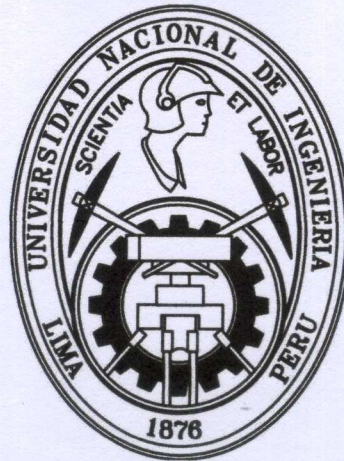


23/08/2016

**APROBADO CON  
DISTINCIÓN**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA  
FACULTAD DE ARQUITECTURA, URBANISMO Y ARTES**



TESIS

**OPTIMIZACIÓN DE LA TÉCNICA CONSTRUCTIVA EN BÓVEDAS  
TABICADAS DE LADRILLO Y HIESO COMO ALTERNATIVA ANTISÍSMICA  
PARA VIVIENDAS DE BAJO COSTO: EL CASO DE LAS VIVIENDAS DE LAS  
LOCALIDADES DE EL TOTORAL, SAN JERÓNIMO, ANDAHUAYLAS,  
APURÍMAC (2009-2014)**

Para Obtener el Grado Académico de Maestro en Ciencias

Mención Arquitectura – Sistemas Constructivos

Elaborado por :

Arq. Mario Esteban Ortiz Alvarado

Asesor

Mg. Arq. Augusto Ortiz de Zevallos Madueño

Lima-Perú

2016



## ÍNDICE

3.1. Los Guastavinos .....	36
4. REFERENTES ARQUITECTÓNICOS DE CENTROAMÉRICA .....	39
4.1. Carlos González Labo .....	39
4.2. Carlos Mijares .....	42
RESUMEN EJECUTIVO .....	1
ABSTRACT .....	2
INTRODUCCIÓN .....	3
JUSTIFICACIÓN .....	10
PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO .....	13
1.1. El problema general .....	13
1.2. Preguntas por resolver .....	14
1.3. Problema específico .....	15
1.3.1. Aspecto social .....	15
1.3.2. Aspecto tecnológico .....	15
1.3.3. Aspecto económico .....	15
METODOLOGÍA .....	16
HIPÓTESIS .....	17
1.1. Supuestos básicos .....	17
1.2. Hipótesis central .....	17
1.3. Hipótesis de trabajo y operacionales .....	17
OBJETIVOS .....	19
1.1. Objetivo general .....	19
1.2. Objetivos específicos .....	19
1.2.1. Aspecto social .....	19
1.2.2. Aspecto tecnológico .....	19
1.2.3. Aspecto económico .....	20
RESULTADOS .....	21
1.1. Contribución del autor .....	22
1.2. Resultados de su aplicación en la población .....	23
1.3. Limitaciones y dificultades .....	24
PRESENTACIÓN .....	26
CAPITULO 1: ESTUDIO PRELIMINAR, REFERENCIAS CULTURALES Y ARQUITECTÓNICAS .....	27
1. REFERENCIAS CULTURALES .....	27
1.1. La ciudad de Ur: el inicio de la técnica (6000 años A.C.) .....	27
2. REFERENTES ARQUITECTÓNICOS DEL VIEJO MUNDO .....	28
2.1. Félix François de Espié de Tolosa, el “conde de Espié” (1754) .....	28
2.2. Joaquín de Sotomayor (1776) .....	29
2.3. Eduardo Torroja (1899-1961) .....	30
2.4. Antonio Gaudi (1852 -1926) .....	31
2.5. Juan Bassegoda Novell .....	31
2.6. Luis Moya (1904 – 1990) .....	32
2.7. Santiago Huerta .....	34
2.8. Hassan Fathy (1899 – 1989) .....	35
3. REFERENTES ARQUITECTÓNICOS DE NORTEAMÉRICA .....	36



3.1. Los Guastavinos.....	36
4. REFERENTES ARQUITECTÓNICOS DE CENTROAMÉRICA .....	39
4.1. Carlos Gonzáles Lobo.....	39
4.2. Carlos Mijares.....	42
4.3. Alfonso Ramírez Ponce .....	44
4.4. Ramón Aguirre Morales .....	45
5. REFERENTES ARQUITECTÓNICOS DE SUDAMÉRICA .....	48
5.1. Eladio Dieste.....	48
5.2. Rogelio Salmona (1929).....	50
6. REFERENTES ARQUITECTÓNICOS EN EL PERÚ .....	52
6.1. Ing. Roberto Machicao Relis .....	52
7. RESUMEN DEL CAPÍTULO 1.....	54
<b>CAPÍTULO 2: MARCO CONCEPTUAL Y EL CONTEXTO DE LAS BÓVEDAS</b>	
TABICADAS.....	55
1. LA CONSTRUCCIÓN TRADICIONAL SICOT .....	58
1.1. Análisis crítico del Sistema Constructivo tradicional en el Perú.....	60
1.2. Los sistemas constructivos más utilizados en el Perú.....	61
1.3. El Sistema Constructivo y el déficit habitacional .....	62
2. CONSUMO DE ENERGÍA NO RENOVABLE.....	64
2.1. Combustibles fósiles .....	65
2.2. Combustibles nucleares .....	66
2.3. Análisis comparativo de consumo de energía no renovable entre el Sistema Constructivo tradicional SICOT y la Técnica Constructiva Tradicional en BTLTY. ....	67
2.3.1. Ladrillo.....	68
2.3.2. Cemento .....	69
2.3.3. Acero.....	69
2.3.4. Agua.....	71
3. UNA ALTERNATIVA MÁS QUE SALUDABLE .....	72
3.1. La reducción de la masa estructural.....	73
3.2. La optimización de la Mano de Obra.....	73
4. MÁS QUE UN PROBLEMA DE “HÁBITOS” DE CONSUMO, UNA ALTERNATIVA VALIDADA EN SÍ MISMA .....	74
4.1. La Demanda.....	74
4.2. La Oferta .....	75
4.3. El Mercado inmobiliario, el Estado y su responsabilidad social: inclusión de género .....	76
5. RESUMEN DEL CAPÍTULO 2.....	76
<b>CAPÍTULO 3: LAS BÓVEDAS TABICADAS COMO RESPUESTA A LA ESCASEZ: EL CASO DE EL TOTOTAL, UNA TÉCNICA CONSTRUCTIVA COMO ALTERNATIVA PARA UNA ARQUITECTURA APROPIADA. ....</b>	
1. EL CONTEXTO, SUS RESTRICCIONES Y LA TÉCNICA COMO ALTERNATIVA ...	78
2. EL URBANISMO Y EL CASO DE LAS VIVIENDAS DE EL TOTOTAL.....	86
3. LA ARQUITECTURA DEL CONJUNTO .....	89
4. LA TÉCNICA COMO TECNOLOGÍA CONSTRUCTIVA ALTERNATIVA .....	95
4.1. La Mano de Obra .....	95
4.1.1. Los Trazadores.....	96
4.1.2. Los Apuntaladores .....	96



4.1.3. Los Sujetadores.....	96
4.1.4. Los Confinadores Mezcladores.....	96
4.1.5. Los Limpiadores .....	96
4.1.6. Condiciones para la mano de obra o colaboradores.....	97
4.2. Los materiales .....	97
4.2.1. El ladrillo .....	98
4.2.2. El yeso.....	99
4.2.3. El agregado .....	101
4.3. La técnica constructiva como concepto .....	102
4.3.1. La descripción de la técnica.....	103
4.4. El caso: la aplicación de la técnica constructiva y la optimización de recursos .....	110
5. EL BAJO COSTO.....	110
6. ENSAYO DINÁMICO DE SIMULACIÓN SÍSMICA DE ENTREPISO CON BÓVEDA DE DOBLE CURVATURA – TOROIDE .....	118
CAPÍTULO 4: CONCLUSIONES .....	119
4.1. Conclusiones generales.....	119
4.2. Conclusiones específicas .....	120
4.3. Alcances y perspectivas de la técnica en el Perú y Latinoamérica .....	121
4.4. Recomendaciones .....	121
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	123
REFERENCIAS DE FIGURAS .....	125
ANEXO 1.....	126
ANEXO 2.....	130
ANEXO 3.....	131
ANEXO 4.....	134



## LISTA DE TABLAS

Tabla 1 .....	21
Tabla 2 .....	100
Tabla 3 .....	104
Tabla 4 .....	106
Tabla 5 .....	106
Tabla 6 .....	113
Tabla 7 .....	113
Tabla 8 .....	115
Tabla 9 .....	116
Tabla 10 .....	117
Figura 9: Anco de la pedrera .....	31
Figura 10: Imagen de Juan Bessgods Novell .....	32
Figura 11: Imagen de Luis Moya y su propuesta .....	33
Figura 12: Bosquejo de construcción de Luis Moya .....	34
Figura 13: Imagen de Santiago Huerta .....	35
Figura 14: Imágenes de la propuesta de Hassan Fathy .....	36
Figura 15: Izquierda: Rafael Guastavino Moreno (RGM)(1842-1902) Derecha: Rafael Guastavino Esposito (1873-1950) .....	37
Figura 16: Bóveda de Union Station de Pittsburgh .....	38
Figura 17: Boston Public Library 1888-1893 .....	38
Figura 18: Imagen de Carlos González Lobo .....	39
Figura 19: Imagen de iglesia para los indios Tarahumaras en Juárez, Chihuahua, México .....	40
Figura 20: Planos de Bóvedas .....	41
Figura 21: Fotos de Christ Church .....	43
Figura 22: Capilla del Panteón. Vista interior de las 8 trampas (4+4) con hastinario central .....	43
Figura 23: Imagen de Alfonso Ramírez Ponce .....	44
Figura 24: Imagen de ladrillo recargado .....	44
Figura 25: Ejemplo de la propuesta de Ramírez Ponce .....	45
Figura 26: Imagen de Ramón Aguilar Morales .....	45
Figura 27: Cuadro comparativo de costos según RAM .....	47
Figura 28: Sistema constructivo en Bóvedas mexicanas .....	48
Figura 29: Foto de Eladio Dieste .....	48
Figura 30: Ejemplos de estructuras propuestas por Eladio Dieste .....	49
Figura 31: Foto de Rogelio Salmons .....	50
Figura 32: Detalle constructivo de la Bóveda de la Casa de Huespedes .....	51
Figura 33: Vista de los espacios de la Casa de Huespedes, construida en piedra y con bóvedas abiertas .....	52
Figura 34: Ing. Roberto Machicao Relis .....	53
Figura 35: Detalles constructivos .....	57
Figura 36: Plano de todo el valle del Chumbao .....	59
Figura 37: El SICOT en el valle del Chumbao (Talavera, Aulahuayillas y San Jerónimo) .....	60
Figura 38: Construcción por medio del SICOT .....	63



## **RESUMEN EJECUTIVO**

Este trabajo busca demostrar que el sistema de Bóvedas Tabicadas de Ladrillo y Yeso es una alternativa constructiva más viable, sostenible e inclusiva que el sistema constructivo tradicional SICOT. Con este fin, se demostrará la eficiencia de la nueva técnica como antisísmica, facilitadora de entresijos y coberturas (sin el requerimiento de construcciones auxiliares como el encofrado), optimizadora de los recursos de intervinientes en la edificación (tiempo de ejecución y energías no renovables), abaratadora de costos promedio de materiales y promotora de mano de obra. Los resultados de la investigación validarán estas nociones a través de la aplicación práctica de las hipótesis en el entorno de 56 familias de Sumaq Wasi, en San Jerónimo, Andahuaylas (departamento de Apurímac), y el testeado de las estructuras en el Laboratorio de Estructuras de la PUCP, todo lo cual constituye la propuesta como una innovación importante y necesaria para el actual contexto peruano y latinoamericano.