

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

**ANÁLISIS DE SISTEMAS ESTRUCTURALES DE VIVIENDAS
UNIFAMILIARES DE BAJO COSTO**

Presentado ante la Ilustre
Universidad Central de Venezuela.

Por el Br.:

Del Pino B., Daniel

Para optar al título de

Ingeniero Civil

Caracas 2006

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

ANÁLISIS DE SISTEMAS ESTRUCTURALES DE VIVIENDAS UNIFAMILIARES DE BAJO COSTO

TUTOR ACADÉMICO: Profesor Ricardo Bonilla

Presentado ante la Ilustre
Universidad Central de Venezuela.

Por el Br.:

Del Pino B., Daniel

Para optar al título de

Ingeniero Civil

Caracas 2006

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo no se hubiera podido llevar a cabo sin la ayuda de mi tutor a quien le agradezco toda la orientación, ayuda y colaboración que me presto para la elaboración de este documento. También quiero agradecer al profesor Gruber por su valioso aporte de conocimientos y a todos los profesores que me guiaron y me ayudaron a llegar hasta aquí, y cuyo esfuerzo, dedicación y entrega me llenaron de admiración y entusiasmo.

Finalmente agradezco a todos mis amigos y compañeros que estuvieron conmigo en momentos cruciales de mi carrera y en todo momento, que de una forma u otra me ayudaron a llegar hasta donde estoy, sin embargo quiero agradecer de manera particular a: Carlos L, Benjamín P, Firas A, José Alfredo R, Juan B, Juan M, Juan N, Wadi B, Alba, Anita, Gabriela R, Wendy, Claudia A, Nalia, Alesmar, Maria C, Maria DB y en especial a Marian F.

Por ultimo, pero más importante, agradezco a Dios, la Virgen y a la Corte Celestial porque su apoyo y continuas bendiciones hicieron posible la culminación de este trabajo de grado.

... GRACIAS

Del Pino B., Daniel

ANÁLISIS DE SISTEMAS ESTRUCTURALES DE VIVIENDAS UNIFAMILIARES DE BAJO COSTO

Tutor Académico: Prof. Ricardo Bonilla.

Trabajo Especial de Grado. Caracas, U.C.V. Facultad de Ingeniería.

Escuela de Ingeniería Civil. 2006, n° pág. 132.

Palabras Clave: Sistemas Estructurales, Vivienda, Bajo Costo.

Resumen.

La vivienda en Venezuela ha sido motivo de comentarios debido a la falta de estas, ya que la demanda es mayor que la disponibilidad, también existe una importante cantidad de población cuyas viviendas se encuentran en condiciones precarias, es por eso que se debe recurrir a la autoconstrucción controlada para reducir el problema habitacional.

Persiguiendo los objetivos de presentar opciones viables y económicas se eligieron de un grupo de ofertas disponibles tres sistemas estructurales de viviendas de bajo costo los cuales son: sistema bloque – panel, adobe mejorado y vivienda informal, este último se ha tomado como referencia para la comparación con los otros sistemas. Recabada la información necesaria para la evaluación de los sistemas se recurrió al método de matriz de selección con el que obtendrán resultados objetivos, en donde la vivienda de adobe mejorado se presento como la alternativa sobresaliente para zonas no sísmicas, mientras que para zonas sísmicas el sistema bloque-panel.

De las viviendas de adobe existe suficiente documentación relacionada con la mejora del sistema, pero se puede mencionar que representaría un aporte importante la disponibilidad de una prensa para la conformación de bloques. Para la optimización del sistema bloque – panel se sugiere la reforma de las uniones para mejorar la transmisión de esfuerzos a través de la mejora de la adherencia columna prefabricada incorporando corrugaciones en el extremo inferior y dejando más arranques de cabillas en el superior.

Para investigaciones futuras se recomienda que si se consulta en Archivos IMME la información de utilidad que se puede obtener es acerca de ensayos de materiales que pueden ser tomados como puntos de partida para un estudio más profundo de los sistemas.

ÍNDICE GENERAL

Introducción	1
---------------------	---

Capitulo I: Fundamentos de la Investigación	2
--	---

Planteamiento del Problema	3
Objetivos	5
Objetivo General	5
Objetivo Especifico	5

Capitulo II: Marco Teórico	6
-----------------------------------	---

Materiales	7
1. Tierra	7
1.1. Características del Material	7
1.1.1. Tipo	7
1.1.2. Componentes	8
1.1.3. Contenido de Humedad	8
1.1.4. Absorción	8
1.1.5. Resistencia	8
1.1.6. Intemperie	8
1.1.7. Estabilización	8
Reducción de Gruesos	8
Aditivos de Desecho	8
Suelo-Cemento	8
Capa Superficial	9
1.2. Métodos	9

1.2.1. Barro con Palos y Postes	9
1.2.2. Mazorca	9
1.2.3. Barro Vaciado	9
1.2.4. Adobe	9
1.2.5. Tierra Empujada	9
2 Productos de Arcilla	10
2.1. Manufactura	10
3. Madera	10
3.1. Características del Material	10
3.1.1. Clasificación	10
3.1.2. Estructura	10
3.1.3. Humedad	11
3.1.4. Resistencia	11
3.1.5. Destruyores	11
Hongos y Moho	11
Termitas, Hormigas, Larvas y Escarabajos	11
3.1.6. Selladores	12
3.1.7. Fuego	12
3.2. Productos	12
Madera Contrachapada	12
Madera Laminada	12
Tablero Aglomerado	12
Tabla de Partículas	12
3.3. Tipos de Madera Presentes en Venezuela	12
4. Concreto	13
4.1. Componentes	13
4.1.1 Cemento	13
Yeso	13

Cal	13
Cemento Pórtland	13
Cemento Aluminoso	14
Cemento Supersulfatado	14
4.1.2 Agua	14
4.1.3 Agregados	14
4.1.4 Aditivos	14
4.2. Método	15
4.2.1. Mezclado	15
4.2.2. Colocación	15
4.2.3. Curado	15
4.3. Concreto Reforzado	15
4.4. Bloques	16
5. Acero	16
5.1. Propiedades	16
5.1.1. Resistencia	16
5.1.2. Ductilidad	16
5.1.3. Incombustibilidad	16
5.1.4. Soldabilidad	17
5.1.5. Durabilidad	17
5.2. Productos	17
5.2.1. Planos	17
5.2.1. No Planos	17
5.2.1. Tubulares	17
6. Plásticos y Compuestos	18
6.1. Propiedades	18
6.1.1. Resistencia	18
6.1.2. Rigidez	18

6.1.3. Calor	18
6.1.4. Transmisión de Calor	19
6.1.5. Durabilidad	19
6.1.6. Fuego	19
6.2. Productos	19
6.2.1. Termoplásticos	19
Cloruro de polivinilo	19
Acrílicos	19
Polietileno	20
Poliestireno	20
Policarbonato	20
6.2.2. Termotratados	20
Fenol	20
Formaldehído de melamina	20
Poliéster	20
Poliuretano	20
Silicones	20
6.2.3. Basados en Compuestos	21
Partícula	21
Fibroso	21
Luminosidad	21
Forma	21
Transmisión ligera	21
Rigidez Limitada	22
Costo	22
Durabilidad y Fuego	22
Laminar	22

Normativas	23
1. Tipos de Estructuras	23
1.1. Clasificación Norma COVENIN-MINDUR 1756-1-2001 Edificaciones Sismorresistentes	23
Tipo I	23
Tipo II	23
Tipo III	23
Tipo IV	23
1.2. Clasificación Norma COVENIN-MINDUR 1618-1-1998 Estructuras de Acero para Edificaciones. Método de los Estados Límites	24
Clasificación Según el Tipo Estructural	24
Tipo Pórtico	24
Tipo Pórtico con Diagonales Concéntricas	24
Tipo Pórtico con Diagonales Excéntricas	24
Tipo Mixto Acero – Concreto	24
2. Habitabilidad	25
2.1. Especificaciones para instalaciones en edificaciones. Gaceta Oficial de la República de Venezuela N° 4044-1988 (Extraordinario), Año CXV Mes XI Normas Sanitarias para Proyecto, Construcción, Reparación, Reforma y Mantenimiento de Edificaciones.	25
• Dimensiones de los locales.	25
• Características de pisos, paredes y techos.	26
• Iluminación y ventilación natural	26
• Disposiciones Generales Sobre los Sistemas de Abastecimiento de Aguas y la Disposición de Aguas Servidas y de Lluvia de las Edificaciones.	27
• Dotaciones de Aguas para las Edificaciones.	27
• Piezas Sanitarias.	27
• Tipo y Número Mínimo Requerido de Piezas Sanitarias a Instalar en las Edificaciones.	28

• Materiales, Juntas, Piezas de Conexión y Válvulas a Utilizar en los Sistemas de Abastecimiento y distribución de Agua de las Edificaciones.	28
• Instalación de las Tuberías del Sistema de Abastecimiento de Agua.	28
Sismicidad	29
Diseño al Limite	30
Diseño por Capacidad	30
Decisión Multicriterio	32
Características Generales de los Métodos Multicriterio	33
1. ELECTRE	33
2. PROMETHEE	33
<hr/>	
Capitulo III: Método	35
<hr/>	
Recolección de Información	36
Procesamiento de Información	36
Problemas de Patología Estructural	37
Selección de Sistemas Estructurales de Bajo Costo	37
Presentación en Detalle de Estudios Correspondientes a los Sistemas Estructurales Seleccionados	37
Evaluación en SAP 2000	37
Comparación entre Sistemas. Método Multicriterio	37
Descripción del Método de Selección Multicriterio	38
• Pesos de Criterios	38
• Niveles de los Criterios	38
• Matriz Alternativa – Criterios	38
• Matriz Decisión	38

Capitulo IV: Sistemas Estructurales de Viviendas Unifamiliares	39
Recopilación	40
1. Sistema de Pórticos	40
1.1. Estructura de Concreto	40
1.1.1. Estructuras Prefabricadas	40
1.1.2. Vivienda Construcción Informal	41
1.2. Estructura Metálica	41
1.2.1. Estructura Metálica Lamina en Caliente	41
1.2.2. Estructura Metálica Lamina en Frío	42
2. Sistema de Muros	42
2.1. Concreto Armado	42
2.1.1. Muro Portante con Encofrado de Polietileno	42
2.1.2. Muro Portante con Interior de Poliestireno	43
2.2. Mampostería	43
2.2.1. Vivienda de Adobe	43
2.2.2. Suelo – Cemento	44
3. Sistemas Mixtos	44
3.1. Acero – Madera	44
3.1.1. Estructura Metálica – Paneles Portantes de Madera	44
3.2. Aluminio y Compuestos	45
3.2.1. Estructura Metálica – Paneles Portantes de Fibra de Vidrio y Poliuretano	45
3.3. Concreto	45
3.3.1. Elementos Prefabricados – Bloques de Concreto	45
3.4. Metal	46
3.4.1. Estructura Metálica Laminada en Frío - Arriostramientos Metálicos	46
3.5. Tierra – Madera	46
3.5.1. Estructura de Madera – Muros de Barro	46

Capítulo V: Problemas de Patología en los Sistemas Estructurales de Viviendas Unifamiliares	47
Daños en Elementos Estructurales	48
1. Fisuras	48
1.1. Por Tracción	48
1.2. Por Compresión	48
1.3. Por Flexión	48
1.4. Por Torsión	49
1.5. Por Cortante	49
1.6. Por Pandeo	49
1.7. Flechas de Vigas en Voladizos	50
2. Aplastamiento de Materiales / Rotura	50
3. Vuelco	51
Daños en Elementos No Estructurales	51
1. Asentamientos Diferenciales de los Cimientos	51
2. Cargas Puntuales	52
3. Cargas Uniformes Sobre Muros de Sección Variable	53
4. Muros Sometidos a Estados de Carga muy Diferentes	53
5. Flechas en Vigas y Forjados	53
6. Apoyo en los Extremos	54
7. Aberturas	54
Caso Real: Desarrollo Habitacional Brisas del Golfo	55
Problemas Observados	55
Estructural	55
Geotécnico	56

Capítulo VI: Análisis de los Sistemas Seleccionados	57
Sistemas Estructurales Seleccionados	58
Vivienda Construcción Informal	58
Cimentación	58
Columnas	59
Vigas	59
Cerramiento	59
• Techo de Láminas	59
• Losa de Tabelón	59
Instalaciones	59
Procedimiento Constructivo	59
Sistema Bloque – Panel	61
Cimentación	61
1. Cimentación Aislada	61
2. Cimentación Continua, Bloque-Canal	61
3. Cimentación Continua para Zona Sísmica	61
Paredes	62
Cerramiento	62
Instalación de Servicios	64
Carpintería	64
Acabados	64
Manipulación y Montaje	64
Vivienda en Adobe	66
Proceso de Fabricación de los Bloques	66
Procedimiento Constructivo	66
Ventajas y Desventajas	67

Estudio de los Sistemas Estructurales	68
Vivienda Construcción Informal	68
Descripción General	68
Descripción de los Modelos Estructurales	68
Descripción de los Ensayos	69
Esquema de Aplicación de Cargas	69
Calibración de los Gatos	70
Aplicación de Cargas	70
Interpretación de los Resultados	70
Breve Descripción de Daños Presentes en los Modelos	71
Conclusiones	72
Sistema Bloque – Panel	74
Estudio 1	74
Descripción de Ensayos	75
1. Ensayo de Tracción	75
2. Ensayo de Compresión	75
3. Ensayo de Flexión	75
Resultado de Ensayos	76
• Ensayo de Tracción	76
• Ensayo de Compresión	77
• Ensayo de Flexión	78
Análisis de Resultados	81
• Ensayo de Tracción	81
• Conexión columna-viga cimentación mediante vaso	81
• Conexión columna-viga cimentación mediante vaso diseñado por CTDMC	81
• Ensayo de Compresión	81
• Ensayo de Flexión	82

• Probetas Tipo A	82
• Probetas Tipo B	82
• Probetas Tipo C	82
• Probetas Tipo D	82
• Probetas Tipo E	83
Conclusiones	83
Estudio II	84
Tipificación Estructural Propuesta	84
Respuesta Estructural del Modelo Propuesto	85
Respuesta Modal	85
Conclusiones	85
Vivienda de Adobe	86
Descripción General	86
Descripción del Modelo Estructural	86
Descripción de los Ensayos	87
Resultado de los Ensayos	88
Conclusiones	88
Estudio de los Sistemas Estructurales Seleccionados Empleando el Programa SAP 2000	89
Vivienda Informal	89
Descripción del Módulo	89
Resultados de la Simulación	89
Sistema Bloque – Panel	90
Descripción del Módulo	89
Resultados de la Simulación	89

Capítulo VII: Resultados y Análisis	91
Evaluación de Sistemas	92
Resultados Matriz Decisión	97
Análisis de Resultados	97
Conclusiones y Recomendaciones	98
Recolección de Información	99
Problemas de Patología	99
Análisis en SAP2000	99
Método Multicriterio	99
Sugerencias de Mejoras en Sistemas	100
Conclusión Final	101
Bibliografía	102
Bibliografía	103
Apéndices	106
Apéndice #01 Ensayos Estructurales del Sistema Bloque – Panel	107
1. Columna Aislada. Probeta Tipo A	107
2. Pórtico Simple. Probeta Tipo B	108
3. Pórtico con Paneles. Probeta Tipo C	109
4. Pared Plana de Tres Módulos. Probeta Tipo D	110
5. Módulo Volumétrico de Pared. Probeta Tipo E	111
Ensayo de Flexión	112
Fotografías de los Ensayos	117
Apéndice #02 Propuesta de Tipificación Estructural de las Viviendas del Conjunto Residencial “Las Tienditas I” Ureña, Edo. Táchira.	117

Sistema Bloque – Panel	
Modelo Estructural	118
Respuestas Modales	122
Apéndice #03 Vivienda Informal	123
Desplazamiento Promedio del Piso 1, Modelo 1	123
Desplazamiento Promedio del Piso 1, Modelo 2	124
Desplazamiento Promedio del Piso 1, Modelo 3	125
Desplazamiento Promedio del Piso 1, Modelo 4	126
Apéndice #04 Evaluación de los Sistemas Seleccionados en el programa SAP2000 V-8.1.6	127
Espectro de Diseño	127
Vivienda Informal	128
Tabla Desplazamiento de Nodos	128
Tabla de Reacciones en Bases	128
Respuestas Modales en Módulos	128
Sistema Bloque – Panel	129
Tabla Desplazamiento de Nodos	129
Tabla de Reacciones en Bases	130
Respuestas Modales en Módulos	130
Apéndice #05 Costo de Materiales en los Sistemas Seleccionados	131
Módulo Sistema Vivienda Informal	131
Módulo Sistema Bloque – Panel	131
Módulo Sistema Adobe Mejorado	132

ÍNDICE DE TABLAS

Capítulo II: **Marco Teórico**

Materiales

Tabla II-1. Tipos de Madera y sus Características	13
---	----

Normativa

Tabla II-2. Dimensiones Mínimas para Viviendas	25
Tabla II-3. Separaciones de las Piezas Sanitarias	25
Tabla II-3. Dotaciones de Agua para Edificaciones Destinadas a Viviendas Unifamiliares.	27

Capítulo VI: **Análisis de Sistemas Seleccionados**

Sistemas Estructurales Seleccionados

Sistema Bloque – Panel.

Tabla VI-1. Tipos Bloque – Panel.	62
Tabla VI-2. Tipos de bovedilla.	63
Tabla VI-3. Tipos de vigueta.	63
Tabla VI-4. Características Vigueta – Bovedilla.	64

Análisis de los Sistemas Estructurales Seleccionados

Vivienda Informal

Descripción General

Tabla VI-5. Características Estructurales de Módulos	68
--	----

Conclusiones

Tabla VI-6. Patrón de Falla en Modelos	72
Tabla VI-7. Carga Máxima y Rigidez Inicial	72

Sistema Bloque – Panel.

Estudio I	
Tabla VI-8. Tipos y Cantidades de Ensayos por Probeta	75
Tabla VI-9. Ensayos Tracción en Probetas Tipo A1	76
Tabla VI-10. Ensayos Tracción en Probeta Tipo A2	77
Tabla VI-11. Ensayos Compresión en Probetas Tipo A	77
Tabla VI-12. Ensayos Compresión en Probetas Tipo B y C	78
Tabla VI-13. Cargas de Fallo por Grupo de Probetas	82
Estudio II	
Tabla VI-14. Propiedades de los Elementos Estructurales	84
Tabla VI-15. Periodos de los Modos de Vibración	85
Estudio de los Sistemas Estructurales Seleccionados Empleando el Programa SAP2000	
Vivienda Informal	
Resultados de la Simulación	
Tabla VI-16. Periodos de los Modos de Respuesta	89
Tabla VI-17. Desplazamientos en Módulos	89
Sistema Bloque Panel	
Resultados de la Simulación	
Tabla VI-18. Periodos de los Modos de Respuesta	90
Tabla VI-19. Desplazamientos en Módulos	90

Capítulo VII **Evaluación de Sistemas**

Tabla VII-1. Áreas de Interés – Criterio	92
Tabla VII-2. Niveles de Criterio	93
Tabla VII-3. Matriz Alternativa – Criterio Confort	94
Tabla VII-4. Matriz Puntuación Confort	94
Tabla VII-5. Valoración de Confort para Matrices Sísmica y No Sísmica	95
Tabla VII-6. Matriz Alternativa – Criterio Zona No Sísmica	95

Tabla VII-7. Matriz Alternativa – Criterio Zona Sísmica	96
Tabla VII-8. Matriz Decisión Zona No Sísmica	96
Tabla VII-11. Matriz Decisión Zona Sísmica	96

ÍNDICE DE GRÁFICOS Y FIGURAS

Capítulo II: **Marco Teórico**

Sismicidad

Gráfico II-1. Espectro de Diseño.	29
--	----

Capítulo V: **Problemas de Patología en los Sistemas Estructurales**

Daños a Elementos Estructurales

1. Fisuras

1.1. Por Tracción

Figura V-1. Fisuras en Pilar a Tracción	48
---	----

1.5. Por Cortante

Figura V-2. Fisuras en Pilar a Cortante	49
---	----

Figura V-3. Esquema y Caso Real de Fisuras en Viga a Cortante	49
---	----

1.6. Por Pandeo

Figura V-4. Fisuras en Pilar por Pandeo	49
---	----

2. Aplastamiento de Materiales / Rotura

Figura V-5. Desplazamiento de las dos Zonas del Pilar por Cortante Debido al Aplastamiento	50
--	----

Daños a Elementos No Estructurales

1. Asentamientos diferenciales de los cimientos

Figura V-6. Algunos Casos Típicos de Fallas	52
---	----

2. Cargas Puntuales

Figura V-7. Fallas Debidas a Cargas Puntuales	52
---	----

4. Muros Sometidos a Estados de Carga muy Diferentes

Figura V-8. Fallas en Muros de Sección Variable y Muros Sometidos a Estados de Carga Diferentes	53
---	----

5. Flechas en Vigas y Forjados

Figura V-9a.	Falla en Muro Debidas a Flechas en Vigas	54
Figura V-9b.	Falla en Muro Debido a Asentamientos Diferenciales	54
Figura V-10.	Fallas Debidas a Tenciones de Tracción y Compresión en Muros	54
6. Apoyo en los Extremos		
Figura V-11	Falla por Apoyo en los Extremos	54
7. Aberturas		
Figura V-12	Falla por Aberturas	54
Caso Real. Desarrollo Habitacional Brisas del Golfo		
Problemas Observados		
Estructural		
Figura V-13	Falla Muro y Corrosión de Base de Columna	55
Figura V-14	Asentamiento Zona Central Vivienda Pareada	56
Figura V-15	Discontinuidad Elementos Estructurales	56

Capitulo VI: Análisis de Sistemas Seleccionados

Sistemas Seleccionados Para el Estudio Detallado

Sistema Bloque – Panel.

Figura VI-1.	Cimentación Aislada.	61
Figura VI-2.	Cimentación Continua. Bloque – Canal.	61
Figura VI-3.	Tipos de columnas.	62
Figura VI-4.	Tipos de Bloque – Panel.	62
Figura VI-5.	Bovedilla.	63
Figura VI-6.	Tipos de Viguetas.	63
Figura VI-7.	Vigueta – Bovedilla.	64

Estudio de los Sistemas Estructurales Seleccionados

Vivienda Construcción Informal

Descripción de los Ensayos

Figura VI-1	Planta de los Modelos	69
Figura VI-2	Fachada Principal de los Modelos	69
Figura VI-3	Línea Resistente A	69
Figura VI-4	Línea Resistente B	69
Figura VI-5	Esquema General de los Modelos	69

Sistema Bloque – Panel

Estudio I

Resultados de Ensayos

Ensayos de Flexión

Grafico VI-1.	Carga – Deformación de Probetas Tipo A. Ensayo Flexión	79
Grafico VI-2.	Carga – Deformación de Probetas Tipo B. Ensayo Flexión	79
Grafico VI-3.	Carga – Deformación de Probetas Tipo C. Ensayo Flexión	80
Grafico VI-4.	Carga – Deformación de Probetas Tipo D. Ensayo Flexión	80
Grafico VI-5.	Carga – Deformación de Probetas Tipo E. Ensayo Flexión.	81

Vivienda de Adobe

Descripción de los Modelos Estructurales

Figura VI-6	Esquema del Modelo Estructural Ensayado	86
Figura VI-7	Esquema de Colocado del Refuerzo de Caña	87

Descripción de los Ensayos

Figura VI-8	Esquema de Ubicación de los Sensores	87
-------------	--	----

Resultados de los Ensayos

Gráfico VI-6	Esquema de Colocado del Refuerzo de Caña	88
--------------	--	----

Capítulo VII Evaluación de Sistemas

Gráfico VII-1. Porcentaje de Importancia entre Criterios en Zona No Sísmica . . .	92
Gráfico VII-2. Porcentaje de Importancia entre Criterios en Zona Sísmica	93
Gráfico VII-3. Porcentaje de Importancia entre Criterios Confort	94
Gráfico VII-4. Calificación de los Sistemas en función a Criterios Confort	95
Gráfico VII-5. Resultados de Matriz de Decisión	97

ÍNDICE DE ABREVIATURAS Y SÍMBOLOS

C. A.	–	Compañía Anónima
COVENIN	–	Comisión Venezolana de Normas Industriales.
CTDMC	–	Centro Técnico para el Desarrollo de los Materiales de Construcción.
Edo.	–	Estado.
EEUU.	–	Estados Unidos de Norteamérica.
FUNVISIS	–	Fundación Venezolana de Investigaciones Sismológicas.
IMME	–	Instituto de Materiales y Modelos Estructurales.
INAVI	–	Instituto Nacional de la Vivienda
INFONAVIT	–	Instituto del Fondo Nacional de la Vivienda para los Trabajadores. La Habana, Cuba.
Ing.	–	Ingeniero.
JICA.		Agencia de la Cooperación Internacional del Japón
MINDUR	–	Ministerio del Desarrollo Urbano.
Nº	–	Número.
OCP.		Ley Orgánica de Crédito Público
PUCP	–	Pontificia Universidad Católica del Perú
PVC	–	Cloruro de Polivinilo (Polyvinyl Chloride)
UCV	–	Universidad Central de Venezuela.

Bs.	–	Bolívares.
° C	–	Grados Centígrados.
cm	–	Centímetros.
Ha	–	Hectárea.
kgf	–	Kilogramos Fuerza.
kN	–	kilo-Newton.
l	–	Litros.

m	–	Metros.
mm	–	Milímetros.
MPa	–	Mega Pascal.
rad	–	Radian.
R'bk	–	Resistencia Característica del Concreto.
Sa	–	Aceleración Espectro de Diseño.
seg.	–	Segundos.
ton	–	Toneladas.
"	–	Pulgadas.
ϕ	–	Diámetro.

INTRODUCCIÓN

La calidad de vida de las personas se puede medir en función de su entorno, y más aun de las condiciones de su hogar, afectando esta última de manera directa la productividad de sus habitantes, es por esto que la vivienda es un tema de interés prioritario del país.

En relación al derecho que todo ciudadano tiene de disponer de una vivienda la Constitución de la República Bolivariana de Venezuela en su Artículo 82 dice:

“Toda persona tiene derecho a una vivienda adecuada, segura, cómoda, higiénica, con servicios básicos esenciales que incluyan un hábitat que humanice las relaciones familiares, vecinales y comunitarias. ...”

Para satisfacer estas necesidades las viviendas deben tener un estudio previo a la construcción tanto del sitio donde se erigirá la obra como la obra misma, lo que nos lleva a la construcción organizada que adicionalmente ofrecería la opción de reducir costos y obtener así una vivienda económica.

Los principales parámetros que intervienen para considerar a una estructura vivienda económica son los materiales y el aprovechamiento de estos, es por eso que como primer punto se considera a los materiales para la construcción, presentando las opciones disponibles hasta el momento.

CAPITULO I

CAPITULO I

FUNDAMENTOS DE LA INVESTIGACIÓN

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La falta de vivienda propia es un problema que aqueja a la comunidad venezolana, para el año 2005 había un déficit de 1,5 millones de vivienda², por lo que la producción de nuevas viviendas es el principal componente de la política habitacional del Estado. El Instituto Nacional de la Vivienda (INAVI) dedicó parte de sus créditos al mejoramiento y sustitución de viviendas, pero debido al déficit habitacional, y agregando a la cuenta los varios damnificados debidos a la imprevisible naturaleza, se han presentado invasiones de tierras para obtener vivienda propia. La gran mayoría de los casos registrados se produce en terrenos municipales, parques nacionales, orillas de carreteras y lotes abandonados, mientras que otro porcentaje es resultado de conflictos sobre terrenos de titularidad imprecisa.

En un intento por rescatar la función de Fundabarrios, la administración del Presidente de la Republica estuvo estimulando la producción de viviendas alternativas de bajo costo, para lo cual se organizó en julio de 1999 el Encuentro e Inventario Nacional de Sistemas de Construcción para la Producción de Viviendas Dignas para los Venezolanos, en el cual Fundabarrios inventarió unos cien modelos de viviendas diseñadas por constructores populares. La Presidenta de Fundabarrios confirmó la existencia de una serie de irregularidades de diseño y construcción en los modelos de vivienda que venía fabricando la fundación, así como la inadecuación de las estructuras habitacionales a las necesidades de las familias.

El objetivo de este trabajo de investigación es realizar una recopilación de una muestra de estos sistemas constructivos y seleccionar las mejores opciones para la

² Cámara Venezolana de la Construcción. (02/08/2005). Nacionales-General [Publicación Periódica]. Disponible: <http://www.cvc.com.ve/modulos/noticias.php?NIId=431#> [Consulta: 2006, Abril 04]

construcción de viviendas unifamiliares seguras que puedan cubrir la falta de techo propio de una manera rápida y económica.

Las principales interrogantes que se desea responder en esta investigación son: ¿Cuáles sistemas estructurales pueden ser empleados para viviendas unifamiliares de bajo costo?, ¿Cuáles son los más convenientes para la situación socio-económica actual del país?, ¿Es posible optimizar el diseño de los sistemas constructivos y la selección de materiales?

OBJETIVOS

Objetivo General

1. Realizar un estudio de factibilidad de la aplicabilidad en el país de una muestra de sistemas estructurales para viviendas unifamiliares de bajo costo.

Objetivos Específicos

1. Describir una muestra representativa de las alternativas correspondientes a estructuras de un nivel con áreas entre 50 y 80 m² propuestas como sistemas estructurales para viviendas unifamiliares de bajo costo a nivel nacional e internacional.
2. Evaluar económica y estructuralmente las características que describen a los sistemas estructurales seleccionados.
3. Exponer las mejores opciones de sistemas estructurales de viviendas unifamiliares de bajo costo de acuerdo a las condiciones presentes en el país.

CAPITULO II

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

El estudio de la tecnología de viviendas de bajo costo es muy amplio, este abarca temas como el de las normas sanitarias, diseño y construcción, el estudio de los materiales de construcción, peligro sísmico e ingeniería sismorresistente, dimensionamiento de los espacios y confort entre otros. En este capítulo se hace énfasis en los temas más relacionados con la ingeniería civil, presentándolos en los en las siguientes tres partes:

- Materiales para la construcción
- Normas relacionadas con la construcción de viviendas
- Conceptos de ingeniería sismorresistente.

MATERIALES

En la construcción los materiales empleados en la edificación de una vivienda inciden directamente sobre el costo de la infraestructura, es por eso que los materiales seleccionados deben ser usados de manera eficiente pero también los métodos para el uso de estos deben ser simplificados para facilitar la autoconstrucción. A continuación se presentará los materiales potencialmente disponibles para la construcción y un resumen de los métodos a emplearse para optimizar su uso.

1. TIERRA

La tierra es el material más abundante que podemos encontrar como material de construcción, y dependiendo de la calidad de este, podría ser un material tanto fácil como difícil de trabajar.

1.1. Características del Material

Para utilizar a la tierra como material para la construcción es necesario conocer las características del mismo para aprovechar sus cualidades y reducir sus debilidades. En esta sección se dará una descripción básica de las características más resaltantes del estudio de suelo como material para la construcción.

- 1.1.1. Tipo: La capa superficial o humus no es de utilidad ya que esta posee materia orgánica que debilita mucho a la tierra como material de construcción, por lo que el tipo de tierra que buscaríamos sería la capa siguiente carente o muy poco de material orgánico. Otro tipo de suelo tenemos al que es producto de la meteorización y/o erosión, su composición puede variar desde homogénea hasta heterogénea.

- 1.1.2. Componentes: Comúnmente para casas que usan tierra como material de construcción la clasificación dada al suelo es fino y grueso siendo esta lo suficientemente buena para los fines, sin embargo si se dispone de un especialista la división más provechosa sería la de limo, arcilla, arena y grava.
- 1.1.3. Contenido de Humedad: Es importante conocer con que porcentaje de agua la tierra puede conseguir la mejor compactación, este porcentaje o contenido de humedad se debe obtener de pruebas experimentales.
- 1.1.4. Absorción: La proporción de finos y gruesos influye en gran manera en el comportamiento del suelo a emplearse en la construcción de viviendas ya que un suelo rico en finos favorece la capilaridad mientras que otro alto en contenido de arena favorece a la porosidad.
- 1.1.5. Resistencia: Paredes elaboradas con tierra tienen una resistencia a compresión entre 20 y 25 kg/cm² según ensayos realizados en otros países, para esfuerzos de tracción regularmente 5 kg/cm² son suficientes para soportar la acción del viento, pero para acciones sísmicas se debería usar refuerzo.
- 1.1.6. Intemperie: El medio al que esta expuesto la tierra determina el periodo de vida del material, reproducir estas condiciones en laboratorios ha contribuido al mejoramiento de la tierra como material de construcción. Para los distintos métodos de construcción con tierra existen distintas recomendaciones para prolongar la vida útil y solventar posibles problemas en la edificación.
- 1.1.7. Estabilización: Muchos son los métodos para la estabilización de tierra pero todos tienen el mismo objetivo el cual es mejorar la adherencia entre partículas. Los métodos más empleados para conseguir este objetivo son:

Reducción de gruesos: este método consiste en disminuir la proporción del material grueso para que de esta manera se disminuya la retracción de la tierra al secarse con lo que el número de grietas sería menor.

Aditivos de desecho: aserrín, virutas de madera, paja, ceniza y fibras varias disponibles ayudan a mejorar la cohesión del suelo disminuyendo la tendencia a agrietarse.

Suelo-Cemento: esta mezcla es ya conocida como un método para la estabilización de tierra, sus proporciones varían de acuerdo al tipo de suelo, y se obtiene como resultado un material con menos retracción y más resistencia.

Capa superficial: este consisten en suministrar una capa que proteja a la tierra de la humedad de la intemperie, estos recubrimientos pueden ser de una mezcla con cemento o limo, o una capa asfáltica si se dispone, y si las condiciones ambientales no son muy severas se usa una capa adicional de barro con un mantenimiento frecuente.

1.2. Métodos

Son variados los métodos a emplearse en la edificación de casas usando a la tierra como material principal, los cuales se presentaran los más resaltantes.

- 1.2.1. Barro con palos y postes: este método consiste en preparar una armazón con palos y ramas entretrejididos a la que posteriormente se le coloca barro de la consistencia adecuada por ambas caras, luego al secarse cubrir las grietas de retracción con más barro. Para reducir la acción de la intemperie se le colocan amplios techos sobresalientes.
- 1.2.2. Mazorca: se basa en la conformación de piezas estructurales con bolas de barro moldeados y compactados que luego son ensambladas para formar paredes, cada hilera de piezas se deja secar antes de continuar con el levantamiento del muro. Concluida la obra se le coloca una capa superficial sellando las grietas y ofreciéndole protección de la intemperie, como en el caso anterior se le debe colocar amplios techos sobresalientes.
- 1.2.3. Barro vaciado: así como en el concreto el barro es puesto en moldes, la consistencia de la tierra tiene que ser más trabajable y se le puede añadir paja u otro refuerzo para reducir la retracción e incrementar la resistencia. Como este método requiere moldes estos añaden costo a la obra por lo que seria más conveniente reutilizarse.
- 1.2.4. Adobe: estos bloques o ladrillos son elaborados en moldes con barro reforzado con paja u otras fibras, la retracción es menor al trabajarse en menores cantidades, los bloques secos en obra son colocados con un mortero similar al empleado en el bloque. Al ser de tamaño uniforme los bloques permiten ser colocados con mayor exactitud, además el producto final es más resistente a la erosión. La desventaja del método es que el trabajo aumenta ya que son más procesos para obtener la edificación los cuales son elaborar los bloques, transportarlos al sitio de construcción y la construcción.
- 1.2.5. Tierra empujada: similar al barro vaciado y al abobe, este método consiste en empujar o comprimir una mezcla de barro con composición y contenido de humedad controlados en pesados moldes móviles para elaborar paredes siendo necesario solo dos tipos de moldes uno recto para las paredes y otro en ángulo para las esquinas. La retracción es mínima al controlarse la

humedad y para protegerlo de la erosión se le coloca una capa superficial protectora y amplios techos sobresalientes.

2. PRODUCTOS DE ARCILLA

Estos son procedentes de tierra muy fina conocida como arcilla, el material es procesado, moldeado y cocido a altas temperaturas para obtener bloques o ladrillos empleados en la construcción. Las ventajas de estos son la resistencia a la intemperie y al fuego

2.1. Manufactura

Los ladrillos de arcilla son hechos por tres procesos diferentes: barro blando, barro rígido y comprimido en seco. En todos los procesos, la materia prima es moldeada a la forma deseada, deshidratada, y quemada en hornos.

El proceso de barro blando consiste en una masa obtenida de agua con arcilla la que se coloca en moldes y luego de haberse secado se le retiran los moldes para llevarse al horno. En barro rígido la mezcla es más seca y densa que en el método anterior, esta pasta es hecha pasar por un molde con la forma de la sección del bloque final, cortada luego con un hilo tensado y llevada al horno. Finalmente en el barro comprimido en seco la consistencia “seca” de la arcilla es forzada pasa bajo alta presión en moldes múltiples o grupales, este proceso produce la mayor exactitud.

Los ladrillos extrudidos tienen frecuentemente agujeros moldeados durante la extrusión. Tales hoyos no sólo disminuyen el peso del ladrillo, promueven la uniformidad de cocido y reducen tanto el tiempo al calor como la tendencia de agrietarse.

3. MADERA

Este material poco difundido en la construcción de viviendas en Venezuela debido a su susceptibilidad a la destrucción por varios organismos posee gran versatilidad y resistencia proporcional a su peso, con los tratamientos adecuados este material posee una muy prolongada durabilidad.

3.1. Características del Material

3.1.1. Clasificación: Las maderas se clasifican en duras y blandas según el árbol del que se obtienen. La madera de los árboles de hoja caduca se llama madera dura, y la madera de las coníferas se llama blanda, con independencia de su dureza.

3.1.2. Estructura: La madera consiste en pequeños tubos que transportan agua, y los minerales disueltos en ella, desde las raíces a las hojas. Estos vasos

conductores o vetas están dispuestos verticalmente en el tronco. En un árbol el tronco crece a lo ancho y la parte encargada del crecimiento es una fina capa que lo rodea llamada cámbium. En zonas de clima templado, el crecimiento no es constante. La madera que produce el cámbium en primavera y en verano es más porosa y de color más claro que la producida en invierno, así, el tronco del árbol está compuesto por un par de anillos concéntricos nuevos cada año. Según envejecen los árboles, el centro del tronco muere; los vasos se atascan y se llenan de goma o resina, o se quedan huecos. Los cambios internos de los árboles van acompañados de cambios de color, diferentes según cada especie.

- 3.1.3. Humedad: La madera recién cortada contiene gran cantidad de agua, de un tercio a la mitad de su peso total. El proceso para eliminar esta agua antes de procesar la madera se llama secado. La madera seca es mucho más duradera que la madera fresca; es mucho más ligera y por lo tanto más fácil de transportar; además, la madera cambia de forma durante el secado, al retirar el agua contenida en las hebras de celulosa produce que estas se junten, causando una reducción lateral, pero prácticamente ninguna reducción longitudinal. Cuando todas las celdas longitudinales en un bloque de madera se reducen lateralmente, el bloque también se reduce lateralmente.
- 3.1.4. Resistencia: La resistencia de la madera está dada por la estructura de las celdas. La densidad suele indicar propiedades mecánicas puesto que cuanto más densa es la madera, más fuerte y dura es. La resistencia depende de lo seca que esté la madera y de la dirección en la que esté cortada con respecto a la veta. Madera cortada longitudinalmente resiste bien los esfuerzos de tensión, pero no muy bien los esfuerzos laterales. A compresión la madera resiste aproximadamente un 40% de su resistencia a tensión y menor si la compresión es aplicada perpendicular a la dirección de las vetas. Al cizallamiento es medianamente buena en dirección de las fibras y mayor perpendicular a ellas.
- 3.1.5. Destruidores: Estos básicamente son organismos vivientes que se alojan en la madera, de ellos existe una gran variedad de los cuales se mencionarán algunos.

Hongos y moho: son seres incapaces de sintetizar su propio alimento por lo que disuelven la madera para sus procesos vitales. La madera bien secada y libre de un ambiente húmedo no es capaz de sustentar estos organismos.

Termitas, hormigas, larvas y escarabajos: estos huéspedes se alimentan de la madera o simplemente la habitan, debilitan la madera al crear cámaras, galerías y túneles, un indicio de ellos son pequeños agujeros o pequeñas

pilas de polvo. Proteger la madera con selladores, o una fumigación periódica son frecuentemente las únicas respuestas.

3.1.6. Selladores: La función de estos es prevenir la invasión de organismos vivientes en la madera, entre ellos tenemos conservantes aceitosos, sales solubles en agua y selladores orgánicos solvente-solubles.

3.1.7. Fuego: La madera seca conserva bien el calor y en consecuencia arde mejor. Han sido elaborados productos que retardan el fuego ya sea retrasando la llegada del mismo a la madera o liberando gases inertes o ambas.

3.2. Productos

La versatilidad de la madera ha permitido elaborar una serie de productos mejorando distintas propiedades de acuerdo a las necesidades requeridas, algunos de estos productos son:

Madera contrachapada: hojas finas de madera son pegadas con la orientación de las fibras perpendiculares entre hojas adyacentes, el número total de láminas existentes son de tres, cinco, siete o algún otro número impar para conseguir una estructura equilibrada no propensa a la comba, dando un producto ligero, de buena resistencia, rigidez y tamaño compacto.

Madera laminada: semejante a la madera contrachapada con la diferencia de que las hojas son pegadas con las fibras paralelas entre sí, teniendo un producto liviano, seco, estable y más resistente a la tensión que un equivalente de madera macizo. La desventaja es el precio y el desperdicio, ya que para pegar las láminas estas deben ser de superficie suave y finalizada el producto también se debe alisar.

Tablero aglomerado: estas están conformadas por pequeñas partículas de madera comprimidas al calor, pudiendo incorporarle previamente selladores para hacerlos resistentes a la humedad y a organismos. La densidad y rigidez dependen de la presión empleada.

Tabla de partículas: desperdicios de madereras son unidas con adhesivos a los que se les puede agregar aditivos para hacerlos impermeables, aptos para exteriores. Sus propiedades son similares en cualquier dirección ya que las partículas no tienen una orientación en particular.

3.3. Tipos de Madera presentes en Venezuela

Como material de construcción es importante conocer que tipos de maderas están disponibles en el país, es por eso que se elaboro la siguiente lista de los tipos de madera y sus características.

Nombre	Tipo según uso	Valores de resistencia en dirección paralela a la fibra (kg/cm ²)		Aplicación
		Compresión	Flexión	
Aurora	Blando	45,0	58,0	Carpintería Encofrado
Abeto	Blando	42,0	64,0	Encofrado
Caoba	Blando	43,0	66,0	Ebanistería
Pino Blanco	Semi-Duro	47,0	78,0	Carpintería
Pino Tea	Duro	51,0	80,5	Vigas y Techos
Alerce	Duro	48,0	87,0	Ebanistería
Algarrobo	Duro	52,0	89,0	vigas
Puy	Duro	47,0	81,0	
Zapatero	Duro	51,0	68,0	

Tabla II-1. Tipos de Madera y sus Características

4. CONCRETO

Este conocido material es el producto de la mezcla de material cementante, agua y agregados que al solidificarse da como resultado una piedra artificial de la forma deseada con gran resistencia.

4.1. Componentes

Tres componentes son básicamente necesarios para la elaboración de concreto, sin embargo pueden ser más de acuerdo a las exigencias de la obra.

4.1.1. Cemento: este componente es tan importante como el agua, es el que proporciona la adherencia entre los agregados. Esta sección está referida a los cementantes activados por agua, o también llamados cementos hidráulicos, entre los cuales tenemos:

Yeso: este es un mineral común consistente en sulfato de calcio hidratado, blanco por lo común. Deshidratado por la acción del fuego y molido, tiene la propiedad de endurecerse rápidamente cuando se amasa con agua, y se emplea en la construcción y en la escultura.

Cal: cuando el carbonato de calcio en forma de piedra caliza y otras materias primas es calentado a óxido de calcio y es mezclada con suficiente agua, el calcio da como resultado una masilla o hidróxido de cal que puede ser mezclado con agregados para moldear una clase de concreto, sin embargo el endurecimiento es por lo general demasiado lento para hacer concreto útil pero la cal podría mezclarse con otros ingredientes para obtener un cemento útil para concreto.

Cemento Pórtland: es un producto de la mezcla formada de arcilla y materiales calcáreos, sometida a cocción y muy finamente molida,

mezclada con agua se solidifica y endurece. Del cemento pórtland existes distintos tipos los cuales se ajustan a distintas necesidades como pronto o lento fraguado, resistencia a ambientes severos, alta resistencia, o de uso común.

Cemento Aluminoso: obtenido de procesos más calurosos que el pórtland, sus compuestos principales son alúmina y cal. Desarrolla una rápida resistencia y tolera muy bien el ataque de sulfatos. Al hidratarse genera mucho calor. Anteriormente este cemento se degradaba con el paso del tiempo quedando la obra inservible, pero actualmente se ha solventado este problema.

Cemento Supersulfatado: también conocido como sobresulfatado, está constituido de escoria de siderúrgica y yeso, con pequeñas cantidades de clinker pórtland. Es un cemento con muy buenas características resistentes y de durabilidad.

- 4.1.2. Agua: esta es la que activa al material cementante, el agua a emplearse debe estar libre de contaminantes, en tal caso el agua potable es la más apta para mezclas de concreto. Debe ser suministrada suficiente agua para obtener una pasta trabajable, pero solo la necesaria para tener un concreto con la resistencia deseada. Luego de endurecido el concreto es en muchos casos necesario continuar suministrando agua para que exista una completa hidratación del cementante.
- 4.1.3. Agregados: los agregados son los que ocupan más volumen en la mezcla y también son los que la abaratan, estos son los que le proporcionan gran parte de la rigidez y resistencia al concreto. Los agregados están divididos en finos y gruesos, que combinados buscan llenar los espacios vacíos y darle a la mezcla plasticidad. Se obtienen a los agregados por medios naturales o mecánicos, los primeros recolectados de laderas de cursos de agua mientras que los segundos son obtenidos de la trituración de rocas. Los agregados deben estar libre de contaminantes que puedan afectar las propiedades de la mezcla tanto fresca como endurecida. Se puede obtener un concreto más liviano reemplazando al agregado común por uno aligerado como roca volcánica o productos similares, también se ha encontrado a los desechos agrícolas o industriales útiles para este fin reduciendo aun más los costos de la obra, la desventaja de los agregados aligerados es la reducción de la resistencia final del concreto.
- 4.1.4. Aditivos: son aquellos productos químicos añadidos en pequeñas proporciones a las mezclas de concreto en su estado fresco con el fin de modificar algunas de sus propiedades, un abuso de ellos puede causar

reacciones imprevistas y dosis insuficientes pudieran no hacer efecto, por lo que su uso debe ser controlado. Los aditivos están clasificados según sus efectos los cuales son modificadores de la relación agua-cemento-agregado, plastificantes, modificadores de tiempo de fraguado, impermeabilizantes, e incorporadores de aire.

4.2. Método

El objetivo habitual en las proporciones de los componentes del concreto es conseguir la densidad máxima y los vacíos mínimos. Para obtener un concreto con las propiedades necesarias se debe seguir ciertos lineamientos, sin embargo para aplicaciones simples usar proporciones poco exactas es suficiente.

- 4.2.1. Mezclado: La mezcla debe ser preparada en una zona de fácil acceso a los componentes en la obra y cerca de la zona de vaciado, la dosificación si no se realiza por peso se debe de usar volúmenes para un buen control. Es importante mezclar los componentes en orden. Si la mezcla se realiza en un tambor mecánico conviene colocar parte de la piedra con agua luego los agregados finos y el cemento con otra parte de agua finalizando con el resto de la piedra y el agua. Si la mezcla es realizada manualmente se debe sobre una superficie limpia colocar el agregado fino y grueso, sobre este el cemento y mezclar ligeramente apaleando envolventemente el montón, formar un volcán y en el centro incorporar el agua, volcar la mezcla hacia dentro hasta formar una pasta homogénea.
- 4.2.2. Colocación: Los moldes no deben deformarse y deben estar libre de contaminantes, y deben llenarse completamente con la mezcla. El concreto no debe dejarse caer de gran altura y se debe arrojar contra la cara expuesta de una previa colocación si se hace en etapas. Una vez colocado el concreto debe ser vibrado o compactado para reducir la cantidad de espacios vacíos.
- 4.2.3. Curado: Esta operación protege el desarrollo de las reacciones de hidratación del cemento, evitando la pérdida parcial del agua de reacción por efecto de la evaporación superficial.

4.3. Concreto Reforzado

El concreto armado o reforzado consiste en la colocación de un refuerzo embebido al concreto, ya sea con una armadura de acero conformada por cabillas y/o a través fibras vegetales, metálicas o plásticas, que le confiere al elemento mejores propiedades. El refuerzo dentro del concreto permite soportar esfuerzos de tracción que el concreto por si solo no es capaz de resistir.

4.4. Bloques

El concreto también ha sido empleado en la fabricación de bloques por mucho tiempo, los cuales son utilizados para divisiones o muros. También el suelo-cemento ha producido bloques, estos con menor costo, utilizados en la construcción de viviendas económicas.

5. ACERO

Altamente empleado en países desarrollados, este material ofrece grandes ventajas como la rapidez de construcción y elementos estructurales de menor volumen. El acero es el producto de la aleación de hierro y carbono principalmente, para su fabricación son necesarias dos fuentes metálicas fundamentales las cuales son chatarra y brinquetas, ambas hechas pasar por un proceso de refinación antes de ser empleadas en la fundición para la creación de acero. Existen los aceros estructurales y no estructurales, estos últimos aprovechan la geometría de su sección para adquirir cualidades no poseídas por el material.

5.1. Propiedades

- 5.1.1. Resistencia: Las capacidades resistentes de los aceros están normalizadas. Esta depende del tipo de aleación en el acero, variando la proporción de carbono obtenemos aceros desde rígidos y frágiles a flexibles y dúctiles. Representado en una gráfica esfuerzo vs. deformación la resistencia del acero corresponde al punto más alto de la curva denominado también “resistencia de rotura” (Fsu). La alta resistencia del acero por unidad de peso supone que el peso de la estructura será menor, y ello debe considerarse como un elemento importante cuando se habla de hacer viviendas en condiciones difíciles de cimentación.
- 5.1.2. Ductilidad: Esta es la habilidad de un material para deformarse antes de fracturarse. Es una característica muy importante en el diseño estructural, puesto que un material dúctil es usualmente muy resistente a cargas de impacto. Tiene además la ventaja de “avisar” cuando va a ocurrir la fractura, al hacerse visible su gran deformación. En este sentido, el acero tiene una alta capacidad de absorber y disipar energía lo que le da mejores condiciones de resistencia y de durabilidad en ciclos repetidos de carga.
- 5.1.3. Incombustibilidad: La estructura realizada con este material es incombustible, es decir que no se puede inflamar, lo cual constituye un elemento de seguridad para la edificación. Es sólo después de 450 grados centígrados de temperatura, que el acero inicia un proceso de deformación bajo el calor, que requiere, según el caso protección apropiada.

- 5.1.4. Soldabilidad: El acero tiene la cualidad de unirse con otra pieza de acero mediante la soldadura en la que un material, proporcionado por el electrodo, es fundido penetrando en las piezas estableciéndose en una sola. El objetivo de la soldadura en la construcción es la transmisión de esfuerzos de un elemento a otro, sin embargo no todos los aceros se pueden soldar con estos fines, en cuyo caso es identificado por un grabado en la pieza o a través de una placa. Aun así la soldadura no es la única opción para unir piezas metálicas ya que las uniones con pernos también resultan efectivas para la transmisión de esfuerzos.
- 5.1.5. Durabilidad: El acero expuesto a la intemperie se oxida, por lo que su periodo de vida está limitado, no obstante se han elaborado aceros inoxidable, así como productos que protegen al acero de la oxidación como pinturas, o mediante procesos de cromado. Con estas protecciones el acero puede adquirir hasta una vida “perpetua”. El concreto también protege muy bien al acero del contacto con el oxígeno siendo el conjunto un material altamente duradero.

5.2. Productos

Para que el acero nos sea de utilidad este previamente debe ser laminado en caliente a su producto terminado los cuales son planos, no planos y tubular.

- 5.2.1. Planos: En esta categoría encontramos a las planchas y láminas, obtenidas cuando el acero es hecho pasar por rodillos planos sucesivos hasta tener el grosor deseado. Empleados para la manufactura industrial, también son usados para la fabricación de piezas estructurales mediante procesos de laminación en frío, corte, doblado y soldadura.
- 5.2.2. No planos: Las barras, los perfiles y los alambres están en esta clasificación. Estos son obtenidos al hacer pasar al acero por rodillos que darán forma al producto final. Las barras son usadas generalmente como refuerzo del concreto o herrería, los perfiles tienen como sección transversal varias geometrías, las más usuales son en forma de “I” (doble “T”), en “U” (o “C”) y en “L” (ángulos). Del alambres se obtienen productos como alambre de uso industrial, doméstico y auxiliar en la construcción, alambre de alta resistencia ya sea para concreto preesforzado, guayas o solo como cables, y alambres laminados en frío utilizados para la fabricación de cerchas y mallas por electrosoldadura.
- 5.2.3. Tubulares: Estos son producto de la fabricación por extrusión resultando en tubos sin costura de secciones circulares u rectangulares.

6. PLÁSTICOS Y COMPUESTOS

En países con yacimientos petrolíferos e industrias petroquímicas los plásticos y polímeros son más asequibles que en países escasos de estos recursos. La posibilidad de utilizar estos compuestos para la construcción es real, y sus aplicaciones ya se pueden encontrar disponibles por parte de distintas empresas. Algunos son rígidos y frágiles, o flexibles y dúctiles, otros opacos o translúcidos, o resistentes al calor o termosensibles, sin embargo todos pueden ser destruidos con el calor suficiente, y la humedad generalmente no los afecta.

6.1. Propiedades

Al ser un compuesto procesado con considerable tecnología sus propiedades pueden ser muchas y variadas.

- 6.1.1. Resistencia: La resistencia de la mayoría de los plásticos inmodificados es buena. La tensión, doblado y fuerza compresiva está en general en el mismo rango de lo que lo está la madera. La fuerza compresiva es en general igual, o más alta que el concreto sin refuerzo. Dependiendo del uso, algunos plásticos son sumamente duros. Los otros plásticos son sumamente frágiles y se fracturan fácilmente. Ningún plástico es tan firme como el acero y el vidrio, pero algunos son mucho más duros que los otros. La melamina, por ejemplo, es más duro que los acostumbrados firmes acabados como barniz, pero el polietileno es casi tan duro como la cera firme, y de sensación cérea. Sin embargo la capacidad resistente siempre será afectada por la temperatura.
- 6.1.2. Rigidez: Comparado con la mayoría de los otros materiales de construcción, la rigidez de los plásticos inmodificados es bajo, considerablemente más bajo que la mayoría de las clases de madera estructurales paralelas al grano. Sobre una base de igual peso, sin embargo, debido a su volumen mayor, los plásticos podrían compararse favorablemente incluso con acero. La rigidez, así como en la resistencia, está notablemente afectada por la temperatura, especialmente entre materiales termoplásticos.
- 6.1.3. Calor: Los materiales termoplásticos están notablemente afectados por la temperatura, todos ellos se vuelven blandos y plásticos con un poco de temperatura, en casi todos los casos a temperaturas muy por encima de lo normal. Las resinas termoestables están mucho menos afectadas por la temperatura, medianamente poco, otros escasamente en todos. Comparado con la mayoría de los materiales de construcción la expansión térmica de plásticos inmodificados es alta. Comparado con vidrio en aproximadamente 0.00008°C , con hierro en aproximadamente $0.000012^{\circ} \text{C}$ y aluminio en aproximadamente $0.000025^{\circ} \text{C}$, los plásticos se extienden de aproximadamente 6 a $105 \times 10^{-6} / ^{\circ} \text{C}$. Esto debe ser tomado en cuenta en el diseño, pero puede ser complacido con poca dificultad generalmente.

- 6.1.4. Transmisión de Calor: Todos los plásticos comparados con los metales son aislantes, similar a la madera. Sin embargo cuando los plásticos se encuentran como espuma suministran algunos de los mejores aislantes térmicos disponibles.
- 6.1.5. Durabilidad: Hoy en día la tecnología ha desarrollado polímeros de larga vida útil, sin embargo otros son sensibles a la luz del sol. Cualquier uso en particular debe considerar la experiencia que se ha acumulado. Los usos internos, en general, son mucho menos intensos, y muchos plásticos han dado una buena descripción de sí. Debido a que los plásticos no se deterioran con el uso corriente, pueden ser usados a menudo dónde los metales serían inadecuados, y son usados para muchas aplicaciones como el tubo, no sólo para el agua sino también para químicos corrosivos. Muchos son, sin embargo, propensos a los ciertos disolventes y esto debe ser considerado. Mayoría es inmune a la decadencia y a la mayoría de los insectos.
- 6.1.6. Fuego: Siendo materiales orgánicos, todos los plásticos pueden ser destruidos por los fuegos lo suficientemente calurosos. Algunos se queman fácilmente, otros con la dificultad, todavía otros no respaldan su propia combustión y son evaluados como no-inflamables por pruebas usuales. De la misma manera que otros materiales de construcción orgánicos como madera y telas, los plásticos podrían quemarse con una llama clara, dependiendo de la composición y las condiciones ardientes, y producir dióxido de carbono inofensivo y vapor de agua, o, gustar las otras sustancias orgánicas otra vez, podrían producir grandes cantidades humo, monóxido de carbono, y otros gases tóxicos o nocivos. Así como en la durabilidad, cada caso en particular debe ser considerado y la tal experiencia debe usarse como guía.

6.2. Productos

- 6.2.1. Termoplásticos: tenemos entre estos compuestos los siguientes:

Cloruro de polivinilo: En su estado inmodificado es duro y bastante frágil y es usado para accesorios de tubo, instalación de cañerías, zanjas, piezas de equipo físico, cajas, y aplicaciones similares. Cuando se modifican con rellenos o plastificantes o ambos su uso es extensivo como hojas de piso o azulejos y empapelado.

Acrílicos. Éstos están entre los más claros y más transparente de todos materiales y entre los plásticos más resistentes al clima. Son en consecuencia usados mucho para claraboya, empotrados de alumbrado, y esmaltes, especialmente donde la resistencia al deterioro es importante. Pueden ser fácilmente de color con tintes o colorantes.

Poliétileno. En la construcción, entre los mayores usos están la instalación de tubos para irrigación, protección eléctrica, y barreras de vapor, bajo losas de concreto.

Poliestireno: Los usos más importantes en la construcción son como espuma la protección térmica, y en la actualidad como encofrado para concreto. Los otros usos incluyen muebles empotrados de alumbrado y accesorios. Normalmente frágil, cuando el poliestireno es copolimerizado con acrilonitrilo y butadieno forma una tela dura, ABS, tubo lejano ampliamente usado.

Policarbonato. Este es duro, transparente, resistentes al clima, y es usado en muebles empotrados de alumbrado lejanos y otras aplicaciones de transmisión de luz donde el peligro de avería es alto a menudo.

6.2.2. Termotratados:

Fenol. El formaldehído de fenol suministra una gran variedad de piezas moldeadas como pomos, asas y otras piezas de equipo físico, componentes para empotrados eléctricos, y otros artículos numerosos, de color oscuro.

Formaldehído de melamina. Estos materiales proveen molduras de color claro, pero su resistencia a la humedad y temperaturas elevadas es de gran calidad.

Poliéster. Para aplicaciones de edificio, poliéster son usados principalmente en plásticos fibrosos reforzados. Las industrias eléctricas los usan compuestos para instalaciones de piezas eléctricas delicadas. Los epoxis son en mayoría usados en la construcción como adhesivos alto fuerza y como capas, pero hay algún uso para componentes de elenco como lavabos en laboratorios químicos. Tanto el poliéster como el epoxi son formulados con polvo de mármol y otros rellenos para proveer elenco baños de "Mármol".

Poliuretano. El más empleado en cuanto a espumas se trata, es utilizado para rellenar espacios difíciles. También puede ser empleado para tapizado elástico de espuma flexible o para suministrar capas duras.

Silicones. Éstos, como los fluorocarbonos tienen resistencia sobresaliente para las temperaturas altas y bajas, y la exposición a la luz del sol, tanto como a la radiación ultravioleta e infrarroja. Son impermeables y son por lo tanto usados como tratamientos de impermeabilización para la mampostería.

Otro uso importante es como caulking gomoso. Las capas de silicona son contrarias a las condiciones extremistas.

- 6.2.3. Basados en Compuestos: Los compuestos pueden definirse como combinaciones de materiales cuyo comportamiento es diferente al de sus componentes individuales. La combinación posee fuerza, rigidez y estabilidad ausentes en los materiales individuales. El acero en concreto reforzado actúa en una manera análoga. Los compuestos son divididos en tres categorías principales frecuentemente: partícula, fibroso y laminar.

Partícula: Las partículas son arraigadas en una matriz ininterrumpida o resguardo provisional. Recientemente, los plásticos como el poliéster, han sido empleados, suministrando un plástico o concreto de poliéster. El concreto de poliéster, aunque nuevo comparado con el concreto de cemento pórtland o los concretos puzolanicos mucho más viejos utilizado por los romanos, ha presentado la buena durabilidad. Los ejemplos han indicado menos agrietamiento que concreto reforzado usual.

Fibroso: Las fibras, continuos o cortado de cortos a los largos, son incrustados en una matriz. La matriz se estabiliza o soporta las fibras así que su fuerza puede ser dada. Probablemente el compuesto más conocido es la fibra de vidrio sumamente fuertes embebidos en una resina de poliéster. Estos plásticos reforzados han encontrado aplicaciones estructurales y semi-estructurales tanto como no-estructurales, numerosas en la construcción. Tienen ciertas ventajas tanto como limitaciones. Entre las ventajas están:

Luminosidad, fuerza y resistencia: Porque las fibras y la resina son ligeras de peso los plásticos reforzados suministran las proporciones de fuerza por peso sumamente altas a menudo. También son duros, pueden ser usados en secciones finas, a menudo tan delgadas como 1.5 mm (1/16 pulgada).

Forma: Estos materiales no tienen forma propia. Deben ser moldeados a la forma. Por consiguiente, intrínsecamente las configuraciones fuertes y rígidas, y eficientes pueden ser escogido.

Transmisión ligera. En las secciones finas a menudo empleadas, la fibra de vidrio enfatizó que poliéster puede tener un alto grado de transmisión de luz. Pueden por lo tanto suministrar una combinación de estructura, cercado e iluminación.

Entre las limitaciones están:

Rigidez limitada. Incluso con la adición de fibra de vidrio (aproximadamente el mismo módulo elástico del aluminio) la rigidez en conjunto de plástico reforzado por fibra es solamente medianamente alta, extendiéndose al menos dos a tres veces de la mayoría de las clases de madera estructurales. Por consiguiente, es esencial usar las formas intrínsecamente para rigidizar el material.

Costo. El costo peso por unidad no es bajo comparado con los otros materiales estructurales. Es por lo tanto necesario aprovechar la fuerza, la ligereza, la rigidez, y forma al máximo.

Durabilidad y fuego. La durabilidad puede ser aumentada, por ejemplo, usando poliéster modificado por acrílico, y usando capas protectoras superficiales de fluorocarbonos. Superficies deterioradas también pueden ser renovadas aplicando capas en las zonas afectadas. Cuando las fibras inorgánicas como vidrio, u otros rellenos inorgánicos, son empleadas, la resistencia al fuego es aumentada, pero la susceptibilidad a él no es eliminada.

Laminar: Hojas o películas de varios materiales son pegadas en capas por un resguardo provisional que puede interpenetrar o impregnarse a ellos al mismo tiempo. Las capas finas son estabilizadas y almidonadas siendo pegado. Entre las aplicaciones de edificio más comunes están el decorativo.

Los “sándwiches” son un caso especial de compuestos laminares en los que dos paramentos relativamente finas, duros, fuertes, rígidas y densos son combinadas con un medio relativamente más débiles, menos densos, menos rígidos y livianos para suministrar una combinación que posee la fuerza y la rigidez combinada con el bajo peso. El comportamiento es similar al de vigas doble T que tiene fuerza y rigidez alta debido a su geometría. Además, en “sándwiches” para la construcción de paramentos proveen el clima y desgaste resistente más las cualidades estéticas, el punto principal suministra la protección térmica, y la combinación suministra aislamiento acústico y la resistencia al fuego.

De forma semejante, muchos materiales encuentran uso como núcleos, incluyendo espumas plásticas, espuma concreto, espuma vidrio, espuma silicatos, láminas de fibra, yeso, tablero de aglomerado, tabla de partícula, y numerosas formas celulares como papel de panal impregnadas por resina y una variedad de otros enrejados.

NORMATIVA

Las normas constituyen la base en todo proyecto, estos nos dan las pautas que se deben seguir o respetar de acuerdo a resultados de experiencia analizadas, su cumplimiento ha de asegurar que el producto final será seguro y de calidad. En esta sección se hace una recopilación de los capítulos de mayor relevancia para el presente estudio.

1. Tipos de Estructuras

Para realizar un correcto análisis estructural a una edificación ante todo se debe identificar el tipo de estructura al cual se encuentra clasificado, para ello las normas 1756 y 1618 nos presentan una clasificación de acuerdo a los tipos de elementos resistentes.

1.1. Clasificación Norma COVENIN-MINDUR 1756-1-2001 Edificaciones Sismorresistentes.

La norma sísmica, en su Capítulo 6.3.1 establece una clasificación de cuatro distintos tipos estructurales en función a los componentes resistentes a sismo que conforman el sistema, además se indica que todos los sistemas, menos el correspondiente al tipo cuatro, deberán poseer un diafragma con rigidez y resistencia necesarias para una buena distribución de las acciones sísmicas.

En este capítulo la clasificación de las estructuras tiene el fin de asignarle al sistema un factor de reducción de respuesta “R”, este valor modifica el espectro de diseño para indicar la fracción de la aceleración que afectará a la estructura.

Los tipos de sistemas estructurales resistentes a sismos que presenta esta norma son:

- Tipo I: Estos sistemas son los conocidos como pórticos, conformado por vigas y columnas, que serán los que resistirán la totalidad de las acciones sísmicas.
- Tipo II: En este tenemos la combinación de los sistemas clasificados como Tipos I y III, en el que los sistemas tipo pórtico deben de tener la capacidad de resistir al menos el 25% de la carga sísmica total.
- Tipo III: Estos sistemas están constituidos por pórticos diagonalizados o muros que soportarán la totalidad de las cargas por acciones sísmicas. También entran en este grupo aquéllos sistemas que no entran en la clasificación Tipo II.
- Tipo IV: Estos son los sistemas estructurales que no poseen diafragmas lo suficientemente rígidos y resistentes para una distribución efectiva de las cargas por acciones a los elementos verticales.

1.2. Clasificación Norma COVENIN-MINDUR 1618-1-1998 Estructuras de Acero para Edificaciones. Método de los Estados Límites.

La norma de acero en su Capítulo 3.2 clasifica los sistemas estructurales en cuatro tipos de acuerdo a la configuración de los elementos resistentes. Los tipos de estructuras se corresponden a un tipo pórtico, dos tipos pórticos diagonalizados y un tipo mixto, los cuales se presentan a continuación:

- Tipo pórtico: Como su nombre lo indica, los sistemas estructurales son tipo pórtico, es decir, que esta conformado por vigas y columnas. En este sistema los pórticos serán capaces de resistir las acciones mediante las deformaciones por flexión.
- Tipo pórtico con diagonales concéntricas: Estos sistemas poseen diagonales que estarán sometidas principalmente a fuerzas axiales, estas diagonales proporcionar estabilidad y/o resistencia a las acciones. Se permiten configuraciones de diagonales con forma de X, V o Λ , sin embargo una disposición en forma de K no está autorizado.
- Tipo pórtico con diagonales excéntricas: Las diagonales en estos sistemas están vinculados a vigas dúctiles capaces concentrar la absorción y disipación de la energía del sistema. Los eslabones dúctiles pueden permitir diversas configuraciones de acuerdo a su posición pudiendo ubicarse en vigas o adyacentes a columnas.
- Tipo mixto acero – concreto: Estas estructuras están compuestas por miembros de acero y concreto, los cuales se enumeran a continuación.
 - Pórticos con columnas de concreto reforzado o mixtos acero - concreto, y vigas de acero estructural o mixtos acero – concreto.
 - Pórticos con columnas de acero estructural y vigas mixtas acero – concreto conectadas mediante conexiones semirrígidas
 - Pórticos con columnas de concreto reforzado o mixtas acero – concreto, vigas y diagonales concéntricas de acero estructural o mixtas acero – concreto.
 - Pórticos con columnas de concreto reforzado o mixtas acero –concreto, vigas de acero estructural o parcialmente mixtas y diagonales excéntricas de acero estructural.

- Muros estructurales de concreto reforzado o muros mixtos acero – concreto con perfiles de acero estructural o mixtos como miembros de bordes, y vigas de acero estructural que acoplan dos o más muros estructurales.

2. Habitabilidad

Un local habitable es aquel en el que una o más personas pueden permanecer en el mismo por más de cuatro horas. Para que esto se pueda dar ciertas condiciones mínimas deben estar presentes como ventilación, suministro de agua potable, disposición de las aguas servidas e iluminación. En las normas sanitarias se encuentran detalladas, entre otras, estas condiciones mínimas que debe cumplir un local para ser habitable.

1.1. Especificaciones para instalaciones en edificaciones.

Gaceta Oficial de la República de Venezuela N° 4044-1988 (Extraordinario), Año CXV Mes XI Normas Sanitarias para Proyecto, Construcción, Reparación, Reforma y Mantenimiento de Edificaciones.

- **Dimensiones de los locales**

En la tabla siguiente se encuentra un resumen de las dimensiones mínimas que deben poseer las áreas en las viviendas.

Ambiente	Área Mínima (m ²)	Dimensión Mínima Lateral (m)
Dormitorio – Habitación Principal	8,50	2,40
Dormitorio – Habitación Adicional	6,00	2,00
Cocina	6,00	1,50
Lavadero	3,00	1,50

Tabla II-2. Dimensiones Mínimas para Viviendas

Los dormitorios colectivos para 3 personas ó más deben tener un área mínima de 4m² por persona, las áreas de lavadero deben estar separadas de las de cocina en un espacio techado.

Las dimensiones mínimas de las salas sanitarias estarán dadas por el número y tipo de piezas sanitarias, según la tabla a continuación:

Pieza Sanitaria	Distancia (cm.)			
	A la Pared		A la Pieza	
	Frontal	Lateral	Frontal	Lateral
Bañera o Ducha	55	-	45*	10
Bidet	45	15	45*	10
W.C.	45	15	45*	10
Lavamanos	65	15	55	10

- (*) Cuando la otra pieza sea un lavamanos se deberá aumentar a 55cm.
- Espacio mínimo entre la proyección de dos piezas consecutivas: 0,10m.
- Espacio mínimo entre la proyección de las piezas y la pared lateral: 0,15m.

Tabla II-3. Separación de las Piezas Sanitarias.

La altura mínima interior en los ambientes, desde el piso acabado hasta la parte inferior del techo o cielo raso, indicada por la norma es de 2,40m, siendo para techos inclinados la menor altura de 2,10m, y el promedio no inferior a 2,40m. Para salas sanitarias la altura mínima será de 2,10m.

- **Características de Pisos, Paredes y Techos**

En la norma se indica que todos los pisos deberán ser de materiales resistentes, impermeables, lavables y no deleznales. Las paredes de una vivienda, o que separen a una vivienda de otra, deberán garantizar aislamiento acústico, térmico y óptico; y protección contra roedores, durabilidad, difícil ignición, fácil limpieza y que no sean deleznales.

Las paredes de las salas sanitarias deberán ser de acabado impermeable, liso, resistente, fácilmente lavable y capaz de soportar la abrasión de los productos destinados a la limpieza, hasta una altura de 1,20m en todo perímetro de la sala sanitaria, exceptuando la ducha, que se considera como pieza sanitaria, que deberá ser de 1,80m como mínimo.

Las paredes de las cocina deberán tener las mismas características que las de los baños, estas deben estar adosadas a al pared posterior de fregaderos y fuentes de calor con una altura de 1,50m sobre el nivel del piso.

Para las paredes de las bateas se aplica lo anterior, pero se admite que la longitud sea al menos 30cm mayor que la longitud de la pieza.

Los techos deberán ser impermeables y durables, prohibiéndose el uso de techos de paja o palma o de cualquier otro material que no reúna las características anteriormente citadas.

- **Iluminación y ventilación natural**

La norma sanitaria prohíbe que los estares, comedores y dormitorios de viviendas sean iluminados y ventilados exclusivamente por medios artificiales, por lo que la iluminación y ventilación se suministraran por medio de ventanas que abran a espacios abiertos o techados.

Las áreas de las ventanas empleadas para iluminar y ventilar ambientes naturalmente tendrán como mínimo el 10% de la superficie del piso pero no menor a un metro cuadrado. Para salas sanitarias es similar pero las áreas de las ventanas no serán menores a 30cm² y su longitud mínima será de 40cm.

Cuando en las vivienda el lavadero de ropas, esté ubicado entre la cocina y ventanas que sean fuente de iluminación y de ventilación de aquella, deberá dejarse entre la cocina y el lavadero, un tabique cuya altura no sea inferior de 1,50m ni superior a 1,80m.

- **Disposiciones Generales Sobre los Sistemas de Abastecimiento de Aguas y la Disposición de Aguas Servidas y de Lluvia de las Edificaciones**

En las normas se establece que toda edificación destinada a habitación humana deberá poseer un sistema para la evacuación de las aguas servidas, y previsiones para la adecuada disposición de las aguas de lluvia.

Cuando no exista cloaca pública capaz de prestar servicio a la edificación, podrá permitirse la disposición de las aguas servidas por medio de un sistema que cumpla los requisitos establecidos en las mismas normas.

- **Dotaciones de Aguas para las Edificaciones**

Las dotaciones de agua para edificaciones destinadas a viviendas unifamiliares, se determinarán en función del área total de la parcela o del lote donde la edificación va ser construida o exista, de acuerdo con la siguiente tabla.

Dotaciones de Agua para Edificaciones Destinadas a Viviendas Unifamiliares		
Área Total de la Parcela o Lote en metros cuadrados.		Dotación de Agua Correspondiente en litros por día.
Hasta	200	1.500
	201	300
	301	400
	401	500
	501	600
	601	700
	701	800
	801	900
	901	1000
...		...

Nota: Las dotaciones antes señaladas incluyen el consumo de agua para usos domésticos y el correspondiente al riego de jardines y áreas verdes de la parcela o lote.

Tabla II-4. Dotaciones de Agua para Edificaciones Destinadas a Viviendas Unifamiliares.

- **Piezas Sanitarias**

Las piezas sanitarias deberán estar construidas de materiales duros, resistentes e impermeables y de superficie lisa y no presentarán defectos interior ni

exteriormente. Las piezas se instalarán en ambientes adecuados previendo los espacios mínimos necesarios para su correcto uso, limpieza, reparación e inspección de acuerdo a lo indicado en la Tabla II-3.

En toda sala sanitaria donde sea instalado un excusado en sitio cercano e inmediato y fácilmente accesible, deberá instalarse un lavamanos de capacidad y dimensiones mínimas indicadas a continuación: largo: 33cm, ancho: 23cm., profundidad: 13 cm.

Las duchas son consideradas piezas sanitarias, siendo el área como mínimo de 70x70cm para permitir una caída libre de agua. La pendiente mínima del piso será de 2% hacia el desagüe, que llevará una rejilla removible e inoxidable. La ducha poseerá un brocal con una altura mínima de 5cm para impedir el escurrimiento del agua a otras partes de la sala sanitaria. El recubrimiento impermeable de la ducha tendrá una altura mínima de 1,80m

- **Tipo y Número Mínimo Requerido de Piezas Sanitarias a Instalar en las Edificaciones**

Toda unidad de vivienda (unifamiliar o apartamento), estará dotada por lo menos de una sala sanitaria con excusado, un lavamanos y una ducha o bañera. La cocina dispondrá de un fregadero, y el lavadero de ropas de una batea.

- **Materiales, Juntas, Piezas de Conexión y Válvulas a Utilizar en los Sistemas de Abastecimiento y distribución de Agua de las Edificaciones**

Los materiales a emplearse en sistemas de abastecimiento de agua de edificaciones deberán ser los siguientes: hierro fundido, hierro forjado, acero, cobre, bronce, latón o cloruro de polivinilo (PVC); indicados en la norma. Las juntas o piezas de conexión preferiblemente deben ser del mismo material que el de las tuberías.

- **Instalación de las Tuberías del Sistema de Abastecimiento de Agua**

Las tuberías se instalarán en un todo de acuerdo al proyecto y en forma tal que no debiliten la resistencia de los elementos estructurales de la edificación.

SISMICIDAD

Los sismos son un fenómeno natural producidos por inestabilidades del terreno y desplazamiento de fallas, produciendo ondas que se propagan por medios sólidos y fluidos.

La amenaza sísmica existe para todos (países ricos y pobres); sin embargo en los países pobres las consecuencias catastróficas son mayores; generando una mayor pobreza donde ya existe.

Esto se debe porque la vulnerabilidad de la población en los países pobres es mayor, ya que se asocia con los problemas económicos y sociales que poseen. Los “desastres naturales” al generar pérdidas significativas en la economía y en las sociedades retrasan los esfuerzos por mejorar sus condiciones de vida. Esto atribuye una complejidad en su análisis porque, es irracional pero real, que mientras un país sea pobre los efectos producidos por un fenómeno natural de gran intensidad serán aún más catastróficos.

Es sencillo encontrar soluciones económicas al problema de la vivienda pero que no satisfacen el problema sísmico. La sismicidad constituye un obstáculo que debe salvarse para la generación de soluciones de viviendas económicas.

Durante un sismo ocurren en forma aleatoria movimientos del terreno en todas las direcciones. Las mediciones de las aceleraciones horizontal y vertical del terreno, en función del tiempo, han indicado que las aceleraciones del terreno puedan ser considerables.

Cuando durante un sismo, una estructura se sujeta a los movimientos de terreno ésta responde de manera vibratoria. Cuando la estructura se comporta elásticamente, la aceleración máxima de respuesta depende del periodo natural de la estructura y de la magnitud de amortiguación presente. Los análisis dinámicos de estructuras que responden elásticamente a registros típicos de sismos han indicado el orden de aceleración de respuesta que pueden experimentar las estructuras.

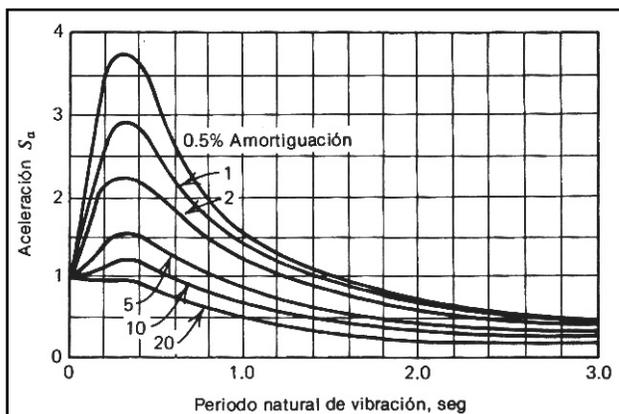


Gráfico II-1. Espectro de Diseño.

Espectro de diseño que da la aceleración como función de la amortiguación y el periodo de vibración para un oscilador lineal de un solo grado de libertad que responde elásticamente a ciertos movimientos del terreno bajo terremoto.

La figura 1 muestra la respuesta de aceleración máxima de la estructura que se comporta elásticamente cuando se sujeta la estructura a movimientos registrados del terreno de algunos sismos en EEUU

La aceleración S_a máxima de respuesta como función del periodo natural de vibración de la estructura y la magnitud de la amortiguación, lo que se expresa como porcentaje del amortiguamiento viscoso crítico. Las curvas están idealizadas respecto de las curvas reales más irregulares, se puede considerar que $S_a=1$ es la aceleración máxima del terreno. Para un intervalo de periodos la aceleración máxima de respuesta de la estructura puede ser varias veces mayor que la aceleración del terreno. La aceleración máxima de respuesta de estructuras con un periodo muy pequeño (estructura rígida) se aproxima a la aceleración del terreno. La aceleración máxima de estructuras con periodos grandes de vibración puede experimentar poco más que la máxima aceleración del terreno, y a periodos mayores pueden experimentar menos que la máxima aceleración del terreno.

Diseño al Límite

Es necesario considerar el comportamiento de los marcos en la carga máxima y cerca de ella para determinar las distribuciones posibles del momento flectante, la fuerza cortante y la fuerza axial que se podría utilizar en el diseño. Es posible utilizar una distribución de momentos y fuerzas distinta a la dada por el análisis estructural elástico lineal, si las secciones críticas tienen suficiente ductilidad para permitir que ocurra la redistribución de las acciones conforme se acerca la carga máxima. Adicionalmente, en países que sufren de terremotos, otro aspecto importante del diseño es la ductilidad de la estructura cuando se le sujetan a cargas de tipo sísmico, ya que los criterios actuales de diseño sísmico se basan en la disipación de la energía por deformaciones inelásticas en caso de sismos importantes.

Estos dos aspectos del comportamiento en la carga máxima dependen de las características de deformación de los miembros, que para los marcos dependen principalmente de la relación entre el momento y la curvatura.

Diseño por Capacidad

Los procedimientos de diseño por capacidad se han desarrollado en Nueva Zelanda en los últimos 20 años y esta filosofía ha sido adoptada en otros países.

El enfoque convencional al diseño por sismo, es decir, confiar en el comportamiento dúctil de los miembros estructurales para la disipación de la energía, tiene la desventaja obvia de que la estructura se daña durante un sismo importante y que es necesario repararla. El daño puede ser tan serio que se necesite demoler la estructura. Otro enfoque es separar la función de transmisión de carga de la estructura de la función de disipación de energía, lo que se puede lograr incorporando, en la estructura,

dispositivos especiales para disipar la energía generada en la estructura por los movimientos del sismo. Estos dispositivos protegen a la estructura contra el daño.

El diseño por capacidad no es una técnica de análisis sino una poderosa herramienta de diseño, que consiste en procedimientos orientados a que distintos elementos del sistema resistente a sismo sean cuidadosamente detallados para disipar energía bajo severas deformaciones impuestas, las regiones críticas de estos elementos, llamadas articulaciones plásticas son detalladas para acciones de flexión inelástica, mientras las fallas por corte son evitadas por un adecuado diferencial de esfuerzo. Todos los demás elementos son protegidos contra acciones que puedan causar fallas, al proveer con resistencias mayores a las que pueden ser desarrolladas cuando se forma la articulación plástica.

Para la determinación de las fuerzas que deben resistir los elementos no dúctiles es necesario considerar que las secciones en cedencia alcanzan niveles de sobrerresistencia. Esto asegura que los medios de disipación de energía escogidos pueden ser mantenidos.

DECISIÓN MULTICRITERIO

En términos de inversión, uno de los grandes problemas que se plantean a los agentes económicos, es la determinación de un cierto índice, criterio o medida que sirva para realizar un ordenamiento de las alternativas o proyectos disponibles, de acuerdo con una mayor o menor preferencia.

Dentro de los problemas multicriterio podemos distinguir dos grupos diferenciados. Por un lado aquellos problemas de decisión en los que el conjunto de alternativas a considerar por parte del centro decisor es infinito, tanto en el caso monocriterio como en el multicriterio, suelen denominarse problemas continuos dado el carácter matemáticamente continuo del conjunto de soluciones factibles.

Por otra parte se encuentran los problemas de decisión de tipo discreto en los que el conjunto de alternativas a considerar por parte del centro decisor es finito y normalmente no muy elevado. El interés práctico de los problemas multicriterio discretos resulta evidente. Así pues existen multitud de contextos de decisión en los que un número reducido de alternativas o elecciones posibles deben evaluarse en base a varios atributos. En concreto nos referiremos a un amplio conjunto de métodos de decisión multicriterio agrupables bajo la denominación común de Métodos de Superación, pues todos ellos giran en torno del concepto teórico de las relaciones de superación, propuesto por un grupo de investigadores franceses a mediados de los años sesenta y que hoy en día goza de una amplia aceptación dentro del mundo de la Decisión Multicriterio Discreta.

El primer representante de los métodos de superación ha sido el método ELECTRE, nacido de la mano del investigador Bernard Roy, quien es considerado como un verdadero maestro de toda una generación de estudiosos de la decisión multicriterio y autoridad mundialmente reconocida en este campo. Actualmente, se conocen distintas versiones implementadas con software del método ELECTRE, que han ido enriqueciendo la metodología inicial, para permitir, de ese modo, ampliar notablemente el abanico de problemas a los que pudiera aplicarse. Entre los métodos más recientes aparecidos dentro de la categoría de los métodos de relaciones de superación cabe destacar al método PROMETHEE. Su referencia pionera es Jean Pierre Brans y en la actualidad también se dispone de diversas versiones implementadas con software del método, que han ido perfeccionando las ideas iniciales y ampliando la gama de problemas a ser tratados en la práctica. Jean Pierre Brans fue discípulo de Bernard Roy y continuador de los métodos de superación abriendo una nueva perspectiva en los mismos. A partir de estos dos grandes exponentes, los métodos ELECTRE y los métodos PROMETHEE, han aparecido un gran número de variantes y de métodos conexos propuestos y aplicados principalmente por estudiosos y profesionales europeos.

Características Generales de los Métodos Multicriterio.

El mecanismo básico de los métodos utilizados consiste en el de las comparaciones binarias de alternativas, es decir, se trata de sistemáticas comparaciones dos a dos de las alternativas y criterio por criterio. Los métodos de superación (surclassement en francés, outranking en inglés) utilizan el concepto de concordancia, completándolo con el de discordancia y dotando así de estructura cuantitativa a la siguiente frase: “cuando una alternativa a es tan buena al menos como otra b en una mayoría de los criterios, y no hay ningún criterio en el que a sea notoriamente inferior a b, podemos afirmar sin riesgo que a supera a b”. La principal ventaja de la relación de superación es que en ella no subyace necesariamente el supuesto de transitividad de preferencias o de comparabilidad, que sí subyace en cualquier enfoque de funciones de utilidad. En cuanto a la comparabilidad, en muchos contextos de decisión, el centro decisor *no puede o no desea* comparar las alternativas debido, entre otras posibles razones, a la falta de información, imprecisión en las mediciones, inconmensurabilidad de los criterios, etc.

1. ELECTRE

El método ELECTRE (Elimination Et Choix Traduisant la Réalité), en todas sus versiones es conocido no sólo en Francia, sino en toda Europa, demostrándolo así la abundante literatura sobre ellos y sus aplicaciones.

El concepto de peso en los métodos ELECTRE debe entenderse como una medida de la importancia que para el decisor tiene ese criterio, pero en absoluto como una tasa de sustitución, ya que las evaluaciones de cada alternativa en los diferentes criterios no se componen en una evaluación global. Por tanto, estos métodos no son compensatorios en el sentido de los métodos de ponderación lineal. Pero como sí utilizan la información de los pesos a fin de construir los coeficientes de concordancia y de discordancia, suelen catalogarse en definitiva, como métodos parcialmente compensatorios. El ELECTRE IV es el único que ni siquiera necesita pesos, pues funciona por una secuencia de relaciones de superación anidadas que va construyendo en forma paramétrica. Las versiones ELECTRE I e IS dan como resultado una relación de superación entre las alternativas, mediante un grafo orientado de las mismas y sensible a los umbrales fijados por el decisor. A partir de esta relación puede extraerse la información útil para la selección buscada. Las otras versiones del ELECTRE dan directamente un preorden parcial de las alternativas.

2. PROMETHEE

El método PROMETHEE (Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluations) nace de la mano de Jean Pierre Brans. A partir de entonces empiezan a aparecer numerosas aplicaciones con un especial interés en los problemas de ubicación: plantas hidroeléctricas, instalaciones comerciales en un ambiente competitivo, depósitos de desechos, evaluación financiera, etc. Uno de los objetivos esenciales del método es el de ser fácilmente comprensible para el decisor, siendo en realidad uno de los más

intuitivos de la decisión multidiscreta. En las distintas versiones del método se hace un amplio uso del concepto de pseudocriterio y se procede a asociar a cada criterio original un criterio generalizado, que responde a uno de los seis tipos reconocidos en general en la literatura sobre el tema.

Es preciso puntualizar, sin embargo, que estos umbrales no intervienen en el mismo momento de cada método, ya que en el ELECTRE I actúan directamente sobre la relación de superación, por lo que no es sorprendente que la influyeran directamente, mientras que en el PROMETHEE los umbrales intervienen en la fase preparatoria de definición de los criterios. El método PROMETHEE posee una definición axiomática que permite caracterizarlo como un método de agregación que satisface condiciones de neutralidad (el preorden agregado no se ve influido por el número de alternativas), monotonía (el preorden social se comporta en el buen sentido cuando el número de sujetos que prefieren una alternativa a otra aumenta), y otras condiciones algo más complejas.

La diferencia entre las versiones I y II del PROMETHEE es que en la primera se efectúa un ordenamiento parcial de las alternativas, dando lugar así a la posible aparición de incomparabilidades; mientras que en la segunda se obtiene un preorden completo de las alternativas. En este último caso se pierde información verdaderamente útil, pero por otra parte todas las alternativas participan en la ordenación final. Otras variantes del método PROMETHEE se plantean situaciones más sofisticadas de decisión, en particular problemas con un componente estocástico. También se resalta la existencia de las versiones PROMETHEE III, IV, V y VI de muy diverso aspecto entre sí.

CAPITULO III

CAPITULO III

MÉTODO

La metodología a desarrollarse en este trabajo consiste principalmente en utilizar los conceptos y técnicas de la ingeniería civil para valorar y evaluar las alternativas disponibles para la construcción en el país de viviendas de bajo costo. Por el fin que tienen estas viviendas es necesario involucrar el estudio económico. Sin embargo por estar esta área fuera de nuestra experticia, se manejarán estimaciones que nos permitan cualitativamente evaluar este aspecto, mientras que la selección del mejor sistema se efectuará mediante el empleo de métodos de selección multicriterio.

Recolección de Información

En esta fase se procede con la exploración y recolección de información de las distintas opciones de viviendas unifamiliares y de bajo costo, para esto la búsqueda se centró en tres sectores los cuales son:

- Archivos IMME.
- Informes o Bibliografía Especializada.
- Proveedores y Comercializadores en la Industria de la Vivienda.
- Red Global de Información Digital (Internet).

La información a recolectar debía de ser completa para ser considerada, por lo que los criterios empleados en la búsqueda fueron la descripción total del sistema en donde se indique la configuración estructural, materiales empleados (considerando la disponibilidad de estos en el país) y métodos de montaje o ensamblado, y estudios asociados a los sistemas como comportamiento de la estructura, características los materiales y resultados de ensayos.

Procesamiento de Información

Una vez recolectada la información de los sistemas desarrollados o que puedan potencialmente construirse el país, se procederá al procesamiento de estos datos. Los sistemas, de acuerdo a sus características, serán clasificados en tres grupos, los cuales son, conforme al tipo estructural, en pórticos, muros y mixtos, y subclasificados por sus materiales.

Problemas de Patología Estructural

A manera informativa se presentan una serie de problemas de patología en sistemas estructurales, presentando un caso de deficiencias estructurales que puede tomarse de orientación para la resolución de posibles problemas, para evaluar el efecto sobre los sistemas o para considerar y prever su aparición. También esta sección se presenta para recordar la necesidad del estudio de los sistemas estructurales de viviendas de bajo costo que a lo largo del tiempo han mostrado deficiencias en sus diseños y poniendo en riesgo a sus ocupantes.

Selección de Sistemas Estructurales de Bajo Costo

Una vez recolectada la información suficiente se seleccionarán los sistemas que dispongan de información más detallada o de estudios más completos. Incluidos en los sistemas se encontrará la vivienda de construcción informal que se presentara como punto base de viviendas de bajo costo debido a su importante empleo como solución habitacional por la comunidad venezolana, sin embargo este sistema no será considerado como una opción más, sino que se tomará como punto de comparación y evaluación de los demás sistemas

Presentación en Detalle de Estudios Correspondientes a los Sistemas Estructurales Seleccionados

En esta sección se presentará un resumen de los trabajos e informes realizados por los distintos entes de investigación de los sistemas estructurales.

Evaluación en SAP 2000

Para complementar los estudios presentados en la sección anterior se realizaran modelados de los sistemas estructurales en el programa SAP 2000 8.1.6, los que se evaluarán bajo el efecto sísmico siguiendo los parámetros presentados en la Norma 1756-2001 Edificaciones Sismorresistentes. Los sistemas serán representados por módulos de un ambiente de dimensiones aproximadas a 3,00 x 3,00 m por 2,60 m de altura, erigidos sobre terrenos irregulares, es decir, con fundaciones sobre media ladera, por lo que las columnas del primer nivel presentarán una diferencia de longitudes, con el fin de simular una condición desfavorable para la estructura.

Comparación entre Sistemas. Método Multicriterio

Evalrados ya los sistemas se podrá realizar una comparación y selección de la vivienda mejores características considerando múltiples factores que intervendrán en la decisión final.

Los criterios a considerar para la selección del o de los sistemas estarán agrupados en los sectores económico, estructural y social.

En esta etapa se dispone del programa “Guías Referenciales de Costo Para la Construcción. Visor 3.00 - Edición Marzo 2006” para contabilizar los costos de materiales en las unidades de viviendas, sin embargo no se considerarán costos debidos a fundaciones, acabados, instalaciones de servicios ni mano de obra por considerarse de poca relevancia o por que no afectarían en la diferencia de costos entre sistemas.

Descripción del Método de Selección Muticriterio

El método a emplearse consiste en la ponderación de los sistemas en base a los criterios considerados, presentando como sistema más favorable aquel que reciba mayor puntuación.

- **Pesos de Criterios**
Una vez determinados los criterios se procederá a asignarles un factor de importancia en base al cien por ciento (100%) que influirá en la puntuación final que reciban las alternativas, en este caso representados por los sistemas estructurales seleccionados.
- **Niveles de los Criterios**
Para ponderar las alternativas en base a los criterios primero debemos establecer los niveles, para ello se debe considerar que precisión queremos para calificar, establecidos estos niveles procedemos a asignarle valores ascendentes mientras más favorable sea el nivel del criterio.
- **Matriz Alternativa – Criterio**
En esta matriz se presentan en las columnas las alternativas a evaluar y en las filas los criterios considerados. En la intersección de las filas y columnas se colocará la puntuación que reciban las alternativas por criterio en base a estudios realizados y a la discusión en panel de las mismas.
- **Matriz Decisión**
Hechos de la matriz alternativa – criterio multiplicamos los valores por los factores de importancia correspondientes por criterio, de esta manera obtenemos la matriz con las ponderaciones reales por alternativa, quedando solo la realización de la sumatoria de los valores por columna para obtener los índices de decisión, presentándose como alternativa dominante aquella que obtenga mayor valor.

CAPITULO IV

CAPITULO IV

SISTEMAS ESTRUCTURALES DE VIVIENDAS UNIFAMILIARES

Como hemos visto en anteriores secciones, son diversas las opciones a escoger como materiales para la construcción de edificaciones, algunos con procesos más elaborados que otros, pero potenciales para emplearse en viviendas de bajo costo. Los sistemas estructurales también son variados, sin embargo todos se pueden agrupar en uno de los siguientes: aporticados, muros y mixtos. Esta clasificación nos ayuda a seleccionar los métodos apropiados para el diseño, análisis y evaluación de los sistemas estructurales.

RECOPIACIÓN

En esta sección se presentaran una muestra de las opciones disponibles en el mercado de sistemas estructurales de viviendas unifamiliares de bajo costo

1. Sistema de Pórticos

Los elementos estructurales están basados en un sistema de columnas y vigas que soportaran la totalidad de las cargas.

1.1. Estructura de Concreto

1.1.1. Estructura Prefabricada:

La presente vivienda unifamiliar es ofrecida por Prefabricados PIOVENSA C.A. Este sistema se conforma de columnas vaciadas en sitio en bloques tipo U de 20” a manera de encofrado perdido, las vigas son armadas en sitio mientras que las correas de la losa de techo son prefabricadas reduciendo el apuntalamiento. Los bloques de 15”



son de concreto proporcionados por la empresa como los elementos antes mencionados así como también los materiales necesarios para la instalación de los servicios. La estructura de la vivienda es aporticada, apoyada en una losa de fundación rigidizada, como techo una losa nervada de nervios prefabricados y paredes con bloques de concreto. El uso de los bloques tipo U reducen costos en el encofrado de madera para las columnas. El tiempo de ejecución de la primera etapa de la vivienda está estimado en 40 días hábiles, con una cuadrilla conformada por 2 albañiles y 2 ayudantes.

1.1.2. Vivienda Construcción Informal:

Este es el sistema constructivo más empleado en el país, consiste en un sistema de vigas y columnas de concreto reforzado. Habitualmente diseñados sin la asesoría de un experto los elementos estructurales son armados a criterio o por experiencia de los obreros, maestros de obra o por los mismos interesados. Por lo general las características del



concreto son pobres y de refuerzo de acero insuficiente. La metodología en el armado de estas estructuras es la de utilizar la menor cantidad posible de materiales, y de estos los de menor costo, de esta manera la economía esta garantizada para los beneficiarios.

1.2. Estructura Metálica

1.2.1. Estructura Metálica Laminada en Caliente:

Sidetur es una empresa siderúrgica que produce acero para los sectores de la construcción y metalmecánicos con amplia trayectoria en el país. Lo encontramos en esta sección debido a que ha elaborado un par de sistemas dirigidos al sector vivienda de interés social, uno de estos es el Kit Estructural Sidetur. Este kit consiste en un conjunto de perfiles metálicos que



conforman una estructura compuesta por columnas, vigas, correas, pernos y planchas bases. En los perfiles se incluyen las perforaciones para los pernos que encajan sin problema en el resto de las piezas facilitando la autoconstrucción y el montaje de la estructura en poco tiempo, ya que solo requiere de empernar los elementos en obra. El proceso constructivo es el siguiente: realizar la losa de fundación con el área a construir colocando las planchas base en los sitios correspondientes y las instalaciones de los servicios necesarios, sobre las planchas base colocar las columnas sin ajustar las tuercas, sobre las columnas colocar las vigas principales y luego las correas en las guías sin ajustar pernos, nivelara la estructura y ajustar todos los pernos. El sistema permite colocar cualquier tipo de cerramiento de pared y techo liviano

1.2.2. Estructura Metálica Laminada en Frío:

Megasa es una industria metalúrgica dedicada a la fabricación de kits de estructuras metálicas y sistemas modulares para construcción masiva, especializados en viviendas de interés social. Estos kits están conformados por sistemas de pórticos laminados en frío que incluye planchas base, vigas de carga y amarre, correas y marcos de puertas y ventanas incluidas las puertas que dan al exterior. Los elementos metálicos posee una serie de topes y guías que facilitan el armado y la estructura se soldara en la obra.



2. Sistema Muros

Los sistemas de muros están basados en que la totalidad de las cargas la soportarán pórticos diagonalizados o muros estructurales

2.1. Concreto Reforzado

2.1.1. Muro Portante con Encofrado de Polietileno:

Industrias ISOTEX ha desarrollado productos para la edificación de viviendas de uno o más niveles. Entre sus productos esta el Bloque PROFORM que consiste en un sistema de encofrado perdido para muros portantes de concreto armado. Estos bloques están fabricados de polietileno expandido de alta densidad que le dan al material facilidad de traslado, manejo y armado, además de reducir las perdidas de material por manejo y transporte, y ofrecer un aislamiento térmico y acústico. El proceso constructivo es el siguiente: se requiere hacer una losa de fundación nivelado con las instalaciones necesarias para los servicios, preferiblemente con vigas de capitel donde se erigirán los muros estructurales, se dejaran los arranques de las cabillas donde se colocaran las paredes. Sobre estas guías se colocaran los bloques hasta una tercio de la altura de la pared y se vaciará la primera parte de concreto, se repite esto hasta completar los muros dejando los arranques para los solapes para la losa de techo. Las instalaciones sanitarias y eléctricas se hacen una vez fraguado el concreto de los muros ya que se realizaran perforaciones en el anime para colocarlas. Finalmente para el acabado se realizará un frisado convencional.



2.1.2. Muro Portante con Interior de Poliéstireno:

Volvemos otra vez con Sidetur, pero en esta ocasión presentando otro producto el cual es el sistema SidePanel. El sistema constructivo consiste en la utilización de paneles autoportantes de alta resistencia. Los paneles están formados por dos caras de mallas de acero electrosoldadas, entre las cuales se coloca una placa de poliestireno expandido de alta densidad. Ambas caras se conectan con alambres tensores



galvanizados, que atraviesan diagonalmente a la placa de poliestireno. Estos alambres tensores logran transferir las cargas hacia las caras exteriores, lo que permite una alta resistencia y rigidez. El proceso constructivo se resume en los pasos siguientes: sobre la losa de fundación se colocan los paneles vinculándolos entre sí con mallas de unión que dan un refuerzo continuo a la estructura, luego se procede a colocar las instalaciones eléctricas, sanitarias y los marcos de puertas y ventanas, posteriormente se aplican manual o mecánicamente dos capas de concreto a cada una de las caras del panel, por último los acabados se realizan con las técnicas tradicionales. Las ventajas que posee el sistema son la rapidez constructiva, un mejor control de los materiales, facilita la autoconstrucción y ofrece buena resistencia a los sismos, además posee la suficiente resistencia para realizar edificaciones de hasta cuatro niveles.

2.2. Mampostería

En lo referente a sistemas en mampostería es similar a los sistemas de muros ya que las cargas serán transmitidas a las bases a través de los bloques que conforman la infraestructura.

2.2.1. Vivienda en Adobe:

El adobe es uno de los materiales de construcción más antiguos y de uso más difundido. Este se ha utilizado durante siglos para construir casas y otras edificaciones en Babilonia, en el antiguo Egipto y en numerosas culturas europeas, africanas y americanas. Las estructuras de barro se asocian normalmente con las culturas populares



de todo el mundo, especialmente en España y Latinoamérica. Actualmente se investiga, sobre el uso del adobe como material de construcción alternativo. Su

empleo resulta ecológico y asequible, por lo que puede representar una solución al problema de la vivienda en los países en vías de desarrollo.

2.2.2. Suelo-Cemento:

Este sistema ha sido desarrollado en el área de la investigación por varias entidades, entre ellas la UCV, que elaboro un sistema conformado por bloques comprimidos de tierra mezclada con cemento, siendo estas paredes estructurales armadas de bloque trabado, en algunas ocasiones con cabillas, proporcionando resguardo de la intemperie a bajo costo, ya que emplea recursos locales. Para el techo se deben usar materiales livianos.



3. Sistemas Mixtos

Este es un sistema mixto en el que las cargas serán repartidas entre los pórticos y los muros.

3.1. Acero – Madera

3.1.1. Estructura Metálica – Paneles Portantes de Madera:

El Sistema Constructivo Ecológico Ol 2000 se basa en paneles de dimensiones variables de acuerdo a la obra. Los paneles están totalmente diseñados bajo un formato de $0.80m^2$ de ancho tipo tabiques con estructura metálica. El bajo peso y tamaño de las unidades constructivas determina que estas sean fáciles de manipular y rápidas de ensamblar. La velocidad de instalación de unidades del compuesto ecobioconstructivo OL 2000 puede ser hasta cuatro veces más rápida que la del ladrillo tradicional. El panel tiene una absorción total final menor a la de la albañilería de ladrillo tradicional, es resistente al fuego, ofrece aislamiento acústico, puede ser utilizado tanto en muros exteriores como en tabiquería interior, garantizan una perfecta adherencia de los frisos. Es un material fácil de cortar, perforar y lijar. Los paneles para la losa de techo se colocan uno al lado del otro sin necesidad de apuntalar montándose sobre la estructura.



3.2. Aluminio y Compuestos

3.2.1. Estructura Metálica – Paneles Portantes de Fibra de Vidrio y Poliuretano:

La empresa Sea Wonders, dedicada por más de 35 años a la elaboración de artículos en fibra de vidrio para yates y lanchas, ha desarrollado un kit estructural para viviendas unifamiliares de interés social llamado “Casas Modulares Prefabricadas” elaboradas con fibra de vidrio y poliuretano de media y alta densidad. Este Kit ofrece rapidez constructiva ya que las piezas



solo se deben ensamblar, no existe pérdida de material, la edificación es más liviana que su equivalente en construcción convencional, ofrece aislamiento térmico y acústico, no requiere pintura ya que posee un acabado limpio, resistente al fuego porque al material se le ha incorporado un aditivo retardante al fuego, su acabado no permite el alojamiento de organismos invasores, las instalaciones sanitarias y eléctricas se encuentran embutidas en las paredes y las piezas sanitarias, sistema eléctrico, puertas y ventanas están incluidos.

3.3. Concreto

3.3.1. Elementos Prefabricados – Bloques de Concreto:

El Instituto del Fondo Nacional de la Vivienda para los Trabajadores (INFONAVIT) de la Habana, Cuba, ha desarrollado un sistema constructivo de interés social denominado “Bloque-Panel” que consiste en un sistema modular conformado por cimientos prefabricados para distintos tipos de suelos, columnas de



sección de 11x11 cm. con separación entre ejes de 1,04 m en el que se machihembran una serie de bloques-paneles de formas especiales, para techos se cuenta con un sistema de viguetas y bovedillas unidas a la estructura mediante vaciado en obra de morteros sobre las uniones de las varillas de anclaje previa revisión de la longitud de solape. El contratista elegirá el tipo de acabado y seleccionara un impermeabilizante para el techo para concluir la obra.

3.4. Metal

3.4.1. Estructura Metálica Laminada en Frío – Arriostramientos Metálicos:

Mobile Space, dedicado por varios años a desarrollar proyectos que permitan implementar en Venezuela tecnología Europea en el área de la construcción prefabricada modular, nos presenta edificaciones modulares de diferentes tamaños y tipos con el mismo nivel de calidad y tecnología, a bajo costo. Dispone de viviendas de diversas características y un amplio rango de precios, así como edificaciones permanentes o temporales. Sus sistemas consisten en estructuras metálicas de perfiles laminados en frío y galvanizados si se prefieren, ensamblados en taller o en obra, puede incorporar paredes conformadas de paneles metálicos, drywall o plycen en laminas de acero galvanizadas con inyección de poliuretano, lo que ofrece buen aislamiento acústico y térmico.



3.5. Tierra – Madera

3.5.1. Estructura de Madera – Muros de Barro:

Este sistema nicaragüense presentado por el Groundwork Institute se vale de los recursos locales de la región para la edificación de una vivienda utilizando la menor cantidad posible de materiales importados. El sistema consiste en colocar sobre unos cimientos de piedra y mortero una estructura de madera conformada por postes, usando cañas diagonales para el cerramiento de paredes rellenándolas



con lodo y piedras, el piso se conformará por piedras locales unidas con un mortero de cemento, mientras que el techo poseerá un sistema estructural de madera en el que se colocará cañas para soportar las tejas, éste se hará con grandes aleros para proteger las paredes de las lluvias. Este sistema puede variar en algunos de sus materiales de acuerdo a la disponibilidad de los recursos locales. La mano de obra la pondrá los beneficiarios, por lo que una comunidad organizada puede obtener sus viviendas por medio de la autoconstrucción.

CAPITULO V

CAPITULO V

PROBLEMAS DE PATOLOGÍA EN LOS SISTEMAS ESTRUCTURALES

Antes de iniciar cualquier análisis de sistemas estructurales es necesario conocer que problemas puede presentar una estructura al estar sometidas a distintas sollicitaciones y de distintas magnitudes.

Los elementos son diseñados para soportar las sollicitaciones producidas por las cargas para las cuales la infraestructura es requerida, pero si estas varían de manera no prevista o se superan las condiciones para las que han sido calculados en los elementos se producen lesiones que pueden llegar a ocasionar el colapso del edificio.

A continuación se analizará de forma general las patologías más frecuentes que podremos hallar en estructuras debido a esfuerzos a los cuales se encuentran sometidos.

Daños en Elementos Estructurales

1. Fisuras

- 1.1. Por tracción. Se producen en la mayoría de los elementos de hormigón armado que trabajan a flexión. Se produce debido a la excesiva deformación de los vanos concurrentes al pilar. En pilares son perpendiculares a las barras principales, atravesando la sección de una parte a otra; suelen situarse donde se encuentran los estribos.



Figura V-1.

Fisuras en pilar a tracción

- 1.2. Por compresión, en pilares provoca diversas formas de fisuración según la altura y esbeldad del mismo y si se coarta o no la dilatación transversal. Pueden aparecer fisuras finas y juntas en la cara de un soporte esbelto, a la mitad de su longitud. Son muy peligrosas ya que indican que el pilar ha agotado su capacidad resistente.
- 1.3. Por flexión, en pilares no llegan a seccionar la totalidad del pilar, pudiendo aparecer en la parte superior o inferior del mismo (suelen iniciarse en las armaduras).

- 1.4. Por torsión, provoca fisuras a 45° que buzan en dirección opuesta en ambas caras de las vigas. Suelen darse cuando existe un brochal o viga que une pórticos de luces descompensadas. Cuando existen brochales o vigas de fachadas con forjados de grandes luces, al flectar éstos cuando no tienen la suficiente rigidez surgen fisuras horizontales en distinto plano en fachada y a nivel de forjado y que se van cerrando a medida que se acercan a los pilares. Si tenemos muros de carga y viguetas, al levantarse las cabezas de éstas en los apoyos, aparecen fisuras horizontales y abiertas en toda su longitud.
- 1.5. Por cortante, las fisuras comienzan en el centro de la pieza, progresa por sus dos extremos llegando a unir el apoyo con la carga, dividiendo en dos partes el elemento (puede llegar a ser un proceso instantáneo, por lo que es muy peligroso). En pilares no es frecuente, suele producirse en pilares de planta baja de edificios que tienen que soportar fuertes empujes que no tienen la sección o armadura transversal suficiente. Los pilares extremos de última planta, donde acometen vigas de grandes luces y si no tienen armadura transversal suficiente, están sometidos a tensiones tangenciales apareciendo fisuras inclinadas, con tendencia a los 45° , en las dos caras opuestas, desplazándose una parte del pilar sobre la otra cuando el estado es muy avanzado (Figura V-2). En casos muy aislados, las fisuras se manifiestan con rotura inclinada con aproximación a los 60° por cortante, en hormigones muy secos con resistencias muy altas. En vigas, las fisuras son cerradas, con una inclinación entre 45 y 75° hacia el pilar. Son muy peligrosas ya que la rotura puede ser instantánea.

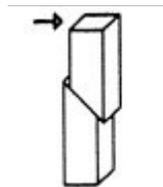


Figura V-2. Fisuras en pilar a cortante

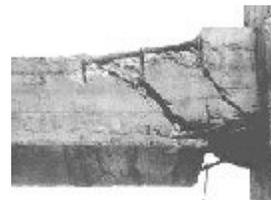
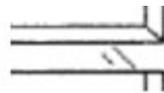


Figura V-3. Esquema y caso real de fisuras en viga a cortante

- 1.6. Por pandeo, en pilares esbeltos aparecen fisuras horizontales. La rotura es rápida y muy grave. Suele saltar primeramente el recubrimiento. Las cargas descentradas originan momentos y trabaja a flexión compuesta.



Figura V-4.

Fisuras en pilar en pandeo

1.7. Flechas de vigas en voladizos, se producen en voladizos inferiores con cerramientos, por acumulación de cargas.

2. Aplastamiento de materiales / Rotura

En fábrica de ladrillo macizo debido a la presión excesiva el muro tendería a ensancharse, produciéndose su abombamiento y como consecuencia apareciendo fisuras verticales a lo largo del mismo. Se pueden producir grietas de aplastamiento general o local. Se suele dar en materiales blandos y suele acompañarse de problemas de humedades por capilaridad o filtraciones.

En vigas de hormigón armado la rotura por aplastamiento del hormigón dependerá de la cuantía de armadura existente en la zona de compresión, es muy peligroso, produciéndose en vigas con dimensiones muy ajustadas y con bastante armadura de tracción. Se puede producir la rotura de las esquinas por anclaje insuficiente de los estribos.

En viguetas sin armadura transversal para soportar el cortante, en caso de sobrepasar la resistencia de éste con su coeficiente de seguridad, se puede producir la rotura brusca, sin aviso, produciéndose el hundimiento instantáneo del forjado con sobrecargas elevadas.

En pilares de hormigón armado como consecuencia del aplastamiento del hormigón se producen fisuras finas verticales que dividen en dos el pilar, siendo muy peligrosas pues el colapso puede ser inminente, dependiendo de la cuantía de armadura (con menos armadura rotura más rápida). Las barras intentarán pandear y salirse de la sección de hormigón.

En ocasiones hay roturas por aplastamiento acompañadas de un desplazamiento por efecto del cortante que se origina que hacen que se desplacen. (Figura V-5).



Figura V-5.

Desplazamiento de las dos zonas del pilar por cortante debido al aplastamiento.

3. Vuelco

En el caso de los muros de contención, cuando no tienen un peso suficiente para soportar el empuje de tierras pierden su estabilidad volcando. Si tenemos un muro de contención con una puntera pequeña debido a los empujes del terreno intentará volcar, oponiéndose el forjado, pero si éste no es capaz de resistir dicho empuje se podría producir un aplastamiento del frente del forjado.

Daños en Elementos No Estructurales

Las acciones mecánicas exteriores son la causa más común en los daños en los elementos y la que produce grietas más claras y abundantes. Estas acciones se transforman en esfuerzos que pueden ser de tracción, corte o rasantes. Como las posibles acciones mecánicas pueden ser muy variadas, se agruparán en tipos de acuerdo a si el movimiento es de la estructura soporte o movimiento propio del elemento.

1. Asentamientos diferenciales de los cimientos

Los suelos arcillosos varían su resistencia a la compresión según su contenido de agua. Con la humedad natural (aprox. 18%) tienen muy buena resistencia pero a medida que aumenta el contenido de humedad también aumenta su volumen al tiempo que disminuye la resistencia llegando al valor límite del 26% (límite plástico). Luego va disminuyendo su volumen y se licua a partir de 35%.

Al aumentar su volumen, el suelo ejerce una presión que ronda en los 4 kg/cm^2 . Como las cargas que los muros portantes transmiten al suelo están en el orden de los 2 kg/cm^2 puede ocurrir que la acción del suelo supere a las cargas empujando la estructura hacia arriba. Si la humedad continua aumentando el suelo pierde volumen y resistencia produciéndose el fenómeno contrario.

En la medida que los asentamientos sean parejos el problema no es demasiado grande, el problema se magnifica cuando existen asentamientos diferenciales o humedad del suelo no pareja.

El exceso de humedad puede provenir de agua de lluvia que cae por los desagües del techo, falta de vereda perimetral, cañerías rotas, etc. También se producen rajaduras en donde existen elementos constructivos de distinto peso (ejemplo Chimeneas)

En los cimientos que ceden en forma puntual, como ocurre al romperse un caño, o desagües que aflojan el terreno, las grietas pueden ser verticales o en forma de “V” invertida sobre el eje del asiento, o ligeramente inclinados en algunos tramos por los esfuerzos del corte. En otros, la base de apoyo se deforma aumentando su longitud. Según como y donde sea ese aumento aparece la grieta. Si la pared es muy larga y apoya sobre un terreno débil puede resultar que no se llega a formar un arco de descarga

por estar muy alejados los puntos de arranque. En consecuencia la grieta que se produce es horizontal, coincidente con una hilada en la parte inferior.

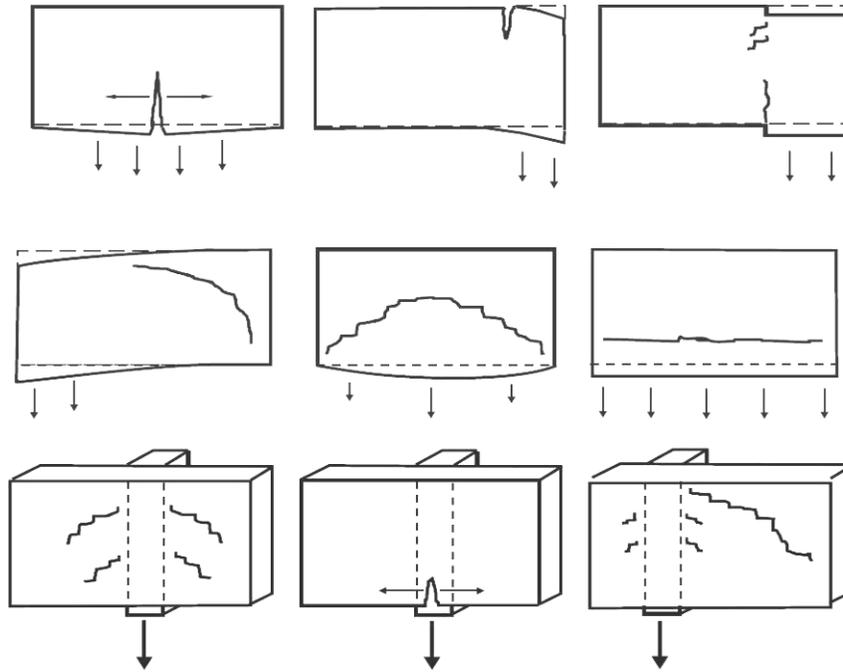


Figura V-6. Algunos casos típicos de fallas.

2. Cargas puntuales

Las cargas concentradas pueden provocar aplastamiento o pandeo. Los aplastamientos se manifiestan con una grieta vertical acompañada de ramificaciones laterales como las indicadas en la figura V-7. Si la carga está aplicada en un extremo pueden aparecer fisuras a 45 Grados.

Las cargas verticales estén distribuidas o concentradas pueden ocasionar el pandeo del muro. El pandeo es un fenómeno complejo que depende de la esbeltez del muro. También depende de su vinculación a columnas y losas en su perímetro y de la excentricidad de las cargas. Al deformarse un muro por pandeo aparecen grietas y fisuras horizontales, abiertas en una de las caras y cerradas en la otra.

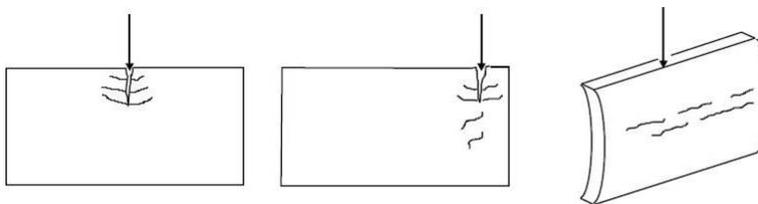


Figura V-7
Fallas debidas a
cargas puntuales.

3. Cargas uniformes sobre muros de sección variable

Una carga uniforme aplicada sobre un muro cuya sección presenta una variación puede ocasionar que el muro de menor espesor sufra mayores deformaciones con la consiguiente aparición de una rajadura vertical entre ambas. Se recomienda en esta zona colocar una junta. Ver figura V-8.

4. Muros sometidos a estados de carga muy diferentes

En la figura V-8 se describe un caso muy habitual en donde el muro de la casa está sometido a un estado de carga muy distinto del cerco contiguo que no recibe carga alguna. Ambos muros se deformaron en forma distinta produciéndose rajaduras. En este caso también se recomienda independizar los muros mediante una junta vertical.

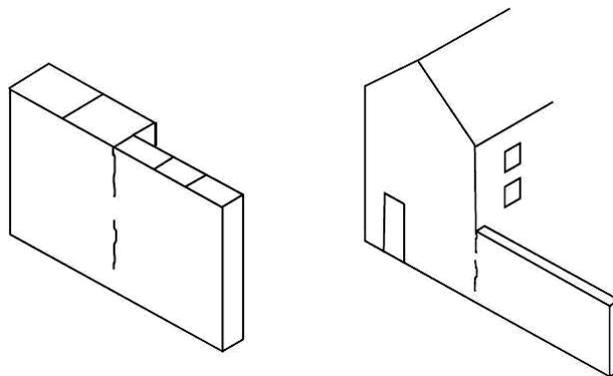


Figura V-8
Fallas en muros de sección variable y muros sometidos a estados de carga diferentes.

5. Flechas en vigas y forjados

Estos defectos son raros en las estructuras bien calculadas, pero suelen verse cuando se construyen muros sobre entresijos de losas premoldeadas o viguetas y bloques (forjados) sin tomar las precauciones del caso.

Consideremos ahora una estructura de hormigón de un edificio de departamentos, que desea cerrarse con tabiques de mampostería. Esta estructura puede deformarse debido a contracciones de fragüe, creep o simplemente al cargarse dando lugar a la aparición de flechas. Las flechas producen aplastamientos en la parte superior de la pared y grietas en la inferior por deformación del apoyo, en el centro pueden aparecer fisuras por pandeo. Estos efectos ocurren en forma simultánea o independientemente figura V-9a.

Supongamos ahora que en un edificio como el descrito se produce un asentamiento diferencial de su estructura. El sistema que estaba en equilibrio se altera produciendo tensiones como las de la figura V-9b, que generan esfuerzos rasantes, de tracción y compresión a 45° con generación de grietas como en la figura V-10. Si la adherencia entre viga y columna o muros no es suficiente los esfuerzos tangenciales pueden producir otras fisuras como los de la figura V-9b.

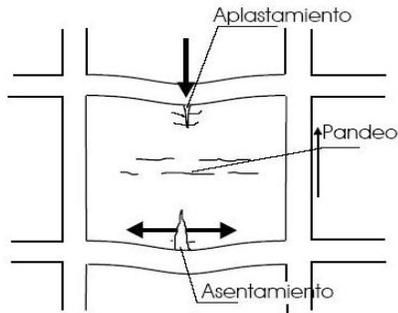


Figura V-9a. Falla en muro debidas a flechas en vigas.

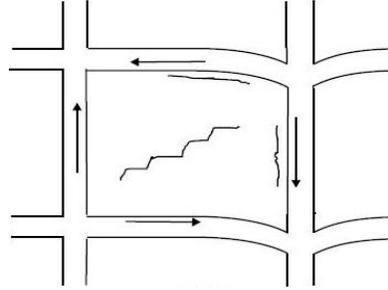


Figura V-9b. Falla en muro debida a asentamientos diferenciales.

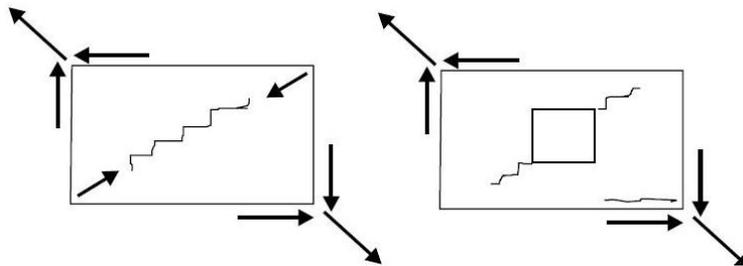


Figura V-10. Fallas debidas a tenciones de tracción y compresión en muros.

6. Apoyo en los extremos

En los entrepisos de losas premoldeadas o de bloques y viguetas, debe tratarse que el apoyo sea al menos $\frac{2}{3}$ del espesor del muro. También deben utilizarse bloques de altura suficiente pues caso contrario la losa tendrá poco espesor y será muy elástica produciendo rotaciones con grietas y aplastamientos en el apoyo. Además un apoyo insuficiente produce una excentricidad grande en las cargas que favorecen el pandeo.

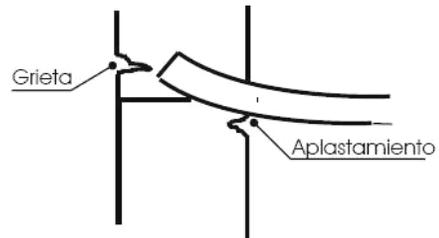


Figura V-11 Falla por apoyo en los extremos.

7. Aberturas

Las aberturas debilitan el muro por que las cargas verticales que actúan sobre el dintel no son transmitidas al suelo por este paño sino por los paños laterales generándose esfuerzos diferenciales que pueden originar grietas como las indicadas en la figura V-12. A veces si la deformación del dintel es importante, la resistencia a la tracción de la mampostería es superada ocasionando rajaduras en forma de arco.

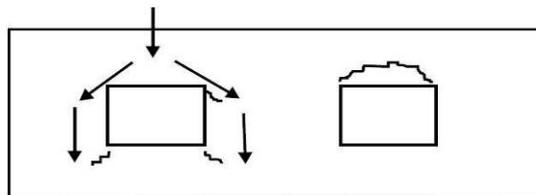


Figura V-12 Fallas por aberturas.

Caso Real. Desarrollo Habitacional Brisas del Golfo

La presente sección es el resumen de un informe realizado por el IMME después de la visita técnica al desarrollo habitacional Brisas del Golfo. Esta urbanización ocupa una extensión aproximada de 100 Ha de terreno con propósito de construir hasta 1700 unidades de viviendas en el que se encuentran proyectados cuatro tipologías estructurales los cuales son:

- Modelo de Vivienda Pareada (carpintería metálica)
- Modelo Tetra (carpintería metálica)
- Modelo Townhouse (carpintería metálica)
- Modelo pareado con perfiles Properca (en proceso)

Estos sistemas han sido objeto de diversos estudios y proyectos presentados por las empresas Royga, Camudoca, Geocimientos, Construcciones Carlos, entre otras.

Problemas Observados

Estructural:

El principal problema en las viviendas es que ninguna cuenta con sistemas estructurales certificados que cumplan con las especificaciones de las normas COVENIN para el análisis, diseño y construcción de estructuras. Los problemas de patología ocurridos hasta el momento de la inspección, principalmente en las pareadas, han sido los siguientes:

- Deformaciones en losa.
- Pandeo o falla local de columnas.
- Grietas de mampostería.
- Corrosión en base de columnas.



Figura V-13. Falla Muro y Corrosión de Base de Columnas

Estos daños han sido de tal gravedad que ha sido necesaria la demolición de algunas estructuras, que sin estar exigidas por acciones extraordinarias como sismos o viento, representan una importante amenaza para los ocupantes



Figura V-14. Asentamiento Zona Central Vivienda Pareada.

También se ha encontrado que las estructuras no presentan continuidad entre los elementos estructurales que pudieran conllevar a problemas de transmisión de cargas y concentración de esfuerzos que no estén consideradas en los estudios previos.



Figura V-15. Discontinuidad Elementos Estructurales.

Geotécnico:

Los problemas geotécnicos observados son los siguientes:

- Capacidad Portante del suelo: presentados por fuertes asentamientos observados en las viviendas atribuidos posiblemente a una inadecuada compactación o una interacción de problemas de compactación y drenaje.
- Estabilidad de Taludes: se han encontrado pequeños problemas de erosión acelerados por problemas de drenaje, falta de protección de los mismos y deslizamientos de rellenos a media ladera en sectores localizados.

CAPITULO VI

CAPITULO VI

ANALISIS DE SISTEMAS SELECCIONADOS

SISTEMAS ESTRUCTURALES SELECCIONADOS

Ya realizado el recorrido por los distintos sistemas estructurales existentes entraremos en detalle a las características que conforman los sistemas seleccionados. Aquí encontraremos información referida a que elementos conforman el sistema, en que son empleados, de que manera se relacionan con el resto del sistema y como se montan o ensamblan.

Es importante recordar que el sistema presentado como vivienda informal es tomado como referencia y no debe considerarse como una opción para vivienda de bajo costo.

Vivienda Construcción Informal



Encontramos en la construcción informal una rápida salida al problema habitacional, pero esta no ofrece seguridad ante eventos extraordinarios como son los sismos o lluvias torrenciales.

Estas viviendas son establecidas en las zonas urbanas perimetrales, casi siempre en terrenos invadidos, y sin control urbanístico, lo que trae como consecuencia problemas en el suministro de los servicios como son el agua potable, energía eléctrica y disposición de aguas servidas. Estas deficiencias reducen la calidad de vida de los habitantes reflejándose en una disminución de la productividad.

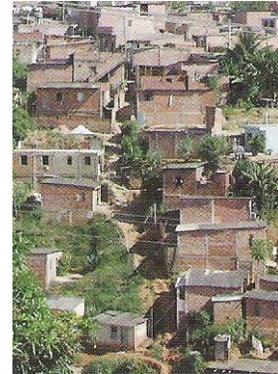
Ofrecer una descripción detallada de este método constructivo no resulta sencillo debido a que no se sigue un patrón estándar entre las edificaciones, sin embargo es posible generalizar la idea que siguen, ya que el método empleado se basa en la construcción tradicional, la cual se tratará de representar a continuación:

Cimentación:

Las fundaciones por lo general se hacen del tipo zapata, con excavaciones de un metro por un metro de área de base como máximo, en el que se colocan los arranques para las columnas.

Columnas:

De sección cuadrada estas son elaboradas en concreto reforzado. El armado del refuerzo de las columnas está conformado por cuatro cabillas longitudinales con ligaduras repartidas uniformemente a lo largo de la columna.



Vigas:

Así como en las columnas éstas son de concreto reforzado pero de sección rectangular, cuya dimensión mayor se corresponde a la altura de la sección. Los estribos también se encuentran uniformemente repartidos por toda la viga.

Cerramiento:

Entre las más empleadas se encuentran dos opciones las cuales son:

- Techo de láminas: este es empleado cuando no existe una proyección de crecimiento vertical. Sobre unos perfiles I o tubos rectangulares que sirven de correas se apoyan estas láminas sujetadas por medio de alambres que sirven de fijación.
- Losa de tabelón: cuando se planifica a futuro un crecimiento vertical es utilizado la losa de tabelones, consistente en perfiles I, bloques de tabelón y malla electrosoldada.

También se han elaborado viviendas en pura mampostería, siendo solo necesaria la losa base. En estos casos el cerramiento, solo conformado por laminas y tubos, es apoyado directamente sobre los bloques por tratarse de un techo liviano.

Instalaciones:

Estas dependen de la disponibilidad de los servicios presentes. Las acometidas eléctricas son colocadas dentro las paredes, como en la construcción tradicional, o sobre ellas. Las instalaciones para aguas servidas van dentro de las paredes o del lado exterior de estas de materiales plásticos como el PVC. El suministro de agua potable es de difícil provisión, pero en el caso de que se disponga de una fuente, las instalaciones, como en la construcción tradicional, van por el interior de las paredes; los tubos empleados son de materiales económicos como el PVC.

Procedimiento Constructivo

La manipulación y montaje de los materiales son los de la construcción tradicional.

- Se realizan las fundaciones vaciando concreto en sitio con los arranques de las cabillas para las columnas.

- Para las columnas encontramos dos métodos los cuales son:
 1. Se coloca un encofrado para el vaciado del concreto conformado por tablas que darán forma a las cuatro caras de la columna.
 2. Se erigen las paredes primero dejando espacio para las columnas, se fijan las tablas para el encofrado sobre la mampostería, quedando dos caras limitadas por las tablas y las otras dos por los bloques, obteniendo el ancho de la sección de las columnas del mismo espesor de la mampostería.

Este último método es más empleado debido a que se ahorra material en el encofrado al requerir menos tablas para darles forma a las columnas.



- La mampostería es fijada a través de un mortero elaborado con cemento, agua y arena, y las paredes son armadas como bloque trabado.
- Las vigas, así como en las columnas, se pueden armar antes del colocado de los bloques como después siguiendo el mismo procedimiento que en las columnas.
- Para el cerramiento de techo se emplea los métodos de construcción tradicional, ya sea tabelones o láminas corrugadas.



Sistema BLOQUE – PANEL

Como bien mencionamos en la sección anterior, este sistema creado en Cuba consiste en elementos prefabricados de concreto conformado por cimientos, columnas y bloques de diferentes tamaños y formas para el armado de distintos módulos habitacionales. Ahora se describirá este sistema detalladamente.



Cimentación.

Este sistema presenta tres opciones para la cimentación las cuales son:

1. Cimentación Aislada: compuesto por un vaso de sección cuadrada de 450 mm. de lado, con una cavidad de dimensiones de 150 mm. de ancho y una profundidad de 130mm, prefabricado en concreto sin refuerzo. Este tipo de cimentación es empleado para viviendas de una planta sobre suelo resistente y en zona no sísmica.

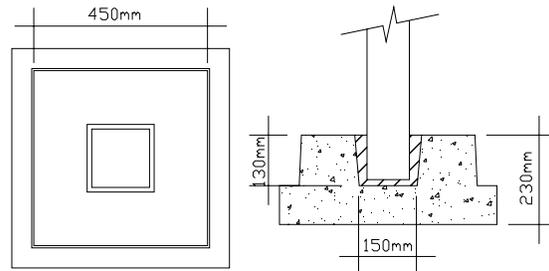


Figura VI-1. Cimentación Aislada.

2. Cimentación Continua, Bloque–Canal: sobre un suelo tratado se coloca a manera de encofrado perdido una pieza prefabricada de concreto con forma de “U” llamado Bloque – Canal, de 200 mm de altura y un ancho de 250 mm. En éste se coloca un refuerzo de acero conformado por 3 barras longitudinales y ligaduras triangulares. Colocadas las columnas se procede a vaciar concreto para finalizar la cimentación empleada generalmente sobre suelos expansivos en zonas no sísmicas y edificaciones de dos niveles.

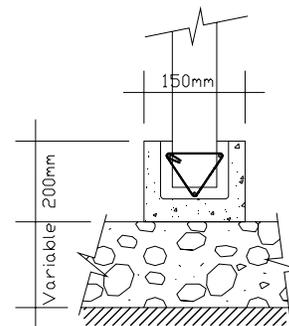


Figura VI-2. Cimentación Continua. Bloque – Canal.

3. Cimentación Continua para zona sísmica: esta consiste en un vaciado en sitio de la fundación dejando los espacios en los que se colocarán las columnas por medio de moldes o vaciadores de dimensiones de 300 mm y de 250 mm de profundidad. El refuerzo de acero consiste en cuatro barras longitudinales con sus estribos orientadas por los ejes de construcción. Este tipo de cimentación es empleada en zonas sísmicas. Para construcciones de más de una planta se deberán realizar los cálculos correspondientes.

Paredes

La conformación de estas está dada por un conjunto de columnas y bloques paneles, del cual recibe el nombre el sistema.

Las columnas las podemos encontrar en dos distintas alturas y en seis formas diferentes de acuerdo a la posición en que se colocaran. Estas están espaciadas de centro a centro de columna por las distancias de 1040 mm, 780 mm y 520 mm. Las características de las columnas son:

- Para altura tenemos la columna estándar de 2650 mm de altura y la columna corta de 1300 mm de altura.
- Para las secciones de las columnas tenemos 6 distintas las cuales son las que se indican a continuación:

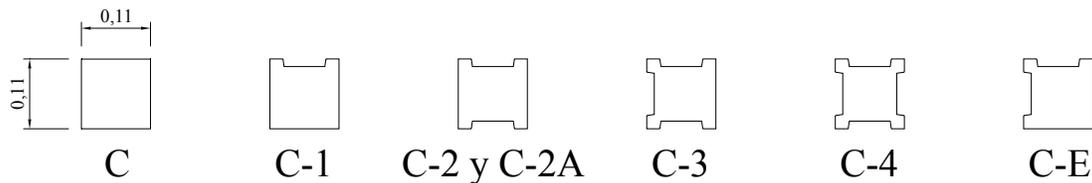


Figura VI-3. Tipos de columnas.

Estas hendiduras sirven como guías para los bloques y son correspondientes a la cantidad de paredes que concurren a la columna.

Los bloques – paneles poseen tres tipos distintos de longitudes, que se corresponden a los espaciamientos entre columnas, estos son 940 mm para espaciamientos de columnas de 1040 mm, 680 mm para espaciamientos de 780 mm y 420 mm para los de 520 mm, las otras dos dimensiones son de 195 mm para la altura y de 110 mm para el espesor.

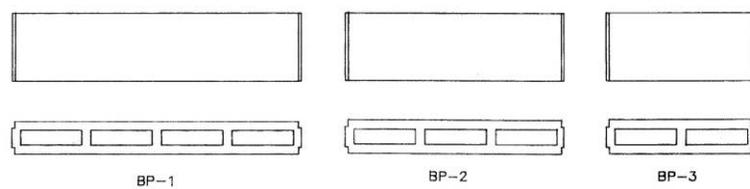


Figura VI-4. Tipos Bloque – Panel.

Tipo	Volumen (m ³)	Peso (kg.)
BP-1	0,012	27
BP-2	0,008	18
BP-3	0,006	13

Tabla VI-1. Tipos Bloque – Panel.

Las juntas entre columnas y bloques usan un mortero de cemento y arena con una dosificación 1:2, mientras que las juntas bloque – bloque emplean un mortero de cemento, arena e hidrato de cal con dosificación.

Cerramiento

Esto se corresponde al techo o la losa de entrepiso de la edificación. El cerramiento puede ser armado por elementos prefabricados o armado en obra.

Los elementos prefabricados están conformados por losas y vigas de concreto reforzado, por viguetas y bovedillas de hormigón o poliestireno expandido, o por losas canal de concreto reforzado.

Las viguetas son de concreto pretensado que no requieren de apuntalamiento en su puesta. Las luces en la vivienda varían de 2080 a 4160 mm con múltiplos de 520, 780 y 1040 mm. El puntal libre de la vivienda es de 2450 mm, siendo la cubierta de soffito plano a partir del revoque de superficie interior. Existen cuatro tipos de viguetas de acuerdo a la cantidad de refuerzo y tres tipos de acuerdo a la altura las cuales son 120, 170 y 220 mm. Las bovedillas, en dependencia de la altura, las hallamos en tres tipos en correspondencia con la viguetas, su ancho varía entre 195 mm aproximadamente y se encuentran fabricadas en hormigón o en poliestireno expandido. La loseta se vaciará in situ con su correspondiente refuerzo.

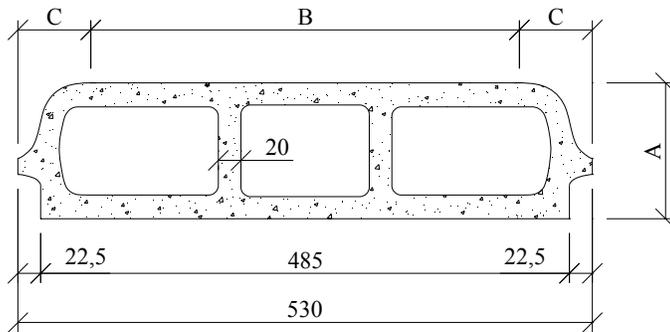


Figura VI-5. Bovedilla

Tipo	Dimensiones (mm.)			Peso (Kg.)
	A	B	C	
1	120	468	31.0	11
2	170	441	44.5	13
3	220	415	57.5	14

Tabla VI-2. Tipos de bovedilla.

Tipo	Peso refuerzo (Kg.)	Peso (Kg.)	R ['] bk (Mpa)
T-12-3	0.462	22.4	35
T-12-4	0.616		
T-12-5	0.770		
T-12-6	0.924		

Tabla VI-3. Tipos de vigueta.

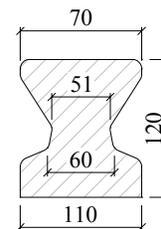


Figura VI-6. Vigueta

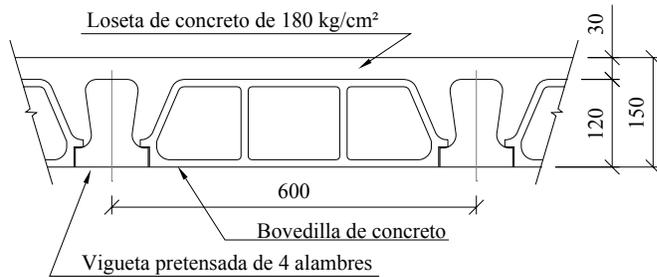


Figura VI-7. Vigueta – Bovedilla.

Elemento	Volumen (m ³)	Peso Acero (Kg.)	Peso Elemento (Kg.)
Vigueta	0,0373	2,56	93
Bovedilla	0,0084	—	10,7

Tabla VI-4. Características Vigueta – Bovedilla

Los demás tipos de cerramientos se harán según criterio del proyectista.

Instalaciones de Servicios

Las instalaciones sanitarias y eléctricas pueden estar colocadas dentro de los bloques paneles de la misma forma que en una construcción tradicional, y puede ser usado cualquier material habitualmente empleado.

Carpintería

Las puertas y ventanas son de tres alturas distintas, pero los anchos pueden ser de 660 o 920 mm. Las columnas cortas pueden ser utilizadas para colocar ventanas más amplias, con un ancho equivalente a la longitud de 2080 mm (dos módulos de 1040 mm.). El material a emplearse puede ser seleccionado por el cliente.

Acabados

Para los acabados puede emplearse los usados en la construcción tradicional, aunque no requiere una capa mayor de 6 a 8 mm.

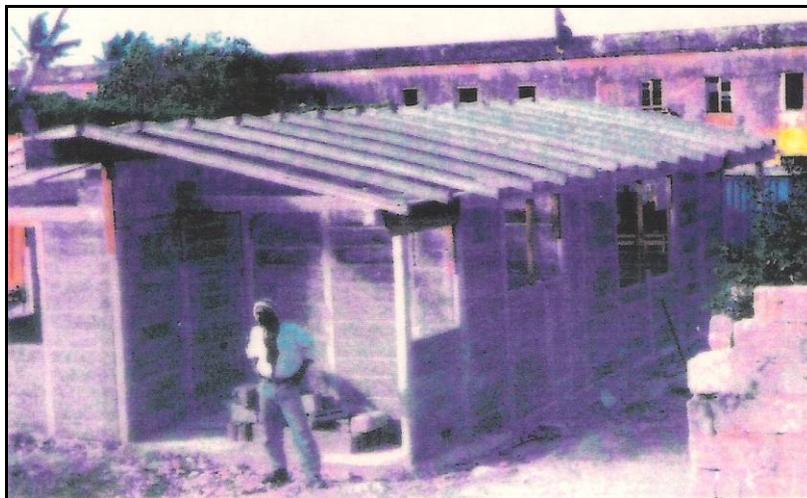
Manipulación y Montaje

El modulo básico de materiales conformados por los elementos prefabricados se transportarán hasta la obra y se descargarán de forma manual.

Las actividades específicas para la edificación de una vivienda con este sistema consiste en:

1. Colocación y nivelado de los vasos prefabricados de cimentación.
2. Montaje y nivelación de las columnas prefabricadas en los vasos.
3. Colocación del mortero para la unión de los vasos y las columnas.
4. Inserción de los bloques – paneles.
5. Colocación de las instalaciones sanitarias y eléctricas.
6. Colocación de los cerramientos prefabricados y construcción del resto en el lugar.
7. Replanteo y colocación de las viguetas retensazas.

8. Colocación de las bovedillas de hormigón.
9. Colocación de las instalaciones eléctricas de la cubierta.
10. Encofrado de los aleros.
11. Vaciado del concreto para la loseta de la cubierta y aleros.
12. Frisado de las paredes y techo.
13. montaje de puertas y ventanas.
14. Rehincho interior y atesado de piso.
15. Colocación del rodapié e instalaciones eléctricas.
16. Colocación y brillo de piso y rodapié.
17. Vaciado de aceras.



Vivienda en Adobe

Los adobes o bloques han sido empleados extensamente por mucho tiempo en la fabricación de viviendas de bajo costo por muchas comunidades en todo el mundo. Los tamaños, composición, y métodos de fabricación y construcción varían de cultura a cultura.



Proceso de Fabricación de los Bloques

Los ladrillos son moldeados de una mezcla compuesta de arcilla con un contenido de agua suficiente para producir una pasta o la consistencia trabajable que permite que el material sea modelable en formas simples. Las combinaciones óptimas de arena, cieno, y arcilla tienen que ser desarrolladas a base de materiales locales, y ninguna regla sencilla con respecto a combinaciones puede ser dada, la experiencia y el "tacto" de la mezcla son los criterios. Los adobes pueden ir reforzados con paja u otras fibras tradicionales, pero las opiniones son diferentes respecto a su valor.

El barro es generalmente puesto a mano en moldes simples de madera de una sola cavidad o múltiples cavidades. El molde y el ladrillo son puestos sobre un lecho apropiado, luego de retirado el molde el ladrillo se deja secarse al sol.

Procedimiento Constructivo

Los ladrillos deshidratados son colocados en la pared de acuerdo a la costumbre o tradición local, en cursos horizontales trabados. Los morteros son comúnmente de compuestos similares al ladrillo, y es hecho un esfuerzo para minimizar el encogimiento en la argamasa, porque los ladrillos deshidratados se encogen relativamente poco.

Los cerramientos, así como en las paredes, son de acuerdo a la cultura de la región, generalmente también obtenidos de recursos locales. Los techos son elaborados en algunas culturas con paja atada o tejida, en otras el adobe es dispuesto como bóveda, conociéndose estas viviendas en Siria como casas tipo colmena. Mayormente se le colocan a las viviendas un cerramiento de teja con un sistema de vigas y correas como el de la construcción tradicional.



Ventajas y Desventajas en la Vivienda de Adobe

El encogimiento mínimo es una de las ventajas principales de adobe. El encogimiento ocurre durante el secado, antes de que los bloques sean armados como pared. Además, su tamaño uniforme permite que las paredes sean colocadas con exactitud. No hay ningún período de secado largo.

Además de ser una tecnología constructiva simple y de bajo costo, la construcción de adobe tiene otras ventajas, tales como excelentes propiedades térmicas y acústicas.

El manejo doble del material pesado es una desventaja. Primero cavado de la base, mezclado, modelado en ladrillos y secado. Los ladrillos deben ser manipulados y transportados al sitio de la edificación, implicando entonces mucho trabajo manual. Además, durante el secado y endurecimiento, los ladrillos deben ser protegidos de la lluvia que los puede dañar o lavar fácilmente. En cuanto están secos y duros tal daño es mínimo.

La mayor desventaja es que las estructuras de adobe son vulnerables a los efectos de fenómenos naturales tales como terremotos, lluvias e inundaciones. La construcción tradicional de adobe tiene una respuesta muy mala ante los movimientos telúricos, sufriendo daño estructural severo o llegando al colapso, causando con ello pérdidas significativas en términos de vida humana y daño material.

ESTUDIO DE LOS SISTEMAS ESTRUCTURALES SELECCIONADOS

La presente sección recopila y resume estudios anteriores realizados de los sistemas estructurales de viviendas seleccionados.

Vivienda Construcción Informal

Dentro de lo que es el estudio de este tipo de sistemas podemos encontrar un informe presentado en el IMME sobre el ensayo de viviendas titulado *Ensayo Monotónico Creciente de Cuatro Viviendas en el Sector Minas de Baruta, Estado Miranda*. Consistente en el estudio de cuatro módulos de unidades de viviendas informales dentro del marco del “Estudio Sobre el Plan Básico de Prevención de Desastres en el distrito Metropolitano de Caracas” adelantado por JICA y con las participaciones de OPC del Japón, Alcaldía del Distrito Capital, Alcaldía de Baruta, Protección Civil y Funvisis

Descripción General:

Los ensayos consistieron en la medición de las deformaciones producidas por la aplicación de cargas ejercidas por dos gatos hidráulicos sobre cuatro modelos de viviendas informales similares a las construidas en las barriadas caraqueñas con el objetivo de evaluar su capacidad resistente y el funcionamiento de distintas técnicas de reforzamiento.

Descripción de los Modelos Estructurales:

Los cuatro modelos de vivienda se construyeron sin la utilización de criterios formales de ingenieros siguiendo utilizados procedimientos y materiales típicos del sector. Todas las estructuras tienen dos niveles con pórticos de concreto reforzado, losa de tableros de 10 cm. de espesor conformadas por perfiles doble T (o perfiles I), bloque de tablero, loseta de concreto y malla electro soldada. Las fundaciones son directas con zapata de 1 x 1 m.

En el primer nivel existe una diferencia de longitudes de las columnas para adaptarlas a la fuerte pendiente del talud sobre la que fueron construidas.

Las diferencias entre los modelos son presentados en la siguiente tabla, donde M1, M2, M3 y M4 son las identificaciones de los modelos:

Modelo	M 1	M 2	M 3	M 4
Reticula de Viga Riostra.		X	X	X
Muros de Mampostería de Bloque de Arcilla en 1 ^{er} nivel.			X	
Muros de Mampostería de Bloque de Concreto Aligerado en 1 ^{er} nivel.				X

Tabla VI-5. Características Estructurales de Módulos.

Las vigas riostra fueron vaciadas en una etapa posterior a la construcción de las columnas para que estas vigas constituyeran elementos de reforzamiento de la estructura.

Adicionalmente uno de los muros de mampostería del modelo M4 contaba con refuerzo de cabillas verticales y horizontales.

Descripción de los Ensayos:

Los ensayos fueron orientados para obtener registros de carga monotónica creciente contra deformación de los modelos estructurales en distintos puntos del sistema estructural. Posteriormente se realizó un ensayo adicional aplicando cargas únicamente en la línea resistente A del modelo M4, esto debido a que no se observaron daños importantes en la línea resistente A, cuyo ensayo se nombro A-M4.

Esquema de Aplicación de Cargas:

Los cuatro modelos ensayados se cargaron e instrumentaron según los siguientes esquemas, en donde los puntos de medición de desplazamiento en la estructura se identifican con # (1, 2, 3,...), los ejes se muestran en azul, y las cargas aplicadas en los nodos #5 y #2 se identifican con los símbolos \otimes y \rightarrow .

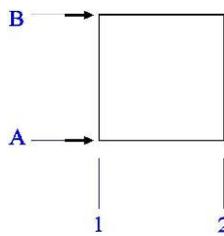


Figura VI-1 Planta de los Modelos

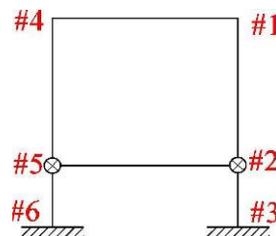


Figura VI-2 Fachada Principal de los Modelos

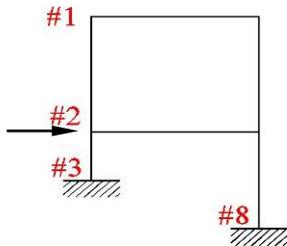


Figura VI-3 Línea Resistente A

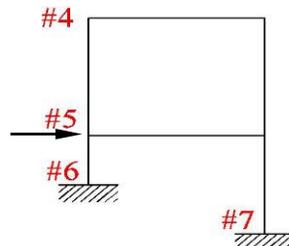


Figura VI-4 Línea Resistente B

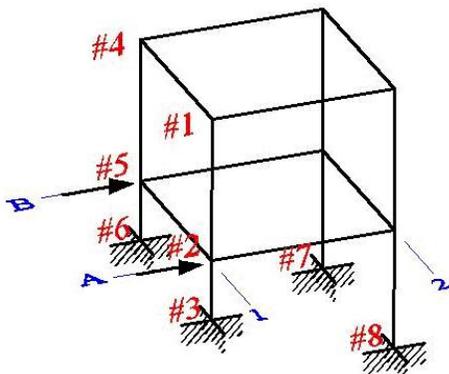


Figura VI-5 Esquema General de los Modelos

En el esquema se indican Pórticos, Puntos de Medición de Desplazamientos y Puntos de Aplicación y Dirección de Cargas.

Los ocho puntos de medición se orientaron en la misma dirección de las cargas aplicadas.

Calibración de los Gatos:

Para determinar la relación entre la presión y la carga aplicada se realizaron varias pruebas de calibración.

- Se realizó una calibración de los gatos actuando en paralelo conectados al manómetro empleado en los ensayos aplicando tres ciclos de carga y descarga.
- Se realizó una calibración individual de cada gato y otra actuando simultáneamente en prensas separadas. Esto para garantizar que cada gato, estando conectados en paralelo, tomaran la misma carga.

Aplicación de Cargas:

Fueron empleados dos gatos hidráulicos dispuestos en paralelo de 100 toneladas de capacidad cada uno, los rangos de desplazamientos son de 7,5 y 4,5 cm. correspondiendo uno a cada gato. Los gatos se apoyan sobre una estructura metálica diseñada para soportar hasta 100 ton de carga, el pistón de los gatos actuaba sobre una viga metálica con rigidez suficiente para distribuir la carga a la viga del primer piso de la fachada principal del modelo.

Cuando el recorrido de alguno de los gatos se llegaba a su máximo se apuntalaba con dispositivos metálicos que permitían mantener la carga para retirar el gato, recoger el pistón, suplementar su longitud con otras piezas metálicas y reiniciar la aplicación de la carga.

El incremento de la presión del sistema hidráulico se realizó mediante una bomba eléctrica, aplicándose cargas en intervalos de aproximadamente 500 kg.

Interpretación de los Resultados:

De la observación de los gráficos anteriores se puede concluir lo siguiente:

Gráficos 1 al 32

- Los modelos M1, M2 y M3, experimentaron durante las pruebas rotación de las plantas en sentido contrario a las agujas del reloj. Esta rotación se produjo en todos los niveles, incluyendo el nivel de base, en donde se registraron los desplazamientos de la estructura en relación al suelo.
- El modelo M4, experimentó una rotación de su planta en sentido horario, en todos los niveles, excepto en el nivel de base.

- En todos los modelos los desplazamientos de las columnas en relación al suelo fue mayor en las columnas de la fachada principal que en las columnas de la fachada posterior, excepto en los puntos de medición #6 y #7 del modelo M3.
- En los modelos M2, M3 y M4, se observa una mayor rigidez en la deformación del suelo que en el modelo M1. Particularmente el modelo M4, en la línea resistente B, se observa una rigidez inicial muy alta.

Gráficos 33 al 40

- Se observó coincidencia entre los registros de los nodos ubicados en la misma línea resistente, en otras palabras, la estructura por encima del nivel de aplicación de carga se trasladó como cuerpo rígido sin sufrir deformaciones. Una pequeña diferencia se presentó en el desplazamiento máximo de los puntos de medición #1 y #2 del modelo M4, que puede corresponder con una rotación del nodo ubicado en el punto de medición #2.

Gráficos 41 al 48

- La rigidez inicial en las dos líneas resistentes de los modelos M1 y M4 son similares lo que permite obtener una relación carga desplazamiento promedio de la estructura representativo de esta fase inicial de la carga, sin embargo, en el caso del modelo M4, se observa una marcada diferencia en la zona de deformaciones cedentes de las dos líneas resistentes.
- En los modelos M2 y M3 se aprecian diferencias notables entre las dos líneas resistentes, tanto en la rigidez inicial como en la zona de deformaciones cedentes.

Gráficos 49 y 50

- El modelo que resultó con mayor rigidez inicial es el modelo M4 y el modelo con menor rigidez inicial es el modelo M1. El modelo con mayor carga máxima fue el modelo M3 y el de menor carga máxima es el modelo M1
- Aunque en los gráficos se observa un mayor desarrollo de deformación del modelo M1, todos los modelos experimentaron deformaciones que no fueron reportadas, de por lo menos 10cm sin caídas en el nivel de carga resistente.

Breve Descripción de Daños Presentes en los Modelos:

Modelo M1: La falla predominante fue por flexión en las columnas de la fachada principal del primer nivel, y por flexión y corte de las columnas de la fachada posterior del mismo nivel.

Modelo M2: La falla en este modelo fue por corte en las columnas de la fachada principal del primer nivel.

Modelo M3: La falla fue por corte de los segmentos de columna de la fachada principal del primer nivel, y falla local de los muros de mampostería, estos comenzaron a desacoplarse con las primeras toneladas de carga hasta dejar de aportar resistencia al sistema. En las columnas de la fachada posterior del primer nivel la falla presentes fueron grietas en los nodos.

Modelo M4: La falla se presentó por corte de los segmentos de las columnas de la fachada principal del primer nivel y falla local de los muros de mampostería presentándose un similar comportamiento a los muros del modelo M3. Al llegar el sistema al máximo nivel de carga e iniciarse la etapa cedente, no se observaron daños importantes en el muro de la línea resistente A, se procedió a aplicar carga con un solo gato sobre la línea resistente A, lográndose la falla con una carga cercana a las 13 toneladas.

Conclusiones:

- El patrón de falla evidenció el desarrollo de mecanismo de falla más dúctil en el modelo M1 que en los modelos M2, M3 y M4.

Modelo	Características del modelo	Patrón de falla
M1	Modelo sin vigas de riostra	Falla predominante por flexión
M2	Modelo con vigas de riostra	Falla por corte de columnas
M3	Modelo con vigas de riostra y pórticos rellenos con bloques de arcilla	Falla por corte de columnas y falla local de los muros de mampostería.
M4	Modelo con vigas de riostra y pórticos rellenos con bloques de concreto aligerado. Un muro con refuerzo de acero vertical y horizontal	Falla por corte de columnas. Falla local de los muros de mampostería. Mayor capacidad resistente del muro con refuerzos de acero.

Tabla VI-6. Patrón de Falla en Modelos.

- La carga máxima y la rigidez inicial calculada para un nivel de carga de 5 ton en los modelos M1, M2, M3, M4 y A-M4, son las siguientes.

Modelo	Carga máxima (ton)	Rigidez inicial (5ton) (kg/cm)
M1	11,89	73,95
M2	16,12	272,17
M3	18,24	485,17
M4	16,65	913,00
A-M4	12,82	188,79 (*)

Tabla VI-7. Carga Máxima y Rigidez Inicial.

(*) Esta rigidez se calculó para un nivel de carga de 12.5 ton.

- Durante el ensayo del modelo M4 no se logró alcanzar la resistencia máxima del pórtico relleno con muro reforzado. Sin embargo, el ensayo A-M4 con carga únicamente en este muro, evidenció una capacidad resistente y un mecanismo de falla con mayor participación de los componentes del sistema. Se debe tomar en cuenta que el ensayo A-M4 contó con el aporte resistente de las vigas perpendiculares a este muro.

Sistema Bloque – Panel

ESTUDIO I

Por parte del Centro Técnico para el Desarrollo de los Materiales de Construcción se ha elaborado un trabajo que investiga el comportamiento del sistema constructivo Bloque – Panel. El mencionado documento trata de los ensayos de laboratorio sobre el comportamiento estructural del sistema.

Los aspectos evaluados del comportamiento estructural son los siguientes:

- 1) Capacidad resistente y ductilidad de las columnas individualmente.
- 2) Comportamiento de la junta columna – viga de cimentación.
- 3) Comportamiento de la junta columna – viga de cerramiento.
- 4) Comportamiento del pórtico de un modulo sin paneles.
- 5) Comportamiento del pórtico de un modulo con paneles.
- 6) Comportamiento de la pared de tres módulos con cargas en su mismo plano.
- 7) Comportamiento de un módulo volumétrico representativo del trabajo conjunto del sistema.

Para estas evaluaciones se identificaron cinco probetas distintas las cuales son:

Probeta Tipo A: Columna Aislada.

A-1. Columna C-2 del catálogo. (ver apéndice)

A-2. Columna C-2 del catálogo.

A-3. Columna C-2^a del catálogo.

Ae-1 Columna C-2 del catálogo con dos cajas eléctricas (situadas a 0,50 y 1,30 de la base) y con conducto plástico, todo empotrado.

Probeta Tipo B: Pórtico Simple de un Módulo sin Paneles de Pared.

B-1. Con columna C-2 del catálogo.

B-2. Con columna C-2 del catálogo.

B-3. Con columna C-2^a del catálogo.

Probeta Tipo C: Pórtico de un Módulo con Paneles de Pared.

C-1. Con columna C-2 y paneles del catálogo.

C-2. Con columna C-2 y paneles del catálogo.

C-3. Con columna C-2^a y paneles del catálogo.

Probeta Tipo D: Pared Plana de Tres Módulos.

D-1 Con columna C-2 y paneles del catálogo.

Probeta Tipo E: Módulo Volumétrico de Pared.

E-1 Con columna C-E y C-2 y paneles del catálogo.

Los tipos de ensayos realizados son tracción, compresión, flexión con carga aplicada estáticamente y flexión en condiciones dinámicas, las cuales se identificaran por las siglas T, C, FE y FD respectivamente. A continuación se presentará una tabla con la cantidad de ensayos realizados a las probetas.

	A-1	A-2	A-3	Ae-1	B-1	B-2	B-3	C-1	C-2	C-3	D-1	E-1	Total
T	3	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8
C	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	-	-	30
FE	2	2	2	-	2	3	3	3	3	3	2	1	26
FD	-	-	-	-	2	3	3	3	3	3	2	1	20

Tabla VI-8. Tipos y cantidad de ensayos por probeta.

Descripción de Ensayos:

1. Ensayo de Tracción: Este tipo de ensayo fue aplicado a probetas tipo columna aislada. La probeta es fijada al piso resistente por una viga de cimentación a través de pernos de acero. La parte superior es sujeta por una presilla metálica unida a una celda universal de 200 kN de capacidad con precisión de 0,5 kN para sensor de cargas conectada la viga de un pórtico por medio de una barra de acero de diámetro 25 mm. roscada al dispositivo de aplicación de cargas. Las cargas se aplicaron en incrementos de 2 kN de forma casi continua hasta la falla de la unión vaso – columna.
2. Ensayo de Compresión: Los ensayos realizados a las probetas A, B y C fueron realizados con una prensa de compresión AMSLER tipo 520 D4, de capacidad 5000 kN con cuatro rangos de escala (500, 1000, 2500 y 5000 kN) y precisión del 1% de la carga indicada desde 1/10 hasta el valor máximo. Los desplazamientos fueron medidos con transductores KIOWA de 50 y 100 mm. de recorrido y precisión de 0,01 mm. colocados en los tercios de la probeta. Se aplicaron cargas con incrementos de 5 kN para probetas tipo A y 20 kN (10 kN por columna) para las tipo B y C, con intervalos de 10 min. entre cargas.
3. Ensayo a Flexión: La probeta es fijada al piso resistente por pernos de anclaje de Φ 25 mm. las cargas fueron aplicadas por medio de un gato CCL. A través de una celda de 200 kN de capacidad y precisión de 0,5 kN fueron medidos las cargas para las probetas tipo B, C, D y E, y de 5 kN de capacidad y precisión de 0,0124 kN para medir las cargas de las probetas tipo A. Los desplazamientos fueron medidos por transductores de 0,01 mm. de precisión. Los ensayos fueron medidos en regimenes estáticos y

dinámicos, consistiendo los últimos en dejar libre el elemento soltando la carga súbitamente. Las mediciones dinámicas fueron por medio de transductores de aceleración. Las cargas fueron aplicadas con incrementos de 0,1 kN para probetas tipo A, de 0,5 kN para tipos B, C y D, y de 1 kN para tipo E cada 10 min.

Resultados de Ensayos:

- Ensayo Tracción: Los resultado sobre los ensayos de tracción sobre las probetas tipo A se resumen en las siguientes tablas.

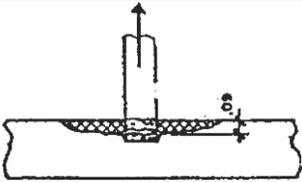
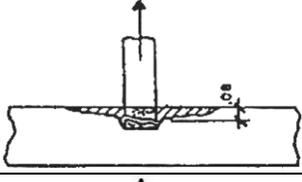
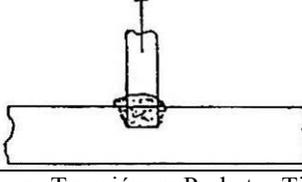
Tipo de Probeta	Carga de 1 ^{ra} grieta en unión vaso-columna (kN)	Carga de fallo (kN)	Esquema de fallo	Observaciones
A1/T1	24,0	30,0		Con 30,0 kN falla la unión, observándose desprendimiento del mortero del vaso y la parte del hormigón de la viga. Parte la columna a 0,09 m de la superficie.
A1/T2	12,0	28,0		A 28,0 kN parte la columna a 0,08 m de la superficie de la viga.
A1/T3	8,0	18,0		Grieta inicial sin carga en unión vaso-columna. Longitud de empotramiento de la columna 0,10 m. Fallo por adherencia columna-mortero del vaso.

Tabla VI-9. Ensayos Tracción en Probetas Tipo A1.

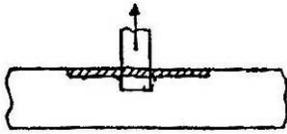
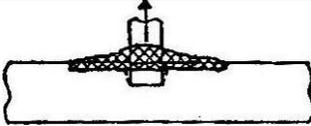
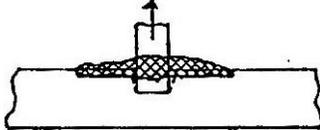
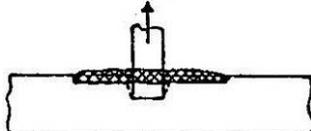
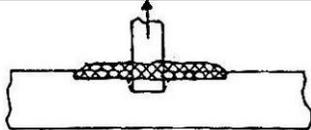
Tipo de Probeta	Carga de 1 ^{ra} grieta en unión vaso-columna (kN)	Carga de fallo (kN)	Esquema de fallo	Observaciones
A2/T1	8,0	34,0		A 8,0 kN surge grieta perimetral en la junta vaso-columna. A 34,0 kN ocurre fallo con desprendimientos del mortero de relleno de la viga de cemento.
A2/T2	8,0	34,0		A 8,0 kN surgen 2 grietas diagonales en la cara superior de la viga que parten desde la viga.
A2/T3	18,0	34,0		A 18,0 kN surge grieta en unión vaso-columna. A 34,0 kN se desliza la columna en el vaso 0,05 m.
A2/T4	39,0	39,0		Ocurre agrietamiento y fallo simultáneamente a 39,0 kN.
A2/T5	28,0	40,0		El fallo ocurre con desprendimiento total del mortero de relleno de la viga de cimentación.

Tabla VI-10. Ensayos Tracción en Probetas Tipo A2.

- Ensayo Compresión: Los resultado sobre los ensayos de compresión sobre las probetas tipo A, B y C se resumen en las siguientes tablas.

Tipo de Probeta	Carga de Fallo (kN)	Carga por Columna (kN)	Valor Mínimo	Observaciones
A1/C1	255	255	145	Los fallos se localizaron en el 75 % de los casos en el extremo superior de la columna por compresión local del hormigón.
A1/C2	270	270		
A1/C3	199	199		
A2/C1	297	297		Las probetas Ae el fallo se da en la zona de las cajas eléctricas, por influencia de la excentricidad de la carga.
A2/C2	145	145		
A2/C3	170	170		
A3/C1	166	166		
A3/C2	335	335		
A3/C3	180	180		
Ae-1/C1	269	269		
Ae-1/C2	187	187		
Ae-1/C2	270	270		

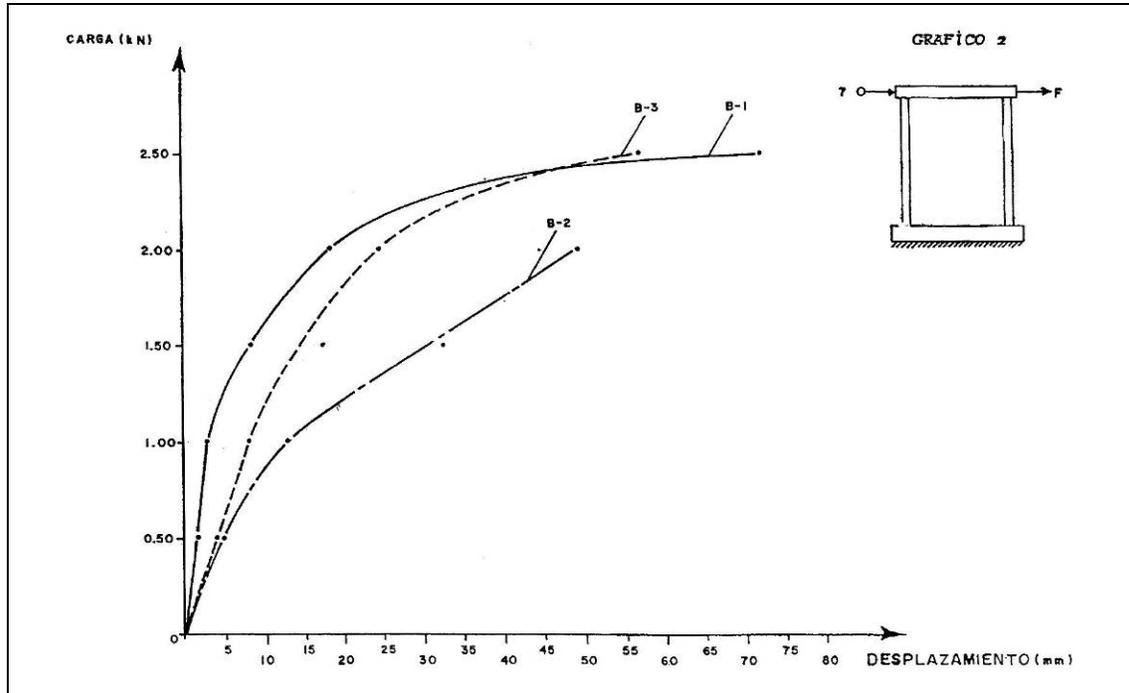
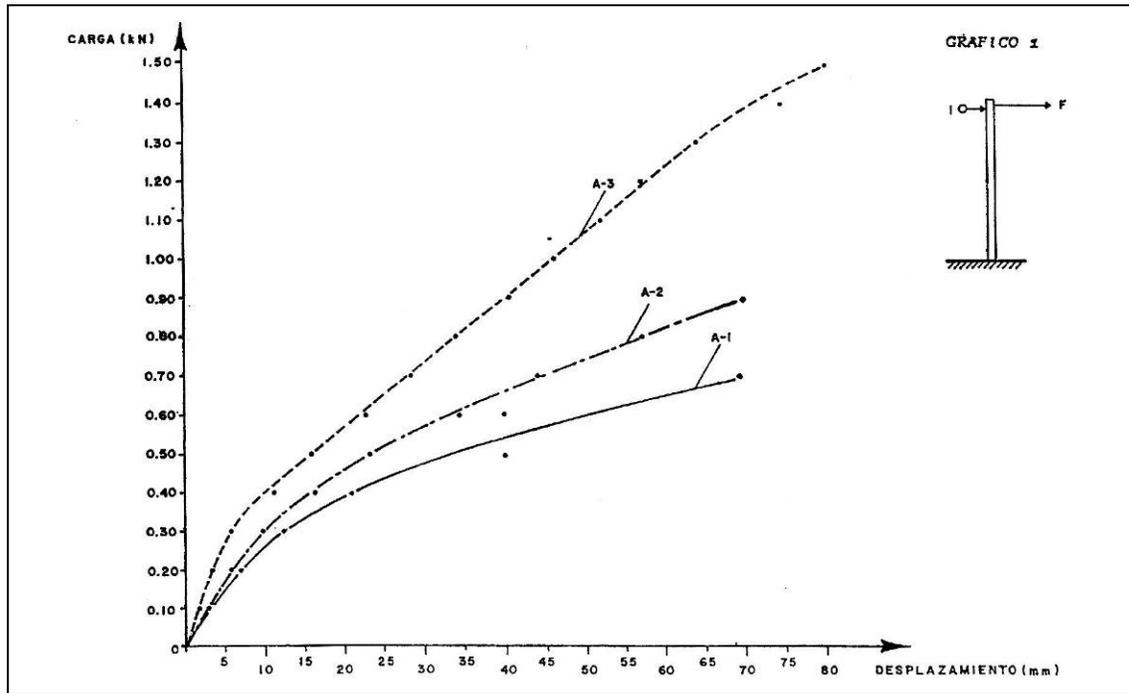
Tabla VI-11. Ensayos Compresión en Probetas Tipo A.

Tipo de Probeta	Carga de Fallo (kN)	Carga por Columna (kN)	Valor Mínimo	Observaciones
B1/C1	315	158	150	El fallo es semejante a de las probetas tipo A, excepto en las B3/C1 y B3/C2 en el que ocurre un fallo simultaneo del hormigón y el acero. En las probetas B3/C3 se observó muy mala calidad del concreto y el acero muy concentrado al centro del elemento.
B1/C2	355	178		
B1/C3	445	223		
B2/C1	300	150		
B2/C2	390	195		
B2/C3	355	178		
B3/C1	735	368		
B3/C2	680	340		
B3/C3	320	160		
C1/C1	605	303	189	En las probetas tipo C el fallo ocurre por lo general simultáneamente en el hormigón y el acero.
C1/C2	440	220		
C1/C3	378	189		
C2/C1	400	200		
C2C/2	640	340		
C2/C3	435	218		
C3/C1	680	340		
C3/C2	760	380		
C3/C3	400	200		

Tabla VI-12. Ensayos Compresión en Probetas Tipo B y C.

Comentario: La gran variación de los valores de carga de fallo es producto de las excentricidades accidentales (producción, montaje y ensayos), lo que fue comprobado por medio de las lecturas de los desplazamientos transversales registrados.

- Ensayos a Flexión: Las gráficas de los resultados de estos ensayos se muestran en las siguientes páginas.



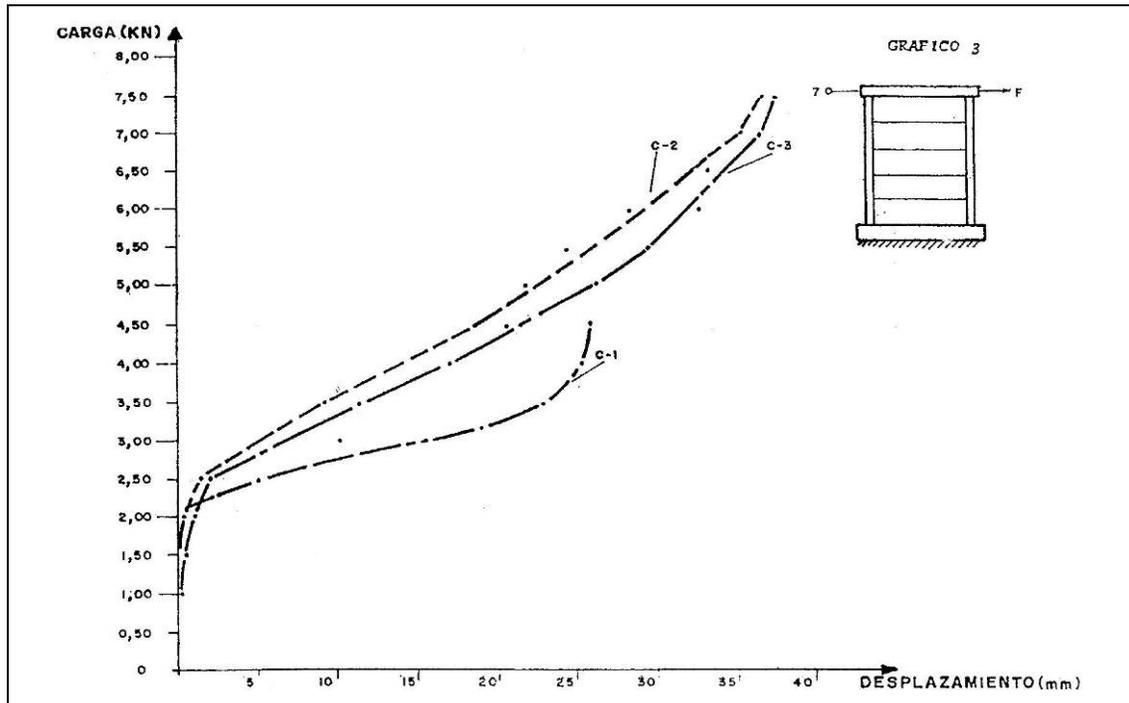


Grafico VI-3. Carga – Deformación de probetas Tipo C. Ensayo Flexión.

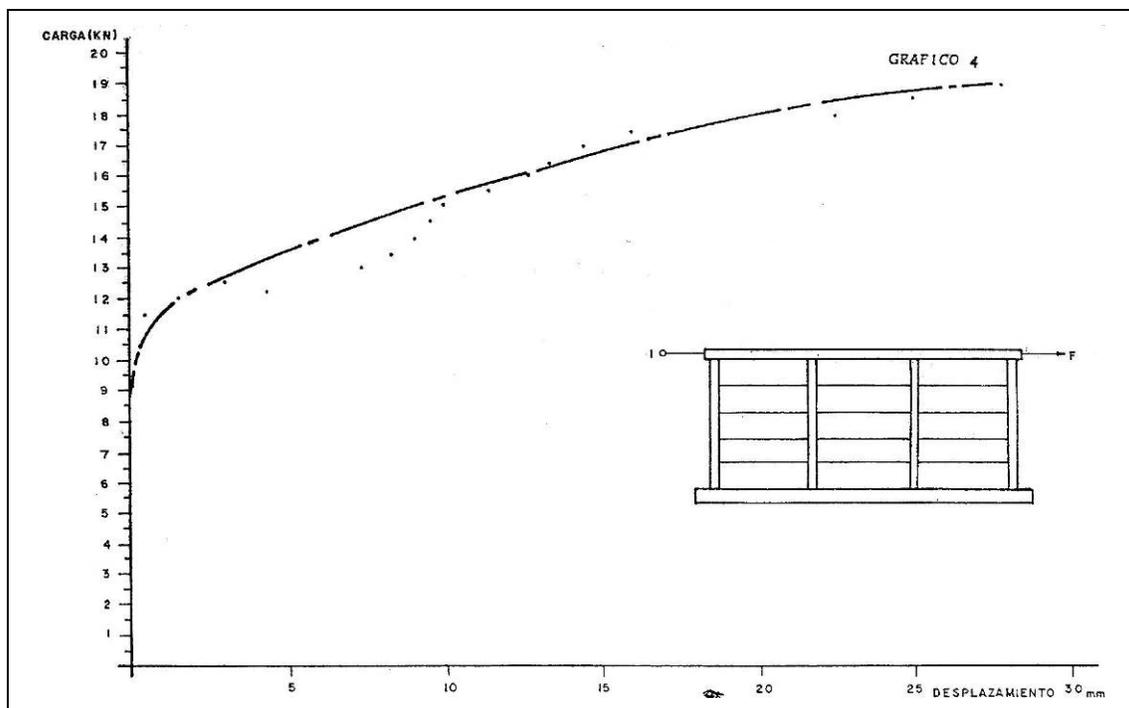


Grafico VI-4. Carga – Deformación de probetas Tipo D. Ensayo Flexión.

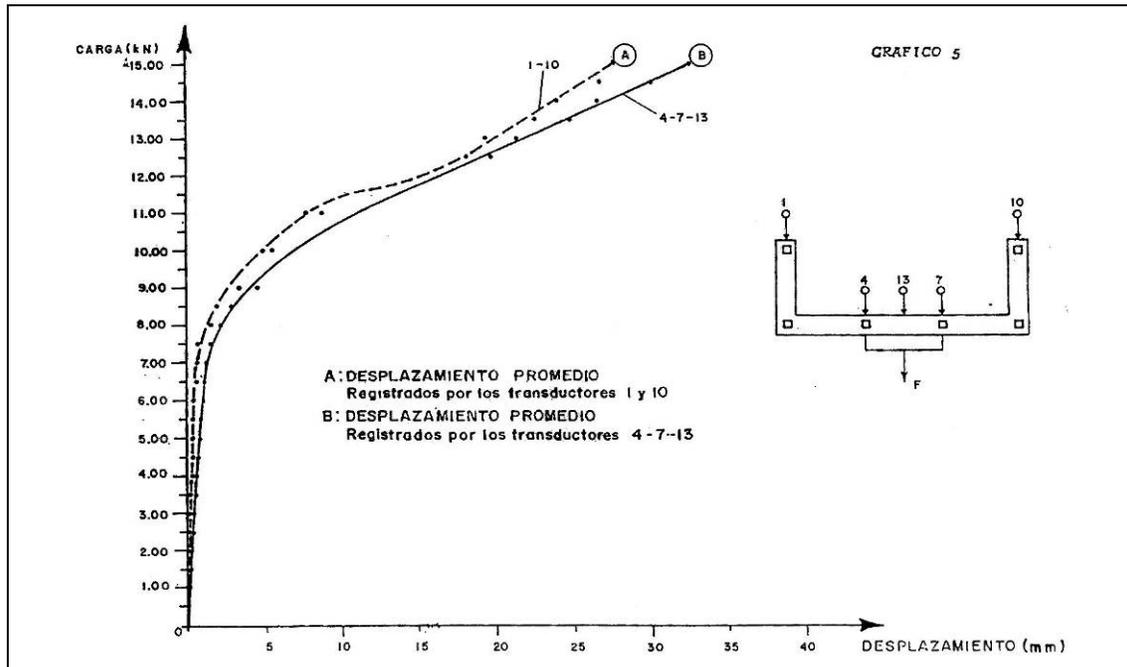


Gráfico VI-5. Carga – Deformación de probetas Tipo E. Ensayo Flexión.

Nota: Los datos con los que se elaboraron estos gráficos se pueden halla en los apéndices.

Análisis de Resultados

- Ensayo a Tracción.
 - Conexión columna-viga cimentación mediante vaso: De los resultados obtenidos de las probetas A1/T1 y A1/T2 se observa que el fallo ocurrió por tracción diagonal en el hormigón en el hormigón de la viga de cimentación e incluso por tracción directa del extremo inferior de la columna (zona sin refuerzo). Por lo que se propone adoptar un valor mínimo de 25,0 kN como carga de fallo a tracción directa.
 - Conexión columna-viga cimentación mediante vaso diseñado por CTDMC: Los resultados al ensayar las probetas A2 de T1 a T5 produjeron una carga de fallo mínima de 34,0 kN, siendo este fallo por desprendimiento del conjunto columna-mortero de la junta de cimentación.
- Ensayo a Compresión

Los resultados en todos los ensayos de las probetas fueron valores dispersos, adicionalmente en las probetas A3, B3 y C3 los valores tendieron a ser mayores, esto porque el refuerzo de acero estaba conformado por cabillas de Φ 10 mm. y no por Φ 6 mm. como el resto de las probetas. Sin embargo los resultados fueron inferiores a los esperados

Las excentricidades accidentales produjeron estos bajos resultados en los ensayos, teniendo en cuenta que imprecisiones en elementos de estas dimensiones tienen gran influencia en el comportamiento de los mismos.

Atendiendo a las condiciones de borde que definen cada grupo de probetas (A, B o C) se observa en general un incremento en la carga de fallo en la medida en que dichas condiciones imponen mayor restricción al elemento.

Con respecto a las probetas A los resultados fueron similares al de las probetas A, esto debido a que la reducción de la sección de concreto era compensada por las paredes metálicas de las cajas para instalaciones eléctricas obteniendo valores en el mismo orden que en las columnas si la caja.

En resumen, si se admiten los valores mínimos como los valores de fallo en una posición conservadora tenemos:

Grupo	Descripción	Carga de fallo (kN)
A	Columna Aislada	145
B	Columna en Pórtico simple sin Paneles Pared	150
C	Columna en Pórtico simple con Paneles Pared	190

Tabla VI-13. Cargas de Fallo por Grupo de Probetas.

- Ensayo a Flexión.
 - Probetas Tipo A: Se puede observar en las gráficas que los elementos poseen gran ductilidad, y que estas van en aumento respecto a la probeta anterior.
 - Probetas Tipo B: En estas la viga trabaja en conjunto con las columnas, observándose que la unión viga – columna se comportaba como nodo rígido. La unión columna – viga de cimentación mostró un comportamiento tendiente a una articulación rígida.
 - Probetas Tipo C: Los paneles en el pórtico aportaron rigidez al sistema. Este mostró un comportamiento lineal hasta cargas comprendidas entre 2,0 y 3,0 kN, después de este punto falló el mortero en la junta columna – panel, entonces el sistema mostró comportamiento de pórtico con arriostramientos diagonales aportados por los paneles. El fallo del sistema se presentó por fisuración de las columnas sin afectación de los paneles, la junta columna – viga de cimentación mostró comportamiento de nodo rígido mientras que la junta columna – viga de cerramiento tendía a articularse.
 - Probetas Tipo D: La curva carga–desplazamiento muestra un comportamiento lineal hasta la carga de 11 kN, a partir del fisuramiento de la junta columna–panel el comportamiento del sistema fue no lineal. Estas probetas se entienden como unidad mínima representativa de pared trabajando estructuralmente bajo cargas horizontales

contenidas en su propio plano, por lo que los resultados constituyen un indicativo de la resistencia del sistema en estas condiciones.

- Probetas Tipo E: Con el fin de conocer el comportamiento de la pared ante cargas normales a su plano se realizaron estos ensayos. Los resultados arrojaron un comportamiento lineal hasta cargas por el orden de 7,5 kN, después de este punto se inician rápidos desplazamientos debidos a la falla del mortero en las juntas columna – panel en las paredes laterales. Como se observo en las curvas de la gráfica correspondiente a esta probeta, la viga de cerramiento mostró mayores desplazamientos que los elementos laterales, lo que induce una torsión en estos últimos.

Conclusiones

Las conclusiones que se obtuvieron de estos ensayos fueron los siguientes:

1. La junta columna – viga de cimentación posee un comportamiento de nodo rígido.
2. La junta columna – viga de cerramiento tiende a comportarse como una rotula.
3. La viga de cerramiento constituye un elemento de unión, además de proporcionar una adecuada transmisión de cargas.
4. Los elementos pared mostraron un comportamiento lineal hasta el fallo de la junta columna – pared.
5. La capacidad resistente a compresión de las columnas manifestaron incrementos sucesivos en las distintas configuraciones de las probetas, obteniéndose valores satisfactorios para la aplicación del sistema.
6. Las columnas sometidas a flexión mostraron gran ductilidad. Del análisis se induce la conveniencia de la distribución de cercos utilizados para los elementos diseñados.
7. los elementos pared sometidos a cargas normales a su plano mostraron definidos rangos de comportamiento lineal y no lineal, lo que permitirá para cada solución de diseño tomar la capacidad resistente y rigidez como referencia.
8. Los paneles pared no sufrieron afectación alguna en ninguno de los casos de carga a los que fueron sometidos permaneciendo estables en sus posiciones dentro del conjunto de los ensayos, las ranuras en donde se colocan los paneles fueron determinantes en el buen comportamiento.

ESTUDIO II

El análisis ahora presentado corresponde a la Propuesta de Tipificación Estructural de las Viviendas del Conjunto Residencial “Las Tienditas I” Ureña, Edo. Táchira, realizado en noviembre de 2000 por los profesores Francisco Garcés y Enrique Castilla y presentado en el Informe # 209428 del IMME.

Tipificación Estructural Propuesta

A continuación se describe el modelo estructural propuesto para el estudio de las viviendas del sistema Bloque – Panel. Se plantea como consideraciones básicas para el modelo las siguientes condiciones:

1. El sistema estructural se considera conformado por elementos verticales que están unidos a vigas sobre las cuales se apoya la losa de techo, siendo los elementos anteriores de concreto armado. Conectados a los elementos verticales se encuentran bloques de mampostería mediante juntas machihembradas sin morteros entre las juntas verticales y horizontales, es por ello que se permiten desplazamientos verticales relativos entre los bloques de mampostería.
2. Se establecen las siguientes propiedades para los elementos que conforman la estructura:

Elemento	E (kg/cm ²)	G (kg/cm ²)	W (kg/cm ³)
Concreto – Columnas	261500	110805	0,0024
Concreto – Vigas	218820	92720	0,0024
Mampostería	20000	7692	0

Donde:

E = módulo de elasticidad

G = módulo de cortante

W = peso específico

Tabla VI-14. Propiedades de los elementos Estructurales.

3. Se considera un movimiento conjunto de los bloques de mampostería y los elementos verticales, por lo que se han igualado los desplazamientos de ambos, exceptuando el movimiento vertical. De esta manera se establecen la compatibilidad de los desplazamientos entre elementos adyacentes, además de considerar los movimientos debidos a la vinculación entre los bloques y los elementos verticales carentes de juntas con mortero entre los mismos.
4. Se establece que los bloques de mampostería no cargan axialmente a los elementos verticales.
5. La masa de la estructura es colocada en las juntas de techo del Sistema Estructural, considerando el peso de la Losa, además de la contribución de los bloques de mampostería.
6. La estructura se encuentra empotrada al suelo.

Respuesta Estructural del Modelo Propuesto

En la respuesta estructural del modelo anteriormente descrito se observa una deformación principalmente a flexión de los elementos verticales, además, los bloques de mampostería presentan desplazamientos horizontales relativos entre si e iguales a los del elemento vertical adyacente. Se presentan movimientos verticales relativos entre los bloques y los elementos verticales.

Respuesta Modal

De las deformaciones modales se presentan, se identifica que la resistencia ante cargas laterales es proporcionada principalmente por las deformaciones a flexión de las vigas y los elementos verticales. Por lo antes señalado se puede identificar esta estructura como tipo I, según lo indica la norma COVENIN-MINDUR 1756-98.

A continuación se presentan los periodos de vibración obtenidos para los modelos estructurales propuestos:

Modo	Descripción	Periodo (seg.)
1	Traslación en la dirección del eje Y	0,4934
2	Traslación en la dirección del eje X	0,4643
3	Rotación alrededor del eje Z	0,0241

Tabla VI-15. Periodos de los Modos Vibración.

Conclusiones

Se ha presentado un modelo que establece el comportamiento estructural de las viviendas, considerando la interacción entre lo elementos que la conforman. La deformación presentada por el modelo nos indica diferencias con la tipificación estructural de las normas.

El sistema estructural resistente a sismo se puede clasificar como Tipo I, según lo señalado en la norma COVENIN-MINDUR 1756-98.

A partir del modelo estructural propuesto se pretender mejor el comportamiento estructural del sistema, así mismo se podrá establecer con mayor confianza la patología correspondiente a los daños que presentan las viviendas en estudio.

Vivienda de Adobe Mejorado

Los estudios realizados sobre este sistema constructivo han sido desarrollados por diversas instituciones, las que se presentan aquí resumen las investigaciones elaboradas por la Pontificia Universidad Católica del Perú, cuya investigación se orientó en el estudio del comportamiento sísmico de las viviendas de adobe utilizando la caña como refuerzo estructural.

Descripción General:

El objetivo de esta investigación es la de observar la respuesta sísmica de los módulos estructurales de “adobe mejorado” construido con refuerzo de caña y mortero de barro con paja, mediante un ensayo dinámico.

Descripción de los Modelos Estructurales:

Se edificaron tres módulos de vivienda de iguales dimensiones, dos de ellos reforzados con caña, identificados como MR1 y MR2, el tercer módulo fue construido sin refuerzo estructural. Las dimensiones de los módulos fueron de 3,30 x 3,30 m, 2,00 m de altura y 0,30 m de espesor de paredes. Estos se construyeron con dos ventanas de dimensiones 0,90 x 0,80 m, una pared ciega y una puerta centrada de dimensiones 0,80 x 1,70 m como se muestra en el diagrama.

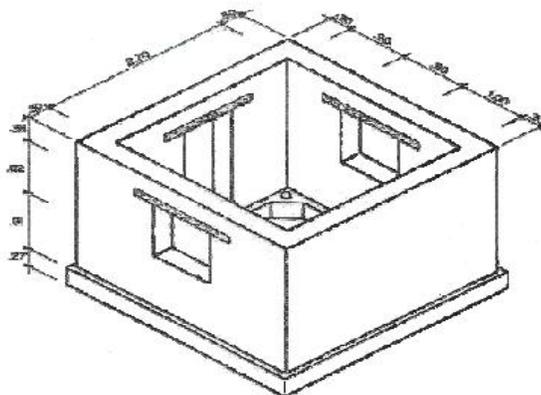


Figura VI-6 Esquema del Modelo Estructural Ensayado.

Las dimensiones de los bloques de adobe son 300 x 130 x 80 mm, fabricados con tierra del campus del PUCP de arena de baja plasticidad, incorporando paja en 0,5% equivalente al peso seco de la tierra en la mezcla. Los bloques se dejaron secar por dos días. El mortero empleado en todos los módulos fue de barro mezclado con el 2% del peso seco de la tierra en paja.

En las puertas y ventanas de los módulos se emplearon dinteles de madera fijados a la viga de collar de madera con piezas de madera de sección 50 x 5 mm entramados. Las distancias entre cañas de los módulos reforzados fueron de 0,45 m entre cañas verticales y

0,40 m (cuatro capas de bloques) entre las horizontales. Las cañas verticales fueron ancladas a la base y conectadas a la cadena superior de madera. La viga de collar superior está constituida por dos piezas de madera longitudinales de 100 x 100 mm y 300 m transversal, con una sección de 50 x 100 mm.

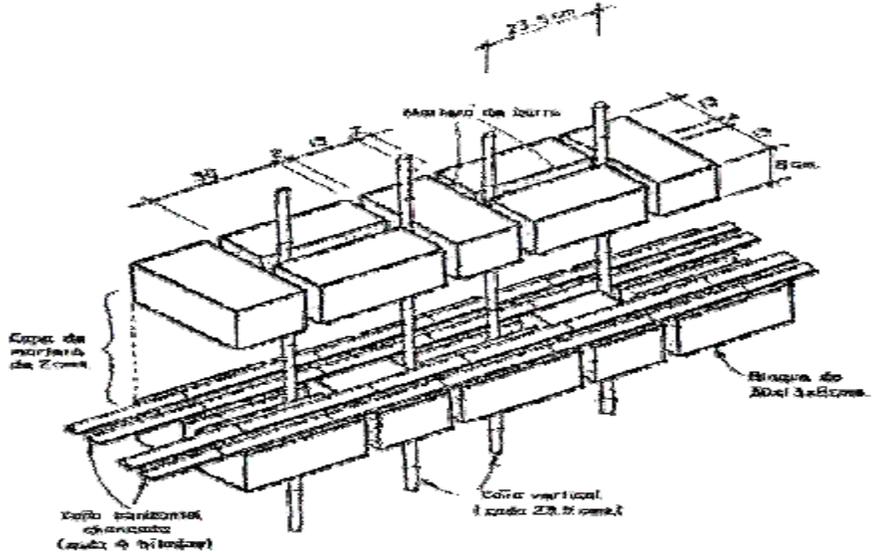


Figura VI-7 Esquema de Colocado del Refuerzo de Caña.

El diseño de los módulos se baso en la cartilla de difusión N°3 “Nuevas Casas Resistentes de Adobe” de la PUCP.

Descripción de los Ensayos

Los módulos fueron sometidos a ensayos dinámicos de aceleración horizontal en dirección paralela a las paredes poseedoras de ventanas como se muestra en el diagrama adjunto. La instrumentación para las mediciones se dispuso como es indicado en el diagrama. Las mediciones durante el ensayo fueron registradas por computadores que almacenaban todos los datos.

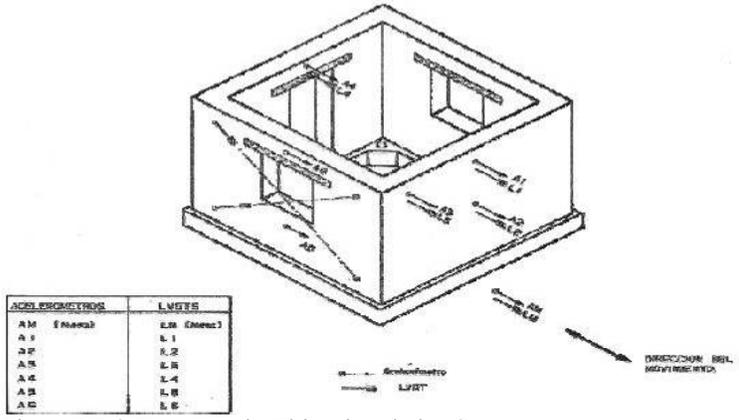


Figura VI-8 Esquema de Ubicación de los Sensores.

Los ensayos simularon el sismo ocurrido en Perú el 31 de mayo de 1970 (Instituto Peruano de Geofísica: Componente N-08-W)

Resultado de los Ensayos

En la siguiente gráfica se presentan los resultados de los ensayos de los módulos de adobe.

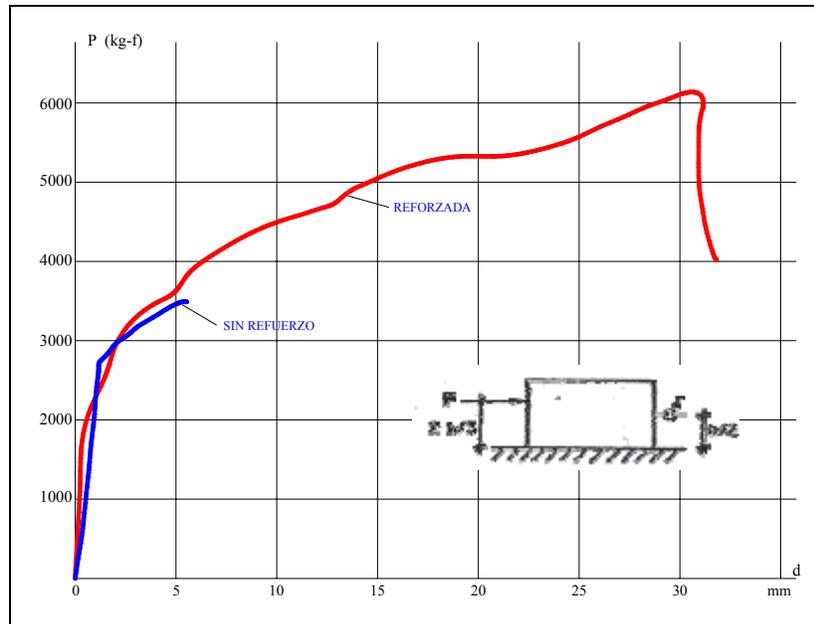


Gráfico VI-6 Comparación de Respuestas Estructurales de los Módulos sin y con Refuerzo.

Conclusiones

El reforzamiento puede hacerse con cualquier material dúctil, incluyendo: caña, bambú, junco, parra, sogá, madera, malla de gallinero, malla de púas o barras de acero. El refuerzo vertical ayuda a mantener la integridad del muro fijándolo a la cimentación y a la viga collar y restringe la flexión perpendicular al plano y el corte coplanar. El refuerzo horizontal ayuda a transmitir la flexión y las fuerzas de inercia en los muros transversales (perpendiculares al plano de la sollicitación) hacia los muros que resisten el cortante (coplanares con la sollicitación), también restringe los esfuerzos de corte entre muros adyacentes y minimiza la propagación de las fisuras verticales. El refuerzo vertical y horizontal debería estar unido entre sí y a los otros elementos estructurales (cimentación, viga collar, techo) por medio de hilo de nylon. Esta unión provee una matriz estable, que es de por sí más fuerte que sus componentes individuales. La colocación del refuerzo debe ser cuidadosamente planificada y las unidades deben ser fabricadas tomando provisiones especiales en cuanto a sus dimensiones.

ESTUDIO DE LOS SISTEMAS ESTRUCTURALES SELECCIONADOS EMPLEANDO EL PROGRAMA SAP 2000

Para complementar los estudios presentados anteriormente se realiza un estudio de los sistemas estructurales empleando las herramientas de programas de cálculo estructural, en este caso el SAP2000 Nonlinear 8.1.6.

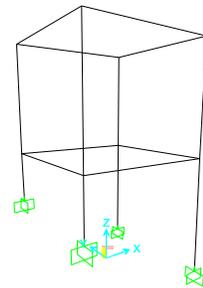
Las viviendas a simular en el SAP son las correspondientes a la vivienda informal y al bloque – panel. Los sistemas a modelarse serán módulos de un solo ambiente de dimensiones de 3,0 x 3,0 m para la base y 2,6 m para la altura, de 2 niveles donde el inferior presenta la mitad de sus columnas a media altura para simular una fundación a desnivel y no se incluirá el efecto de la mampostería.

La estructura será examinada bajo la acción sísmica empleando un espectro de diseño correspondiente a una zona sísmica número 5, bajo una forma espectral S2, de estructuras clasificadas en el grupo B2 y con un nivel de diseño 2 conforme con la norma 1756:2001, Edificaciones Sismorresistentes.

Vivienda Informal

Descripción del módulo:

El módulo, como se indico anteriormente, posee dimensiones de base iguales a 3,0 x 3,0 m y de altura 2,6 m. Las columnas del nivel inferior se encuentran empotradas. Las dimensiones de las columnas son de 15 x 15 cm de sección al igual que en las vigas, esto debido a que se está tomando como base el espesor de la mampostería. El nivel base y el nivel techo se consideraron como diafragmas rígidos y se les asignaron cargas de 1 ton.



Resultados de la simulación:

Luego de correr la estructura en el programa se obtuvo lo siguiente

Modo	Descripción	Periodo (seg.)
1	Traslación en la dirección del eje Y	0,2117
2	Traslación en la dirección del eje X	0,1951
3	Rotación alrededor del eje Z	0,1733

Tabla VI-16. Periodos de los Modos de Respuesta.

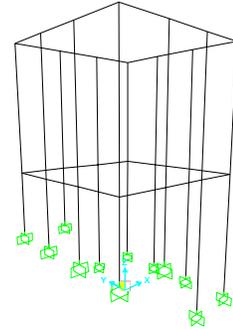
Nivel	Desplazamiento X (m)	Desplazamiento Y (m)	Rotación (rad.)
Base	0,00000	0,00000	0,00000
Nivel 1	0,01924	0,02415	0,00864
Techo	0,10057	0,08674	0,04165

Tabla VI-17. Desplazamientos en Módulo.

Sistema Bloque – Panel

Descripción del módulo:

El módulo, debido a su configuración estructural, posee una base de dimensiones 3,12 x 3,12 m y de altura 2,65 m. Las columnas del nivel inferior poseen alturas de 2,65 y 1,30 m y se encuentran empotradas. Las dimensiones de las columnas son de 11 x 11 cm de sección y el de las vigas 11 x 20 cm. El nivel base y el nivel techo se consideraron como diafragmas rígidos y se les asignaron cargas de 1 ton.



Resultados de la simulación:

Luego de correr la estructura en el programa se obtuvo lo siguiente

Modo	Descripción	Periodo (seg.)
1	Traslación en la dirección del eje Y	0,2078
2	Traslación en la dirección del eje X	0,1900
3	Rotación alrededor del eje Z	0,1612

Tabla VI-18. Periodos de los Modos Respuesta.

Nivel	Desplazamiento X (m)	Desplazamiento Y (m)	Rotación (rad.)
Base	0,00000	0,00000	0,00000
Nivel 1	0,02027	0,02594	0,01034
Techo	0,09065	0,07924	0,04376

Tabla VI-19. Desplazamientos en Módulo.

CAPITULO VII

CAPITULO VII

ANALISIS Y RESULTADOS

Evaluación de Sistemas

La selección de un sistema estructural de entre varios no resulta sencillo cuando los aspectos a considerar son muchos, para esto recurrimos a la herramienta de la matriz de decisión, consistente en la ponderación por criterio de las alternativas existentes tomando en cuenta que los criterios poseen distintos niveles de peso o importancia.

Las alternativas de sistemas de viviendas de bajo costo son conocidas, estos sistemas son la Vivienda Informal, el Bloque-Panel y el Adobe Mejorado, que fueron seleccionados anteriormente. Los criterios a considerar se encuentran en las áreas económica, estructural y social, siendo estos los siguientes:

Área	Criterio
Económico	• Costo.
Estructural	• Durabilidad.
	• Resistencia Convencional/Sísmica.
Social	• Confort.
	• Disponibilidad del Material y Sistema.

Tabla VII-1. Área de Interés – Criterio.

Antes de establecer los niveles de cada criterio debemos establecer los de importancia entre criterios, estos se presentarán como una fracción de un porcentaje total. Esta ponderación determinará parte del resultado final en la selección de un sistema.

Los niveles de importancia entre criterios, luego de investigaciones, análisis, discusiones en paneles y en base a criterios personales, se determinó que se resolvería en dos matrices quedando estas de la siguiente manera:

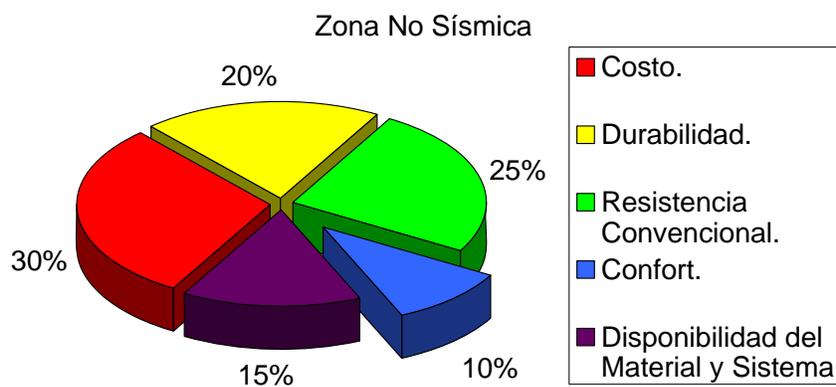


Gráfico VII-1. Porcentaje de Importancia entre Criterios en Zona No Sísmica.

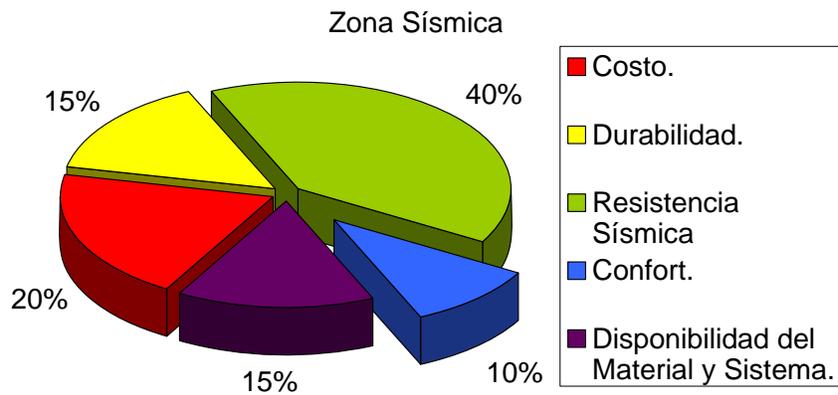


Gráfico VII-2. Porcentaje de Importancia entre Criterios en Zona Sísmica.

Ahora debemos establecer los niveles de estos criterios a los que se le asignará una puntuación de acuerdo mejor sea la característica.

Criterio	Descripción	Niveles
Costo	• Costoso.	1
	• Elevado.	2
	• Medio.	3
	• Económico.	4
	• Bajo.	5
Durabilidad	• Larga.	4
	• Buena.	3
	• Media.	2
	• Corta.	1
Resistencia Convencional/Sísmica	• Eficiente.	5
	• Buena.	4
	• Aceptable.	3
	• Precaria.	2
	• Deficiente.	1
Confort (*)	• Sub-Matriz	1 – 5
Disponibilidad de Materiales y Sistema (**)	• Disponible.	4
	• Existente regulado.	3
	• Limitado.	2
	• No Disponible.	1

Tabla VII-2. Niveles de Criterios.

(*) Confort: Para este criterio se ha creado una sub-matriz de puntuación en la que se consideran cualidades que ofrecen los sistemas estructurales en función de sus características y tipo de materiales.

(**) Disponibilidad de Materiales y Sistema: En este criterio se evalúa de manera indirecta la factibilidad de los sistemas a ser empleados en el país.

Evaluación del Confort en los Sistemas:

Al igual que en los gráficos anteriores, el porcentaje de importancia se obtuvieron en base a investigaciones sobre el tema, criterios personales y a la discusión en panel de los puntos a evaluar, obteniéndose el siguiente gráfico:

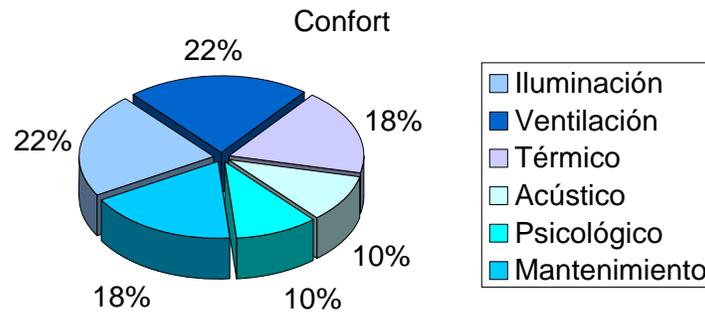


Gráfico VII-3. Porcentaje de Importancia entre Criterios Confort.

Estos criterios se medirán en cinco niveles, donde el cinco (5) es la máxima puntuación. Para el llenado de la matriz se discutieron en un panel las valoraciones de los sistemas quedando la matriz alternativa – criterio de la siguiente forma:

Criterios	Alternativas		
	Vivienda Informal	Bloque-Panel	Adobe Mejorado
Iluminación	4	3	3
Ventilación	4	3	3
Térmico	3	3	4
Acústico	4	4	4
Psicológico	4	5	3
Mantenimiento	2	4	1

Tabla VII-3. Matriz Alternativa – Criterio Confort.

En iluminación y ventilación tanto la vivienda de adobe como el bloque panel reciben menos puntuación debido a que estos sistemas poseen limitaciones por su configuración estructural.

El criterio psicológico fue orientado a la aceptación que tendrían dichos sistemas.

En cuanto al mantenimiento la vivienda de adobe recibe la menor puntuación debido a el material es menos compacto y puede haber desprendimientos.

Calculando las puntuaciones que recibirán las alternativas en función de los niveles de importancia de los criterios queda la siguiente tabla:

% Importancia	Alternativas		
	Vivienda Informal	Bloque-Panel	Adobe Mejorado
22,0%	0,88	0,66	0,66
22,0%	0,88	0,66	0,66
18,0%	0,54	0,54	0,72
10,0%	0,4	0,4	0,4
10,0%	0,4	0,5	0,3
18,0%	0,36	0,72	0,18
Σ	3,46	3,48	2,92

Tabla VII-4. Matriz Puntuación Confort.

Puntuación Confort

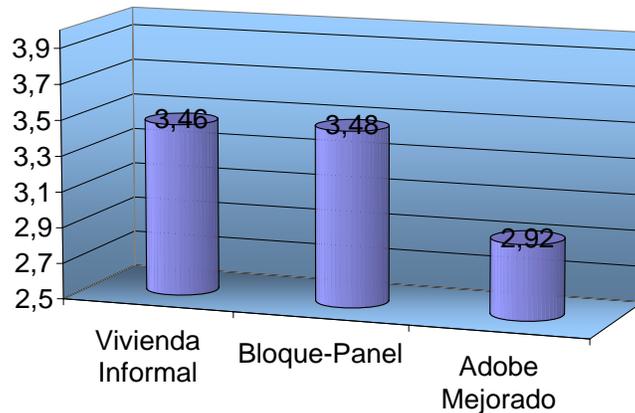


Gráfico VII-4. Calificación de los Sistemas en función a Criterios Confort.

Para emplear estos valores en la matriz alternativa – criterio se procede a llevar su valor a un número entero, en este caso al entero inferior, quedando lo siguiente

	Alternativas		
	Vivienda Informal	Bloque-Panel	Adobe Mejorado
Puntuación	3,46	3,48	2,92
Inferior Entero:	3	3	2

Tabla VII-5. Valoración de Confort para Matrices Sísmica y No Sísmica.

Ya hechos con los valores de las alternativas para el criterio de confort continuamos.

Establecidos todos los parámetros ponderamos los sistemas en función a los criterios restantes de la misma manera en que fueron asignados los valores para la matriz de confort para así llenar las matrices de Alternativa – Criterio.

Matriz Zona No Sísmica

Criterios	Alternativas		
	Vivienda Informal	Bloque-Panel	Adobe Mejorado
Costo.	4	3	5
Durabilidad.	3	4	2
Resistencia Convencional.	2	4	3
Confort.	3	3	2
Disponibilidad del Material y Sistema.	3	2	4

Tabla VII-6. Matriz Alternativa – Criterio Zona No Sísmica.

Matriz Zona Sísmica

Criterios	Alternativas		
	Vivienda Informal	Bloque-Panel	Adobe Mejorado
Costo.	4	3	5
Durabilidad.	3	4	2
Resistencia Sísmica.	1	4	2
Confort.	3	3	2
Disponibilidad del Material y Sistema.	3	2	4

Tabla VII-7. Matriz Alternativa – Criterio Zona Sísmica.

A éstas matrices le incorporamos los porcentajes de importancia para finalmente obtener las matrices de decisión quedando:

% Importancia	Alternativas		
	Vivienda Informal	Bloque-Panel	Adobe Mejorado
30%	1,2	0,9	1,5
20%	0,6	0,8	0,4
25%	0,5	1	0,75
10%	0,3	0,3	0,2
15%	0,45	0,3	0,6
∑	3,05	3,3	3,45

Tabla VII-8. Matriz Decisión en Zona No Sísmica.

% Importancia	Alternativas		
	Vivienda Informal	Bloque-Panel	Adobe Mejorado
20%	0,8	0,6	1
15%	0,45	0,6	0,3
40%	0,4	1,6	0,8
10%	0,3	0,3	0,2
15%	0,45	0,3	0,6
∑	2,4	3,4	2,9

Tabla VII-9. Matriz Decisión en Zona Sísmica.

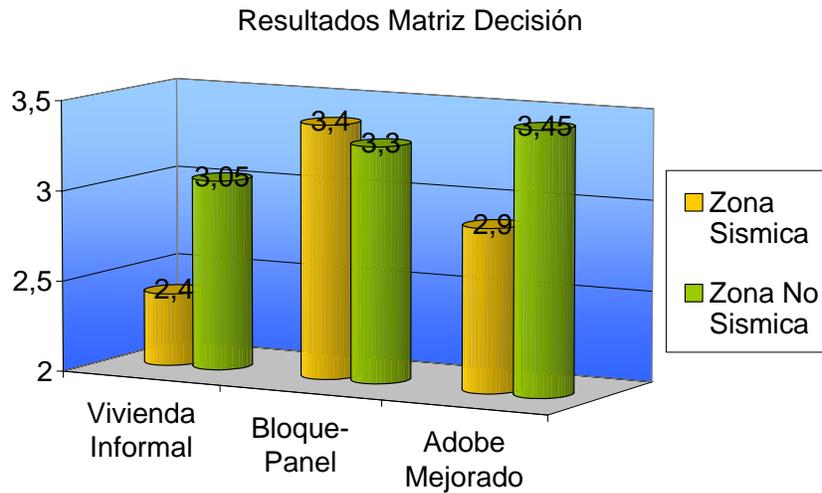


Gráfico VII-5. Resultados de Matriz de Decisión.

Análisis de Resultados

Los criterios que influyeron más en los resultados finales fueron los de costo y resistencia, observándose un mayor peso del costo en la agrupación de criterios correspondientes a zonas no sísmicas que determinó la selección del sistema de adobe mejorado. Mientras que la resistencia sísmica determinó la selección del sistema bloque – panel para los criterios en zona sísmica.

Para un mejor estudio se consideró una sub-matriz de decisión para el criterio de confort, a la que se le identificó como matriz de puntuación. Aunque a este criterio se le proporcionó poco peso en la matriz de decisión final, se requiere de él un análisis más detallado, debido a que las consideraciones a tomar son variables y características de los sistemas.

Para un mejor aprovechamiento de este método la valoración de los criterios se pueden cuantificar recurriendo a ensayos o a discusiones con un panel de expertos en el área.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Recolección de Información

Se realizó búsqueda de información de sistemas en distintos sectores pudiendo presentar las siguientes recomendaciones para futuras investigaciones.

- Archivos IMME: Aunque existe un amplio registro de informes con ensayos y análisis, los mismos representaron opciones que resultaron oportunas en el tiempo de propuesta de su estudio, pero ahora resultan de poca utilidad o no actualizados. Sin embargo los resultados de estudios de calidad de materiales pueden ser de gran utilidad para futuras nuevas investigaciones.
- Entes Gubernamentales: A estos se les atribuye gran cantidad de proyectos de sistemas estructurales de viviendas, sin embargo, ellos no son poseedores de la ingeniería detrás de estos proyectos por lo que realizar búsqueda de información en los entes resulta infructuoso.

Problemas de Patología

Generalmente los problemas de patología en estructuras están asociados a problemas geotécnicos, este último factor en la edificación de viviendas de bajo costo resulta despreciado, cayendo recurrentemente en estos problemas. Se propone para futuras investigaciones la elaboración de un manual que permita a grosso modo evaluar la calidad del suelo para elaborar propuestas de cimentación, que sirva de orientación para la gente de escasos recursos que esté buscando edificar una vivienda propia.

Análisis en SAP2000

Podemos ver que los análisis realizados a la vivienda informal y al sistema bloque – panel produjeron resultados semejantes en el programa de cálculo estructural, esto posiblemente atribuido a que no fueron consideradas todas las características de los sistemas, sin embargo se observó cierta ventaja en el bloque – panel donde los desplazamientos se ven reducidos en comparación de la vivienda informal, factor importante ante eventos extraordinarios como son los sismos.

Método Multicriterio

Los resultados del método arrojaron como mejores opciones a la vivienda de abobe mejorado como la más conveniente para viviendas de bajo costo para zonas no sísmicas o de bajo riesgo, y al sistema bloque – panel para zonas sísmicas, observándose que los valores no distaron mucho los unos de los otros. Sin embargo estos resultados no son

determinantes, se emplearon principalmente para obtener una selección más objetiva para la toma de decisiones, que muchas veces son tomadas a la ligera al no considerar criterios básicos importantes. En la actualidad se pueden encontrar métodos más refinados que el empleado en el Capítulo VI como son el método ELECTRE o PROMETHEE del que ya se cuenta con programas informáticos que automatizan más el proceso siendo una herramienta poderosa creada inicialmente para la toma de decisiones económicas pero de amplia aplicación en diversidad de áreas incluyendo la ingeniería.

Sugerencia de Mejoras en Sistemas

Adobe:

La vivienda de adobe tiene en su haber una gran cantidad de estudios para el mejoramiento de su comportamiento sísmico, por lo que resulta un sistema confiable cuando se consideran las recomendaciones de los mismos.

Proveer de un friso final a las paredes de adobe reduciría su vulnerabilidad a la intemperie y prolongaría la vida útil de la vivienda. Sin embargo el aporte más significativo para el sistema sería la disponibilidad de una prensa que conformara los bloques de adobe compactándolos, mejorando la efectividad de la máquina el correspondiente estudio de suelos con ensayos de compactación o Proctor para así calibrar la prensa y tener bloques de mayor resistencia obteniendo un mejor aprovechamiento del material y un menor tiempo para la elaboración de los bloques.

Sistema Bloque - Panel:

En cuanto al sistema bloque – panel se incrementaría la efectividad de los nodos al realizar reformas en las uniones de los elementos prefabricados, se propone lo siguiente:

1. Incorporar corrugaciones en el extremo inferior de los elementos columna y en los vasos de cimentación para mejorar la adherencia.
2. Aumentar el número de arranques de cabillas en el extremo superior de los elementos columnas para una mejor transmisión de esfuerzos.
3. Chequeo del efecto columna corta en ventanas.

Vivienda Informal:

Encontramos que los problemas en las viviendas de construcción informal tienen como origen la carencia de ingeniería y control, lo que nos produce sistemas estructurales que atentan contra la seguridad física de sus ocupantes. La normalización de este tipo de viviendas reduciría muchos los problemas, y principalmente la difusión de esta norma a todos los sectores para su aplicación.

Conclusión Final:

Los resultados obtenidos en este estudio no son definitivos puesto que no consideran algunos aspectos que se escapan del alcance de la investigación. Por ejemplo, en el caso de viviendas de adobe, no se consideran los efectos que se tienen por la necesidad de acarrear material a grandes distancias o el sacrificio que se hace de suelos con potencial agrícola. Lo que se pretende con este estudio es dar una guía metodológica para la escogencia o jerarquización de sistemas constructivos y en la medida en que se evalúen mayor número de sistemas constructivos más difícil será la toma de decisiones y más eficiente la metodología presentada en este trabajo.

BIBLIOGRAFIA

BIBLIOGRAFÍA

1. Blondet, M y Otros (2003) Construcciones de Adobe Resistente a los Terremotos: Tutor. Perú [Libro en línea]. Disponible: <http://www.world-housing.net> [Consulta: 2006, Junio 13]
2. Cámara Venezolana de la Construcción (02/08/2005). Noticias, Nacionales-General “Gobierno no podrá cumplir meta de construcción” [Publicación Periódica]. Disponible: <http://www.cvc.com.ve/modulos/noticias.php?NId=431#> [Consulta: 2006, Abril 04]
3. CENAPRED, Secretaria de la Gobernación y Sistema Nacional de Protección Civil. (2000, noviembre 18-22) Métodos de Refuerzo para la Vivienda Rural de Autoconstrucción. Presentado en la Primera Jornada Nacional de Simulacros Para la Prevención de Riesgos. (15 páginas) México. Disponible: http://www.world-housing.net/Tutorials/AdobeTutorial/Reference_3.pdf [Consulta: 2006, Junio 13]
4. Centro Técnico para el Desarrollo de lo Materiales de Construcción (90s). Características Estructurales del Sistema Constructivo Bloque – Panel. La Habana – Cuba: In Genio Tecnologías.
5. Centro Técnico para el Desarrollo de lo Materiales de Construcción (90s). Ensayos Estructurales del Sistema Bloque – Panel. La Habana – Cuba: Comercial Matco SA.
6. Centro Técnico para el Desarrollo de lo Materiales de Construcción (90s). Sistema Bloque – Panel para la Construcción de Viviendas. La Habana – Cuba: Comercial Matco SA.
7. Edificaciones sismorresistentes 1756:2001. (7^{ma} reunión día 25 de Julio de 2001) CONSEJO SUPERIOR DE FONDONORMA, elaborada por la Comisión Ad-Hoc designada por la Fundación Venezolana de Investigaciones Sismológicas FUNVISIS.
8. Escribano M. y Fernández G. (2002) Estudio Comparativo de Métodos de Ayuda a la Decisión Multicriterio en la Valoración y Selección de Alternativas de Inversión. Madrid. Dpto. Métodos Cuantitativos para la Economía, Facultad de CC. Económicas y Empresariales. Universidad San Pablo. [Libro en línea] Disponible: [http://www.isdefe.es/webisdefe.nsf/0/web/Análisis+de+las+decisiones+multicriterio/\\$file/DecisionesBN.pdf](http://www.isdefe.es/webisdefe.nsf/0/web/Análisis+de+las+decisiones+multicriterio/$file/DecisionesBN.pdf) [Consulta: 2006, Mayo 15]

9. Estructuras de acero para edificaciones. Método de los estados límites 1618-1998. (Reunión No.11-98, 9 de Diciembre de 1998) CONSEJO SUPERIOR DE FONDONORMA, elaborada por la Comisión Permanente de Normas para Estructuras de Edificaciones del Ministerio del Desarrollo Urbano (MINDUR).
10. Estructuras de concreto armado para edificaciones análisis y diseño 1753-1987. (Reunión N° 6-87(84) 8 de Diciembre de 1987) Comisión Venezolana de Normas Industriales (COVENIN), elaborada por la Comisión de Normas para Estructuras de Edificaciones del Ministerio del Desarrollo Urbano (MINDUR).
11. Normas para la Fabricación de Componentes Estructurales Metálicos Doblados en Frio a Emplearse en la Construcción de Viviendas Rurales (III Edición. Diciembre 1996). Ministerio de Sanidad y Asistencia Social. Dirección General de Malariología y Saneamiento Ambiental, elaborado por el Servicio Autónomo Programa Nacional de Vivienda Rural, División de Vivienda Rural, Departamento de Construcción.
12. Groundwork Institute (2000) Viviendas de Alta Calidad y Bajo Costo - Usando Recursos Locales, Nicaragua [Informe en línea]. Disponible: <http://www.groundwork.org/nicaragua-es/contents.html> [Consulta: 2006, Marzo 06]
13. Goodman, L. J. y Otros (1979) Low Cost Housing Technology. An East-West Perspective, New York – U.S.A. Pergamon Press. 359 Páginas.
14. Microsoft Corporation ® (1993-2005) ADOBE. Microsoft Encarta ® 2006. ©. [Enciclopedia Multimedia].
15. Normas sanitarias para proyecto, construcción, reparación, reforma y mantenimiento de edificaciones. (1988, jueves 8 de septiembre). Gaceta Oficial de la República de Venezuela, N° 4.044 (Extraordinario), Año CXV Mes XI.
16. Park, R. y Paulay, T (1978) Estructuras de Concreto Reforzado, 2^{da} Edición. México: Editorial Limusa. 794 páginas.
17. Pontificia Universidad Católica del Perú (2003) Adobe in Perú: Tradition, Research and Future. Lima Perú: Blondet, M. y Otros. [Reporte en línea]. Disponible: http://www.world-housing.net/Tutorials/AdobeTutorial/Reference_2.pdf [Consulta: 2006, Junio 13]
18. Pontificia Universidad Católica del Perú (2003) Dynamic Behavior of Adobe Dwellings. Lima Perú: Bariola, J. y Otros. [Informe en línea]. Disponible: http://www.world-housing.net/Tutorials/AdobeTutorial/Reference_1.pdf [Consulta: 2006, Junio 13]

19. Porrero, J. y otros (2004) Manual del Concreto Estructural. Conforme la Norma COVENIN 1753:03, Caracas: SIDETUR. 503 Páginas.
20. Sidor (2003). Acero en red: Acero para la vida: Usos: VIVIENDAS [Libro en línea]. Disponible: <http://www.siderurgicadelorinoco.com/view/index.asp?ms=195&pageMs=20191.htm> [Consulta: 2006, Abril 06]
21. Universidad Central de Venezuela (2004) Ensayo Monotónico Creciente de Cuatro Viviendas en el Sector Minas de Baruta, Estado Miranda. Informe IMME N° 209889. Caracas: Bonilla R.
22. Universidad Central de Venezuela (2000) Propuesta de Tipificación Estructural de las Viviendas del Conjunto Residencial “Las Tienditas I” Ureña, Edo. Táchira. Informe IMME N° 209428. Caracas: Garcés, F. y Castilla, E.
23. Universidad Central de Venezuela (2005) Inspección técnica, Desarrollo habitacional Brisas del Golfo, ciudad de Cumana, Edo. Sucre. Informe IMME N° 310045-a. Caracas: Bonilla, R. y Torres, R.

APÉNDICES

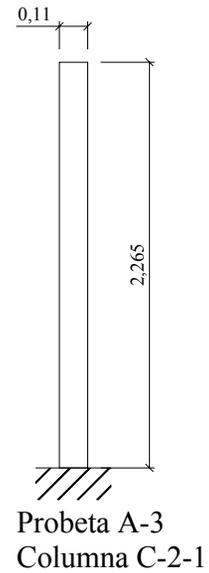
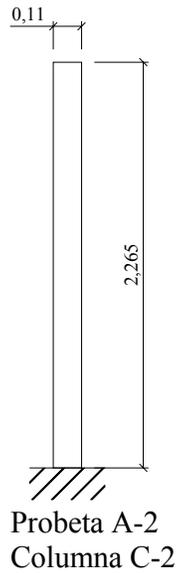
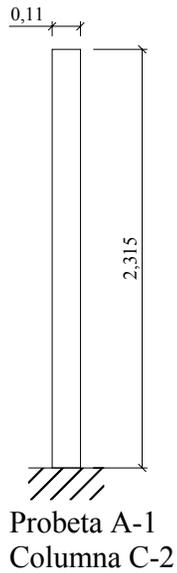
APÉNDICE #01

Ensayos Estructurales del Sistema Bloque – Panel

Descripción Ensayos

1. Columna Aislada. Probeta Tipo A.

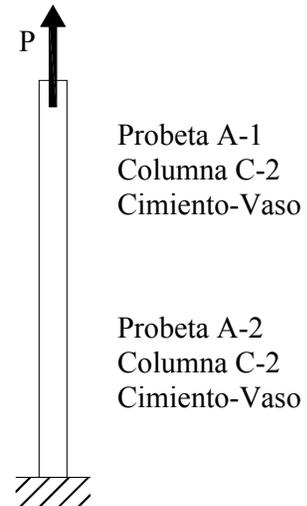
1.1. Esquema del Sistema Objeto del Ensayo.



1.2. Esquema de Cargas del Ensayo Sobre Cada Probeta.

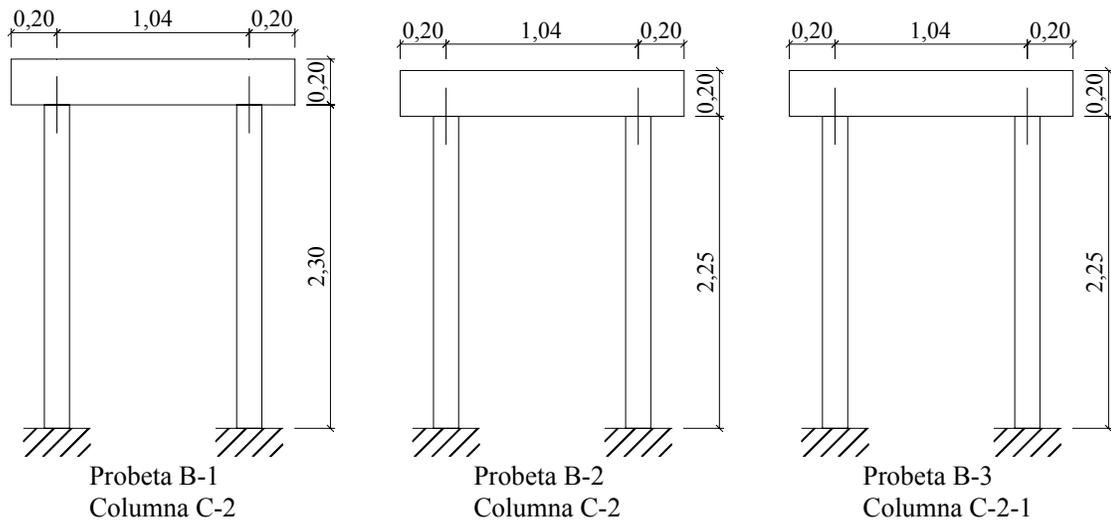


1.3. Esquema de Adherencia Columna – Cimiento.

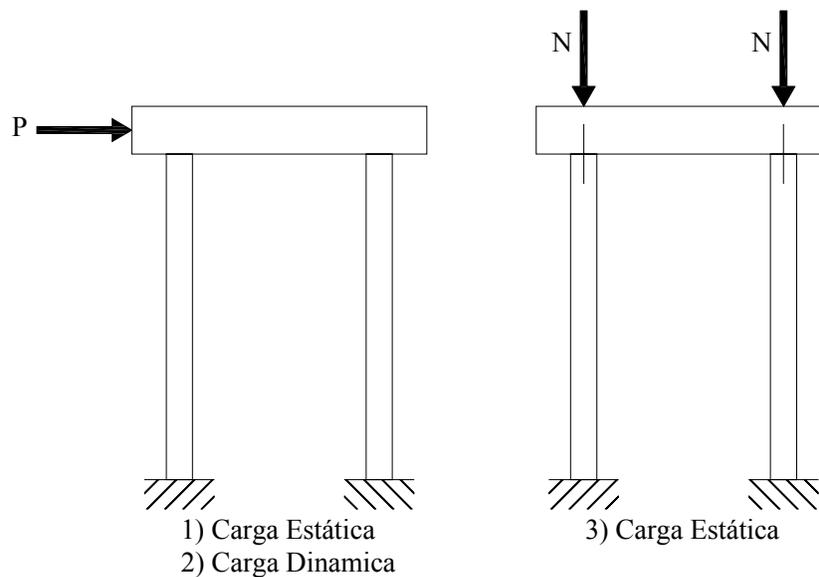


2. Pórtico Simple. Probeta Tipo B.

2.1. Esquema del Sistema Objeto del Ensayo.

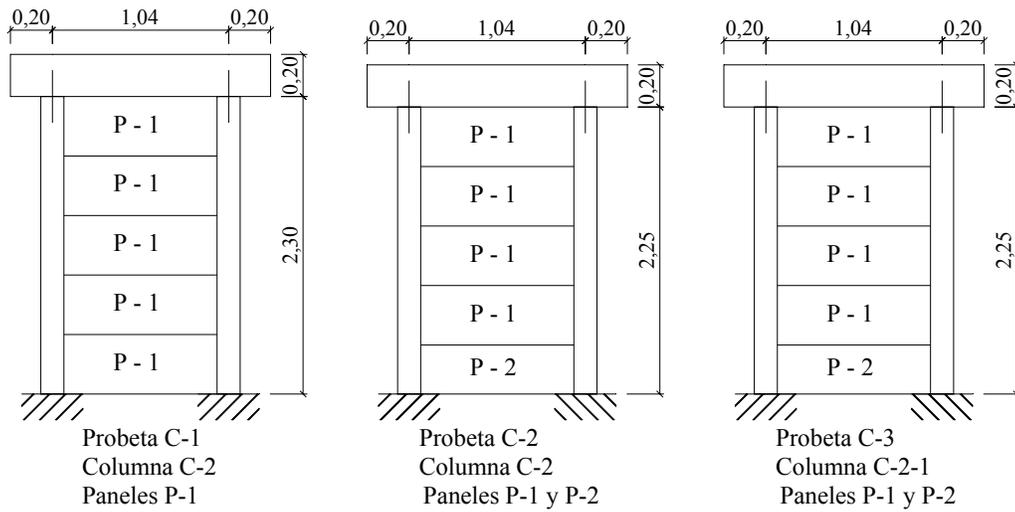


2.2. Esquema de Cargas del Ensayo Sobre Cada Probeta.

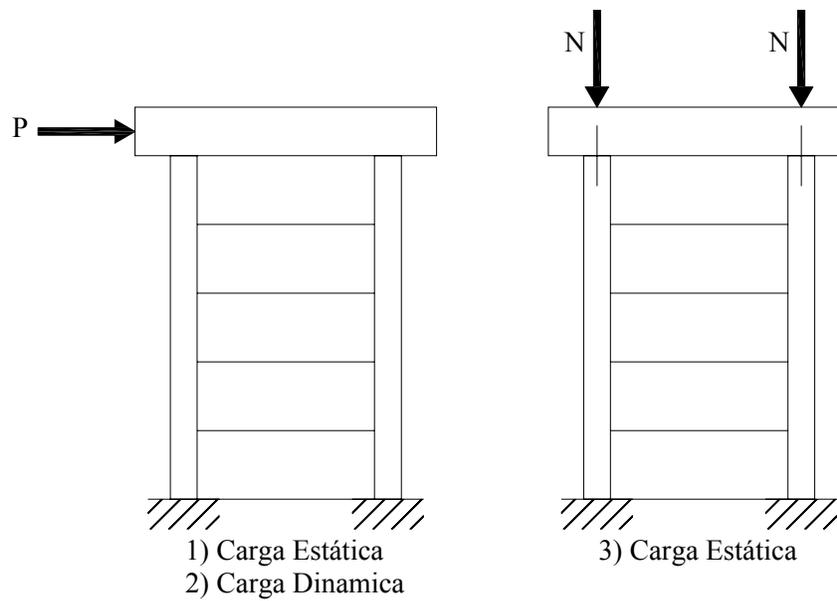


3. Pórtico con Paneles. Probeta Tipo C.

3.1. Esquema del Sistema Objeto del Ensayo.

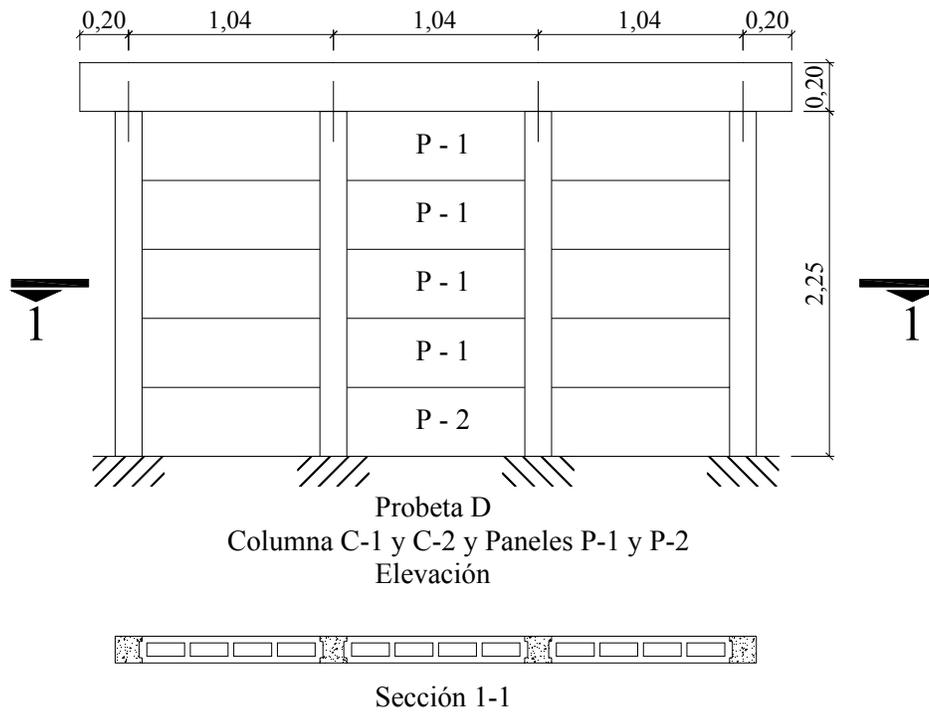


3.2. Esquema de Cargas del Ensayo Sobre Cada Probeta.

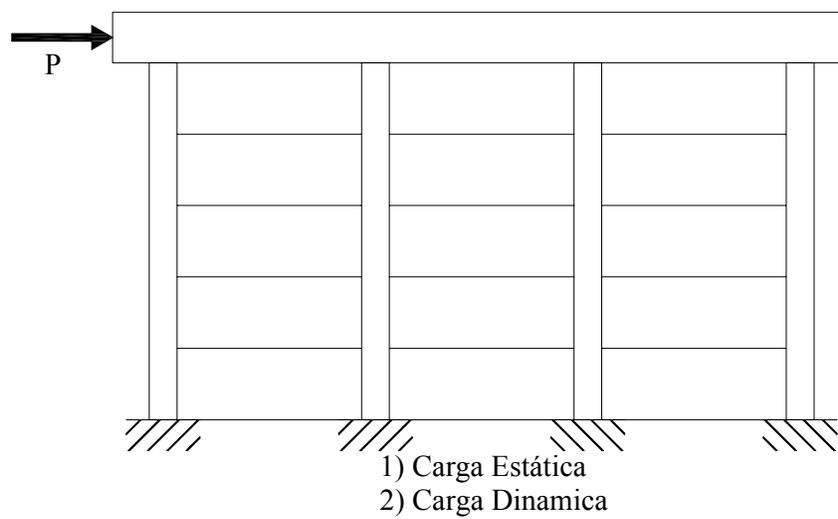


4. Pared Plana de Tres Módulos. Probeta Tipo D.

4.1. Esquema del Sistema Objeto del Ensayo.

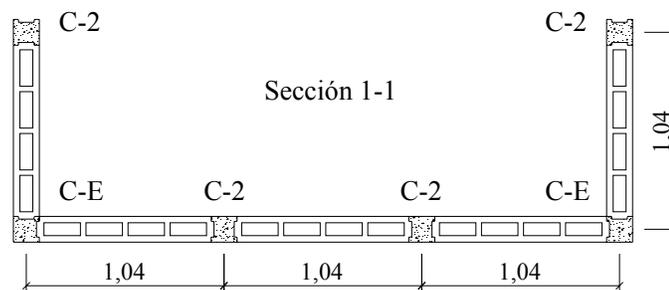
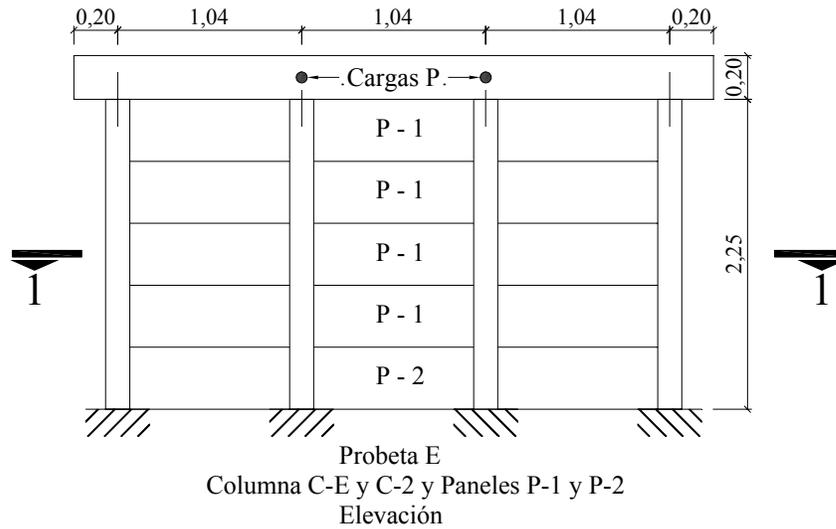


4.2. Esquema de Cargas del Ensayo Sobre Cada Probeta.

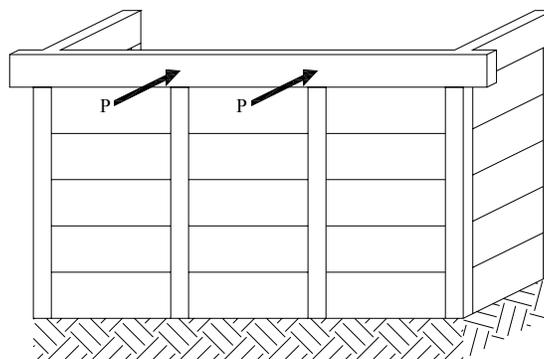


5. Módulo Volumétrico de Pared. Probeta Tipo E.

5.1. Esquema de Cargas del Ensayo Sobre Cada Probeta.



5.2. Esquema General Isométrico.



- Carga Estática.
- Carga Dinámica.

Ensayo Flexión. Tabla de Resultados.

Probeta	Carga (kN)	Desplazamientos máximos promedios (mm.)	Observaciones
A-1	0,1	2,89	Ver grafico 1
	0,2	6,80	
	0,3	12,20	
	0,4	20,70	
	0,5	39,71	
	0,6	39,53	
	0,7	69,36	
A-2	0,1	2,02	Ver grafico 1
	0,2	5,59	
	0,3	9,69	
	0,4	16,22	
	0,5	23,24	
	0,6	34,30	
	0,7	43,75	
	0,8	56,99	
A-3	0,1	1,68	Ver grafico 1
	0,2	3,35	
	0,3	5,59	
	0,4	11,00	
	0,5	15,84	
	0,6	22,93	
	0,7	28,34	
	0,9	40,18	
	1,1	51,74	
	1,2	56,96	
	1,3	63,58	
	1,4	74,21	
1,5	79,80		

Probeta	Carga (kN)	Desplazamientos máximos promedios (mm.)	Observaciones
B-1	0,5	1,62	Ver grafico 2
	1,0	2,93	
	1,5	8,06	
	2,0	18,18	
	2,5	71,48	
B-2	0,5	4,78	Ver grafico 2
	1,0	12,58	
	1,5	32,34	
	2,0	48,93	
	2,5	Falla por deformación	
B-3	0,5	3,91	Ver grafico 2
	1,0	7,86	
	1,5	17,34	
	2,0	24,40	
	2,5	56,43	

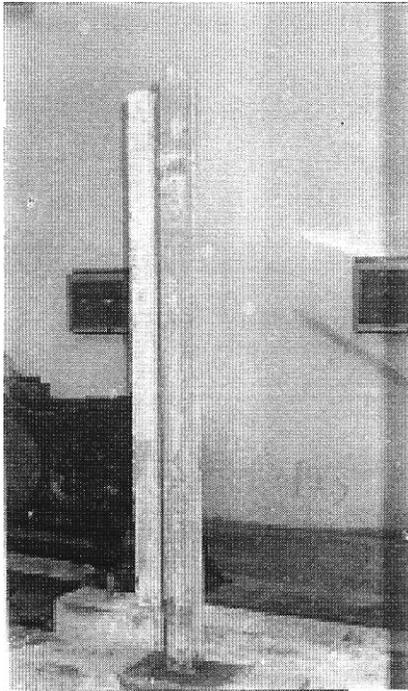
Probeta	Carga (kN)	Desplazamientos máximos promedios (mm.)	Observaciones
C-1	1,0	0,22	Ver grafico 3
	1,5	0,54	
	2,0	1,29	
	2,5	5,08	
	3,0	15,38	
	3,5	22,66	
	4,0	25,77	
C-2	0,5	0,12	Ver grafico 3
	1,0	0,20	
	1,5	0,26	
	2,0	0,41	
	2,5	0,86	
	3,0	0,93	
	3,5	9,34	
	4,5	18,68	
	5,0	21,85	
	5,5	24,47	
	6,0	28,22	
	6,5	34,75	
	7,0	35,12	
	7,5	36,62	
C-3	1,0	0,15	Ver grafico 3
	1,5	0,56	
	2,0	0,74	
	2,5	2,42	
	3,0	10,08	
	3,5	11,48	
	4,0	17,09	
	4,5	20,55	
	5,0	26,16	
	5,5	29,52	
	6,0	32,69	
	6,5	33,07	
	7,0	36,62	
	7,5	37,37	

Probeta	Carga (kN)	Desplazamientos máximos promedios (mm.)	Observaciones
D-1	1,0	0,0	Ver grafico 4
	1,5	0,04	
	2,0	0,07	
	2,5	0,09	
	3,0	0,09	
	3,5	0,11	
	4,5	0,15	
	5,5	0,15	
	6,0	0,15	
	6,5	0,15	
	7,0	0,15	
	7,5	0,15	
	8,0	0,15	
	8,5	0,16	
	9,0	0,19	
	9,5	0,24	
	10,0	0,26	
	10,5	0,28	
	11,0	0,38	
	11,5	0,51	
	12,0	1,48	
	12,5	2,03	
	13,0	7,15	
	13,5	8,38	
	14,0	9,03	
	14,5	9,50	
	15,0	9,87	
	15,5	11,38	
16,0	12,41		
16,5	13,27		
17,0	14,48		
17,5	15,98		
18,0	22,57		
18,5	25,20		
19,0	27,84		

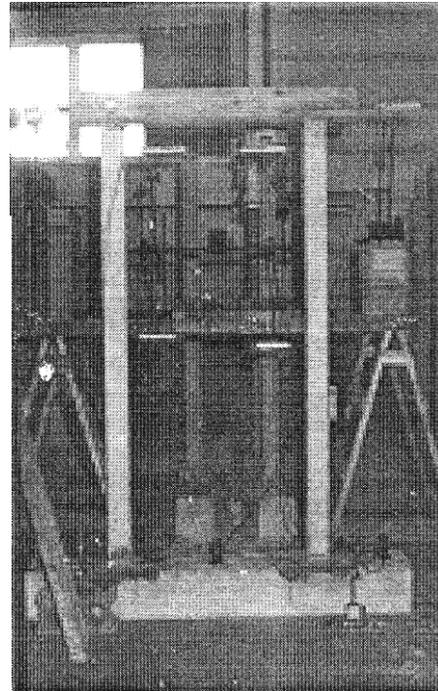
Probeta	Carga (kN)	Desplazamientos máximos promedios (mm.)	Observaciones
E-1 Curva A	1,0	0.09	Ver grafico 5
	1,5	0.19	
	2,0	0.19	
	2,5	0.19	
	3,0	0.19	
	3,5	0.19	
	4,0	0.28	
	4,5	0.28	
	5,0	0.28	
	5,5	0.28	
	6,0	0.37	
	6,5	0.55	
	7,0	0.55	
	7,5	0.65	
	8,0	1.48	
	8,5	1.94	
	9,0	3.34	
	10,0	4.83	
	11,0	7.63	
	12,5	17.92	
13,0	19.24		
13,5	22.41		
14,0	23.91		
14,5	26.54		
15,0	27.49		

Probeta	Carga (kN)	Desplazamientos máximos promedios (mm.)	Observaciones
E-1 Curva B	1,0	0.10	Ver grafico 5
	1,5	0.24	
	2,0	0.25	
	2,5	0.34	
	3,0	0.45	
	3,5	0.54	
	4,0	0.64	
	4,5	0.74	
	5,0	0.82	
	5,5	0.86	
	6,0	1.02	
	6,5	1.17	
	7,0	1.23	
	7,5	1.50	
	8,0	2.21	
	8,5	2.82	
	9,0	4.49	
	10,0	5.42	
	11,0	8.73	
	12,5	19.59	
13,0	21.21		
13,5	24.70		
14,0	26.32		
14,5	29.94		
15,0	32.44		

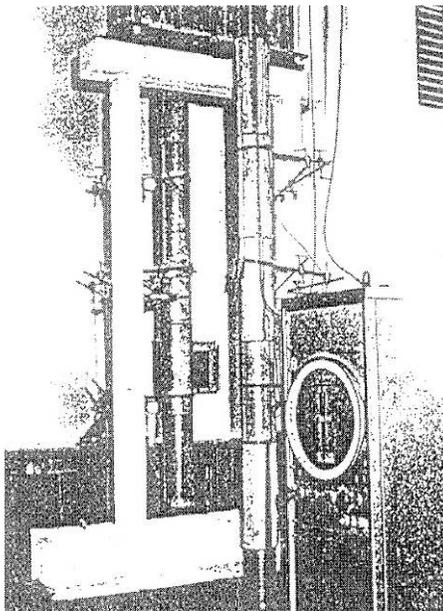
Fotografías de los ensayos



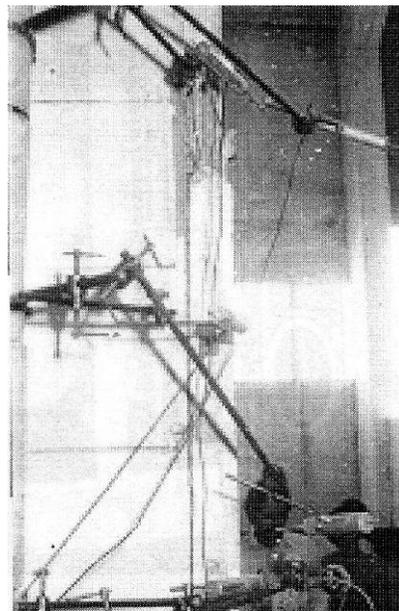
Columna aislada.
Probeta A.



Ensayo a probeta tipo B.
Carga estática y dinámica.



Ensayo a compresión de un pórtico
simple sin paneles.



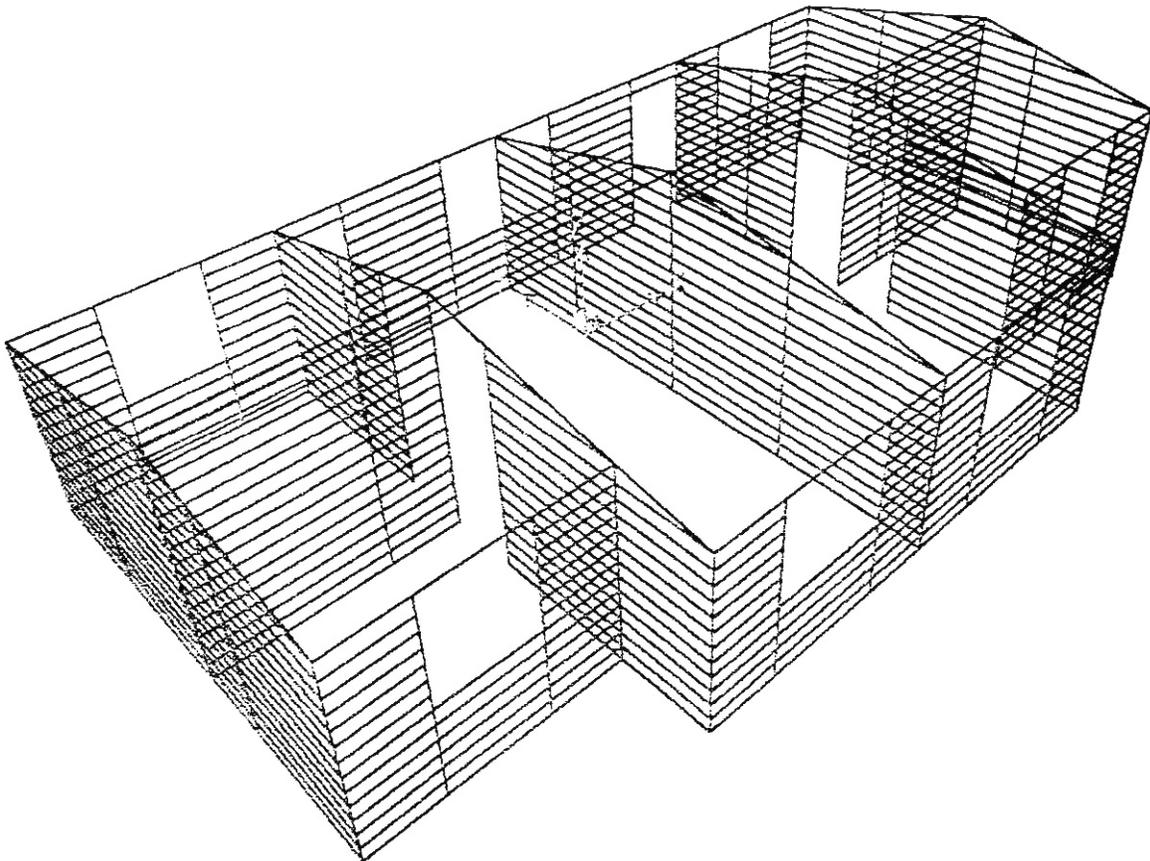
Fallo de la columna por compresión.
Probeta tipo C.

APÉNDICE #02

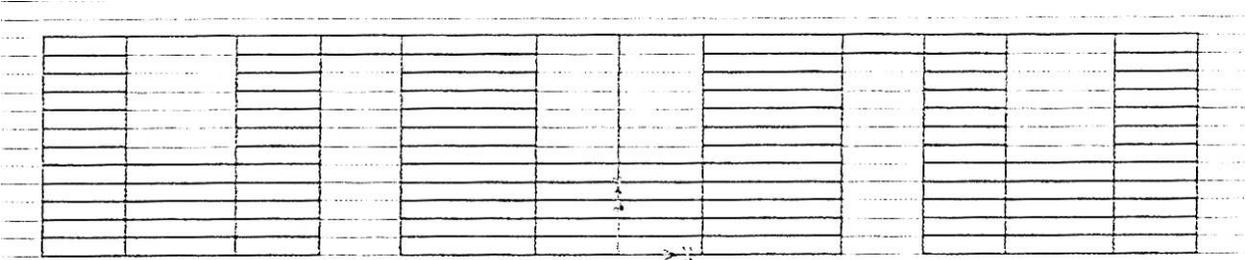
Propuesta de Tipificación Estructural de las Viviendas del Conjunto Residencial “Las Tienditas I” Ureña, Edo. Táchira

Sistema Bloque – Panel

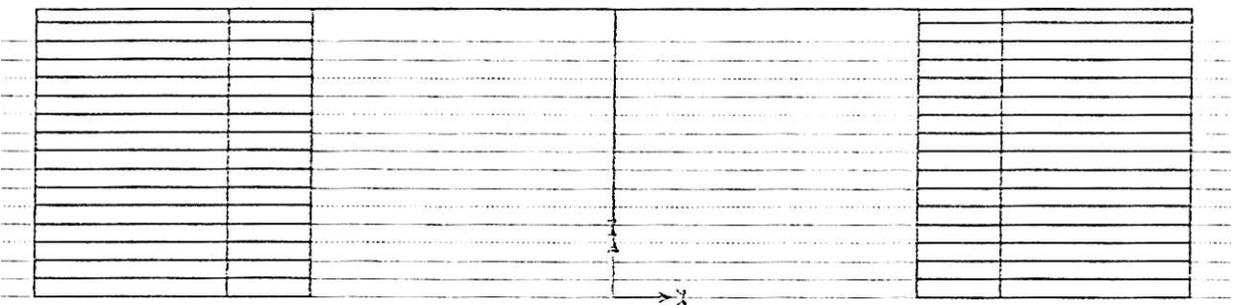
Modelo Estructural



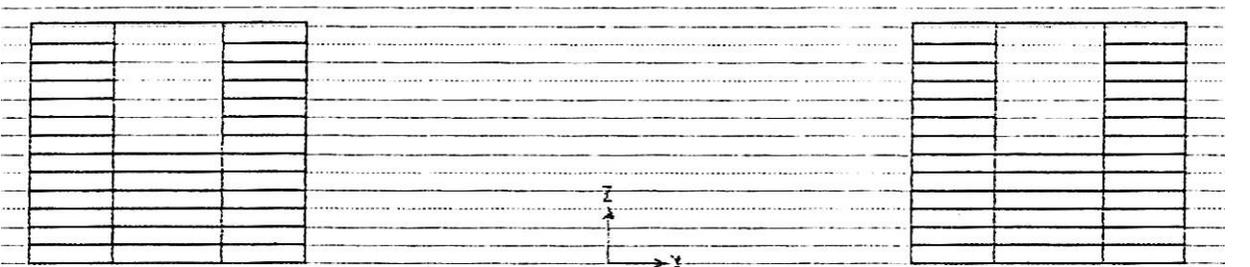
Vista Espacial del Modelo Estructural del Sistema Bloque – Panel.
SAP 2000 V7-10



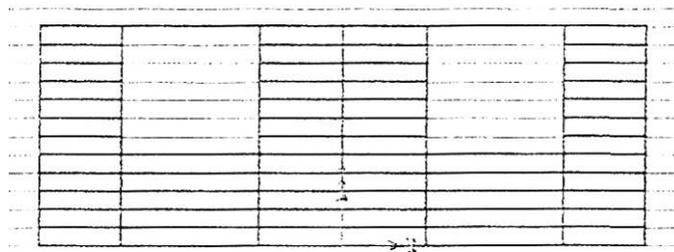
Plano XZ, Coordenada Y = 165



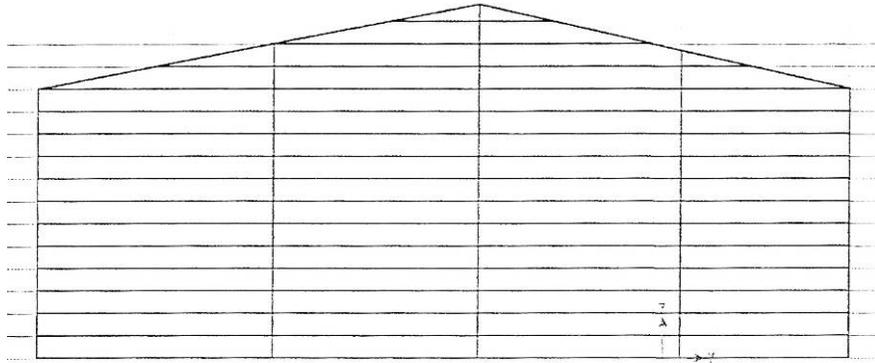
Plano XZ, Coordenada Y = -165



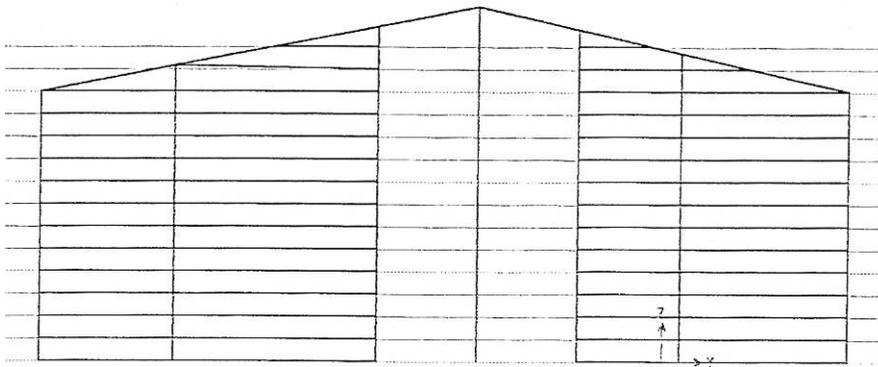
Plano XZ, Coordenada Y = -435



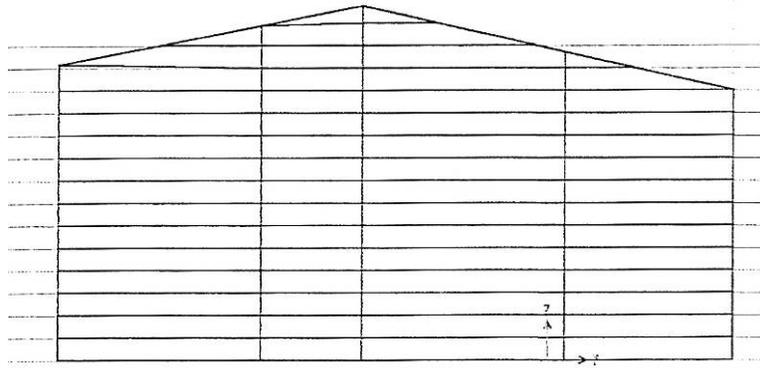
Plano XZ, Coordenada Y = -555



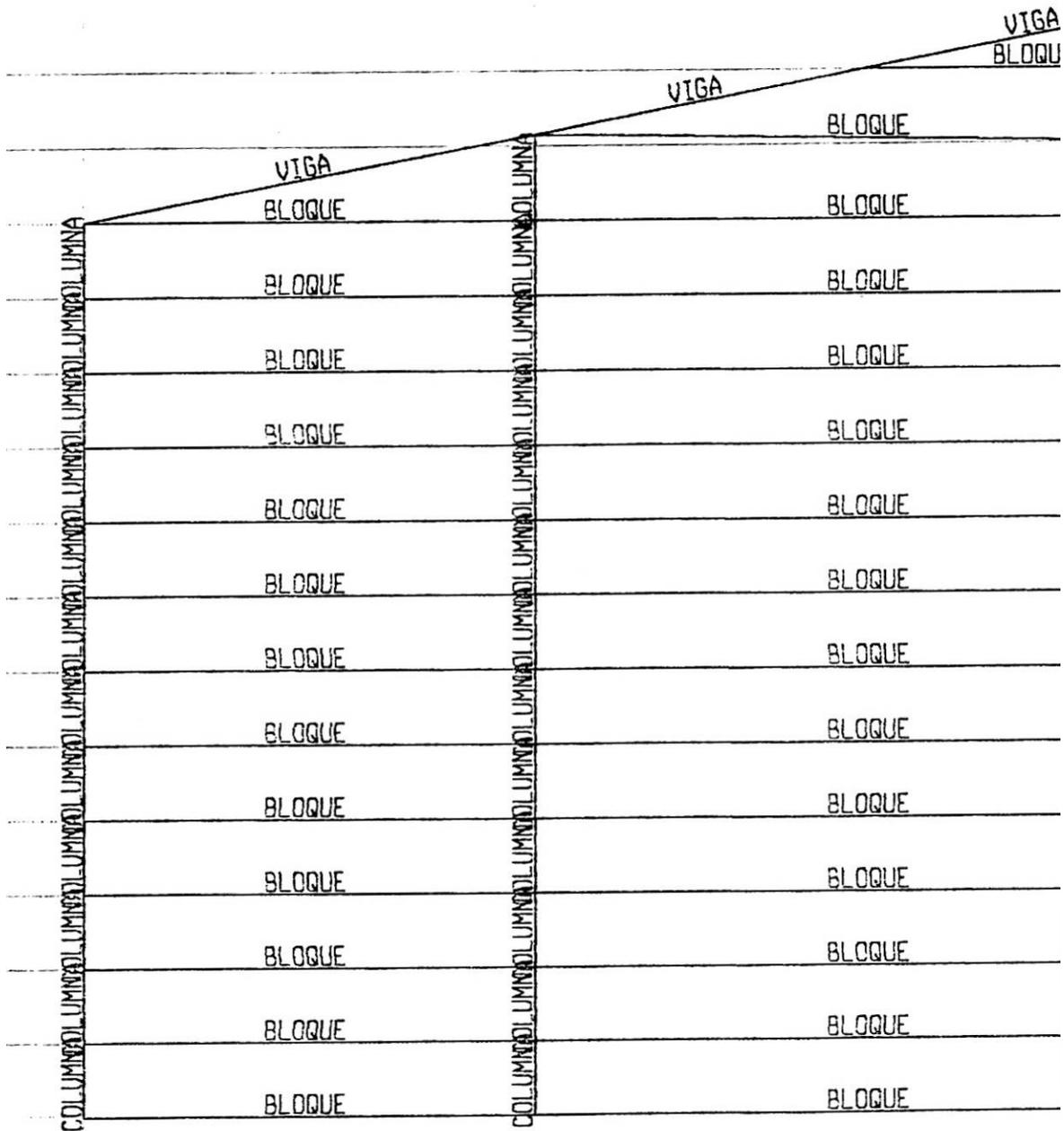
Plano YZ, Coordenada X = 0



Plano YZ, Coordenada X = 330

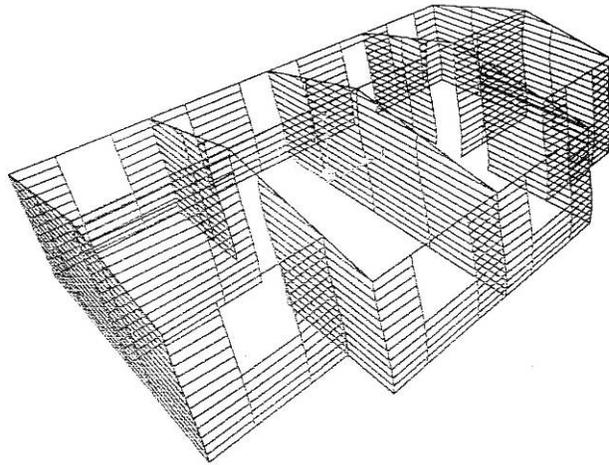


Plano YZ, Coordenada X = 630

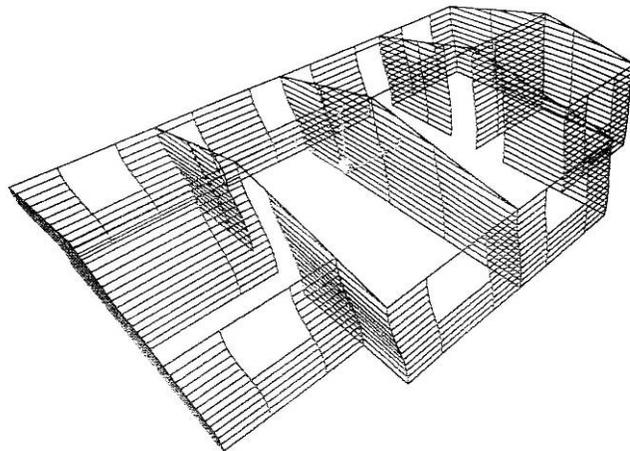


Identificación de Elementos

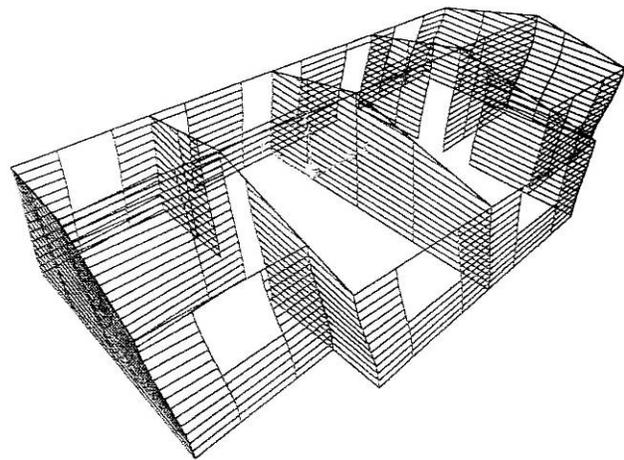
Respuestas Modales



Forma Modal 1



Forma Modal 2



Forma Modal 3

APÉNDICE #03
Vivienda Informal

Desplazamientos Promedio del Piso 1, Modelo 1

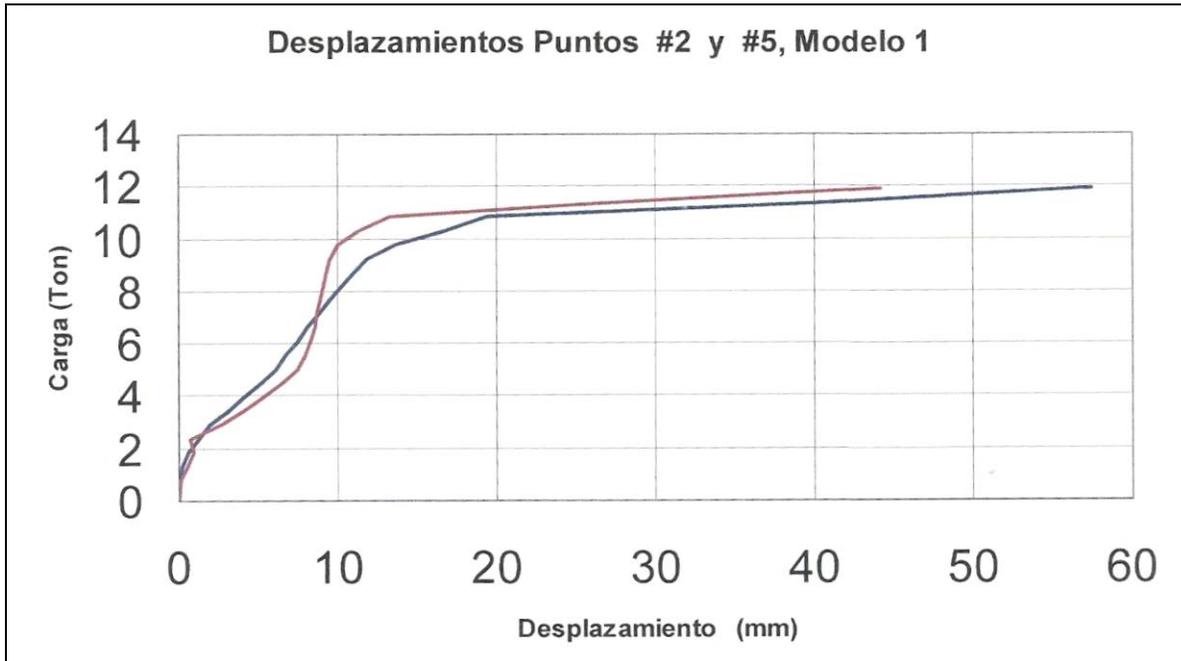


Grafico 41

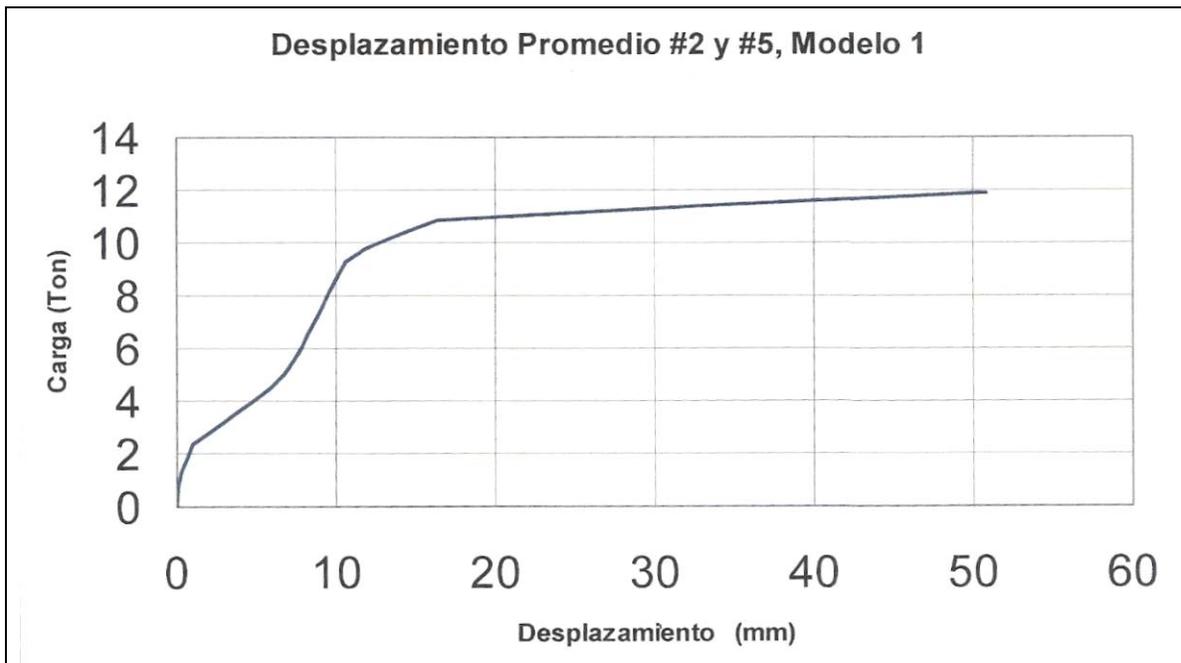


Grafico 42

Desplazamientos Promedio del Piso 1, Modelo 2

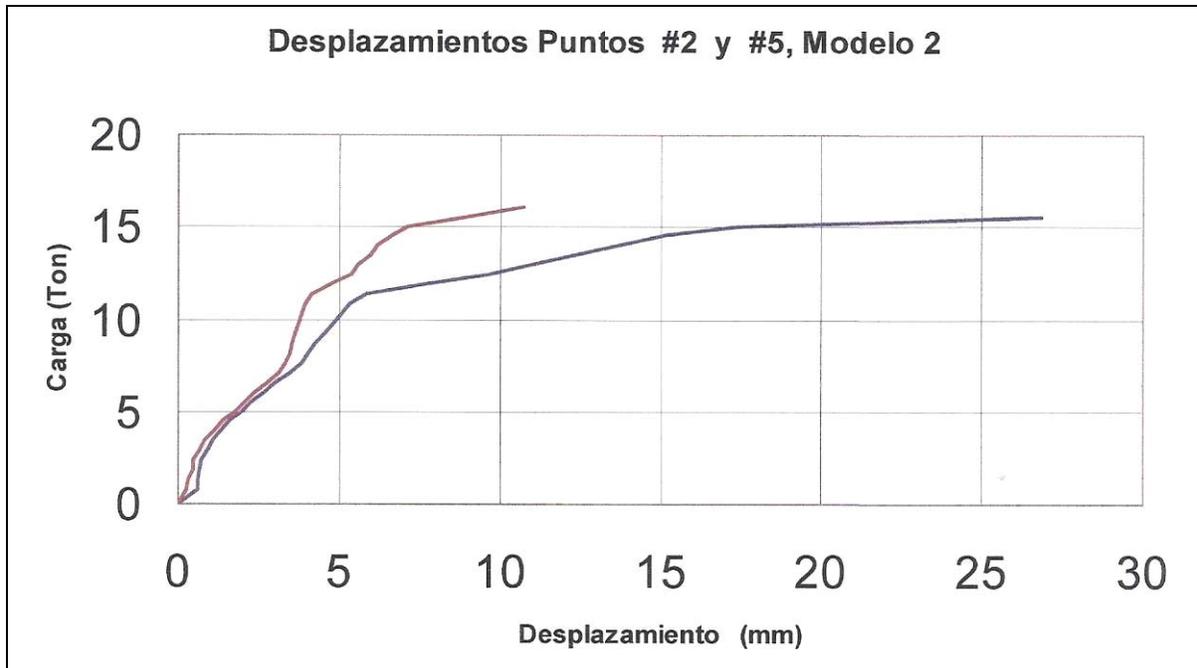


Grafico 43

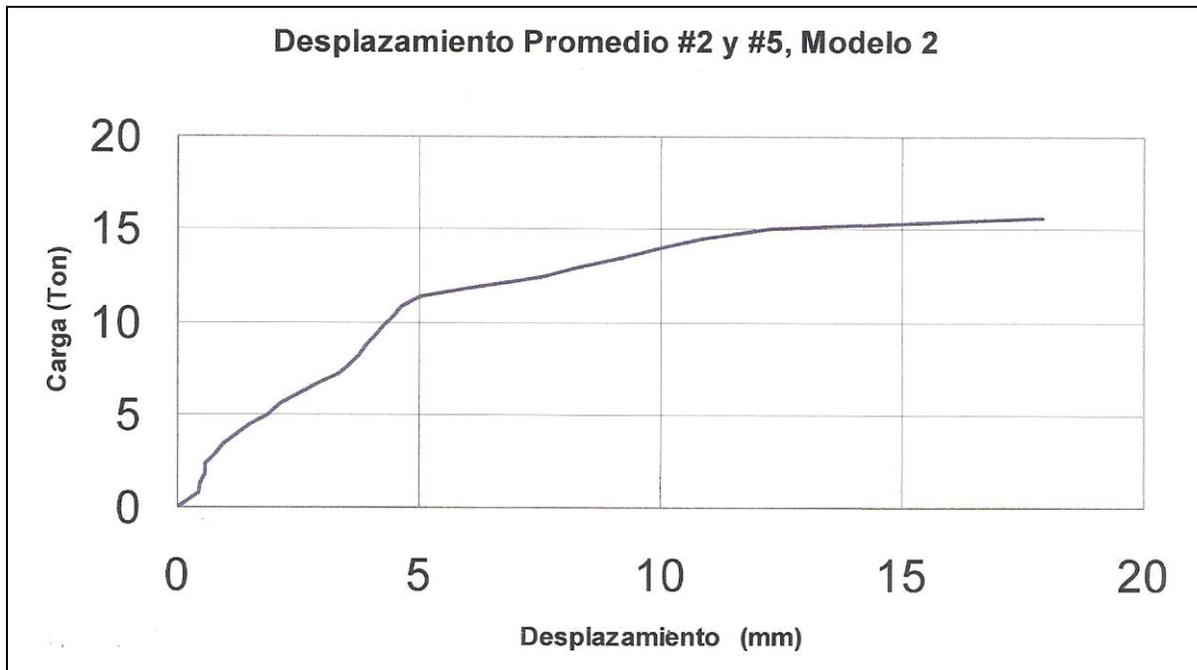


Grafico 44

Desplazamientos Promedio del Piso 1, Modelo 3

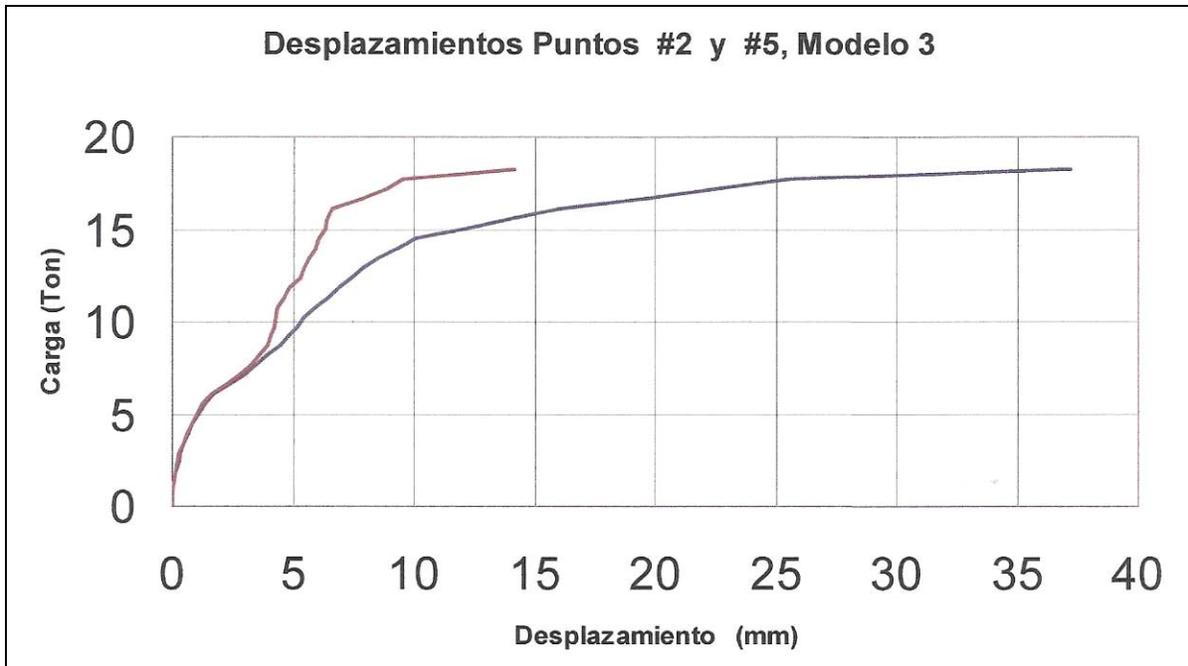


Grafico 45

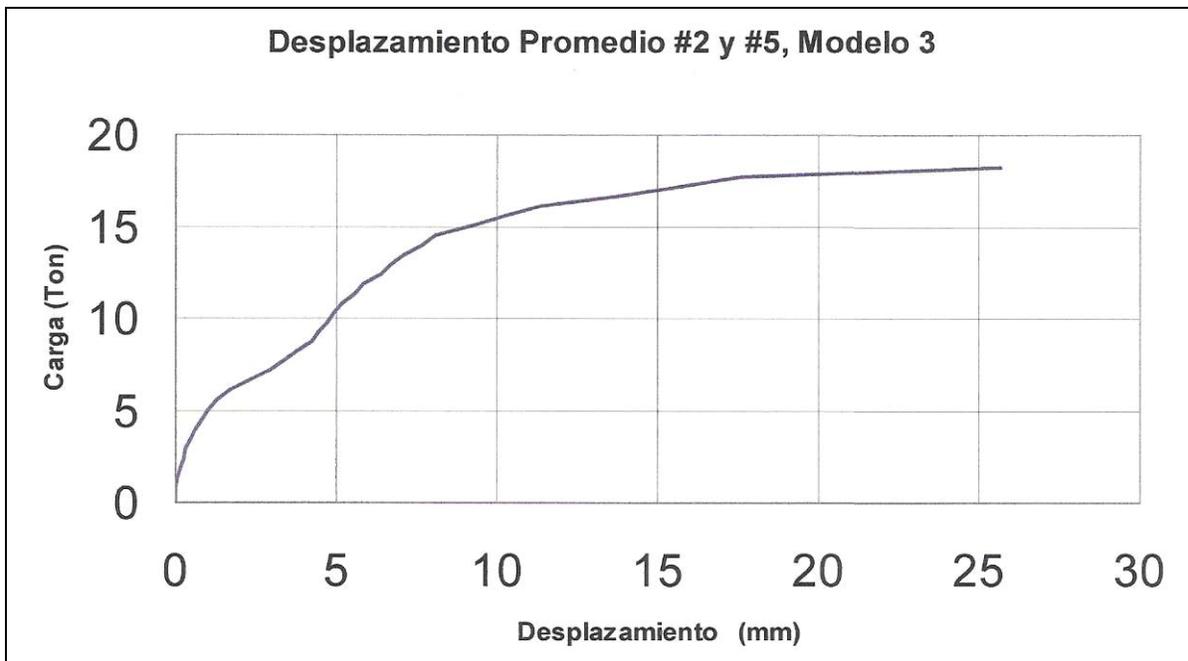


Grafico 46

Desplazamientos Promedio del Piso 1, Modelo 4

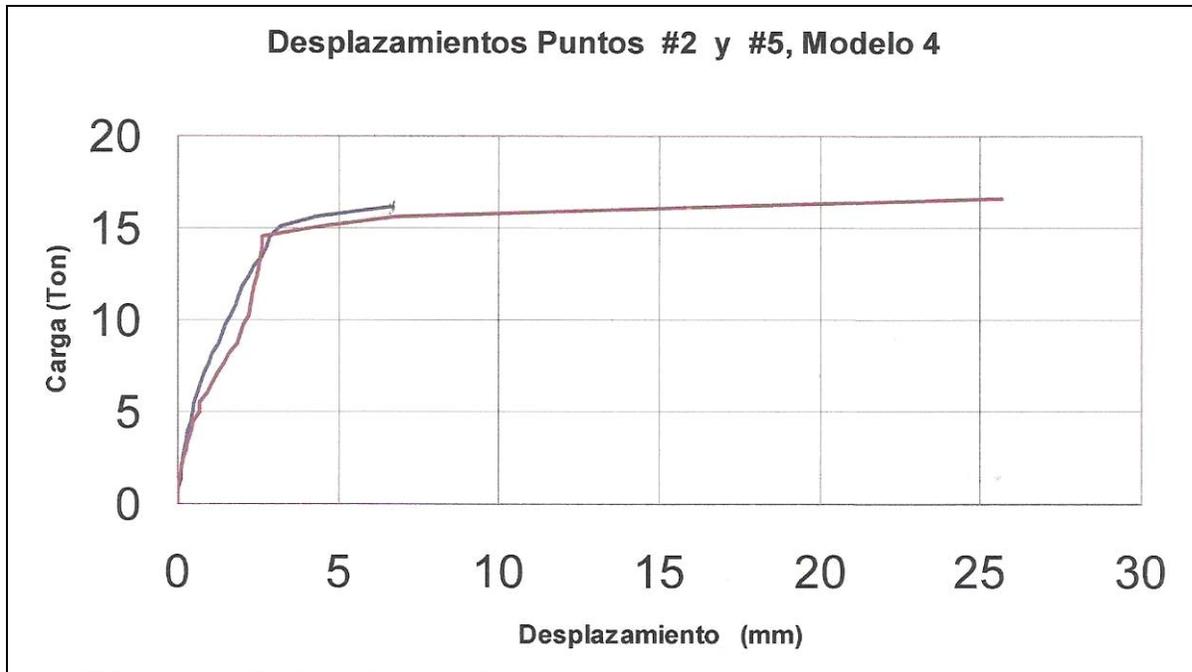


Grafico 47

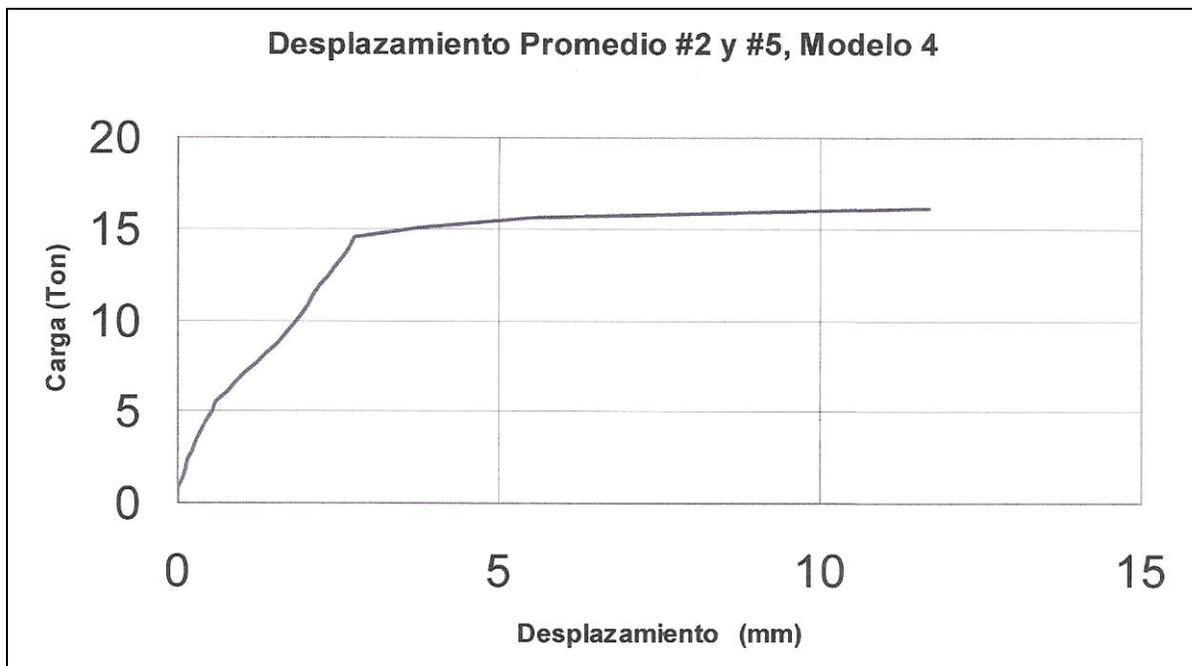
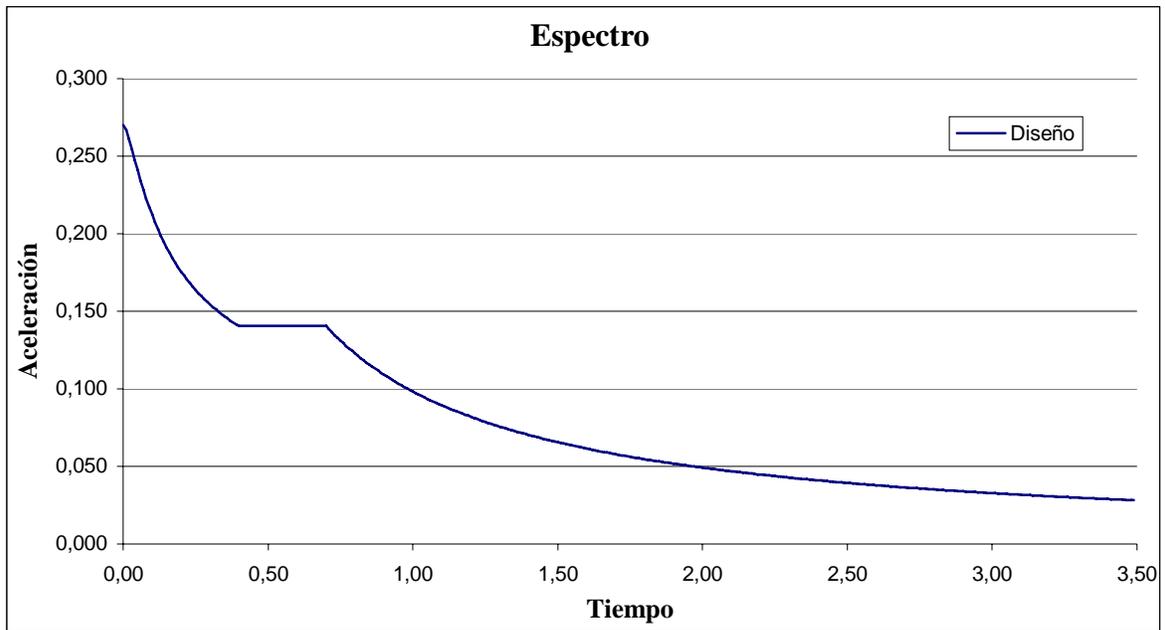


Grafico 48

APÉNDICE #04

Evaluación de los Sistemas Seleccionados en el programa SAP2000 V-8.1.6

Espectro de Diseño.



Características:

- Zona sísmica 5.
- Forma espectral S2.
- Clasificación estructural Grupo B2.
- Nivel de Diseño 2.

Vivienda Informal

Tabla de Desplazamientos de Nodos

Nodo	U1	U2	R3
	m	m	rad.
1	0	0	0
2	0,019236	0,014948	0,008643
3	0,10057	0,11095	0,041647
4	0	0	0
5	0,019236	0,036795	0,008643
6	0,10057	0,117477	0,041647
7	0	0	0
8	0,019236	0,014948	0,008643
9	0,10057	0,11095	0,041647
10	0	0	0
11	0,019236	0,036795	0,008643
12	0,10057	0,117477	0,041647
13	0,019236	0,024147	0,008643
14	0,10057	0,086743	0,041647

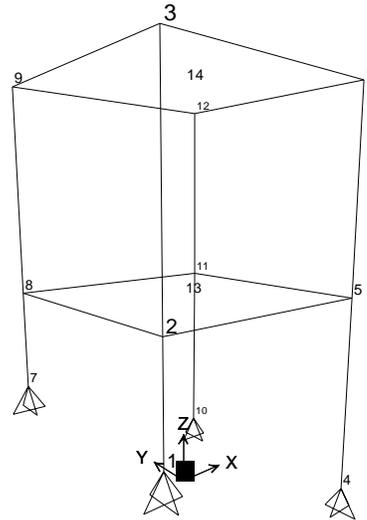
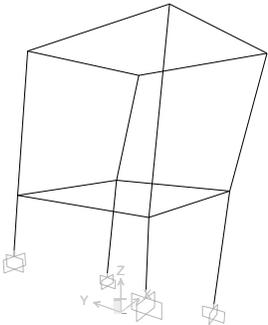
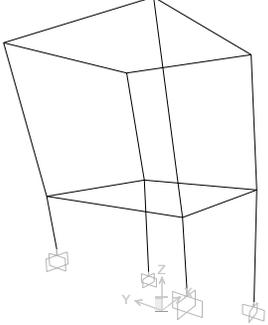
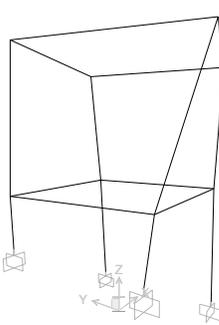


Tabla de Reacciones en Bases

	GlobalFX	GlobalFY	GlobalFZ	GlobalMX	GlobalMY	GlobalMZ
	Kgf	Kgf	Kgf	Kgf-m	Kgf-m	Kgf-m
Máx.	12167,4	9768,21	3160,08	1006,63	57514,34	11792,34
Min.	-238,99	-219,58	-15,32	-44372,42	-1129,68	-29181,56

Respuestas Modales en el Módulo

Modo 1 (Y)	Modo 2 (X)	Modo 3 (Rotación en Z)
		

Sistema Bloque – Panel

Tabla de Desplazamientos de Nodos

Nodo	U1	U2	R3
	m	m	rad.
1	0	0	0
2	0,02027	0,016056	0,010838
3	0,090653	0,109098	0,043761
4	0	0	0
5	0,02027	0,020881	0,010838
6	0,090653	0,069876	0,043761
7	0	0	0
8	0,02027	0,030997	0,010838
9	0,090653	0,088595	0,043761
10	0	0	0
11	0,02027	0,041112	0,010838
12	0,090653	0,107315	0,043761
13	0	0	0
14	0,02027	0,016056	0,010838
15	0,090653	0,109098	0,043761
16	0	0	0
17	0,02027	0,020881	0,010838
18	0,090653	0,069876	0,043761
19	0	0	0

Nodo	U1	U2	R3
	m	m	rad.
20	0,02027	0,030997	0,010838
21	0,090653	0,088595	0,043761
22	0	0	0
23	0,02027	0,041112	0,010838
24	0,090653	0,107315	0,043761
25	0	0	0
26	0,02027	0,016056	0,010838
27	0,090653	0,109098	0,043761
28	0	0	0
29	0,02027	0,016056	0,010838
30	0,090653	0,109098	0,043761
31	0	0	0
32	0,02027	0,041112	0,010838
33	0,090653	0,107315	0,043761
34	0	0	0
35	0,02027	0,041112	0,010838
36	0,090653	0,107315	0,043761
37	0,090653	0,079236	0,043761
38	0,02027	0,025939	0,010838

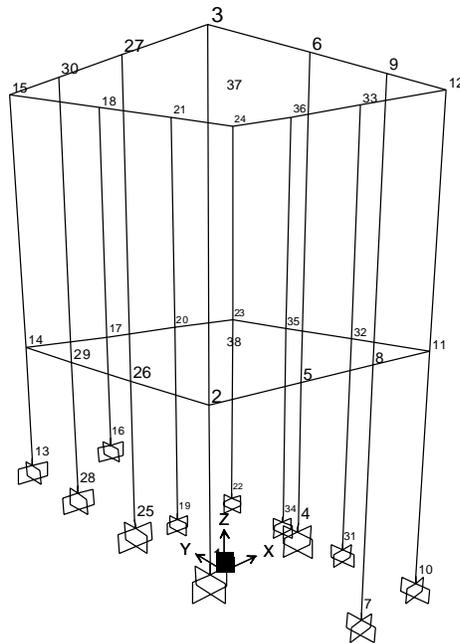
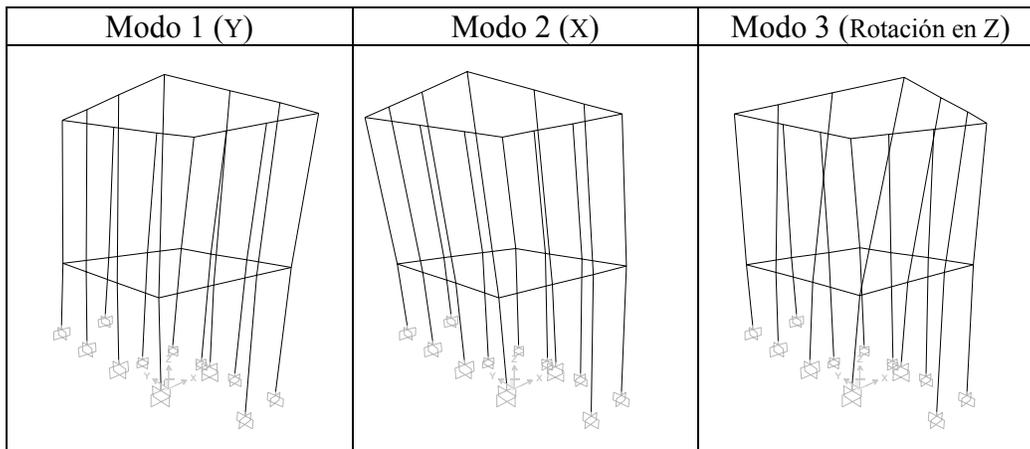


Tabla de Reacciones en Bases

	GlobalFX	GlobalFY	GlobalFZ	GlobalMX	GlobalMY	GlobalMZ
	Kgf	Kgf	Kgf	Kgf-m	Kgf-m	Kgf-m
Máx.	14623,12	11936,56	4101,45	1348,65	68985,43	11322,67
Min.	-312,59	-297,45	-10,78	-53757,85	-1474,68	-34423,57

Respuestas Modales en el Módulo



APÉNDICE #05

Costo de Materiales en los Sistemas Seleccionados

Modulo Sistema Vivienda Informal.

- Características:
- Modulo de dimensiones 3,00 x 3,00 m² de planta.
 - Altura del modulo 2,50 mts.
 - No se incluye fundaciones, instalaciones de servicios, acabados y mano de obra.

Descripción	U.	Cantidad	P. U. (Bs.)	Total (Bs.)
Pared bloque arcilla.	m ²	30	16.066,14	481.984,20
Columnas concreto de f 'c = 100 kgf/cm ²	m ³	0,40	141.752,33	56.700,93
Vigas concreto de f 'c = 100 kgf/cm ²	m ³	0,45	141.752,33	63.788,55
Encofrado madera tipo recto acabado corriente para vigas y columnas.	m ²	10	20.933,50	209.335,00
Losa de tabelones tipo 6x20x60	m ²	9	46.672,56	420.053,04
Losa base, e = 15 cm. y f 'c = 100 kgf/cm ²	m ²	9	21.252,85	191.275,65
Acero refuerzo #3 para vigas y columnas	Kg.	48,78	2.146,85	104.723,34
TOTAL				1.527.860,71
IVA. +14%				1.741.761,21
Bs./m ²				193.529,02

Modulo Sistema Bloque – Panel.

- Características:
- Modulo de dimensiones 3,00 x 3,00 m² de planta.
 - Altura del modulo 2,50 mts.
 - No se incluye fundaciones, instalaciones de servicios, acabados y mano de obra.

Descripción	U.	Cantidad	P. U. (Bs.)	Total (Bs.)
Pared bloque concreto.	m ²	30	20.175,44	605.263,20
Columnas prefabricadas de concreto.	m ³	0,363	164.660,79	59.771,87
Vigas concreto vaciada en situ.	m ³	0,33	164.660,79	54.338,06
Encofrado madera tipo recto acabado corriente para vigas.	m ²	6	20.933,50	125.601,00
Losa – techo, nervios prefabricados, e = 15 cm.	m ²	9	51.950,28	467.552,52
Losa base, e = 15 cm. y f 'c = 200 kgf/cm ²	m ²	9	24.704,11	222.336,99
Acero refuerzo #4 para vigas.	Kg.	86,75	1.764,64	153.056,50
TOTAL				1.687.920,13
IVA. +14%				1.924.228,95
Bs./m ²				213.803,22

Modulo Sistema Adobe Mejorado.

- Características:
- Modulo de dimensiones 3,00 x 3,00 m² de planta.
 - Altura del modulo 2,50 mts.
 - No se incluye fundaciones, instalaciones de servicios, acabados y mano de obra.

Descripción	U.	Cantidad	P. U. (Bs.)	Total (Bs.)
Dinteles de concreto de f 'c = 200 kgf/cm ² .	m ³	0,54	164.660,79	88.916,83
Encofrado madera tipo recto acabado corriente para dinteles.	m ²	3,6	20.933,50	75.360,60
Losa base, e = 15cm. y f 'c = 200 kgf/cm ² .	m ²	9	24.704,11	222.336,99
Acero refuerzo #3 para dinteles.	Kg.	32,52	2.146,85	69.815,56
Lamina de acero, asfalto y aluminio para techo perfil nervado sin corrugaciones menores internervio.	m ²	16	21.325,47	341.207,52
			TOTAL	797.637,50
			IVA. +14%	909.306,75
			Bs./m2	101.034,08