secado, y no permiten reducciones muy bruscas de la masa que conducen al agrietamiento) y los fundentes (encargados de bajar la temperatura de sinterización y hacen que la pasta cerámica compacte más rápidamente). La proporción y calidad de estos tres componentes determinan la calidad del producto cerámico junto con una buena cocción, color uniforme, sonido claro y seco cuando se le golpea.

Antes de elaborar el ladrillo hay que verificar las materias primas y así lograr resultados satisfactorios, esto se realiza desarrollando una serie de procesos como: ajuste granulométrico (dependiendo de la finura de la arcilla esta tendrá mayor o menor grado de plasticidad, el ajuste se hace por medios mecánicos), ajuste por contracción (consiste en agregar arena o arcillas no plásticas), ajustes por humedad (se realiza teniendo en cuenta las especificaciones dadas por los límites de Atterberg (límite

líquido, límite plástico y límite de contracción)), mezcla homogénea (se debe lograr una misma composición en toda la matriz ya sea por batidora, o por otros procesos mecánicos).

III.2 Características específicas del ladrillo para las bóvedas

El ladrillo que se usará para las bóvedas de cubierta y entrepiso será el ladrillo macizo con dimensiones de 0,25 x 0,12 x 0,7 m. Su resistencia a la compresión no será inferior a los 8 MPa (80 kg/cm²). La absorción de agua es la principal prueba por la que tienen que pasar los productos cerámicos, con el objeto de averiguar la mayor o menor porosidad del mismo, por lo cual el valor medio de absorción deberá estar entre un 8 % y un 18 %. Para que la bóveda resista correctamente los esfuerzos a compresión, los ladrillos se colocarán alicatado, ya que las juntas del mortero no deben coincidir con el sentido de los ladrillos. Se fijan en el sentido del espesor de 7 cm aunque expertos recomiendan colocarlos “parados” es decir con el espesor de 12 cm, permite una mayor firmeza pero también una mayor cantidad de ladrillos, quedara a juicio del ingeniero a la hora del diseño y construcción.

III.3 Mortero y hormigones para la colocación de las bóvedas

El mortero utilizado normalmente es una mezcla de cemento hidráulico y arena al que eventualmente se pueden añadir aditivos que mejoran sus propiedades, dadas por el tipo y la calidad de los materiales componentes, la proporción en que son mezclados, las condiciones en que se prepara y los factores ambientales. Formado por cemento, arena, agua y aditivos, las relaciones que se recomiendan son: 1:3, 1 cemento por 3 de arena fina y un 10 % de polvo de cal para que espese la mezcla. La arena utilizada se encuentra inmóvil, limpia, libre de materia orgánica o sustancias nocivas y relativamente sin limo ni arcilla.

El agua que se dispone tiene que estar libre de materia orgánica, sal, ácidos, aceites, cloruros y otras impurezas, y tal como ocurre en el hormigón común, el exceso de esta afecta la resistencia del producto final.

Los aditivos se usan con distintas finalidades como: la reducción de la cantidad de agua, para incrementar la resistencia o reducir la permeabilidad.

La relación agua/cemento es de suma importancia a la hora de elaborar el mortero, no solamente determina la firmeza o la claridad de la pasta de cemento así como su laborabilidad antes del fraguado, sino afecta también, de manera terminante, las propiedades del mortero endurecido.

El cemento para el mortero será de la mejor calidad en Cuba es el P-350(resistencia mínima de 35MPa).

En las bóvedas se coloca un mortero de 10 mm de espesor y luego se emplea una variante de impermeabilización, en este caso asfáltica, protegida con gravilla. Los objetos rígidos no son óptimos para impermeabilizar las cubiertas en forma de bóveda.

III.4 Principales patologías que presentan las bóvedas de ladrillo

Entre las principales patologías que pueden presentar las bóvedas de ladrillos están²²:

- Agrietamientos longitudinales en el centro de la bóveda (en el intradós) y en los extremos donde está la unión de los ladrillos con la viga de hormigón armado (en el trasdós).

Esto se debe a que la flecha de la bóveda ha variado, ocurre cuando el espesor de esta es pequeño y la línea de presión se ha separado del tercio central de la misma. A su vez la deformación se produce al no haberle dado la tensión apropiada a los tirantes. Por este motivo muchos estudiosos del tema han recomendado el uso del espesor de 12 cm.

- Agrietamientos transversales normales e inclinados.

Estos pudieran ocasionarse por la deformación del voladizo de las vigas que soportan las bóvedas, además de los cambios de temperatura.

²² Menéndez, José. Desperfectos en la construcción de ingeniería y de arquitectura. (Septiembre de 1998).

III.5 Propuestas de diseño de cubiertas y entrepisos para dos modelos de viviendas Sandino

Se presentan dos modelos de viviendas Sandino adquiridas de la empresa de ingeniería y diseño "Vértice", los cuales están conformados por un primer modelo de un nivel y el segundo de dos niveles. Son proyectos reales a los que se les va a modificar la solución de cubierta y entrepiso.

III.5.1 Modelo Sandino uno

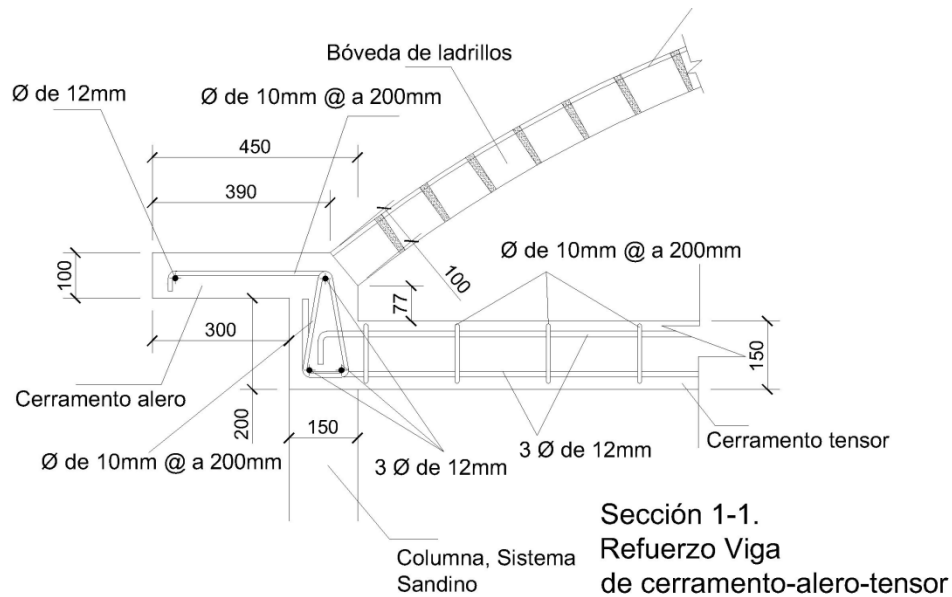
El primer modelo consiste en una vivienda Sandino de un nivel, cuenta con: sala, comedor, habitación 1, habitación matrimonial, habitación 2, baño, cocina, patio y pasillo. Tiene una superficie de 57,6 m². La misma ha sido diseñada considerando una agresividad alta del medio ambiente. Los pisos son de hormigón simple pulido y la carpintería en su totalidad es galvanizada. La cimentación que presenta es corrida, compuesta por vigas zapatas sobre dados de hormigón simple apoyados en el estrato resistente. La superestructura de forma general cuenta con columnas de 110 x 110 x 2435 mm y paneles de 945 x 468 x 62 mm.

Se realizó el diseño de esta vivienda con cubierta de bóveda de ladrillo, la misma tendrá dos bóvedas de 3,12 m de luz cada una y un largo total de 10,11 m, y una bóveda de 1,43 m de luz y un largo de 2.42m, los parámetros a tener en cuenta para el diseño son los siguientes:

- Los cerramientos aleros serán de hormigón armado con una resistencia de 20 MPa.
- La cantidad de acero y cercos que se utilizan en las vigas de cerramientos aleros, dependen del cálculo de la misma, que estructuralmente es una viga horizontal, soportada por los tensores. Entre más distantes estén los tensores mayor será la dimensión en sección y la cantidad de acero.
- Los cerramientos alero contarán con 1 barra de acero en el alero y 3 barras de acero en la viga de cerramiento de 12,7 mm y cercos triangulares de 9,7 mm espaciados a 0,20 m. Tendrá 10 cerramientos tensores con dimensiones de 0,15 x 0,15 m espaciados a 3,12 m, cada tensor estará conformado de 2

barras de acero de 12,7 mm y cercos de 9,7 mm espaciados a 0,20 m.(Ver Detalle 1)

- Los aceros de los cerramientos tensores se deben anclar con los aceros del cerramiento alero para lograr una unión sólida y que soporte los esfuerzos.(Ver Detalle 1)



Detalle 1.Cerramiento alero y tensor de una bóveda de cubierta

Cálculo de las bóvedas de cubierta:

Para el cálculo de la cubierta se utilizó un programa especial para bóvedas.

Datos bóvedas de 3,12 m:

Longitud de la dovela (m): 0,150 Carga en la clave (KN/m²): 3,400

Ancho del apoyo (m): 0,150 Distancia de eje de la bóveda a cofre (m): 0,05

Luz de la bóveda (m): 3,12 Espesor de la bóveda (m): 0,100

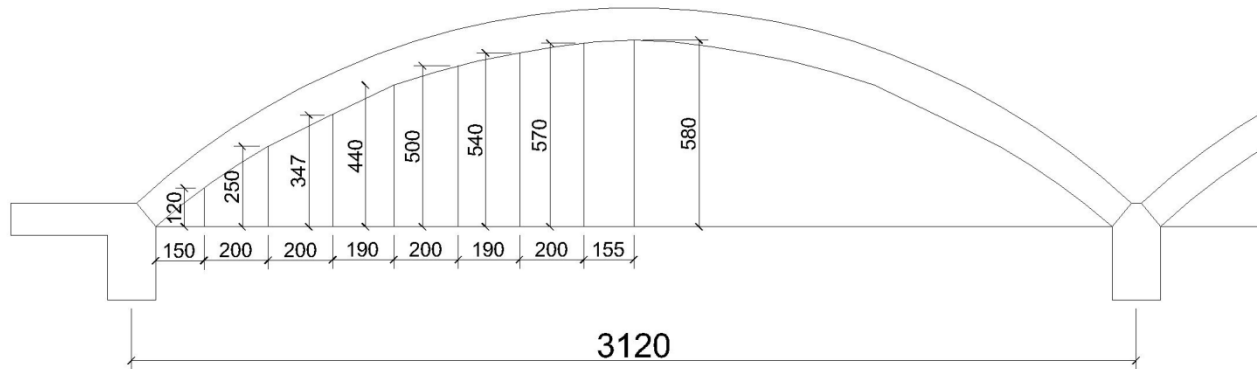
Según estos datos:

Longitud del segmento de la curva (m): 3,431

Tensión normal máxima (MPa): 0,1002

Tensión tangencial máxima (MPa): 0,0198

Área bajo la curva (m²): 1,3103 Esfuerzo horizontal (KN/m): 6,9578
 Ancho del bisel de apoyo (m): 0,0692 Alto del bisel de apoyo (m): 0,0855



Bóveda de Cubierta. 3.12m de luz. Modelo 1 y 2. Esc. 1:15

Detalle 2. Bóvedas de Cubierta

Datos bóveda de 1,43 m:

Longitud de la dovela (m): 0,150 Carga en la clave (KN/m²): 3,400
 Ancho del apoyo (m): 0,150 Distancia de eje de la bóveda a cofre (m): 0,05
 Luz de la bóveda (m): 1,43 Espesor de la bóveda (m): 0,100

Según estos datos:

Longitud del segmento de la curva (m): 1,573

Tensión normal máxima (MPa): 0,047

Tensión tangencial máxima (MPa): 0,0103

Área bajo la curva (m²): 0,2749 Esfuerzo horizontal (KN/m): 3,1801

Ancho del bisel de apoyo (m): 0,0676 Alto del bisel de apoyo (m): 0,0868

(Ver Anexo 1 y 2)

III.5.2 Modelo Sandino dos

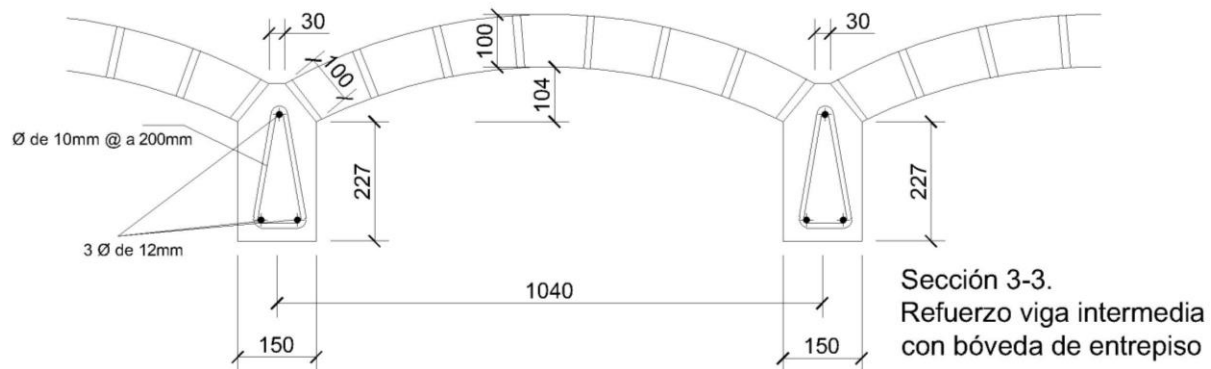
El segundo modelo es un edificio de dos niveles con columnas y paneles Sandino, de cuatro viviendas con tres habitaciones en cada uno de los niveles. Para realizar este Proyecto se tomaron en cuenta los requerimientos del plan técnico ejecutivo elaborado por la empresa Vértice, así como las normas vigentes para la ejecución de viviendas en zonas urbanas y otras relacionadas con las soluciones constructivas utilizadas. La composición de la vivienda es: portal, sala - comedor, cocina, tres habitaciones, baño, pasillo y patio de servicio. La superficie útil es de 82,38 m². Para la conformación de algunos muros divisorios se utilizaron bloques de hormigón de 0,15m de espesor y los que conforman las mesetas y otros muros bajos son de bloques de hormigón de 0,10m. El piso, incluyendo el de las mesetas, se terminó con baldosas de terrazo y el de la poceta del baño con azulejos.

Se propone diseñar cubierta y entrepiso de bóvedas de ladrillo para este modelo de vivienda Sandino los puntos a tener en cuenta son:

En el entrepiso se diseñaran 8 bóvedas de un solo tipo, de 1,04 m de luz, por vivienda. En la cubierta se realizaran 2 bóvedas de un mismo tipo de 3,12 m de luz y una de 2,08 m, por vivienda, el largo total de las bóvedas de 3.12m es de 13,77 m aproximadamente y la longitud de la bóveda de 2.08m es de 4.71m.

- Los cerramientos aleros serán de hormigón armado con una resistencia de 20 MPa.
- Los cerramientos aleros tendrán las mismas características que en el modelo anterior. Contará con 1 barra de acero en el alero y 3 barras de refuerzos en la viga de cerramiento de 12,7 mm y cercos triangulares de 9,7mm espaciados a 0,20 m. Tendrá cerramientos tensores con dimensiones de 0,15 x 0,15 m espaciados a 4,16 m, cada tensor estará conformado de 2 barras de acero de 12,7 mm y cercos de 9,7 mm espaciados a 0,20 m.
- Los aceros de los cerramientos tensores deben anclar con los aceros del cerramiento alero para lograr una unión sólida y que soporte los esfuerzos.
- Las bóvedas de entrepiso se apoyaran sobre vigas intermedias construidas en el lugar de 0,15 x 0,20 m, separadas cada una a eje a 1.04 m coincidiendo con la

distancia que hay entre las columnas Sandino. Estarán reforzadas con 3 barra de acero de 12,7 mm y cercos de 9,7 mm.(Ver Detalle 3)



Detalle 3. Vigas intermedias

Cálculo de la bóveda de entrepiso:

Para el cálculo de la cubierta y entrepiso se utilizó un programa especial para bóvedas.

Datos:

Longitud de la dovela (m): 0,150 Carga en la clave (KN/m²): 3,400

Ancho del apoyo (m): 0,150 Distancia de eje de la bóveda a cofre (m): 0,05

Luz de la bóveda (m): 1,04 Espesor de la bóveda (m): 0,100

Según estos datos:

Longitud del segmento de la curva (m): 1,057

Tensión normal máxima (MPa): 0,0666

Tensión tangencial máxima (MPa): 0,0366

Área bajo la curva (m²): 0,0710 Esfuerzo horizontal (KN/m): 4,7520

Ancho del bisel de apoyo (m): 0,0380 Alto del bisel de apoyo (m): 0,1032

(Ver Anexo 1 y 2)

Calculo de las bóvedas de cubierta.

Esta vivienda tiene en la cubierta dos bóvedas de 3,12 m de luz, el cálculo es el mismo que en el caso anterior.

Datos de la bóveda de 2,08 m:

Longitud de la dovela (m): 0,150 Carga en la clave (KN/m²): 3,400

Ancho del apoyo (m): 0,150 Distancia de eje de la bóveda a cofre (m): 0,05

Luz de la bóveda (m): 2,08 Espesor de la bóveda (m): 0,100

Según estos datos:

Longitud del segmento de la curva (m): 2,28

Tensión normal máxima (MPa): 0,0674

Tensión tangencial máxima (MPa): 0,014

Área bajo la curva (m²): 0,5817 Esfuerzo horizontal (KN/m): 4,6291

Ancho del bisel de apoyo (m): 0,0686 Alto del bisel de apoyo (m): 0,0860

(Ver Anexo 1 y 2)

Análisis de las cargas:

Las viviendas Sandino tienen una arquitectura y estructuras muy semejantes, en la mayoría de los casos consultados las luces empleadas por locales son de 3,12 y 4,16 m, en esta propuesta se pudieron diseñar cubiertas y entresijos para los modelos estudiados.

La comprobación de las vigas de cerramiento y tensores, se realizó mediante el programa VIGCOL que se basa en la NC-53-39:1989. La mayor separación que tendrán los tensores en los casos estudiados será de 4,16 m, es decir el más desfavorable.

Datos:

Esfuerzo horizontal: 6,96 KN/m

Luz de la viga: 4,16m

Hormigón $R'_{bk}=20$ MPa

Acero-A-30

Ancho de la viga: 10 cm

Peralto total: 45 cm

Recubrimiento a eje estimado: 5 cm

Recubrimiento neto (por norma): 3 cm

Cálculo:

Ecuación 2. Cálculo del momento flector

$$M = \frac{1}{12} \times q \times l^2$$

M: Momento flector

q: Carga actuante

l: Luz de la viga

$$M = \frac{1}{12} \times 6,96 \times 4,16^2 \quad M = 5,65 \text{ KNm}$$

$$M * = 1,2 \times M \quad M * = 1,2 \times 5,65 \quad M * = 6,77 \text{ KNm}$$

Momento de diseño: 6,77 KNm

Ecuación 3. Cálculo del cortante

$$V = \frac{q \times l}{2}$$

V: Esfuerzo del cortante

q: Carga actuante sobre la viga

$$V = \frac{6,96 \times 4,16}{2} \quad V = 14,48 \text{ KN}$$

Cortante de cálculo: 14,48 KN

Tipo de fallo: grave

Control normal: 0,95

Según estos datos el área de acero que necesita esta viga es de 0,77 cm² por lo que se puede colocar una barra de ½'' (1.26 cm²) y resistirá correctamente. Para los tensores se tiene en cuenta la carga del cortante V=14,48 KN es decir V=144,8 Kg.

1 barra de ½'' resiste 3000 Kg/cm² que es 3801 Kg > 144,8 Kg que es el esfuerzo del cortante, entonces una barra de ½'' resiste, pero por criterio de expertos se colocarán dos barras.

III.6.6 Solución de impermeabilización

Toda cubierta necesita de un sistema de impermeabilización que proteja a la estructura de la edificación de las humedades provenientes del medio ambiente. Diversas son las soluciones que se encuentra en el mercado. Las bóvedas de cubiertas y entrepisos por su origen y materiales componentes necesitan de un sistema de impermeabilización, comúnmente las bóvedas han sido impermeabilizadas con morteros a base de cementos lo cual no ha garantizado totalmente la estanqueidad de este tipo de cubierta.

La NC 142:2010. Código de buenas prácticas para la ejecución de sistemas de impermeabilización de cubiertas mediante láminas asfálticas, define que:

Membrana impermeabilizante: Es un sistema formado por láminas asfálticas prefabricadas cuya base impermeabilizante es del tipo bituminoso, como sistema monocapa (compuesta por una sola lámina) o multicapa (compuesto por varias láminas que pueden ser del mismo tipo o no).

Membrana adherida: Membrana totalmente adherida al sustrato (en caso de las bóvedas se aplica como sustrato un mortero de arena y cemento).

Banda o pieza de refuerzo: Lámina asfáltica colocada en los puntos singulares encima o debajo de la membrana impermeabilizante, con el fin de asegurar la estanqueidad frente a los esfuerzos adicionales en dichos puntos.

Banda o pieza de terminación: Lámina asfáltica colocada sobre la impermeabilización de los puntos singulares, con el fin de reforzar la estanqueidad y/o proteger la membrana de las acciones externas. De quedar expuesta será una lámina autoprotegida.

Condiciones del mortero a aplicar:

En la parte superior de las bóvedas, luego terminar la colocación de los ladrillos se le aplicará una capa de mortero lo más uniforme posible, con espesor aproximado de 1.5cm, la cual debe tener una ligera rugosidad para que las láminas asfálticas se adhieran correctamente, estará limpia y sin oquedades.

Los puntos singulares de las cubiertas y entrepisos de bóvedas de ladrillo se forman en la unión de una bóveda con otra y en la unión de una bóveda con él alero, en estos

puntos los operarios conformaran con el mortero una ochava (ver figura 4a NC: 142:2010 pág.8).

Cuando las bóvedas de cubiertas se encuentran, es necesario realizar pendientes desde el punto medio de esta unión, que logren evacuar las aguas pluviales, estas se harán desde el centro hacia afuera formando dos pendientes de poca inclinación.

Condiciones para la colocación de la impermeabilización:

No deben realizarse trabajos de impermeabilización cuando las condiciones climatológicas puedan resultar perjudiciales: lluvia o amenaza de lluvias, cuando la cubierta esté mojada o existan vientos fuertes.

Algunos de los equipos y utensilios que se utilizan para realizar los trabajos de impermeabilización son el soplete a gas de llama regulable, el balón de gas licuado (gas propano) y sus accesorios correspondientes, cubo de boca ancha de 25 litros aproximadamente, zapatos flexibles de suela plana, espátula, cucharín de albañil, guantes resistentes al calor, cinta métrica de 5 m a 10 m, piqueta entre muchos otros.

Los trabajos no se iniciarán hasta que todas las medidas de seguridad e higiene estén cumplidas, como: señalar los lugares de peligro, es decir cumplir con las normas de protección e higiene del trabajo NC 19 - 04 - 20 y la NC 702.

Ejecución de la impermeabilización:

Antes de colocar las láminas se aplicará una capa de imprimación, la cual estará compuesta de materiales de base asfáltica, y los utensilios serán brochas, cepillos, rodillo y/o pulverizador. El tiempo de secado de la imprimación es variable según el tipo de imprimante de que se trate y de las condiciones ambientales existentes. Después de siete días de aplicada la imprimación sin haberse colocado el resto del sistema de impermeabilización, será necesario volver a imprimir la superficie.

Los puntos singulares por sus características requieren de un refuerzo especial mediante la colocación de bandas o piezas de refuerzo antes o después de colocar la membrana impermeabilizante. Estas bandas o piezas tienen dimensiones variables en función del elemento a reforzar, pero tendrán un ancho mínimo de 300 mm y una longitud máxima de 1000 mm y se obtienen a partir de la lámina asfáltica con acabado

antiadherente por ambas caras de 3 Kg/m² como masa mínima. Luego de colocado el refuerzo se pasa a poner la membrana impermeabilizante y después otro refuerzo encima de los puntos singulares.

Los aleros se rematan mediante la prolongación de la membrana, poniendo primero la capa de imprimación, luego la banda de lámina autoprottegida de 1 000 mm x 1 000 mm totalmente adherida al mortero, que irá hasta el borde del alero, con dimensiones mayores de 100 mm y después la membrana impermeabilizante, de acuerdo a lo establecido por proyecto. (Ver figura 26^a pág.27 NC: 142).²³

Para el replanteo de las láminas se extenderá la primera lámina sobre la superficie, partiendo del punto más bajo de la pendiente. Se desenrolla el siguiente rollo de lámina, colocándolo paralelo al del inicio y se solapa longitudinalmente entre 80 mm y 120 mm. Los bordes del principio y final del rollo no deben coincidir con los del siguiente, es decir, la colocación de las láminas debe hacerse de modo que ningún solape transversal entre láminas de cada hilera resulte alineado con ninguna de las dos hileras contiguas. (Ver figura 35 pág.37 NC: 142).

Recomendamos una visita de inspección como mínimo cada dos (2) años y en aquellas situaciones que se hayan producido eventos climáticos importantes y siempre que exista cualquier acción que así lo requiera.

III.7. Valoración económica de las bóvedas de ladrillo

Se establece un análisis comparativo del costo entre una cubierta con bóveda de ladrillo y la cubierta tradicional con losa de hormigón armado para un área de 74 m², se tomó como muestra el modelo uno, vivienda Sandino.

En este análisis, los precios expuestos son tomados de los puntos de venta de materiales de la construcción para la población. Las cantidades fueron estimadas según cálculo realizado, utilizando índices de consumos establecidos en el país. No se tuvo en cuenta los costos de la mano de obra, solo el de los materiales.

²³ NC 142:2010. Código de buenas prácticas para la ejecución de sistemas de impermeabilización de cubiertas mediante láminas asfálticas.

Losas de hormigón armado				
Materiales	U/M	Precio	Cantidad	Costo
Cofre	m ²	120	74	8880
Acero 3/8''	m	6.00	260	1560
Acero 1/2''	m	9.00	305	2745
Cemento P-350	s	156,25	45,9	7171,9
Arena artificial	m ³	190	3,48	661,2
Grava 3/4''	m ³	200	6,14	1228
Total del costo				22246,10

Bóveda de ladrillo				
Materiales	U/M	Precio	Cantidad	Costo
Cofre	m ²	120	3	360
Ladrillo	u	2.00	2442	4884
Cemento P-350	s	156.25	11,2	1750
Arena artificial	m ³	190	0,95	180,5
Total del costo				7174,50

Como se observa se tiene un ahorro monetario de 15071,6 cup por cada 74 m² de cubierta de bóveda de ladrillo respecto a la losa de hormigón armado, además se economiza una gran cantidad de materiales, contribuyendo a la sostenibilidad de una vivienda saludable.

Sostenibilidad económica: Las cubiertas y entresijos de bóvedas de ladrillo en su dimensión económica indican ser una solución más asequible a los salarios de la mayoría de los trabajadores en el país. Mientras se edifica una cubierta de hormigón armado de 74 m², puedes construir tres y un poco más con bóvedas de ladrillos de las mismas dimensiones y con el mismo presupuesto. Por otra parte al no necesitar acero y poco consumo de cemento y arena, los costos de producción también son mucho menores que otras alternativas de cubiertas y entresijos, que si necesitan una mayor cantidad de estos recursos. Además hay una gran producción local de ladrillos de barro cocido en la provincia de Holguín por lo que los precios de transportación son inferiores a los demás materiales que no se producen en la provincia.

Sostenibilidad ambiental: Desde el punto de vista medio ambiental también esta solución es muy favorable, pues según opinión de expertos y profesionales conocedores del tema, resisten a los eventos climatológicos de gran intensidad, y es recomendable construirla en lugares cercanos a las costas, atendiendo a las características de estos ambientes tan agresivos para los refuerzos de acero. Con la utilización de las bóvedas se produce un importante ahorro de energía, pues la producción de ladrillos requiere menor consumo de energía que el cemento y acero. La elaboración del cemento contamina nuestro hábitat, mientras que el ladrillo al ser un material derivado de la tierra, de producción y comercialización local y de menor impacto ambiental es recomendado para los propósitos de una vivienda sana.

Sostenibilidad social: La construcción de cubiertas y entrepisos de bóvedas de ladrillo provee una solución factible para personas de bajos ingresos monetarios. Esta técnica cuenta con materiales propios de la localidad, ofreciendo alternativas al mejoramiento de las viviendas y una tecnología apropiada a la política de la autoconstrucción. Además de ser esta una propuesta adecuada para los países subdesarrollados. Estéticamente cumple con las expectativas y brinda una mejor calidad de vida para quienes la utilicen.

Conclusiones parciales

- Las principales patologías que sufren las bóvedas de ladrillos son agrietamientos en el centro de la luz y en los extremos, provocando filtraciones.
- Las cubiertas y entrepisos de bóvedas de ladrillo necesitan un excelente sistema de impermeabilización como las láminas asfálticas para evitar futuras filtraciones.
- La construcción de cubiertas con bóvedas de ladrillos brindan un gran ahorro monetario para quien lo utilice, además de una inmensa economía de materiales en comparación con la losa de hormigón armado.
- El diseño de las bóvedas provee de una herramienta para los inversionistas, profesionales y la población en general.

Conclusiones generales

A modo de conclusiones generales la autora considera deban ser destacadas las siguientes ideas:

- Actualmente en nuestro país hay un gran déficit de materiales para la construcción por esfuerzo propio, en especial los destinados a las cubiertas y entresijos.
- La utilización de los diferentes tipos de cubiertas ligeras en Cuba otorgan vulnerabilidad a la vivienda por el ataque de eventos climatológicos.
- El sistema prefabricado de pequeño formato Sandino cumple con los requisitos de la vivienda de bajo consumo y es un sistema apto por sus características para la autoconstrucción.
- La cubierta y los entresijos son los componentes más complejos de cualquier sistema constructivo por lo que se hace necesario ofrecer soluciones más adecuadas desde el punto de vista social, económico y ambiental.
- El ladrillo es un material manuable, asequible para la población y con resistencias iguales o superiores al hormigón.
- Las bóvedas de ladrillo de barro es una solución alternativa resistente, factible y económica que puede estar al alcance de todos, además de contribuir en los principios de una vivienda saludable.
- El diseño de las bóvedas provee de una herramienta para los inversionistas, profesionales y la población en general.

Recomendaciones

Con el objetivo de dar continuidad a la presente investigación la autora propone las siguientes recomendaciones:

- Difundir las potencialidades y ventajas del uso de las bóvedas de ladrillo para cubiertas y entresijos, integrando los procesos de producción y construcción para así ampliar los conocimientos de la población de Holguín.
- Facilitar a la población la utilización y adquisición del sistema Sandino para la construcción por esfuerzo propio de sus viviendas.
- Aplicar en el sector de la vivienda la solución de bóvedas de ladrillo en cubiertas y entresijos para el sistema Sandino y así lograr una mayor sostenibilidad de la inversión.
- Desarrollar procesos de capacitación que aborden el diseño y la construcción de bóvedas de cubiertas y entresijos que integre a la población, los inversionistas y los profesionales del sector de la construcción.

Bibliografía.

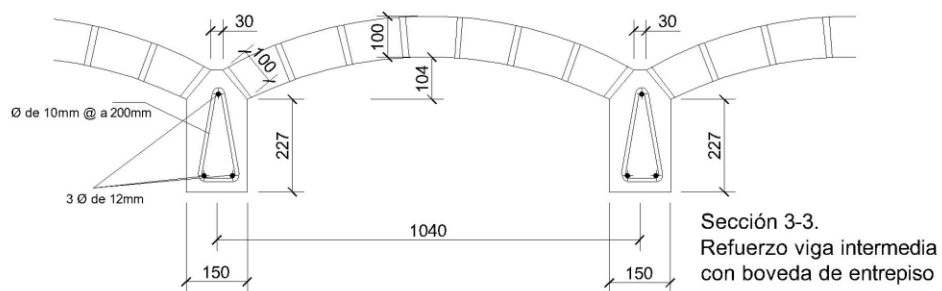
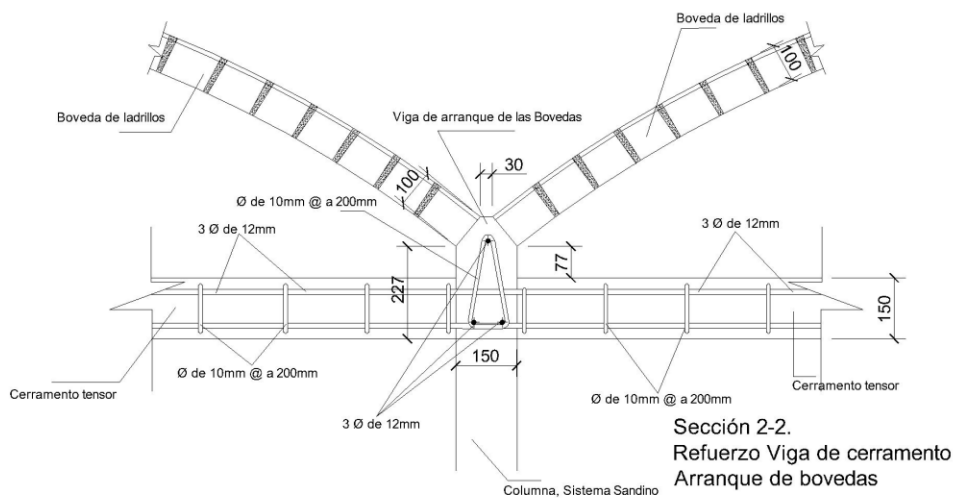
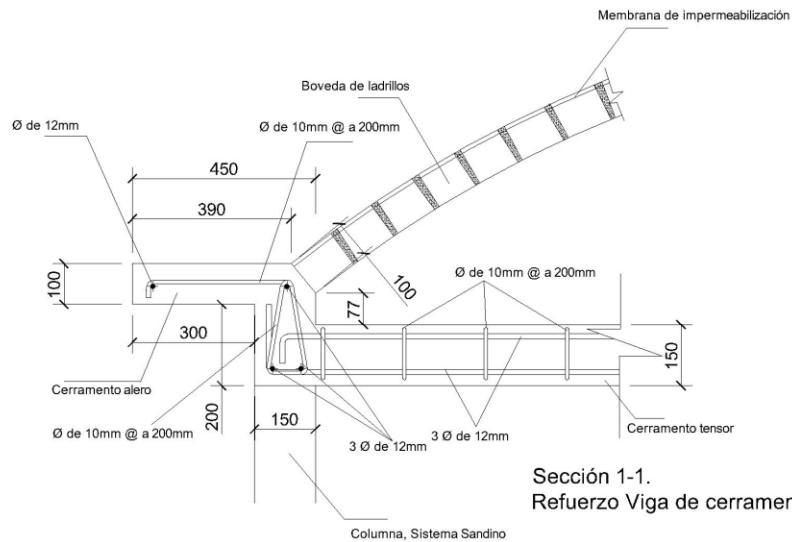
1. Sánchez Rodríguez, Fernando. Introducción a las técnicas de construcción. Universidad de las Villas, La Habana, 1990.
2. De las Cuevas, Juan. 500 Años de Construcción en Cuba. La Habana. Servicios Gráficos y Editoriales, S.L, 2001.
3. Derechos reservados. Versión ejecutiva. Perfil de la vivienda en Cuba. 2014 ONU-HABITAT
4. Censo 2012.Emp.Estadística municipal
5. Medina Sánchez, Luis. Sistemas constructivos utilizados en Cuba. Tomo I. La Habana. Ministerio de Educación Superior, 1986.
6. Varios autores. Evaluación de los sistemas constructivos de viviendas. La Habana. Editorial, Comité Estatal de la construcción, 1979.
7. Catálogo de sistemas constructivo de grandes paneles prefabricados Holguín (G.P.H). Vértice
8. Centro técnico para el desarrollo de los materiales de la construcción, MICONS. Sistemas constructivos, Sandino PF. Manual de instrucción para el diseño y construcción, (julio 2007).
9. Puig, Yaima. Periodista, artículo periódico Granma 'Desarrollo habitacional: nuevas regulaciones jurídicas''. (Abril 2017)
- 10.. Veloz, German, periodista, artículo periódico Granma 'Ladrillos prensados de alta calidad''. (Mayo 2016).
- 11.Jesús Manuel Tur Chacón, M.d.C.A.A. (2005) El aprendizaje tecnológico y la innovación en la industria de materiales de construcción. Experiencias del Combinado de Cerámica Roja de Ciudad de La Habana. Folletos-Gerenciales 2, 32-40.
12. Boentes, A., Jasan Nieves,J. (2010). La ciencia del ladrillo, CIDEM
- 13.NC 360:2005 Ladrillos cerámicos de arcilla cocida. Requisitos.
- 14.Ávila, Ángel entrevista de Mailenis Reyes Gómez de Mello. Cubierta y entresijos de bóvedas de ladrillo. (Marzo-Mayo 2017).
- 15.Ávila, Ángel proyectos San Andrés y Jaimito con cubierta de bóvedas de ladrillos. Arquitectos de la Comunidad.

16. Ávila, Ángel. Análisis técnico económico de las bóvedas de ladrillo (1993).
17. Dieste, Eladio. Revista Tradición e Innovación. Ministerio de educación y cultura. 2006.
18. Menéndez, José. Desperfectos en la construcción de ingeniería y de arquitectura.(Septiembre de 1998).
19. NC 142:2010 Código de buenas prácticas para la ejecución de sistemas de impermeabilización de cubiertas mediante láminas asfálticas.
20. Programa VIGCOL que se basa en la NC-53-39:1989.
21. Cálculo de directrices de bóvedas (EpiSoft), Empresa de Proyectos de Ingeniería y Arquitectura # 11 (EPIA 11) Camagüey, 1994. Ing.Lorenzo Duany y Noel Iraola, arquitecto Cosme Caso Machín.

ANEXOS

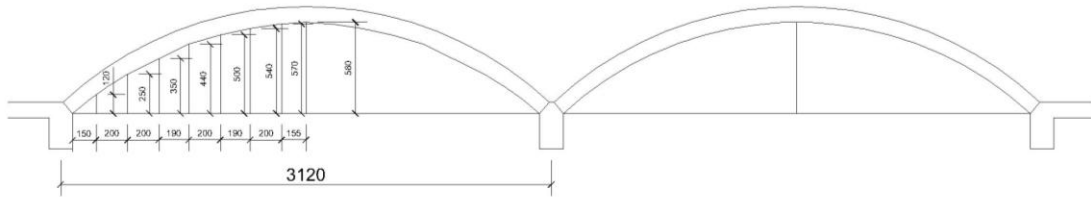
Anexo1

Plano 1. Detalles de cerramientos, tensores y vigas intermedia

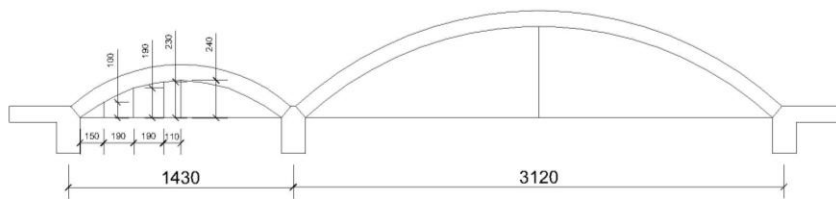


Anexo 2

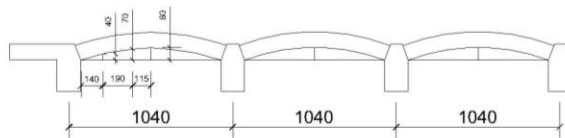
Plano 2. Bóvedas de cubiertas y entrepisos.



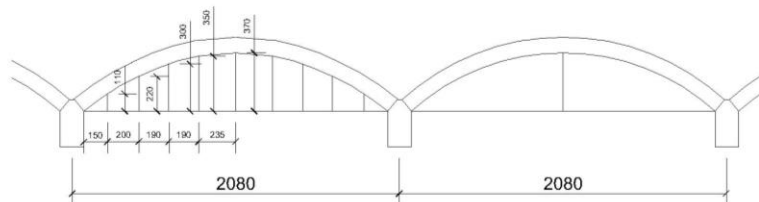
Bóveda de Cubierta. 3.12m de luz. Modelo 1 y 2. Esc. 1:40



Bóveda de Cubierta de 1.43m de luz. Modelo 1. Esc. 1:40



Bóveda de Entrepiso de 1.04m de luz. Modelo 2. Esc. 1:40



Bóveda de Cubierta de 2.08m de luz. Modelo 2. Esc. 1:40

Anexo 3

Figura 1. Detalle de la unión entre cerramientos

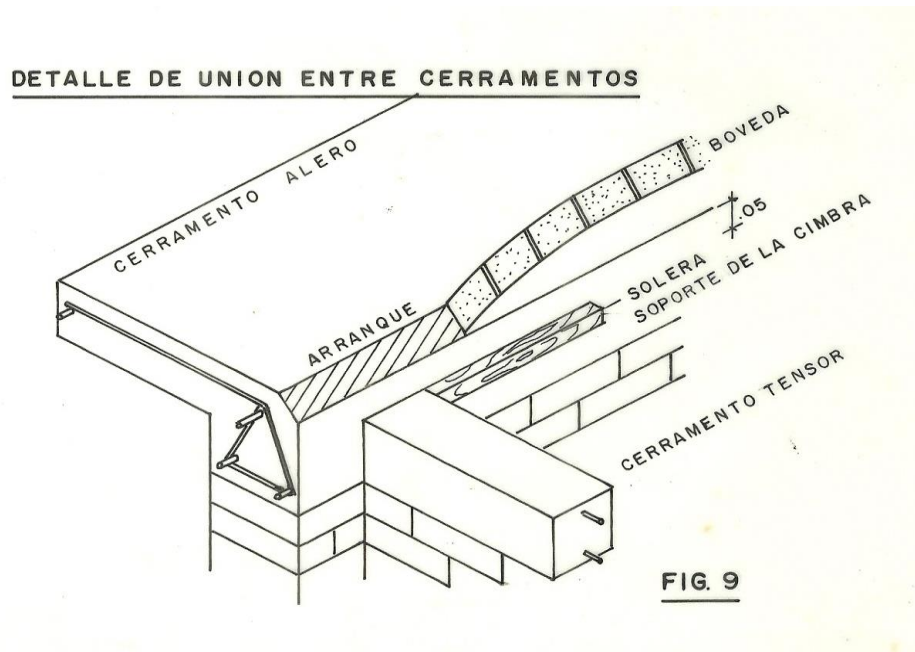
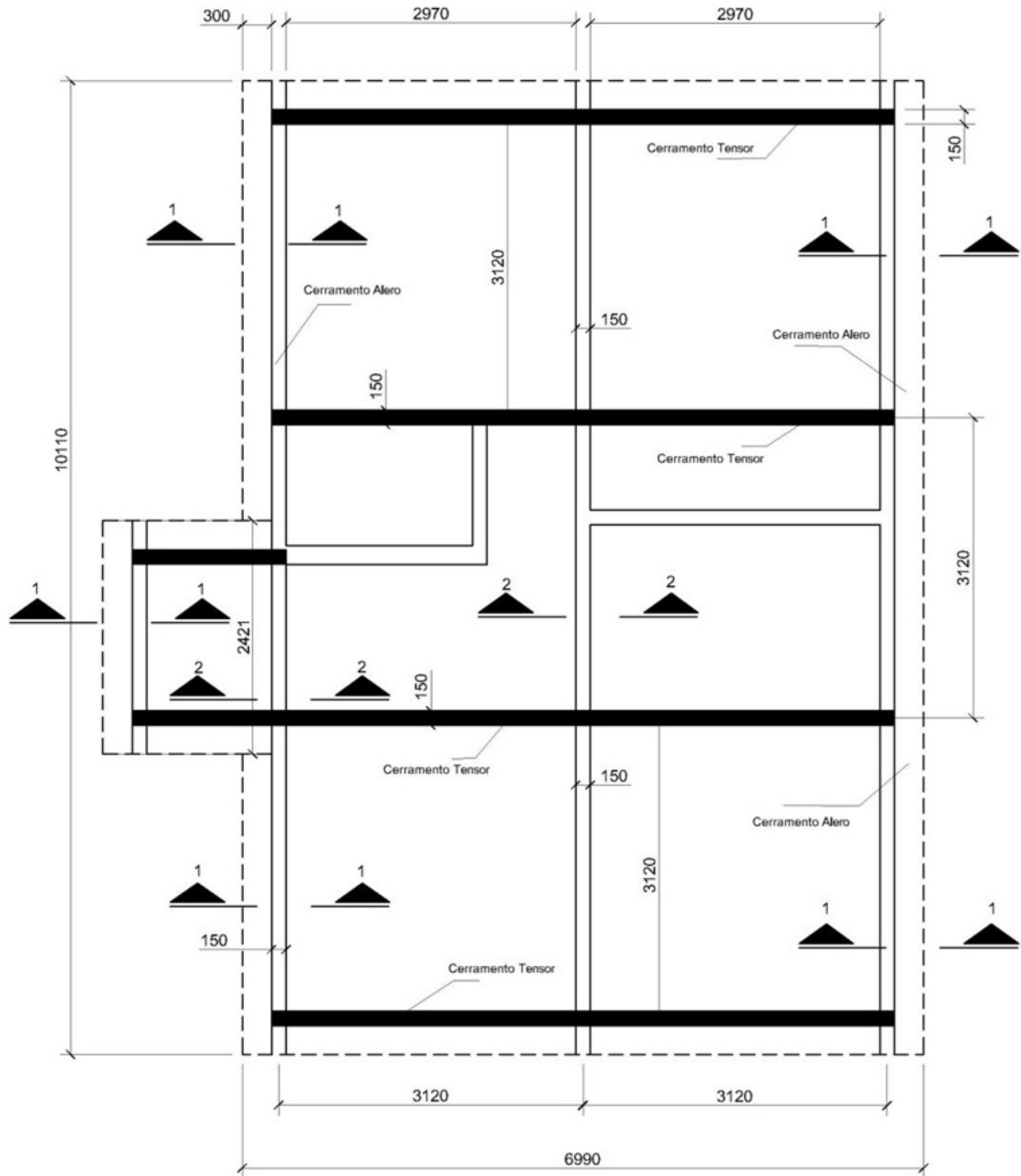


Foto 1. Vivienda con cubierta de bóveda de ladrillo



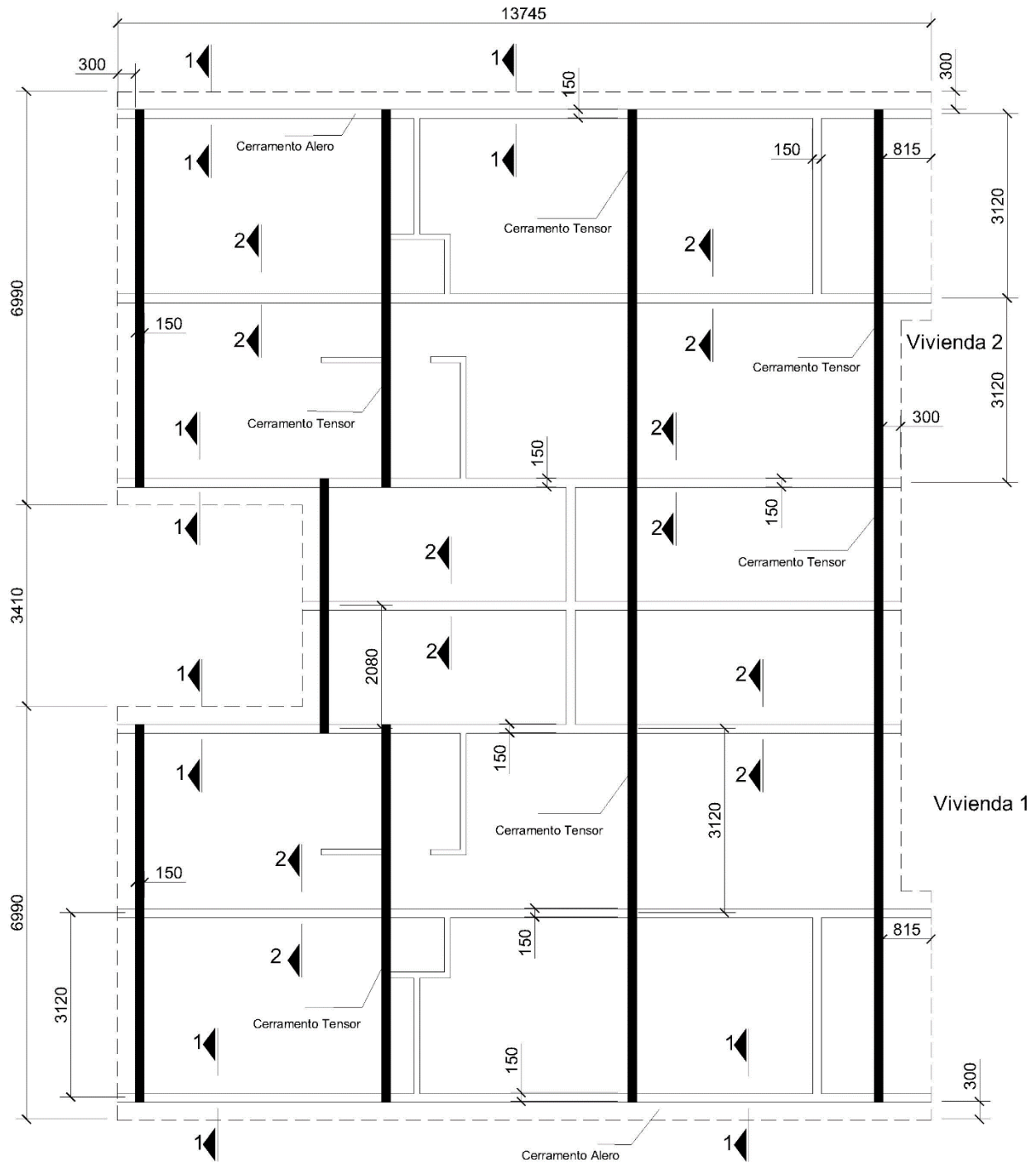
Anexo 4

Plano 3. Planta de cubierta del Modelo 1 Sandino



Anexo 5

Plano 4. Planta de cubierta del Modelo 2 Sandino



Anexo 6

Plano 5. Planta de entresijos del Modelo 2 Sandino

