

INSTITUTO TECNOLÓGICO Y DE ESTUDIOS
SUPERIORES DE MONTERREY

CAMPUS MONTERREY

DIVISION DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
PROGRAMA DE GRADUADOS EN INGENIERIA



TECNOLÓGICO
DE MONTERREY.®

IMPLICACIONES DEL USO DEL BLOQUE DE TIERRA COMPRIMIDA
EN EL DISEÑO DE VIVIENDA DE INTERES SOCIAL EN
MONTERREY, NUEVO LEÓN

T E S I S

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE:
MAESTRO EN CIENCIAS
CON CONCENTRACION EN DISEÑO Y
DESARROLLO SUSTENTABLE DE LA CIUDAD

ESPECIALIDAD EN DISEÑO ARQUITECTÓNICO SUSTENTABLE

POR:

LETICIA CICERO GONZALEZ

MONTERREY, N. L.

MAYO 2008

**INSTITUTO TECNOLÓGICO Y DE ESTUDIOS
SUPERIORES DE MONTERREY**

CAMPUS MONTERREY

**DIVISION DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
PROGRAMA DE GRADUADOS EN INGENIERIA**



**TECNOLÓGICO
DE MONTERREY.®**

**IMPLICACIONES DEL USO DEL BLOQUE DE TIERRA COMPRIMIDA
EN EL DISEÑO DE VIVIENDA DE INTERES SOCIAL EN
MONTERREY, NUEVO LEON**

T E S I S

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE:
MAESTRO EN CIENCIAS
CON CONCENTRACION EN DISEÑO Y
DESARROLLO SUSTENTABLE DE LA CIUDAD**

ESPECIALIDAD EN DISEÑO ARQUITECTÓNICO SUSTENTABLE

POR:

LETICIA CICERO GONZALEZ

MONTERREY, N. L.

MAYO 2008

INSTITUTO TECNOLÓGICO Y DE ESTUDIOS SUPERIORES DE MONTERREY

CAMPUS MONTERREY

DIVISIÓN DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

PROGRAMA DE GRADUADOS EN INGENIERÍA



**TECNOLÓGICO
DE MONTERREY®**

**Implicaciones del uso del bloque de tierra comprimida en el
diseño de vivienda de interés social en Monterrey, Nuevo León**

TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE

**MAESTRO EN CIENCIAS CON CONCENTRACIÓN EN DISEÑO Y DESARROLLO
SUSTENTABLE DE LA CIUDAD
ESPECIALIDAD EN DISEÑO ARQUITECTÓNICO SUSTENTABLE**

POR:
LETICIA CICERO GONZÁLEZ

MONTERREY, N. L.

MAYO 2008

Agradecimientos

A mi *familia*, por su incentivo y apoyo invaluable en éste proyecto de maestría.

Al *Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey*, por la oportunidad de continuar mi aprendizaje y enriquecimiento profesional.

Al *Dr. Pedro Pacheco*, asesor, por sus conocimientos meritorios, sus atenciones y el tiempo dedicado a ésta investigación.

A la *Maestra Pilar Noriega*, sinodal, por sus atinadas aportaciones a éste proyecto y por su generosidad.

Al *Maestro Edmundo Reyes*, sinodal, por su valioso apoyo y sus contribuciones durante todo el proceso de trabajo.

A mis *compañeros de maestría*, por sus palabras de aliento, por su compañía en momentos buenos y malos, y sobre todo por la gran amistad que ahora nos une.

Implicaciones del uso
del bloque de tierra
comprimida en el
diseño de vivienda de
interés social en
Monterrey, Nuevo León

ÍNDICE

ÍNDICE DE FIGURAS.....	iii
ÍNDICE DE TABLAS.....	v
RESUMEN.....	1
CAPÍTULO 1. Introducción.....	3
1.1 Definición del problema.....	4
1.2 Relevancia del estudio.....	5
1.3 Objetivo.....	6
1.4 Supuestos.....	6
1.5 Alcances.....	7
CAPÍTULO 2. Antecedentes.....	8
2.1 La investigación y el empleo de la tierra como material constructivo en la actualidad.....	8
2.2 Empleo de los bloques de tierra comprimida en México.....	12
CAPÍTULO 3. Metodología de investigación.....	20
3.1 Descripción de la investigación.....	20
3.3 Criterios para la selección del caso de estudio.....	23
3.4 Criterios para el planteamiento de la propuesta de anteproyecto.....	23
CAPÍTULO 4. Marco teórico.....	24
4.1 La vivienda de interés social en México.....	24
4.2 Arquitectura de tierra.....	32
4.3 El sistema constructivo de bloque de tierra comprimida Hydraform.....	39
4.4 Normativa y reglamentación vigente en materia de vivienda para el Municipio de Monterrey ..	59
CAPÍTULO 5. Propuesta de anteproyecto de vivienda de interés social empleando el bloque de tierra comprimida Hydraform.....	69
5.1 Lineamientos para la definición del proyecto.....	69
5.2 Aplicación de los lineamientos.....	72
PLANOS ARQUITECTÓNICOS.....	93
CONCLUSIONES.....	105
RECOMENDACIONES.....	107
REFERENCIAS.....	108

ANEXOS	116
Anexo A: Organismos financieros de vivienda en México.....	116
Anexo B: Tipos de vivienda	119
Anexo C: Requisitos de construcción para casa habitación unifamiliar obra nueva, municipio de Monterrey.....	120
Anexo D: Agreement Southafrica: Agreement Certificate 96/237 Hydraform Building System.....	122
Anexo E: Apuntes de una plática con el Ing. Federico Barrera, Director de Proyectos e Innovación Tecnológica del IVNL.....	123
Anexo F: Pruebas de selección de la tierra para producir los BTC Hydraform	125
Anexo G. Propiedades térmicas del bloque Hydraform.....	127
CURRICULUM VITAE.....	129

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Empleo actual de la tierra como material a nivel mundial	3
Figura 2. Vista interior y fachada de la residencia Johnson / Jones.....	9
Figura 3. Detalle de moldes utilizados para fabricar tapias.	10
Figura 4. Fabricación de bloques de tierra estabilizados, con una prensa manual basada en la Cinva Ram.	10
Figura 5. Ejemplos de casas de interés social construidas con bloques de tierra en la Colonia Industrial, Ciudad Victoria, Tamaulipas.	13
Figura 6. Tierra del banco en Congregación Caballeros.	14
Figura 7. Máquina bloquera del ITAVU, basada en la Cinva Ram.....	14
Figura 8. Proceso de compactación, práctica en la ULSA, Cd. Victoria, Tamaulipas.	15
Figura 9. Bloque resultante de la compactación, práctica en la ULSA, Cd. Victoria, Tamaulipas.	15
Figura 10. Preparación de la mezcla para los bloques Hydraform en Torreón.	16
Figura 11. Construcción de una vivienda con bloques Hydraform.	16
Figura 12. Techo tipo lagunero.	16
Figura 13. Exterior de la casa en calle España en Torreón, Coahuila.	17
Figura 14. Interior de la casa.	17
Figura 15. Acabado de acanalado en un muro.	17
Figura 16. Techo expuesto.	17
Figura 17. Planta tipo de vivienda en Doctor Arroyo.	18
Figura 18. Viviendas en construcción en Doctor Arroyo, y cubierta de vigueta y bovedilla. ...	19
Figura 19. Cortado manual de adobes.	34
Figura 20. Secado de los bloques de adobe.	34
Figura 21. Zona habitacional prehispánica en Paquimé,	35
Figura 22. Detalle de edificio en Paquimé, Chihuahua.	35
Figura 23. Ilustración del proceso tradicional de apisonamiento de la tierra.....	36
Figura 24. Herramientas para el apisonado.	36
Figura 25. El Cob, una variante del tapial.	37
Figura 26. Casa construida con Cob en San Bartolo, México (Enero y febrero de 2004).	37
Figura 27. Vista exterior y vista interior de una casa en Villas de Loreto Bay.....	38
Figura 28. Oficinas centrales de Hydraform.	39
Figura 29. Planta de Hydraform en Midrand, Sudáfrica.	39
Figura 30. Vivienda moderna.	39
Figura 31. Edificio de varios niveles.	39
Figura 32. Ensamble tipo junta – candado y apilado en seco de los BTC Hydraform.	40
Figura 33. Prensadora M7 ExM.	40
Figura 34. Prensadora M7.	40
Figura 35. Unidad de bloque modular Hydraform.	43
Figura 36. Los cuatros tipos de bloques Hydraform.....	44
Figura 37. Zona de estudio y punto de control en carta edafológica de Monterrey y San Pedro Garza García.	46
Figura 38. Diagrama de flujo de operación productiva de bloques Hydraform.....	49
Figura 39. Mezcladora mecánica Hydraform.	50
Figura 40. Prueba de la bola.	50

Figura 41. Almacenaje y curado de los BTC Hydraform.....	51
Figura 42 Prueba de resistencia con unidad de ensayo.....	51
Figura 43. Limpieza, eliminación de imperfecciones y corte de un BTC Hydraform.....	52
Figura 44. Corte por fachada del sistema constructivo Hydraform.....	53
Figura 45. Cimentación para un edificio con BTC.....	54
Figura 46. Configuración de una esquina con BTC Hydraform.....	55
Figura 47. Construcción de muros rectos con BTC Hydraform.....	55
Figura 48. Intersecciones en L y T.....	56
Figura 49. Disposición de marcos para puertas y ventanas.....	56
Figura 50. Construcción de la última hilada para recibir la techumbre.....	57
Figura 51. Ejemplo de instalación eléctrica con los bloques acanalados.....	58
Figura 52. Zocalo exterior.....	58
Figura 53. Construcción de arco con bloques Hydraform.....	59
Figura 54. Cuadro de normas técnicas INFONAVIT.....	66
Figura 55. Ejemplos de vegetación en Nuevo León: mezquite, espinos y lechuguilla.....	67
Figura 56. Equipo y herramientas.....	71
Figura 57. Ubicación de la colonia Valle del INFONAVIT.....	73
Figura 58. Foto aérea de la zona circundante a Valle INFONAVIT V.....	74
Figura 59. Vista hacia Paseo de los Leones y a Plaza Cumbres.....	74
Figura 60. Vista hacia el Parque Tucán.....	74
Figura 61. Planta tipo e imagen exterior original de viviendas en el fraccionamiento Valle INFONAVIT V.....	75
Figura 62. Variación en las fachadas de viviendas en Valle INFONAVIT V.....	76
Figura 63. Fachada en buen estado.....	76
Figura 64 Fachada deteriorada.....	76
Figura 65. Planta general del conjunto Valle INFONAVIT V.....	77
Figura 66. Diagrama de funcionamiento de vivienda en Valle INFONAVIT.....	79
Figura 67. Fachada actual de vivienda en Valle INFONAVIT V.....	79
Figura 68. Funcionamiento de planta tipo en Valle INFONAVIT V.....	80
Figura 69. Recámara amueblada, caso de estudio.....	81
Figura 70. Comparativa entre vivienda de material convencional y vivienda de BTC.....	82
Figura 71. Detalle en planta de muro de tabla cemento para muros húmedos.....	90
Figura 72. Detalle de junta de dilatación.....	91
Figura 73. Detalle de sistema de entrepisos, vigueta y bovedilla.....	92

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla I. Prototipos de terreno para vivienda de INFONAVIT.....	25
Tabla II. Necesidad de vivienda 2006 - 2009 para el estado de Nuevo León y el municipio de Monterrey.	29
Tabla III. Materiales empleados en la construcción de vivienda en Nuevo León.	31
Tabla IV. Tipos de suelos según proporciones de combinación.....	33
Tabla V. Especificaciones técnicas de los bloques Hydraform utilizados en México.....	41
Tabla VI. Composición óptima de la tierra para BTC's Hydraform.....	45
Tabla VII. Proporciones de la mezcla para BTC.	48
Tabla VIII. Análisis de áreas para la categoría de vivienda básica y social.....	65
Tabla IX. Programa de necesidades de una casa por zonas.....	78
Tabla X. Programa arquitectónico Planta A, Valle INFONAVIT V.	83
Tabla XI. Programa arquitectónico Planta B, Valle INFONAVIT V.	84
Tabla XII. Diferencia en áreas interiores entre vivienda en estado actual y empleando BTC Hydraform.	85
Tabla XIII. Programa arquitectónico y áreas para propuesta de vivienda con BTC Hydraform.	87

RESUMEN

RESUMEN

"Why should there be any difference between a peasant's house and a landowner's? Build both of mud brick, design both well, and both could afford their owners beauty and comfort."

- Hassan Fathy

La tierra como material para edificar ha sido empleada por el ser humano desde la antigüedad. La incorporación de materiales industrializados de menor costo y rápida manufactura en el campo de la construcción, aunada a la falta de difusión, ha ocasionado que ésta tradición constructiva se haya ido perdiendo.

Las ventajas de la tierra son múltiples; es abundante, de fácil empleo y tiene excelentes propiedades térmicas que dan confort al usuario en los ambientes interiores. En el presente estudio se exploró el bloque de tierra comprimida como alternativa para construir vivienda social en México. El cuestionamiento principal está en las implicaciones de la aplicación del sistema constructivo de bloques de tierra comprimida en el diseño y la construcción de la vivienda de interés social.

El interés en este material alterno está en su sistema de ensamblado de junta – candado sin mortero, que permite un ahorro sustancial en el costo de la construcción, y también en sus propiedades térmicas que otorgan un interior confortable para los usuarios.

La investigación se compone de cinco capítulos principales; el *primero* es un capítulo introductorio al contenido general de ésta investigación, donde además se define la problemática, se expone la relevancia del estudio, se establecen los objetivos, se plantean los supuestos y se definen los alcances.

El *capítulo dos* contiene los antecedentes, en donde se introduce brevemente el tema de la investigación que se ha realizado respecto a la construcción con tierra, y se exponen varios ejemplos del empleo del bloque de tierra comprimida en México.

En el *capítulo tres* se explica la metodología seguida para el desarrollo y conclusión de la investigación presentada en ésta tesis.

El *cuarto capítulo* contiene el marco teórico, que incluye la definición de la vivienda de interés social, así como una descripción de los criterios de diseño actual para éste tipo de vivienda. Muy importante fue explicar la problemática de los materiales que se están empleando actualmente en construcción de vivienda social con enfoque en la ciudad de Monterrey, Nuevo León, previo a la exposición del tema sobre la arquitectura de tierra. De igual modo, el lector encontrará el desarrollo del tema del sistema constructivo Hydraform; desde su origen, hasta el proceso constructivo con el bloque de tierra comprimida. El último inciso de éste capítulo expone la normativa vigente en materia de vivienda aplicable al Municipio de Monterrey, misma que establece parámetros base para el anteproyecto de vivienda a desarrollar.

Finalmente, en el *capítulo cinco* se retoman los lineamientos y normas de diseño y construcción que aplican específicamente a un caso de estudio seleccionado, con la finalidad de analizar, tanto el cumplimiento de las normas en la vivienda existente, como la funcionalidad de los espacios que la componen. Con base en los resultados de éste análisis, se presenta finalmente una propuesta de vivienda de interés social aplicando el sistema constructivo Hydraform, traducida en los dibujos arquitectónicos correspondientes.

CAPÍTULO 1

CAPÍTULO 1. Introducción

A pesar del largo historial de la tierra como material de construcción, las técnicas constructivas con tierra son poco conocidas en la actualidad. Sin embargo, la construcción con tierra ha readquirido importancia e interés por su facilidad de empleo, por las propiedades térmicas del material resultante y por la disponibilidad de la materia prima.

Para Berge (2001), como material de construcción la tierra no solo es el más antiguo, sino el más utilizado en la actualidad mundial dado que más del 30% de la población mundial vive en casas de tierra, principalmente en ambientes rurales (Figura 1).

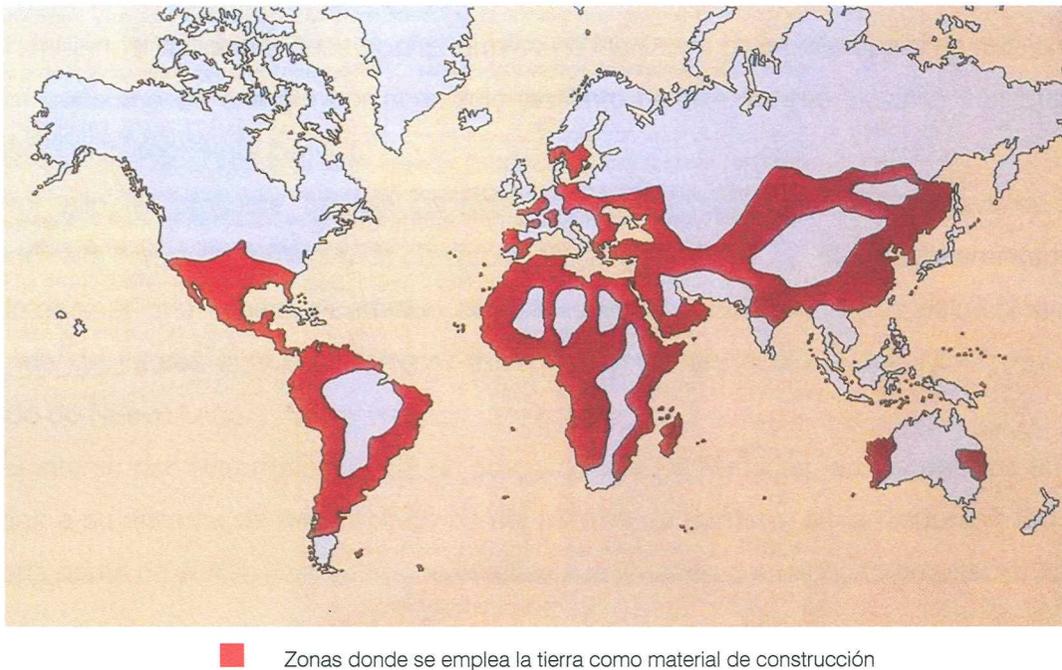


Figura 1. Empleo actual de la tierra como material a nivel mundial. Fuente: Pereira, 1994 y Rees, 2000.

En épocas ancestrales, la construcción con tierra también tuvo su apogeo en México y ruinas como la zona de Casas Grandes en Paquimé, Chihuahua son prueba de ello. Pese a todo, actualmente en México la ejecución de obras con algún sistema constructivo de tierra se da en contadas poblaciones.

Los cambios radicales en la construcción, resultantes de la Revolución Industrial, aunados a la rápida expansión de los sistemas de transporte y distribución de materiales más modernos, ocasionaron el finiquito casi total del empleo de la tierra en la construcción,

y en consecuencia, la mano de obra especializada se ha ido perdiendo gradualmente (Guerrero, 1994). Algunos de estos materiales, como el acero y el concreto, lograron un lugar destacado en la construcción en masa de vivienda, incluyendo la vivienda de interés social.

Como una solución a la carencia de vivienda para gran parte de la población obrera mexicana, las instituciones de apoyo a los trabajadores han fomentado la adquisición de viviendas de bajo costo conocidas como viviendas sociales o de interés social. Irónicamente, la vivienda de interés social en México se ha vuelto inaccesible para aquellos que no cuenta con los medios económicos para adquirirla. Según Pereira (1994), "la elevación en los costos de la vivienda se da por la constante elevación en el precio de los materiales para construcción y del terreno".

También, el deficiente desempeño térmico de las casas de interés social se refleja en un mayor consumo de energía por acondicionamiento de aire, lo que significa aún mayores egresos en la economía familiar.

Por ello, el presente trabajo consiste en la exploración de los bloques de tierra comprimida como alternativa en la construcción de vivienda social. El cuestionamiento base es determinar qué implica el empleo de éste material en el diseño y construcción de la vivienda de interés social en México, específicamente en la ciudad de Monterrey en el estado de Nuevo León.

El interés por éste material está en sus propiedades térmicas, en los ahorros en obra gracias a su sistema de ensamblado con el mínimo de mortero, en la disponibilidad de la materia prima en el sitio y en su aporte estético a la vivienda como objeto arquitectónico.

1.1 Definición del problema

La problemática de la vivienda económica en México en su aspecto físico – constructivo está determinada, entre otras cosas, por factores críticos como una distribución espacial poco eficiente y el empleo de materiales no apropiados al entorno físico. Muestra de ello son las viviendas que existen en la periferia de casi todas las ciudades en el país. Una visita de campo realizada durante el mes de abril de 2007 a la colonia Valle de INFONAVIT es un

ejemplo claro de esta situación. Los espacios de la vivienda cumplen con el mínimo establecido por el INFONAVIT pero no son funcionales pues se generan demasiados espacios de circulación o los muebles por ser tan grandes no permiten el uso apropiado del mismo. Asimismo, en el interior de la vivienda se percibe un ambiente claustrofóbico y carente de iluminación y ventilación apropiadas.

Investigadores como Óscar Olea (1989), Jan Bazant (2003) y John Habraken (1999), han documentado la especulación que se ha generado en torno a la vivienda de interés social en México y el mundo, sugiriendo que para el desarrollador lo menos importante es la comodidad de los usuarios finales. El problema se agrava por las normas de construcción impuestas por los organismos de vivienda que indican mínimos de habitabilidad y que son adoptados por los desarrolladores como los máximos para la rentabilidad. Aunado a este problema, derivado de los estándares de habitabilidad, la vivienda presenta problemas de comodidad para sus habitantes por la falta de materiales apropiados para mantener un ambiente interior agradable independientemente de las condiciones exteriores.

En este sentido, el presente estudio plantea la posibilidad de usar la tierra como material constructivo en los elementos principales de la casa. Por lo tanto, la pregunta central de la tesis es: ¿cómo impacta la tierra como material constructivo en el diseño y en la construcción de la vivienda de interés social y en los lineamientos normativos existentes?

1.2 Relevancia del estudio

Dadas sus características de fácil manufactura y rápida ejecución, el sistema constructivo de bloques de tierra puede beneficiar a las personas que no cuentan con una vivienda adecuada a sus necesidades más básicas por falta de recursos económicos.

Según estudios realizados por el Auroville Earth Institute (2007), los bloques de tierra comprimida son más baratos que los tabiques recocidos. El precio varía según la región, (sobre todo respecto al costo del cemento), pero en porcentajes se especifica que para un bloque estabilizado en un 5% y manufacturado con equipo manual, el costo se reparte en un 20 a 25% para mano de obra, 20 a 25% para tierra y arena, 40 a 60% para el cemento, y de 3 a 5% para el equipo.

Como beneficio al medio ambiente, los procesos de manufactura de los bloques compactados son de bajo impacto porque se emplea poca energía en su producción. Además, según el Auroville Earth Institute (noviembre 2007), en comparación con el tabique, en la producción de los bloques de tierra comprimida se desprenden 7.9 veces menos emisiones al ambiente de CO₂ y se consume 4.9 veces menos energía.

Dado que las ventajas térmicas del material significan un mayor confort interior para los usuarios del lugar, se reduce el uso de aparatos de acondicionamiento de aire y por tanto, el consumo de energía.

1.3 Objetivo

El objetivo principal de ésta investigación es establecer las implicaciones que tendría el sistema constructivo de bloques de tierra comprimida Hydraform en el diseño de la vivienda de interés social definido por el Instituto del Fondo Nacional de Vivienda para los Trabajadores (INFONAVIT).

Partiendo de un modelo tipo de vivienda social preexistente; un objetivo secundario es un anteproyecto arquitectónico de vivienda social unifamiliar aplicando este sistema constructivo y tomando como referencia la normativa del INFONAVIT y de la Secretaria de Desarrollo Urbano vigente para la Zona Metropolitana de Monterrey.

1.4 Supuestos

Las dimensiones del bloque son determinantes para establecer la adaptabilidad del sistema constructivo Hydraform a las normas y reglamentos constructivos en vigor para la Zona Metropolitana de Monterrey. Dado que las medidas de cada pieza de bloque Hydraform son diferentes a las de otros materiales comúnmente empleados en México, se asume que habrá diferencias en la modulación de los espacios de la vivienda, por lo que habrán de revisarse los espacios resultantes.

El realizar el ejercicio de diseño con base en el bloque de tierra comprimida permite percibir con claridad los requerimientos constructivos a resolver para la correcta ejecución de la obra.

1.5 Alcances

La investigación se supedita a la ciudad de Monterrey, entidad en la que las condiciones físicas, ambientales y económicas propias de la ciudad hacen posible la construcción con tierra.

El primer alcance de ésta tesis, es exponer el resultado de la investigación sobre las propiedades y características del bloque de tierra comprimida Hydraform como material de construcción, resaltando sus ventajas y desventajas.

En segundo término, está el desarrollo de una propuesta de anteproyecto de vivienda de interés social, con un enfoque sustentable en su modo de construcción al elegir una técnica de menor impacto, y con ventajas económicas y térmicas que se reflejan directamente en el usuario. La finalidad del proyecto es comprender y traducir los requerimientos constructivos y de diseño necesarios para lograr una propuesta adecuada.

El documento final de ésta tesis analiza la investigación realizada previamente sobre el tema de la construcción con tierra en México y el mundo, así como la descripción de la producción y construcción con los bloques de tierra comprimida creados por Hydraform. También, plantea las implicaciones normativas y de diseño en relación a la vivienda social en la ciudad de Monterrey.

CAPÍTULO 2

CAPÍTULO 2. Antecedentes

A causa de la creciente crisis que se continúa manifestando sobre los recursos naturales, se ha desarrollado un nuevo estado de conciencia en el que se evidencia la necesidad de adaptar todas las disciplinas humanas hacia una convivencia positiva con nuestro medio ambiente.

El concepto de desarrollo sustentable ya se está difundiendo dentro de disciplinas humanas como la arquitectura y la construcción. Por un lado, la arquitectura sustentable se preocupa por los modos de producción de los materiales que utiliza, desde dónde provienen, su reciclado, la implicación de un costo ecológico, su contenido energético, las emisiones que generan y el transporte. Los materiales y las tecnologías empleados deben considerar los "modos de producción limpios, y es básico que se incentive la solidaridad y la organización" (Muñoz, octubre 2005).

Queda claro entonces, que la exploración de alternativas en materia de construcción es un camino a seguir para contribuir con las estrategias que permitan un desarrollo de vivienda que no comprometa al entorno natural, y que además contribuya con la calidad de vida de los habitantes presentes y futuros.

2.1 La investigación y el empleo de la tierra como material constructivo en la actualidad

En la disciplina de la arquitectura, la edificación con tierra va retomando nuevamente importancia y popularidad, tanto entre individuos que la utilizan por economía, como entre arquitectos y constructores que buscan aplicarla en construcciones de mayor presupuesto (McHenry, 1989).

En los Estados Unidos se han realizado varios proyectos de vivienda donde se "combina sensibilidad y creatividad en la solución de problemas de diseño logrando resultados ejemplares" (Grayson, 2001). Un ejemplo es la residencia Johnson / Jones en Phoenix, Arizona, construida por Jones Studio Inc. El diseño consiste de dos sencillos

muros de tierra apisonada, coronados por una techumbre de madera y metal. En la Figura 12 se puede apreciar el diseño vanguardista de la vivienda, enriquecido por la textura natural de la tierra.

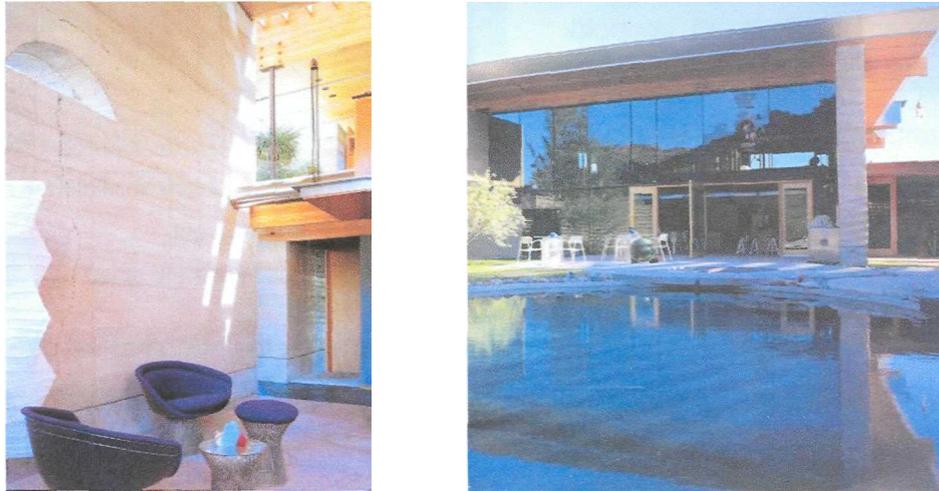


Figura 2. Vista interior y fachada de la residencia Johnson / Jones. Fuente: Grayson, 2001

El empleo de la tierra en residencias de alto valor económico permite desmentir la connotación de pobreza y retroceso impuesta al material.

La tierra presenta ventajas económicas considerables, como la utilización de recursos locales de mano de obra y de material, y la posibilidad de producir en la localidad las piezas de tierra, eliminando los gastos de transporte de materia prima o productos manufacturados (Bardou y Arzoumanian, 1981).

Según Guerrero Baca (1994), en México se perciben tres tendencias principales hacia la tierra como material de construcción.

- i. La primera es la extinción de la técnica en los sitios, sobre todo rurales, donde se había seguido utilizando. En estas comunidades ya se construye poco con tierra por las modificaciones en los modos laborales y por la incursión y expansión de técnicas constructivas ajenas, como el cemento colado, el tabique y el bloque de concreto.
- ii. La segunda tendencia es la búsqueda de alternativas de conservación y continuidad de los sistemas constructivos de tierra por iniciativa de instituciones gubernamentales y educativas. Como ejemplo, en el Centro de Tecnología Apropriada en Asunción,

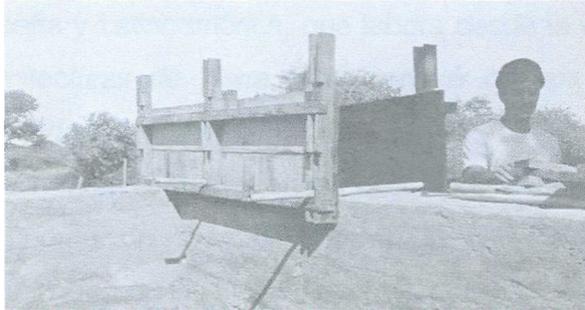


Figura 3. Detalle de moldes utilizados para fabricar tapiales.

Fuente: Pereira et al., 1995.

Paraguay, que es parte de la Universidad Católica de Asunción, se han desarrollado mejoras en aplicaciones de técnicas de tierra: bloques de suelo cemento, paredes de tapial (Figura 3), alternativas de revoques y pinturas para construcciones con tierra, y techos alternativos.

Parte del trabajo realizado es éste centro es el mejoramiento de la máquina bloquera *Cinva Ram* (Figura 4). Ésta fue modificada para producir en un día de trabajo mayor cantidad de bloques comprimidos (Pereira *et al*, 1995).



Figura 4. Fabricación de bloques de tierra estabilizados, con una prensa manual basada en la Cinva Ram.

Fuente: Pereira *et al*, 1995; The Dirt Cheap Builder, 2007.

iii. La tercera tendencia es el empleo de la tierra como material de moda en grupos sociales de alto poder adquisitivo, como el adobe. Esta tendencia se originó con la difusión mundial de temas como la arquitectura bioclimática y la sustentabilidad.

Es deseable que profesionales ajenos a las comunidades rurales tomen acciones de revalorización para difundir las cualidades de los materiales vernáculos, y buscar formas para combatir sus deficiencias (Guerrero, 1994), por ejemplo la debilidad de los elementos de tierra ante la humedad y los movimientos sísmicos. En respuesta a esta necesidad, esfuerzos para difundir la construcción con tierra son exposiciones internacionales como

Habiterra: exposición Iberoamericana de construcciones de tierra (actualmente Proterra) de España y Latinoamérica, que labora desde la década de los noventa; o como la muestra *Arquitecturas de Tierra, o el porvenir de una tradición milenaria* en el Centro Georges Pompidou de París en 1985.

En México, instituciones públicas de educación superior como la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), la Universidad Autónoma Metropolitana (UAM) y la Universidad de Coahuila (UADEC), por mencionar algunas, están trabajando en programas de investigación relacionados con el tema de la tierra y su uso en la construcción.

También se han interesado en el tema, especialmente por su aporte en vivienda rural y social, instituciones gubernamentales como el Instituto Tamaulipeco de Vivienda y Urbanización y el Instituto de Vivienda de Nuevo León, por ejemplo. Más adelante se ahondará en algunas de las investigaciones de estas instituciones.

En el ámbito académico, la arquitecta Nadia de Anda Núñez realizó en 2003 una tesis para obtener el grado de maestría en el Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, campus Monterrey (ITESM MTY) en la que hace una propuesta de anteproyecto de vivienda social con base en principios bioclimáticos, empleando un adobe estabilizado y curado al vapor llamado *Adomill*, con medidas de 30 x 15 x 10 centímetros. En su estudio, De Anda (2003) concluye que es necesario modificar el diseño de la vivienda social para que se cumplan las necesidades de confort de sus habitantes. Hace hincapié en la investigación sobre la aplicación de "sistemas ecológicos, económicos y funcionales" para éste rubro de vivienda.

De Anda (2003) afirma que la falta de información y promoción sobre los materiales de tierra en nuestro país, se puede contrarrestar demostrando en construcciones reales la funcionalidad del adobe. Todo esto con la finalidad de quitarle las etiquetas de "pobreza" para cambiarlas por "confort, casa ecológica y económica". Comenta que inclusive el INFONAVIT "no permite la construcción de la vivienda de adobe debido a la falta de información" (De Anda, 2003) dentro del mismo organismo crediticio. Por ello, el papel de los promotores y de las grandes constructoras en la difusión y empleo del material es crucial.

2.2 Empleo de los bloques de tierra comprimida en México

Antes de abordar el tema del sistema Hydraform, es importante explorar el papel de México en la incorporación y empleo de los bloques de tierra comprimida en la construcción. Los gobiernos de los estados de Tamaulipas, Coahuila, Zacatecas, Durango y Nuevo León ya investigan sobre el tema.

En las siguientes páginas se describen los trabajos en Nuevo León, Coahuila y Tamaulipas, estados pioneros en la instauración de programas de vivienda social empleando bloques de tierra estabilizada.

2.2.1 *La Casa de Tierra del Instituto Tamaulipeco de Vivienda y Urbanismo*

El Gobierno del Estado de Tamaulipas implementó desde 1987 el programa de Mejoramiento de Vivienda Rural, también conocido como la Casa de Tierra, a instancias del Instituto de Vivienda de dicha entidad. El reto que llevó a la ejecución de éste programa, además de la carencia de sitios dignos para vivir, fue la reducción del costo de la vivienda.

Fue precisamente el alto costo de los materiales de construcción y de la mano de obra, lo que obligó al Instituto a desarrollar una tecnología que incorporara los materiales regionales sin olvidar aspectos cruciales como la comodidad, la duración y la facilidad de construcción (Higuera, 1988).

El material que se encontró como alternativa, que reúne las características de seguridad, confort y estética (Higuera, 1988), fue la tierra. Con la tierra se desarrolló una tecnología completa que permite fabricar casi la totalidad de los elementos que componen una casa. Esta tecnología se tradujo en un ladrillo crudo procesado para los muros; la bóveda Tamaulipas y teja plana cruda para los techos; y mosaico a base de tierra y recubrimiento de mortero de cemento para los pisos.

El Ing. Luis Cabrero (octubre 2006), asesor técnico del ITAVU, indicó que se decidió emplear los bloques de tierra comprimida por varias razones:

- Contribuir a la sustentabilidad global al disminuir el empleo de cemento y acero en la edificación.
- Para promover el ahorro global de energía tanto en la fabricación, como en el uso de la vivienda.
- Contribuir al mantenimiento de los ecosistemas al disminuir su deterioro mediante la reducción en el consumo de combustibles y de emisiones atmosféricas.
- Por incrementar el confort climático y ambiental dentro de la vivienda.
- Para aprovechar la integración de recursos humanos.

La Casa de Tierra destaca por sus cualidades de duración, su aspecto físico y las condiciones térmicas que permiten en el interior una temperatura entre 6 y 7° C de diferencia respecto al exterior (Higuera, 1988). Éste diferencial de temperatura se registró con un termómetro de máximas y mínimas instalado en un prototipo de vivienda del ITAVU (Cabrero, 2006).

Según Cabrero (octubre 2006), se construyeron 375 casas de interés social en la Colonia Industrial de la Libertad en Ciudad Victoria, capital del estado, empleando piezas de 10x15x30 centímetros. Son construcciones de composición sencilla, pero que resaltan por el detalle de la bóveda Tamaulipas. Los resultados se muestran en la Figura 5, donde no se puede apreciar el material porque la fachada está enjarrada.



Figura 5. Ejemplos de casas de interés social construidas con bloques de tierra en la Colonia Industrial, Ciudad Victoria, Tamaulipas. Fuente: Zárate, 2007.

Para la manufactura de los bloques se localizó un banco de tierra de media hectárea, suficiente para cubrir 350 viviendas (Figura 6). Asimismo, se prepararon instalaciones para

una planta de fabricación del material que incluyen las maquinas bloqueras artesanales basadas en la *Cinva Ram* (Figura 7).

El arquitecto Jorge Zárate (octubre 2006), director del Departamento de Vivienda Sustentable del ITAVU, indicó que éste aparato tiene un costo alrededor de los 1,000 dólares norteamericanos, pero la versión fabricada por el ITAVU tiene un costo entre los 7,000 y 8,000 pesos mexicanos. Con este instrumento se logra una producción de 300 bloques diarios.



Figura 6. Tierra del banco en Congregación Caballeros. Fuente: Imagen del autor, 2006



Figura 7. Máquina bloquera del ITAVU, basada en la *Cinva Ram*. Fuente: Imagen del autor, 2006

La materia prima, una tierra arcillosa – limosa, proviene del banco de tierras en la Congregación Caballeros. A ésta tierra se le agrega un 6 a 10% de estabilizador, sea cal o cemento. Posteriormente, se humedece la mezcla entre un 15 y 17% por cada 38 kg, para finalmente compactarla (Figura 8).

Los bloques resultantes (Figura9) se dejan veinticuatro horas a la sombra, y logran resistencias entre los 35 y 60 kg/m² dependiendo de la proporción tierra – estabilizador (comunicación personal con Zárate, 2006).



Figura 8. Proceso de compactación, práctica en la ULSA, Cd. Victoria, Tamaulipas.
Fuente: Imagen del autor, 2006



Figura 9. Bloque resultante de la compactación, práctica en la ULSA, Cd. Victoria, Tamaulipas.
Fuente: Imagen del autor, 2006

De acuerdo con el asesor en construcción para el ITAVU, el Ing. Luis Cabrero, se estableció, primero, que los datos más actuales de resistencia se obtuvieron mediante el laboratorio PROLASA de Ciudad Victoria. Registros en el periodo de 1987 a 1992 revelan resistencias superiores a los 45 kg/m².

Segundo, que los recursos estimados para implementar el sistema de bloques comprimidos van desde personal capacitado para el control de calidad del material; el equipamiento artesanal o industrial; los centros regionales de fabricación, el soporte y servicio externo, por ejemplo de laboratorios de geotecnia para seleccionar bancos de tierra óptimos y para dar seguimiento de calidad a la fabricación; que la fabricación sea por cooperativas, empresas o instituciones; hasta las ventas en planta.

Finalmente, que a instancias del gobierno tamaulipeco está en proceso un sistema de financiamiento para cubrir costos de vivienda construida con bloques de tierra comprimida (comunicación personal con Cabrero, 2006). Los alcances de éste programa de financiamiento están en desarrollo. Finalmente, en cuanto a normativas, el ITAVU obtuvo la Norma Oficial Mexicana para los BTC, sin embargo, aún no se certifica por la Secretaría de la Industria y Comercio.

2.2.2 Programa piloto de vivienda rural en Coahuila



Figura 10. Preparación de la mezcla para los bloques Hydraform en Torreón.

Fuente: Video Hydraform, 2002

La primera casa construida en México con bloques de tierra comprimida Hydraform está en Saltillo, Coahuila, como parte de un programa gubernamental para apoyar a la gente del campo. La aplicación de este sistema constructivo implicó un ahorro de 80% sobre el costo de construcción de esta vivienda (Video Hydraform, 2002).

Los bloques se produjeron con una máquina bloquera Hydraform con capacidad de 1,000 a 1,300 piezas por día. La tierra fue cribada a mano, medida con carretillas, y se agregó un 8% de cemento como estabilizador y un mínimo de agua para humedecer la mezcla (Figura 10).

Los trabajadores fueron personas sin experiencia previa, a quienes se capacitó para la utilización correcta de los bloques estabilizados. Se logró completar la coraza de la casa en sólo dos días, cuidando de tener bien nivelados muros y ángulos (Video Hydraform, 2002), como se ve en la Figura 11. La cubierta fue realizada tipo techo lagunero (Figura 12), construido con tierra, vigas de madera y tabletas. Toda la casa se dejó aparente, exceptuando el baño cuyos muros fueron enjarrados para evitar la humedad (Video Hydraform, 2002).



Figura 11. Construcción de una vivienda con bloques Hydraform. Fuente: Video Hydraform, 2002

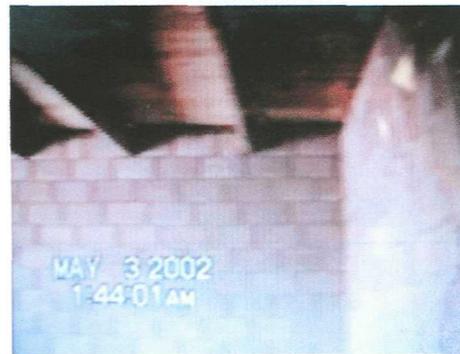


Figura 12. Techo tipo lagunero. Fuente: Video Hydraform, 2002

Además de esta casa experimental, en Torreón se construyó una vivienda de un solo nivel en la calle España, esquina con J. Agustín Espinoza en el Fraccionamiento Las Etnias. En principio fue utilizada como oficina de la empresa Potencia Hidrostática y desafortunadamente se encuentra en total abandono y descuido. En la Figura 13 se advierte el vandalismo al que fue sujeta la casa, donde los cristales de las ventanas han sido rotos y la fachada pintada con graffiti.



Figura 13. Exterior de la casa en calle España en Torreón, Coahuila.

Fuente: Imagen del autor, 2006



Figura 14. Interior de la casa.

Fuente: Imagen del autor, 2006

En esta casa se llevaron a cabo diferentes técnicas constructivas. Ya se mencionaron los bloques Hydraform para los muros, y además se empleó ladrillo rojo para las bóvedas de los techos, mostrado en la Figura 14.



Figura 15. Acabado de acanalado en un muro. Fuente: Imagen del autor, 2006



Figura 16. Techo expuesto.

Fuente: Imagen del autor, 2006

Respecto a los interiores, los acanalados para las instalaciones eléctricas dejaron marcas en la textura final del muro interior, perceptible claramente en la Figura 15. En los techos se dejó expuesto el recubrimiento aislante de poliestireno expandido (Figura 16).

2.2.3 Programa de vivienda popular del Instituto de Vivienda de Nuevo León

Como parte del interés del *Instituto de Vivienda de Nuevo León (I.V.N.L.)* por dar una mejor calidad de vida a sus habitantes, se están llevando a cabo varios proyectos de

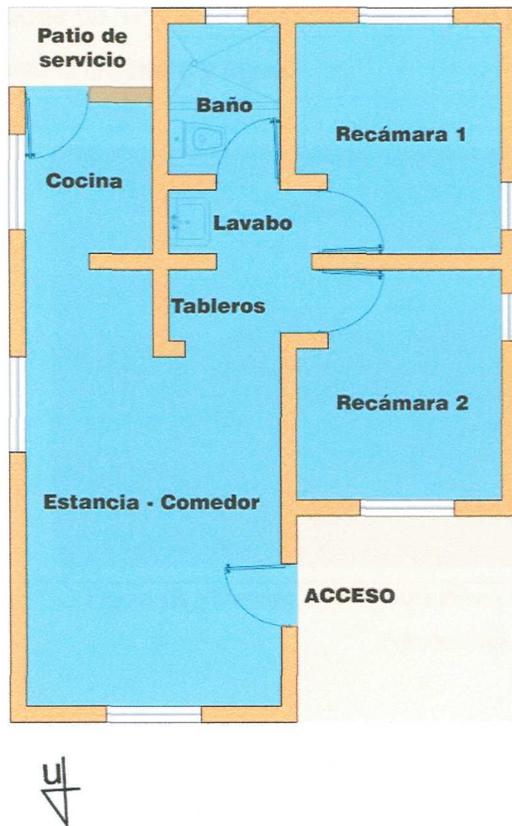


Figura 17. Planta tipo de vivienda en Doctor Arroyo.

Fuente: Imagen del autor, 2007.

conjuntos habitacionales que incorporan la sustentabilidad aplicando sistemas pasivos y empleando materiales cuyas características otorgan mayor confort.

Uno de esos proyectos, es un conjunto de vivienda económica ubicado en el municipio de Doctor Arroyo en Nuevo León, uno de los más pobres en el estado. Por primera vez, el INFONAVIT ha aceptado financiar crédito para adquirir vivienda en un proyecto donde el adobe estabilizado fue elegido como material para la superestructura de las viviendas. Esto es muy importante dado que si se demuestra la efectividad de éste sistema constructivo, se abrirá la puerta para que éste material se emplee en proyectos de vivienda dentro de las ciudades, que es donde más se requiere.

En la Figura 17 se muestra la planta tipo de la vivienda, donde los espacios de estancia – comedor, dos recámaras, baño, cocina y patio de servicio, se distribuyen en un sólo nivel de 8.00 x 6.40 metros

aproximadamente, emplazada en un lote de 15.00 x 12.00 metros (180 m²). La casa se desplanta sobre cimientos de concreto reforzado, y sobre un basamento de bloques de concreto que sobresale unos cuarenta centímetros del nivel del suelo. También los dinteles de las ventanas son de piezas prefabricadas de concreto.

El estudio del material se realizó junto con la Universidad Autónoma de Coahuila, donde los investigadores afirman que el bloque resultante tiene mejores características físicas de carga y una conductividad térmica más baja. Además se logra que la temperatura de los espacios interiores sea 8° C menor respecto al exterior en temporadas cálidas, según afirmó en el Primer Congreso Internacional de Edificación Sustentable en Monterrey el director del IVNL, el Lic. Juan M. Fernández.

El adobe que se empleó fue estabilizado con cal y con cemento. Los bloques tienen medidas de 12 x 40 x 40 centímetros, y su composición es de 4% de cemento, 4% de cal, y el resto entre tierra y agua.

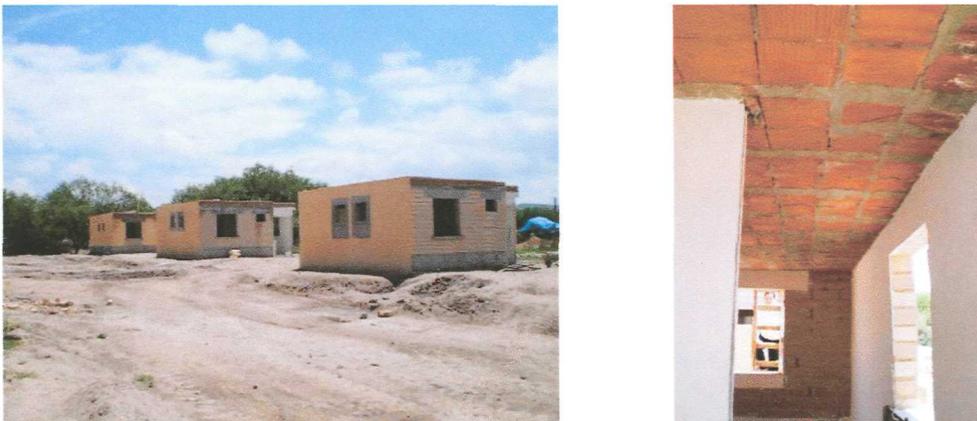


Figura 18. Viviendas en construcción en Doctor Arroyo, y cubierta de vigueta y bovedilla.

Fuente: Imagen del autor, 2007.

Como se puede apreciar en la Figura 18, el techo es plano y se empleó el sistema de vigueta y bovedilla. En la misma imagen se observa que la fachada está recubierta con un estuco con color que es también impermeabilizante, pero aún se siguen explorando otros materiales para la fachada con propiedades como la durabilidad y el aislamiento térmico.

El costo real de cada vivienda es de \$230,000 pesos mexicanos, pero se logró un subsidio gubernamental con el que se obtuvo un costo final aproximado de \$173,000 pesos mexicanos. En total se ha asegurado la construcción de 165 unidades en ésta primera etapa.

CAPÍTULO 3

CAPÍTULO 3. Metodología de investigación

En el siguiente capítulo se presentan los procesos y métodos empleados para éste trabajo de investigación. Primero se describen las estrategias y acciones tomadas para dar forma a la investigación, segundo, se describen los criterios para la selección del caso de estudio, y finalmente se explican los criterios que definieron la propuesta de anteproyecto a ser realizada.

3.1 Descripción de la investigación

Para la realización del presente estudio se siguió básicamente el modelo general de investigación (Muñoz, 1998), en el que primero se planteó el tema de interés, que en éste caso son las consecuencias en el diseño y la construcción por aplicar un material específico (bloques de tierra comprimida) en la envolvente de la vivienda de interés social. Una vez definido el tema general, se formularon ciertos supuestos basados en ideas preconcebidas que se tenían sobre el tema de la construcción con tierra y la vivienda.

A fin de preparar los antecedentes del tema, se investigó sobre lo que ya se ha hecho con el material constructivo de interés de ésta investigación y con otros similares. Esta información fue de utilidad para entender en dónde y con qué fines se ha empleado el bloque de tierra comprimida, y los resultados a los que se ha llegado en casos particulares.

Por otro lado, para sustentar la tesis, se conjuntó un marco teórico, primero, mediante la *investigación documental* en forma de fuentes bibliográficas (como libros de texto en materias de interés particular como materiales de construcción, manuales de construcción con tierra, tesis de maestría sobre la vivienda social en Monterrey y folletos descriptivos). Segundo, mediante la consulta de fuentes iconográficas (como videos demostrativos del proceso constructivo con los bloques de tierra Hydraform, fotografías de viviendas construidas con el material y cartas edafológicas para ubicar los tipos de suelo). Tercero, se utilizaron fuentes magnéticas, como equipos de cómputo y sus aplicaciones, y programas de captura de texto para compilar el documento escrito final.

Además se recurrió a la *investigación de campo* mediante visitas a ciudades y a empresas mexicanas donde se están explorando técnicas constructivas con tierra, para observar los procesos de fabricación del material y sus aplicaciones. Por ejemplo, se realizó una visita a la ciudad de Torreón en Coahuila; donde se localiza la empresa Potencia Hidrostática (distribuidora nacional de la maquinaria bloquera Hydraform). La visita fue de utilidad para obtener información sobre la maquinaria y los bloques resultantes. También se visitó Ciudad Victoria en Tamaulipas, donde el Instituto Tamaulipeco de Vivienda y Urbanismo (ITAVU) en colaboración con la Universidad La Salle (ULSA), realizó un taller de manufactura de bloques de tierra con una máquina manual basada en la *Cinva Ram*. Esta participación fue útil para familiarizarse con la textura, el color, el comportamiento y las dimensiones del material.

Muy importante fue la recopilación de *información directa* mediante conversaciones con arquitectos, funcionarios públicos en instituciones involucradas con el tema de la vivienda, empresarios y expertos en materiales, para ahondar en el tema. En primera, el Arq. Jorge Zárate del ITAVU, proporcionó información de utilidad sobre los programas de vivienda vigentes en el estado de Tamaulipas, que emplean bloques de tierra comprimida como material principal. En segunda, se acudió a funcionarios del INFONAVIT en Monterrey, como el Ing. Argelio Villarreal Zenteno (Director de Proyectos y Control de Obra), para consultar las reglas y normas aplicables a la vivienda de interés social, vigentes hasta el momento, y también para indagar sobre la aceptación de materiales alternativos en los programas de vivienda de dicha institución.

En tercera, se consultó al Lic. César Madero, director de la empresa Potencia Hidrostática (Torreón, Coahuila) y a la Ing. Claudia Valverde López del Departamento Técnico de Hydraform en Latinoamérica, quienes proporcionaron información sobre el equipo Hydraform, sus compradores usuales, y sobre la aceptación de los bloques en el mercado mexicano. En cuarta, el Ing. Ignacio Belloc de Termolita, experto en materiales de construcción, proporcionó información de utilidad sobre el comportamiento térmico de los adobes, ahondando en aspectos técnico – constructivos. En cuarto lugar, el Ing. Federico Barrera (Ver Anexo E), Director de Proyectos e Innovación Tecnológica del Instituto de Vivienda de Nuevo León, comentó sobre los proyectos realizados en el estado con materiales sustentables como los *adobloques*, avalados por el gobierno del estado.

Finalmente, se consultó al M.C. Jorge Lomas del Departamento de Física del ITESM campus Monterrey, experto en la dilatación de diferentes materiales en la construcción, para

aclarar dudas sobre la adherencia de diferentes recubrimientos sobre los bloques de tierra y sobre la junta constructiva entre un muro de bloques de tierra y otro muro de un material diferente.

En cuanto al contenido de la investigación, se limitó el alcance hacia el confort y la adaptación funcional hacia el usuario de la vivienda, y hacia los procedimientos constructivos. Para entender las implicaciones en el diseño de una vivienda, se tomaron como referencia las normas vigentes dictadas por el INFONAVIT y por las distintas dependencias gubernamentales del municipio de Monterrey. Para puntualizar dichas implicaciones se tomó como referencia un caso de estudio específico, una vivienda de interés social físicamente tangible en el área de interés con la finalidad de estudiar, primero, su calidad espacial y segundo, su funcionamiento.

En cuanto al análisis espacial del caso se estudio, se enlistó cada una de las áreas y medidas originales correspondientes a la planta existente (denominada Planta A). Además se realizó la misma configuración en planta asumiendo el empleo del bloque de tierra Hydraform en ella (Planta B) a fin de comparar las áreas y determinar las posibles pérdidas espaciales. Este comparativo fue de importancia también para revisar si en ambos casos se cumple o no con la normativa vigente.

Para examinar el funcionamiento de la vivienda del caso de estudio, se revisó la orientación, la disposición de los locales y las circulaciones; para finalmente analizar los muros exteriores como envolvente principal y las particiones interiores.

Derivado del estudio de funcionamiento de la vivienda actual, se realizó una propuesta de anteproyecto de vivienda de interés social empleando el bloque de tierra comprimida Hydraform. Más que sólo aplicar el material, se buscó mejorar la calidad de la vivienda con más y mejores espacios aprovechando el área construible permitida por los reglamentos.

3.3 Criterios para la selección del caso de estudio

El caso de estudio, una vivienda de interés social en el conjunto habitacional Valle de INFONAVIT V, se eligió con base en los siguientes criterios:

- Que la vivienda fuera de interés social unifamiliar.
- Que tuviera más de diez años de haberse construido.
- Que hubiese sido financiada por alguna institución crediticia como el INFONAVIT.
- La localización debía ser en el municipio de Monterrey.
- Que hubiera zonas lo más cercanas posible al terreno, donde el suelo tenga las características idóneas para emplearse en la manufactura de los bloques de tierra.

3.4 Criterios para el planteamiento de la propuesta de anteproyecto

Los lineamientos principales que se siguieron para el planteamiento y desarrollo del anteproyecto de vivienda social con bloques estabilizados Hydraform fueron:

- Respetar las normas y reglamentos vigentes para la Zona Metropolitana del Municipio de Monterrey.
- Verificar si la propuesta puede desarrollarse en el mismo terreno que el del caso de estudio, que es de 7.00 x 15.50 metros, para contextualizar la propuesta. También para determinar si el material propuesto es adaptable a estas dimensiones de terreno actual.
- Realizar la propuesta tomando en cuenta el aprovechamiento de los recursos locales como el material y la vegetación.

CAPÍTULO 4

CAPÍTULO 4. Marco teórico

En éste cuarto capítulo se da una breve reseña sobre la vivienda de interés social en México, con énfasis en los materiales actualmente empleados en la región de interés, es decir, Monterrey. Además, se ahonda en el tema de la construcción con tierra, específicamente sobre el sistema constructivo de interés para éste estudio que son los bloques de tierra comprimida Hydraform.

4.1 La vivienda de interés social en México

4.1.1 Definición de vivienda de interés social

Siendo el año de 1932, un joven arquitecto gana un concurso de diseño de vivienda obrera organizado por el gobierno del Departamento del Distrito Federal (DDF, hoy Gobierno de la Ciudad de México). El proyecto ganador, un prototipo sencillo que contemplaba “economía de realización, estandarización de elementos constructivos, y una *lectura de clase* del programa de la familia obrera” (González Gortázar, 1994), hizo de Juan Legarreta uno de los antecesores más importantes en la concepción de la vivienda de interés social mexicana como la conocemos en la actualidad. Los espacios de la vivienda proyectada por Legarreta, giran alrededor de una cocina – comedor – estancia, considerado como el centro del hogar, logrando para los trabajadores casas “cómodas e higiénicas” (Leñero *et al*, 1992).

En la actualidad, para poder tipificar la vivienda, en el *Código de Edificación de Vivienda* (CONAVI, 2007) la Comisión Nacional de Vivienda (CONAVI) identifica tres distintas clasificaciones; la primera “obedece a las reglas del mercado en cuanto al precio y la forma de producción de la misma; por ejemplo, vivienda de interés social y vivienda media y residencial. La segunda está relacionada “con la forma administrativa de construcción”, por ejemplo, mediante desarrolladores y autoconstrucción. La tercera se da por el tipo de edificación, por ejemplo, vivienda unifamiliar o plurifamiliar.

Respecto a la vivienda de interés social, la CONAVI la identifica como aquella que se produce “a cargo de los desarrolladores de vivienda y se construyen a través de conjuntos habitacionales y fraccionamientos” (CONAVI, 2007). Del mismo modo, con base en el marco legal, se identifica a la vivienda de interés social como aquella “cuyo precio máximo de venta al público es de 15 salarios mínimos anuales vigentes en el Distrito Federal.”

Otras clasificaciones están dadas por investigadores de instituciones educativas. Por ejemplo, con base en la medida del frente del lote, Raúl Ruiz Mondragón (1994) del Instituto Politécnico Nacional (IPN) identificó 117 prototipos de vivienda de interés social de diferentes organismos crediticios. En el caso de INFONAVIT, identificó 27 prototipos en total presentados en la Tabla I.

Tabla I. Prototipos de terreno para vivienda de INFONAVIT.

Prototipos de vivienda social INFONAVIT según frente de lote				
Prototipo	Terreno			Área construida (m ²)
	Frente (m)	Fondo (m)	Área total (m ²)	
I / II	6.00	15.00	90.00	57.75 / 62.40
III / IV		19.00	114.00	59.60 / 61.00
V / VI		20.00	120.00	53.75 / 66.00
VII / VIII	6.50	15.00	97.50	50.00 / 66.00
IX		18.00	117.00	50.00
X / XI / XII / XIII	7.00	15.00	105.00	50.00 / 52.50 / 59.00 / 62.70
XIV		16.00	112.00	56.00
XV		20.00	140.00	89.60
XVI	7.50	15.00	112.5	59.00
XVII		16.00	120.00	48.27
XVIII		16.50	123.75	67.71
XIX	8.00	15.00	120	55.00
XX		15.50	124	73.85
XXI		18.00	144.00	63.00
XXII / XXIII	9.00	15.00	135.00	68.55 / 69.33
XXIV		18.00	162.00	112.05
XXV	9.50	12.10	114.95	64.72
XXVI / XXVII	10.00	15.00	150.00	81.35 / 112.00

Fuente: Elaboración propia con base en Ruiz Mondragón, 1994.

En éste caso, se aprecia que el terreno de menores dimensiones es el de 6.00 x 15.00 metros con un área total de 90 metros cuadrados, mientras que la mayor área de terreno corresponde al terreno de 10.00 x 15.00 metros (150 m²).

4.1.2 *El diseño actual de la vivienda de interés social*

La vivienda como la concibió Legarreta, en función de las actividades del obrero, se ha vuelto un objeto genérico dirigido a un usuario fantasma. Esta mutación suena lógica dado que para la demanda de vivienda, traducida en miles, es virtualmente imposible generar una casa individualizada a cada futuro usuario. Resulta irónico que en la búsqueda de un espacio habitable y adecuado a las necesidades de quien lo requiere, el resultado acabe siendo lo opuesto.

A este respecto, vale la pena comentar que el profesor Nikos A. Salingaros, perteneciente al Grupo de Investigadores de la Estructura Ambiental (ESRG), estableció diez *Antipatrones de la vivienda social* aplicables al caso de toda América Latina, en los que destaca una serie de “tipologías y prácticas negativas que conducen a proyectos de vivienda no saludables” (Salingaros *et al*, trad. Hernández, 2006). Estos *antipatrones* son un diagnóstico coherente a la problemática actual de la vivienda social, y en los siguientes párrafos se describen y comentan.

En primer lugar, Salingaros alude a la conceptualización de la vivienda social como “dormitorios baratos y por lo tanto siguen una filosofía de planeación militar/industrial: construir la mayor cantidad de unidades, lo más barata y eficientemente posible.” Para contrarrestar éste modelo de vivienda sugiere construir espacios urbanos, en el entendido de que la vivienda debe verse como parte de una realidad geográfica y social, y no como un ente aparte.

Segundo, recalca que “la entidad directora desea tener el mayor control sobre la geometría y el proceso de construcción [lo que] implica la exclusión de la participación del usuario”. En el caso de México, estas entidades son las instituciones y constructoras que edifican vivienda de interés social acudiendo a prototipos preestablecidos tomados como buenos, muchos de ellos ya obsoletos para la actualidad.

En tercera, comenta que la etiqueta de “*vivienda social* implica que sólo se construya un dormitorio y no un conjunto urbano.” Una interpretación que se puede dar a ésta reflexión, es que el término “vivienda social” se malentiende como un grupo de casas en las que una familia realiza sus funciones, pero excluye de su diseño y planeación funciones externas que son de vital importancia; aquellas

El siguiente punto destaca la exclusión de la vegetación como parte integral del diseño, relegándola como objeto para decoración, e inclusive, eliminándola por completo. En el caso de estudio que se presenta más adelante, es evidente que en muchas de las viviendas se ha descartado la posibilidad de tener un jardín frontal, sometiendo el suelo natural bajo una plancha de concreto. Ésta elección recae también en el usuario, quien al momento de habitar un inmueble toma parte de la responsabilidad de su preservación y mejoramiento.

Continuando con el quinto, llama la atención que se considera que “un conjunto urbano abarca redes sociales complejas y requiere de la morfología urbana apropiada de una red. Nunca es monofuncional y no es homogénea.” Tiene que ver con el tercer punto, es decir, que las actividades de la familia no se limitan exclusivamente a aquellas dentro de la vivienda, sino que se extienden más allá en multiplicidad de variantes.

En sexto lugar, se indica que en “un proyecto convencional de vivienda social rara vez se preocupa por la accesibilidad a la red urbana, pues está usualmente construido en áreas desconectadas. [El] tema se entiende sólo como un problema de vivienda, que por lo general mide su éxito en términos de la cantidad de *unidades*, [...] en vez de medir la cualidad de la vivienda en comunidad.” El problema de la conexión entre los complejos habitacionales y las redes urbanas tiene sentido, dado que se requieren terrenos de áreas inmensas para desarrollar las viviendas y el tejido de la ciudad generalmente está saturado.

Como séptima observación, enfocada a aspectos económicos, apunta que “los dueños de las tierras se las han arreglado para conseguir un cambio de uso de suelo para obtener para sí mismos una extraordinaria ganancia económica.”

Sobre el punto anterior, en el caso particular de nuestro país, el arquitecto mexicano Teodoro González de León considera que “la vivienda de interés social en México perdió su diseño humano y funcional” desde que “[...] cayó en manos de promotores de la sección obrera y trabajadora, que han establecido otro tipo de intereses en la formación de este beneficio para el trabajador.” (“El Siglo de Torreón”, mayo de 2003).

En octavo lugar se explica que los proyectos típicos de vivienda social son “concebidos como una *isla urbana* desconectada tienen un terrible impacto en el ambiente.” Entendemos

como isla urbana a un conjunto de edificaciones y vialidades que forman un punto sitiado, que mantiene aisladas a las personas que viven en él de un contexto urbano mayor que es la ciudad.

El noveno punto se refiere a la geometría y configuración convencionales de un proyecto de vivienda social que “presentan un número de obstáculos geométricos para su evolución en el tiempo. Este impedimento frustra la esperanza de los habitantes y suprime sus proyectos de mejoras sociales y económicas.” Se entiende entonces, que las formas perfectamente geométricas y repetitivas no implican en sí orden y regulación. Incluso, un orden forzado pudiera significar complicaciones para que las personas se desempeñen con libertad.

Por último, hace mención de la idea recurrente que tienen los arquitectos y funcionarios de gobierno sobre una “imagen de modernidad” que ha derivado en proyectos de vivienda “que son hostiles en su verdadera utilidad.”

Todos estos cuestionamientos y críticas son consecuencia de una realidad que yace frente a nuestros ojos, pero que pasa desapercibida ante la cotidianeidad. Así como Salingeros y sus colegas proponen una de muchas soluciones para lograr mejores propuestas de vivienda de interés social, es necesario revisar los proyectos que ya existen, estudiarlos, documentar sus fallas y aciertos y si es posible, regenerar los complejos habitacionales existentes para aprovecharlos el máximo posible.

4.1.3 Demanda de vivienda de interés social en el AMM

La CONAVI (febrero 2006) afirmó en el *Programa Sectorial de Vivienda 2001 – 2006* que casi el 70% de la población ocupada (23, 152,506 de habitantes) tiene ingresos menores a tres salarios mínimos¹, un promedio de 735.85 pesos semanales. Ello significa que no tienen el poder adquisitivo para comprar una vivienda y tampoco son sujetos a crédito.

En el *Programa Sectorial de Vivienda 2001 – 2006* (CONAVI, febrero 2006) se define que en el país se producen seis categorías tipo de vivienda: *Básica* (hasta 30 m²); *Social* (de 31

¹ El salario mínimo vigente (en pesos diarios) es de \$50.57 para la Zona A, \$49.00 para la Zona B, y \$47.60 para la Zona C. Para Nuevo León, corresponden a la Zona B los municipios de Apodaca, San Pedro Garza García, Escobedo, Guadalupe, Monterrey, San Nicolás y Santa Catarina. El resto de los municipios pertenecen a la Zona C. Fuente: Servicio de Administración Tributaria (SAT) de la Secretaría de Hacienda y Crédito Público (SHCP), diciembre 2006.

a 45 m²); *Económica* (de 46 a 55 m²); *Media* (de 56 a 100 m²); *Media alta* (de 101 a 200 m²); y *Residencial* (más de 200 m²).

Ahora bien, con base en la distribución de ingreso por población ocupada, la demanda anual de vivienda requiere un 72.5% de vivienda *Básica* para quienes ganan hasta tres salarios mínimos; 14.9% de vivienda *Social* para aquellos con ingresos entre tres y cinco salarios mínimos; 8.5% de vivienda *Económica*, destinada a la población con ingresos entre cinco y diez salarios mínimos; finalmente, 4.1% de vivienda *Media*, *Media alta* y *Residencial* para la población cuyos ingresos son mayores a diez salarios mínimos (CONAVI, 2006).

Los datos anteriores nos indican que la mayor demanda está en los sectores de la vivienda básica y social, dirigida hacia aquellas personas cuyos sueldos están dentro del rango de los \$147.00 M.N. y \$245.00 M.N. diarios (CONAVI, 2006).

En la Tabla II, para el periodo entre 2006 y 2009, se enlistan las necesidades de vivienda nueva y de mejoramiento a nivel urbano para el estado de Nuevo León y el municipio de Monterrey, estimadas por la Subdirección General de Política de Vivienda y Esquemas Financieros de la CONAVI.

Se observa que a partir del año 2006 hay un aumento paulatino en la necesidad de vivienda tanto en el estado, como en el municipio. Llama la atención que a nivel estatal, hay una necesidad mayor de vivienda nueva que de mejoramiento. Sin embargo, a nivel municipal sucede lo contrario y se requiere mejoramiento de vivienda.

Tabla II. Necesidad de vivienda 2006 - 2009 para el estado de Nuevo León y el municipio de Monterrey.

Entidad o municipio	Año			
	2006	2007	2008	2009
<i>Nuevo León (Total)</i>	40,148	41,275	42,324	43,163
<i>Vivienda nueva</i>	26,501	26,792	26,977	26,931
<i>Mejoramiento</i>	13,647	14,483	15,347	16,232
<i>Monterrey (Total)</i>	7,989	8,117	8,251	8,400
<i>Vivienda nueva</i>	3,403	3,255	3,093	2,936
<i>Mejoramiento</i>	4,586	4,862	5,158	5,464

Fuente: Elaboración propia con base en CONAVI, 2008.

Otra observación es que se prevé que la demanda de vivienda nueva en el municipio de Monterrey ha ido disminuyendo y que continuará esa tendencia hacia el 2009.

4.1.4 *Materiales y técnicas empleadas actualmente en la construcción de vivienda social en el AMM*

Para fines de éste trabajo es importante examinar los materiales que actualmente se emplean en vivienda de interés social, con el fin de establecer una comparación entre dichos materiales y los materiales de tierra.

En la construcción de vivienda de interés social se emplean materiales industrializados que han probado su eficacia en resistencia y durabilidad, como el concreto, el bloque de concreto y el ladrillo. Los procesos de manufactura y las técnicas constructivas son ampliamente conocidos, arraigando el material en las empresas que construyen y también en los usuarios que viven los espacios. Se ha dado prioridad a la durabilidad y al precio, sobre la calidad y el confort que el material otorga a los espacios. Como asegura la investigadora Pilar Noriega (2003), "la selección de los materiales adecuados significa habitabilidad para el usuario".

Las familias mexicanas buscan durabilidad y calidad para asegurar un patrimonio familiar que es generalmente la única herencia que dejan a sus descendientes, cualidades que materiales como el bloque de concreto ha concedido, al menos en las creencias de la población general.

En la información más reciente del *Censo General de Población y Vivienda del INEGI 2000* (INEGI, junio 2003), en el estado de Nuevo León de un total de 878,600 viviendas habitadas, el 96.7% tenía recubrimiento en pisos; 85.7% eran de materiales durables en techos y 93.7% tenían material durable en muros.

El INEGI (junio 2003) considera como materiales durables para el techo: la losa de concreto, tabique, ladrillo y terrado con viguería; para muros: tabique, ladrillo, bloque de concreto, piedra, cantera o cemento; y para pisos: firme o cemento, mosaico, madera u otro. Esta información indica claramente que la tierra está relegada como material de construcción.

Según Noriega (2003), las viviendas en el AMM son casas con muros sólidos, pisos de materiales diferentes a la tierra, losas de concreto, y además están conectadas a las redes de infraestructura. También comenta que más del 95% de las viviendas cuentan con muros sólidos, el 89.7% con techos de losa de concreto y el 96.6% con pisos de cemento o madera (Noriega, 2003).

El INFONAVIT, por otro lado, divide a la República Mexicana en diecinueve delegaciones, siendo la *Delegación III* la correspondiente al estado de Nuevo León (Subdirección Técnica INFONAVIT *et al*, 1984). Con base en la información más actual proporcionada por el INFONAVIT, se completó la Tabla III donde se especifican los materiales mayormente empleados en la construcción de vivienda INFONAVIT en Nuevo León. Dado que el INFONAVIT tiene la autoría de la mayor parte de la construcción de viviendas de interés social en México, la información es representativa.

Tabla III. Materiales empleados en la construcción de vivienda en Nuevo León.

Capítulo	Concepto	Material
<i>Sub – estructura</i>	Cimentación	Concreto ciclópeo
	Firmes	Concreto simple de 100 o 150 kg/cm ²
	Cadenas de cimentación	Concreto armado
<i>Estructura</i>	Muros	Bloque de concreto (tabicón)
	Castillos	Concreto armado
	Cerramientos y remates	Concreto armado
	Entrepisos y cubiertas	Otros sistemas con prefabricados de concreto u otro material
<i>Acabados</i>	En pisos	Fino de cemento con acabado pulido
	Muros aparentes	Bloque de concreto (tabicón)
	Con recubrimiento	Aplanado de mezcla, mortero o pasta
	Acabado final	Pintura vinílica
<i>Impermeabilización</i>	En desplante de muros	No se usa
	En cubiertas de azoteas	Aislante térmico de poliuretano
<i>Instalaciones</i>	Hidráulicas	Tubería de hierro galvanizado en exteriores
	Sanitarias	Ramaleos exteriores de concreto, ramaleos interiores de P.V.C rígido
	Eléctricas	Tubería metálica o de plástico oculta
<i>Complementos</i>	Puerta de acceso	Lámina de acero pre – pintada con relleno rígido
	Puerta de cocina	Lámina de acero pre – pintada con relleno rígido
	Herrería (ventanas)	Perfiles tubulares de lámina, jambas de aluminio y persianas
	Puertas de intercomunicación	
	Muebles y accesorios de baño	Lavabo e inodoro de cerámica porcelanizada, de línea económica

Fuente: Subdirección Técnica INFONAVIT, 1984.

En la tabla se incluyeron las instalaciones y los complementos, dado que son determinantes en la modulación, el diseño y en las técnicas constructivas para todo proyecto de vivienda. Se aprecia el predominio del concreto en los elementos constructivos de la sub – estructura, en la estructura y en los acabados. Por ser de menor costo que otros materiales como el ladrillo rojo recocido y el concreto armado, destaca que la piel de las viviendas es construida con bloque de concreto.

Una vez explicados los materiales comúnmente empleados en la construcción de vivienda, se procede a presentar el tema de la arquitectura de tierra, que es parte central de ésta investigación de tesis.

4.2 Arquitectura de tierra

Según estudios realizados por Berge (2001), en las condiciones económicas actuales la construcción con tierra resulta muy costosa porque la mano de obra especializada escasea, sin embargo, la tierra es un material más que adecuado para la construcción por diferentes razones:

- Es un recurso abundante en el mundo y puede obtenerse en el sitio.
- Requiere menos energía en los procesos de producción.
- Ejecutado adecuadamente, un elemento de tierra tiene un tiempo de vida extenso.
- Los métodos de construcción son sencillos, haciendo posible la autoconstrucción.
- Los edificios de tierra crean un clima interior agradable por sus propiedades de regulación de humedad.
- Se puede reciclar con mayor facilidad que otros.

Para construir, la tierra está disponible en cantidades casi ilimitadas y en cualquier lugar del mundo. Ciertos autores como McHenry (1989) afirman que los mejores tipos de suelo existentes son los francos, los franco – arenosos y los arenosos, y que su selección depende del sistema constructivo a emplear (Tabla IV). Otros autores como Berge (2001)

consideran que la mejor materia prima para la construcción con tierra es la tierra marina arcillosa.

Tabla IV. Tipos de suelos según proporciones de combinación.

Tipo de suelo	Porcentaje (%)		
	<i>Arena</i>	<i>Limo</i>	<i>Arcilla</i>
1. Arcilloso	20	20	60
2. Franco – arcilloso	30	30	40
3. Franco	40	40	20
4. Franco – arenoso	65	20	15
5. Arenoso	90	5	5
6. Franco – limoso	20	65	15
7. Limoso	5	85	10

Fuente: McHenry, 1989.

La tierra puede utilizarse en su estado natural, y puede combinarse con estabilizadores como el cemento o el betumen para aumentar la cohesión. En cuanto a sus propiedades térmicas, la tierra tiene un valor bajo de aislamiento térmico, pero una capa suficientemente gruesa provee una protección adecuada contra los cambios de clima en el exterior. Para mejorar las cualidades térmicas de este material, se le añaden agregados u otros elementos como fibras o paja (Berge, 2001).

La humedad representa un gran problema para las estructuras de tierra. En una capa horizontal de tierra el agua penetra máximo unos 50 centímetros. Resalta que las tierras que contienen gran cantidad de arcilla, aún en capas delgadas, son muy impermeables (Berge, 2001).

La única fuente contaminante de la construcción con tierra es el polvo; además de las vibraciones de las máquinas de apisonamiento que pueden ocasionar daños físicos a los trabajadores (Berge, 2001).

La elección del lugar donde se va a edificar una construcción de tierra es vital, porque ésta resulta más económica en zonas que dispongan de suficiente terreno para extraer material. Los bancos de material se ubican generalmente en zonas rurales o suburbanas (Autosuficiencia Revista Digital, abril 2004) porque como ya se mencionó el transporte es costoso.

Las técnicas básicas de construcción con tierra son el apisonado y la fabricación de bloques de adobe. De la primera técnica se derivan variantes como el tapial con paja, y el

tapial estabilizado (Cob), y de la segunda se derivan el bloque de tierra comprimida y las bolas de tierra (Bardou, 1981). Las principales técnicas se describen brevemente en los siguientes párrafos.

a) Adobe

Según Guerrero (1994), la construcción con adobe presuntamente tiene su origen en el antiguo Egipto y fue perfeccionada y difundida por los musulmanes desde la India hasta España y el resto de Europa.

El adobe es un sistema constructivo sencillo que consiste en la fabricación de bloques con una tierra arenosa arcillosa (Figura 19), con ayuda de moldes sencillos de madera (Bardou, 1981).

La tierra se mezcla con materiales como fibra vegetal, paja seca, cáñamo, hojas secas y virutas de madera, que proporcionan cohesión interna, y la mezcla se deja fermentar unos días para proceder a la fabricación de las piezas.

Los bloques resultantes se dejan secar al sol de dos a tres semanas (Figura 20). El resultado son bloques con una resistencia de 10 a 15 kg/cm². El tamaño de los bloques varía según el molde utilizado. En México la medida más usual es de 40 x 30 x 8 cm (Guerrero, 1994).



Figura 19. Cortado manual de adobes.

Fuente: Medellín, 1990



Figura 20. Secado de los bloques de adobe.

Fuente: Medellín, 1990

Una de las grandes ventajas del adobe es su versatilidad, al permitir incluso formas abovedadas y circulares. Además, la cantidad de energía y contaminación involucrada en el proceso de manufactura del adobe es mucho menor que en otros materiales como el

ladrillo recocido. Como desventajas, está la fragilidad de las piezas, por lo que se vuelve necesario prestar especial atención en la selección de los materiales y en la ejecución de la obra. También es vulnerable ante movimientos sísmicos y la humedad (Guerrero 1994).

En respuesta a la necesidad de amortiguar las fallas del adobe como material, en México, la empresa *Adobevai* comercializa en Monterrey, Nuevo León, un tipo de adobe estabilizado sin cemento cuyos bloques miden 20 x 10 x 30 cm. Se realiza la mezcla de tierras, arcillas, agua y aditivos estabilizadores, para después vaciarla en moldes metálicos y permitir su secado a la intemperie (Adobevai, mayo 2006). Las ventajas que presentan los bloques estabilizados de adobe son su capacidad térmica, un aislamiento acústico y una menor absorción de humedad.

b) Tapial (tierra compactada o tierra apisonada)

Los orígenes históricos del tapial se remontan a la zona conocida antiguamente como Aridoamérica, que abarcaba parte del norte de México y del sur de los Estados Unidos. La ciudad de Paquimé (Figuras 21 y 22), en la zona arqueológica de Casas Grandes, Chihuahua fue la culminación del desarrollo de ésta tecnología. Se fundó alrededor del 700 d. C. y su decadencia sucedió por el año 1250 (Guerrero, 1994).

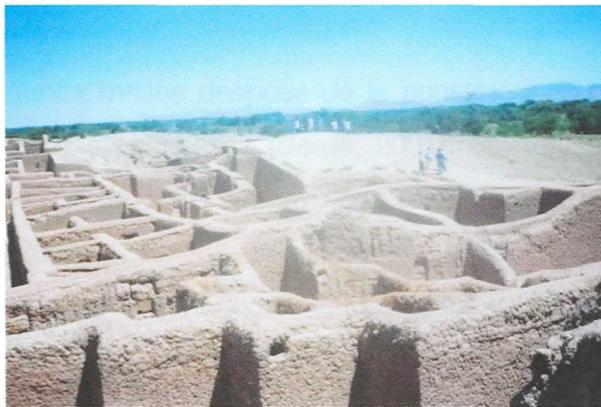


Figura 21. Zona habitacional prehispánica en Paquimé, Chihuahua.

Fuente: Gómez Dávila, 1996



Figura 22. Detalle de edificio en Paquimé, Chihuahua.

Fuente: Gómez Dávila, 1996

En la actualidad, este sistema consiste en la construcción de bloques seccionales cuyas medidas usuales son de 1.50 a 3.00 metros de largo, por 1 metro de alto, por 0.50 metros de ancho; con tierra compactada dentro de una cimbra o encofrado que se va desplazando conforme se concluye cada sección (Figura 23). El grosor del muro depende de la separación del molde (Figura 24), cuyas partes van fijadas con postes amarrados por piezas atornilladas de acero en la parte superior, y puntales en la parte inferior (Guerrero, 1994). El mínimo recomendado es de 50 centímetros, para "crear la masa termal adecuada que proteja a los habitantes contra temperaturas extremas" (Inmobiliare Magazine, abril 2006).

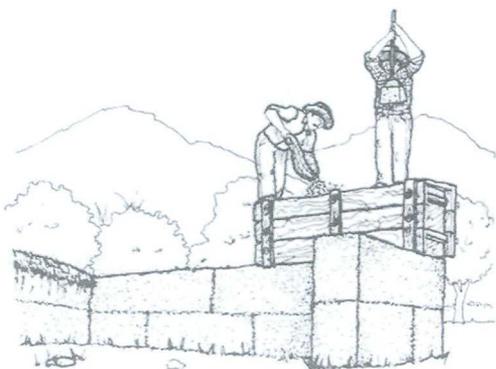


Figura 23. Ilustración del proceso tradicional de apisonamiento de la tierra.

Fuente: Guerrero, 1994

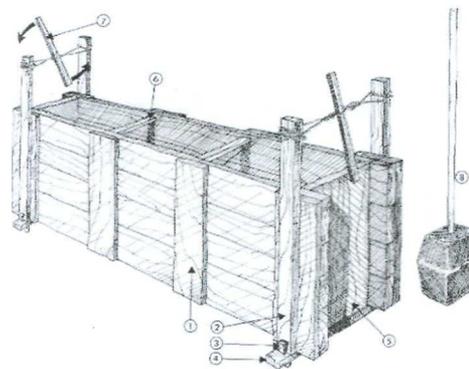


Figura 24. Herramientas para el apisonado.

1) Tapial lateral, 2) montante, 3) cuña de madera para fijar montantes, 4) travesaño sobre el que se fijan los montantes, 5) tablas del extremo, 6) separador, 7) madera y cuerda de ajuste de los montantes y 8) pisón o apisonador.

Fuente: Bardou y Arzoumanian, 1981

Algunos meses después de la construcción, es factible acanalar los muros para las instalaciones necesarias (Berge, 2001). Sin refuerzo, el tapial tiene una resistencia a la compresión de 19.27 kg/cm², con refuerzo de paja alcanza los 15.32 kg/cm² (Casas de barro, 2000).

El uso de cemento como estabilizador amplió sus posibilidades de uso a prácticamente cualquier región porque hace casi innecesaria una impermeabilización posterior. Francis MacDonald y C. Williams - Ellis proponen el Cob (Figuras 26 y 27), una alternativa para proteger los muros de tierra economizando cemento. Se coloca en el exterior del muro una capa de suelo - cemento de 8 cm de espesor, y tierra suelta en el interior que se apisona posteriormente (Autosuficiencia Revista Digital, abril 2004).

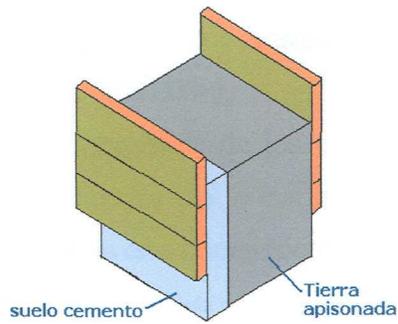


Figura 25. El Cob, una variante del tapial.
Fuente: Autosuficiencia Revista Digital, 2004

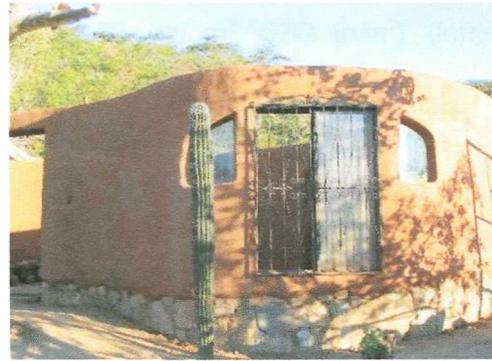


Figura 26. Casa construida con Cob en San Bartolo, México
(Enero y febrero de 2004). Fuente: Cobworks, 2000.

Guerrero (1994) enlista varias ventajas del tapial, por ejemplo que en su ejecución se requiere poca madera y agua, que no presenta pudrimiento ni parásitos porque no incluye materia orgánica, que los muros resultantes no se contraen ni deforman conforme se secan, y que los muros son homogéneos y resistentes al calor.

Por otro lado, las desventajas más significativas son la necesidad de protección contra la lluvia durante el periodo de secado y que requiere de una cimentación hermética para evitar la humedad y la rigidez formal (Bardou y Arzoumanian, 1981).

c) *Bloque de tierra compactada (BTC)*

El Bloque de Tierra Compactada (BTC) ó Compressed Earth Block (CEB, por sus siglas en inglés) es una variación moderna del adobe. La antigüedad de los BTC se remonta a la década de 1950 en Colombia, cuando Raúl Ramírez inventa la primera máquina prensadora de tierra, la *Cinva Ram* (Inmobiliare Magazine, abril 2006). También se conocen como bloques de suelo - cemento, o de tierra - cemento, que una vez humedecida y compactada se convierte en un material de gran resistencia (Moia, 1978).

Algunas diferencias entre el adobe y el BTC, es que éste último se fabrica con una máquina manual o mecánica, y que la tierra se mezcla con un estabilizador como cemento o cal, para reducir el daño que el agua puede causar a los muros de BTC (Inmobiliare Magazine, abril 2006).

El estabilizador también otorga una resistencia mayor; en pruebas realizadas a los BTC se ha obtenido una resistencia promedio de 52.73 kg/cm^2 (750 lb/in^2) (Inmobiliare Magazine, abril 2006).

La composición de los bloques varía según el fabricante. Por ejemplo, el BTC de la empresa Tierra y Cal, encabezada por James Hallock. Este bloque se compone en un 60% de suelo con alto contenido de arcilla, un 35% de arena y un 5% de cal como estabilizador. Se han empleado en algunas viviendas del conjunto Villas de Loreto Bay en la ciudad de Loreto, Baja California Sur en México (Figura 27).



Figura 27. Vista exterior y vista interior de una casa en Villas de Loreto Bay.

Fuente: Loreto Bay Company, 2007.

La competencia directa de los BTC son los elementos fabricados con cemento y acero, los bloques de cemento, la losa de concreto, los mosaicos de cemento y los cerámicos (comunicación personal con Cabrero, 2006), porque todavía hay resistencia cultural ante el material y porque la inversión inicial en la maquinaria puede ser costosa.

Por otro lado, la fabricación en serie de los bloques permite la obtención de piezas de tamaño y calidad homogéneos, y la agilización de la producción. También contribuye con la rapidez de ejecución de la construcción y en los ahorros en los costos, porque se requiere solamente una mezcla fina en lugar de una gruesa junta de mortero.

La empresa Hydraform también fabrica bloques de tierra comprimida y la maquinaria para su manufactura. Dado que estos bloques son de interés para ésta investigación, en los siguientes apartados se ahonda en sus procesos de fabricación y de construcción para comprender correctamente el sistema antes de aplicarlo en el anteproyecto de vivienda.

4.3 El sistema constructivo de bloque de tierra comprimida Hydraform

Hydraform África, fundada en Sudáfrica en 1988 por Jochen Kofahl y Robert Plattner, es una empresa que opera en una planta de 2,000 m² ubicada en Midrand, Sudáfrica (Figuras 28 y 29). En la planta actualmente emplean cinco máquinas prensadoras que fabrican hasta 200,000 bloques por mes. Siete trabajadores capacitados logran producir 1,600 bloques por máquina en un día (Hydraform África, marzo 2006).



Figura 28. Oficinas centrales de Hydraform.
Fuente: Hydraform África, 2006.



Figura 29. Planta de Hydraform en Midrand, Sudáfrica. Fuente: Hydraform África, 2006.

El sistema constructivo y la maquinaria Hydraform, se utilizan en cuarenta países en el mundo como la India, Estados Unidos, Argentina, Libia y México. Los bloques se emplean principalmente en la construcción de vivienda, escuelas y edificios, en uno o varios niveles (Figuras 30 y 31).



Figura 30. Vivienda moderna.
Fuente: Hydraform África, 2007



Figura 31. Edificio de varios niveles.
Fuente: Hydraform África, 2007

La peculiaridad de estos bloques es su sistema de ensamble de junta - candado y que se apilan en seco (Hydraform África, marzo 2006) como se aprecia en la Figura 32.

Las máquinas prensadoras también son fabricadas por la empresa, y en cada máquina se pueden adaptar los diferentes moldes que dan forma a los distintos tipos de BTC que comercializa Hydraform (Figuras 33 y 34). Son fáciles de trasladar y la empresa también capacita trabajadores en la técnica (Hydraform África, marzo 2006).

Funcionan con tres fuentes de energía: con un motor integrado de diesel; con un motor eléctrico integrado; o con una fuente de energía independiente, como un tractor (Potencia Hidrostática, 2000).

El uso de combustibles genera contaminación y aunque la máquina requiere combustible sólo son necesarios 37.85 litros (10 galones) de diesel para producir 3,000 bloques. Si se sustituye el diesel por biodiesel se reduce la contaminación empleando un producto de desecho (Earth Block Inc., 2007).



Figura 32. Ensamble tipo junta - candado y apilado en seco de los BTC Hydraform.
Fuente: Hydraform África, 2007.



M7 ExM

Fuente de energía: Diesel
Producción: 1,500 bloques/jornada 8 hrs.
Peso: 1,400 kg.

Figura 33. Prensadora M7 ExM.
Fuente: Hydraform África, 2007



M7

Fuente de energía: Diesel
Producción: 1,500 bloques/jornada 8 hrs.
Peso: 870 kg.

Figura 34. Prensadora M7.
Fuente: Hydraform África, 2007

En cuanto a la energía incorporada en la manufactura de los bloques, un muro de adobe de 3.05 x 3.05 metros (10 x 10 pies) requiere 0.76 litros (0.2 galones), en comparación a los 22.71 litros (6 galones) requeridos para un muro de las mismas dimensiones construido con marcos de madera (Earth Block Inc., 2007).

En su país de origen éste sistema constructivo es ampliamente empleado y aceptado. Dado que el objeto de ésta investigación es en el contexto nacional, ¿cuál es el estatus de éste sistema constructivo en nuestro país?

4.3.1 Hydraform en México

La empresa mexicana Potencia Hidrostática S.A. de C.V., encabezada por el Lic. César Madero, introdujo los BTC del sistema Hydraform en México. Comenta el Lic. Madero, que en cuanto un cliente solicita la máquina bloquera, se hace un presupuesto y se manda la orden a la filial sudafricana, tardando aproximadamente seis meses en llegar a México. Además del costo de la maquinaria se cobran gastos por concepto de importación y utilidades.

Según Madero; son las administraciones públicas estatales, como la de Zacatecas y Guanajuato, las que han encontrado este sistema constructivo de utilidad para programas estatales de vivienda.

La Tabla V trata sobre las especificaciones técnicas de los BTC Hydraform que se utilizan en México, donde se aprecian diferencias en las medidas del largo de los bloques HF 220 y HF 140, respecto de su equivalente sudafricano.

Tabla V. Especificaciones técnicas de los bloques Hydraform utilizados en México.

Bloques Hydraform		
	HF 220	HF 140
Uso	Muros externos	Muros internos
Ancho	220 mm (9 pulgadas)	140 mm (6 pulgadas)
Largo	50 a 240 mm	50 a 220 mm
Alto	115 mm	115 mm
Peso	12 kg	8 kg

Fuente: Potencia Hidrostática, 2000

Las ventajas del sistema de construcción Hydraform son varias. La producción de los BTC es más barata que la del ladrillo porque se utiliza un material abundante, y los costos de transporte se reducen cuando se fabrican en el sitio y se utiliza mano de obra local. Además, dado que los bloques se fabrican mediante compresión, no es necesario consumir carbón o madera, cuya combustión provoca emisiones dañinas al ambiente (Potencia Hidrostática, 2000).

En cuanto al empleo de materiales, se ahorra costo porque el mortero sólo se emplea para los cimientos y vigas de soporte (Potencia Hidrostática, 2000). El uso de los bloques es sencillo y por lo tanto la capacitación de los trabajadores es bastante rápida, y por lo mismo de su sencillez, se hace más rápida la construcción.

Una vez aclarada la situación del panorama general del sistema constructivo Hydraform en México, es importante describir con claridad cómo funciona, desde la selección de las materias primas, hasta el proceso de construcción.

4.3.2 Descripción del sistema constructivo Hydraform

El sistema de los BTC es apropiado como un modo de transición desde el uso en la vivienda social de materiales consolidados como el concreto, el ladrillo y el bloque de concreto, hacia el empleo de materiales de tierra. Primero, por sus propiedades físicas y térmicas (Anexo G); segundo porque la mano de obra no requiere una capacitación muy especializada ni equipos muy complicados de utilizar; tercero, porque la manufactura de los bloques no requiere grandes cantidades de agua; y cuarto, porque la homogeneidad de las piezas permite buenos acabados.

Las características de cada bloque son de vital importancia para entender el funcionamiento del sistema en su totalidad, por ello, en el siguiente apartado se explican las características propias de cada pieza.

4.3.3 Características del bloque Hydraform

El concepto de Hydraform se basa en unidades de bloques modulares (Figura 35) que embonan entre sí tanto en sentido horizontal (cresta) como vertical (fondo), lo que se conoce como sistema de junta-candado, para formar elementos de albañilería (Nirman, 1999) como muros y techos. El bloque puede fabricarse para dos grosores de muro, 220 x 240 x 115 mm para exteriores, y 140 x 220 x 115 mm para interiores. Según las necesidades del proyecto, también se pueden emplear medios y cuartos de bloque.

En el Manual de Entrenamiento Hydraform (Hydraform Training Manual, 2005) se indica que para que pueda catalogarse como bueno, cada bloque debe cumplir con ciertas características. Por ejemplo, la superficie debe ser lisa y uniforme, con bordes perfectos; el tamaño debe ser consistente con el de otros bloques del mismo lote y debe estar libre de cuarteadoras. Además, después del curado, el encogimiento de la pieza deberá ser menor al 0.015%. Es importante que cada pieza embone perfectamente con otros bloques para formar un elemento constructivo uniforme y hermético. Cada lote de bloques debe cumplir con los estándares de resistencia estructural, compresiva y de erosión.

En la Figura 36 se pueden observar los cuatro tipos principales de bloques, el de muros exteriores, el de muros interiores, el bloque para conductos e instalaciones y un bloque especial de cumbrera para techos a dos aguas.

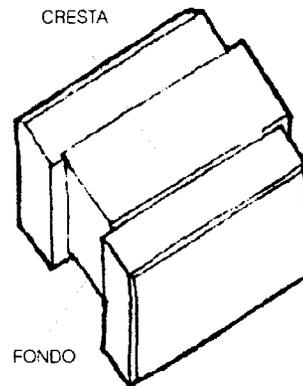


Figura 35. Unidad de bloque modular Hydraform.

Fuente: Hydraform Training Manual , 2005.

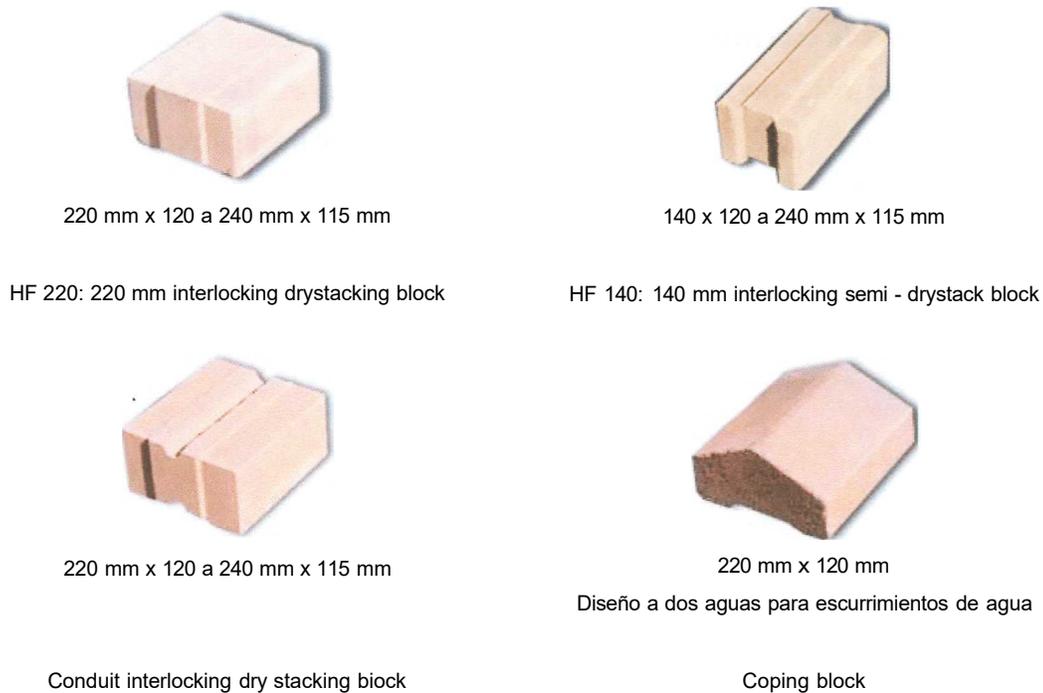


Figura 36. Los cuatros tipos de bloques Hydraform. Fuente: Hydraform África

Dentro de un mismo lote de bloques puede haber variaciones de alrededor de los 5 mm en la longitud de cada pieza. Esto puede suceder por diferencias en el contenido de humedad de la mezcla de tierra o por diferencias en el volumen de la mezcla utilizada para cada bloque.

4.3.4 Materias primas para la producción de los bloques

4.3.4.1 Tierra

Recordando lo que se mencionó con anterioridad, para McHenry (1989) los mejores suelos son aquellos compuestos en un 40% de arena, 40% de limo y 20% de arcilla. En el documento *Sistema de Construcción Hydraform*, proporcionado por la Ing. Claudia Valverde López del Departamento Técnico de Hydraform en Latinoamérica (comunicación personal con Valverde, octubre 2007), se determina que los mejores suelos para los bloques son las lateritas o lamas.

La composición óptima de la tierra para bloques de tierra comprimida, específicamente los de Hydraform, se muestra en la Tabla VI, donde se observa que el elemento individual de mayor porcentaje es la arena gruesa con un 30% de la composición, mientras que el de menor porcentaje es la grava fina con un 7%.

Tabla VI. Composición óptima de la tierra para BTC's Hydraform.

Tipo de partícula	Dimensión del grano (mm)	Porcentaje óptimo (%)
Grava fina	2.0 – 4.0	7
Arena gruesa	0.2 – 2.0	30
Arena fina	0.02 – 0.2	23
Cieno	0.002 – 0.02	20
Arcilla	Menor a 0.002	20

Fuente: Hydraform Training Manual, 2005.

Para conocer las pruebas comunes para la selección de suelo apropiado se recomienda consultar el Anexo F.

a) Disponibilidad del material en el municipio de Monterrey

De acuerdo a la carta edafológica G14C26 del INEGI, correspondiente al municipio de Monterrey, se identificaron las zonas donde puede obtenerse la materia prima (Figura 37).

En éste caso, el Punto de Control No. 12 en la carta edafológica indica la zona en el Área Metropolitana de Monterrey más cercana a Valle INFONAVIT donde hay el tipo de suelo franco (40% arena, 40% limo y 20% arcilla), que es adecuado para la manufactura de BTC. No se localizaron suelos franco – arenosos (65% arena, 20% limo y 15% arcilla) ni arenosos (90% arena, 5% limo y 5% arcilla).

Este punto de control corresponde al Parque La Pastora, que está aproximadamente a 15.51 km, en línea recta, o 24.09 km, siguiendo vías vehiculares, de distancia a la colonia de estudio (ambas medidas tomadas con la herramienta computacional Google Earth, 2007), lo que implica la necesidad de transportar con vehículos la materia prima.



Figura 37. Zona de estudio y punto de control en carta edafológica de Monterrey y San Pedro Garza García.

Fuente: Carta edafológica INEGI, 2007.

Movilizar un vehículo desde el banco de material hasta el sitio de interés implica añadir el costo del flete y del combustible, además del tiempo invertido en el traslado. Suponiendo un recorrido constante de 80 km/h, se recorrerían los 24.09 km en 18.06 minutos (24.09 km/80 km x 60 min). Esto significa un aspecto desfavorable para la implementación del bloque de tierra en dicha zona. Por citar un ejemplo, el Instituto de la Vivienda de Nuevo León aportó un lote de adobloques para la construcción de un pie de casa en el ejido de San Felipe. Según estimaciones del ITESM, cada bloque tiene un costo aproximado de 4 pesos, mismo que se incrementa en un 100% por el traslado de 60 km desde la ciudad de Monterrey hasta el ejido.

Para amortiguar la problemática del transporte, se pueden adecuar los suelos de la zona cuya composición sea cercana a la ideal. Cuando la tierra es excesivamente arcillosa o arenosa se agrega el material faltante para lograr la composición apropiada. Por ello, consultando la carta G14C25 correspondiente al municipio de San Pedro Garza García (donde continúa el municipio de Monterrey), el Punto de Control No. 12², correspondiente a las zonas de San Jorge y Nuevo Morelos, indica que el suelo de la zona donde se emplaza la colonia Valle INFONAVIT es tipo arcilloso, con una composición de 22% de arena, 30% limo y 48% de arcilla. Es decir que se tendría que agregar arena y limo para compensar el

² Este Punto de Control No. 12 corresponde a la carta edafológica del municipio de San Pedro, es decir, es distinto al Punto de Control No. 12 de la carta edafológica del municipio de Monterrey.

contenido de arcilla. Además, el costo de transportar arena y limo sería menor considerando los bancos cercanos al punto de la obra.

Esta estrategia de mejora de los suelos resulta apropiada ya que de esa manera se reduce el transporte de materia prima, sobre todo que se puede aprovechar la tierra del mismo lugar. Esto coincide con una investigación del Instituto Zacatecano de la Vivienda que sugiere que el 60% de los suelos en el país son susceptibles de ser empleados en la construcción.

4.3.4.2 Estabilizador

Un estabilizador modifica y mejora las propiedades de la mezcla con tierra para cumplir ciertos requisitos constructivos, eleva la resistencia a compresión y la resistencia al agua. Generalmente, para tierras arenosas se utiliza cemento como estabilizador, y para tierras arcillosas se emplea cal. La cantidad de cemento agregado depende de la composición de la tierra, misma que debe analizarse previo a la producción de los bloques. Para los bloques Hydraform se utiliza el cemento como estabilizador en un rango entre 4 y 10% del peso de la tierra en seco.

4.3.4.3 Agua

El agua utilizada en la producción de los bloques debe estar limpia. Las aguas negras contienen materia orgánica que afectaría las propiedades del material por sus procesos de putrefacción. El contenido de humedad varía entre un 8 y un 12% dependiendo del tipo de suelo, pero el consumo promedio de agua es de aproximadamente un litro por bloque, según se indica en el documento *Sistema de Construcción Hydraform* (Valverde López, octubre 2007).

4.3.4.4 Proporciones de la mezcla para los bloques

La siguiente tabla (Tabla VII) muestra las proporciones de la mezcla de tierra y cemento, de acuerdo a la resistencia que se quiera lograr.

Tabla VII. Proporciones de la mezcla para BTC.

Resistencia del bloque	Cemento (partes)	Tierra (Partes)
Mezcla 1: 5% de cemento ($\pm 4 \text{ MPa}^3 = 40 \text{ Kg/cm}^2$)	Una parte por uno	Una parte por 20
Mezcla 2: 6% de cemento ($\pm 5 \text{ MPa} = 50 \text{ Kg/cm}^2$)	Una parte por uno	Una parte por 16
Mezcla 3: 8% de cemento ($\pm 7 \text{ MPa} = 70 \text{ Kg/cm}^2$)	Una parte por uno	Una parte por 12

Fuente: Hydraform Training Manual, 2005.

En el caso particular de México, el licenciado César Madero, director de la empresa Potencia Hidrostática en Torreón, Coahuila, comenta que en un estudio granulométrico se puntualiza que el contenido de cemento deberá fluctuar en un rango entre 4% y 7% por volumen seco para alcanzar una resistencia de $\pm 40 \text{ Kg/cm}^2$, y un rango de un 7% a un 10% para alcanzar la resistencia de $\pm 70 \text{ Kg/cm}^2$, lo que es consistente con la Tabla VII. Esto considerando que el volumen por bachada (ciclo) es de 140 litros.

4.3.5 Proceso de producción de los bloques

Como se explica en el video informativo proporcionado por Potencia Hidrostática (2005), en una planta de producción puede haber hasta dos máquinas bloqueras, cada una produciendo hasta 240 bloques por hora.

³ Un *mega pascal* (MPa), es igual a 1,000,000 de Pascales. El Pascal es la unidad de presión del Sistema Internacional de Medidas. Se define como la presión que ejerce una fuerza de 1 Newton sobre una superficie de 1 m² normal a la misma. 1 MPa = 10 Kg/cm² = 1000 kPa = 145 Psi. Fuente: Hydraform Training Manual, 2005; Convert World, 2007.

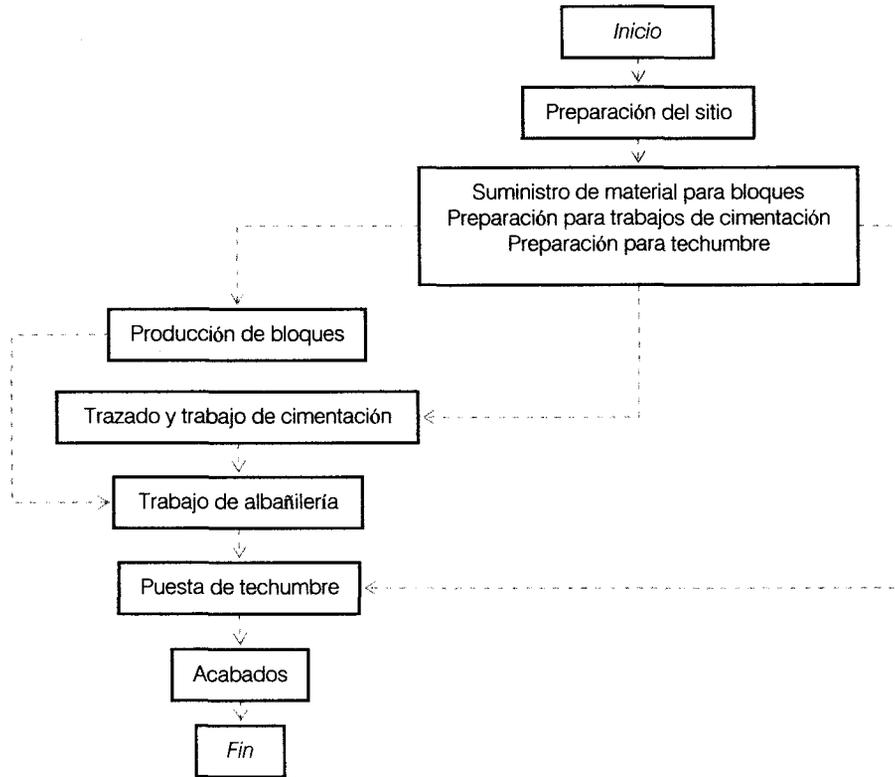


Figura 38. Diagrama de flujo de operación productiva de bloques Hydraform.

Fuente: Hydraform Training Manual, 2005.

En el diagrama de flujo que se muestra en la Figura 38 se muestra que el proceso de producción de los bloques comienza una vez acondicionado el sitio donde se va a levantar la construcción. El suministro de material se realiza a la par de todos los preparativos previos a la cimentación y la techumbre, y de ahí se continúa con el inicio de la producción de los bloques. El resto del proceso constructivo es similar al de otros materiales como la mampostería.

Para producir los bloques de tierra comprimida se debe preparar la tierra cribándola manual o mecánicamente, para posteriormente tamizarla y procesarla hasta conseguir la composición óptima. La mezcla de tierra - cemento debe revolverse en seco, preferentemente tres veces, para homogeneizarla. La tierra se mide en carretillas y el cemento se mide en volumen por cubetas, y ambos se vacían en una mezcladora (Figura 39), cuando la criba es mecanizada (Video Hydraform, 2005).

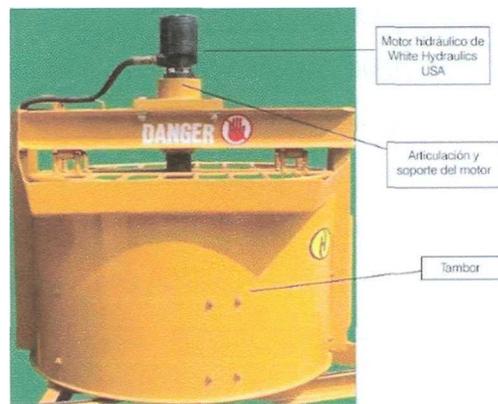


Figura 39. Mezcladora mecánica Hydraform.
Fuente: Hydraform Training Manual, 2005.

Se agrega un mínimo de agua para humedecer la mezcla (Video Hydraform, 2005). Ésta debe agregarse poco a poco mientras se revuelve la tierra, y posteriormente se examina el contenido de humedad

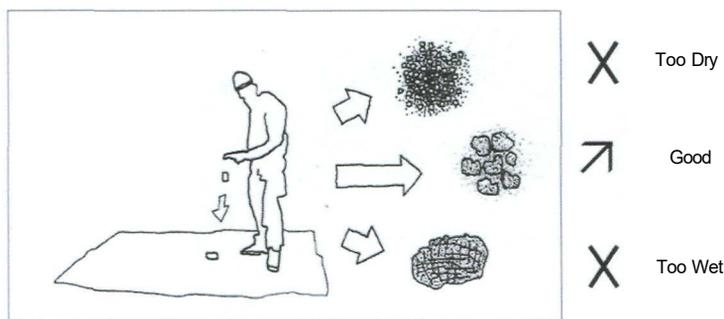


Figura 40. Prueba de la bola.

Fuente: Hydraform Training Manual, 2005.

mediante la *prueba de la bola o de la caída* (Figura 40). La prueba consiste en formar una pequeña bola con una muestra de la mezcla, misma que se deja caer desde la altura de la cintura. Si la bola se despedaza, la mezcla está muy seca; si se troza en cinco

o seis piezas, entonces el contenido de humedad es correcto; y si no se deshace o suelta muy pocos pedazos, está muy húmeda (Hydraform Training Manual, 2005).

Cuando la mezcla está lista, se descarga en el suelo y se transfiere con cubetas al contenedor de la máquina. De ahí, la tierra pasa a la cámara de compresión en donde caben aproximadamente 10 litros de mezcla de tierra y cemento. Es importante que se utilice la mezcla dentro de la siguiente hora después de haberse revuelto para mantener la consistencia óptima (Manual Hydraform, 2001).



Figura 41. Almacenaje y curado de los BTC
Hydraform.

Fuente: Hydraform Training Manual, 2005.

Cada bloque es medido para asegurar que la consistencia de la mezcla fue adecuada. A los bloques resultantes se les retira el exceso de tierra con un brocha, y son apilados y cubiertos con plástico. El curado de los bloques, con regadera manual o aspersor (Figura 41), debe ser de siete días mínimo (Video Hydraform, 2005).

La resistencia a la compresión de una pieza se mide con una unidad de ensayo (Figura 42). Esta unidad contiene un manómetro de compresión, ajustado a ceros en el sentido contrario a las manecillas de un reloj. Se aumenta la presión del cilindro hidráulico hasta que se quiebra el bloque.



Figura 42 Prueba de resistencia con unidad de ensayo. Fuente: Video Hydraform, 2002.

La resistencia se lee en el manómetro; con un 5% de cemento se alcanza una resistencia de hasta 45 kg/cm^2 , y con un 8% se logra una resistencia de hasta 80 kg/cm^2 (Video Hydraform, 2005).

4.3.6 Proceso constructivo empleando BTC Hydraform

4.3.6.1 Consideraciones previas al diseño del proyecto

La longitud de los muros y la amplitud de los claros pueden ser de cualquier dimensión siempre que se ubiquen pilares o muros adyacentes a cada tres metros (10 pies). El bloque es la unidad de modulación; por ejemplo, la altura de las habitaciones debe proyectarse en múltiplos de 115 mm (la altura del bloque). Es decir que, en vez de una altura de tres metros se consideraría una medida de 2.99 m (26 pzas x 115 mm) o de 3.105 m (21pzas x 115 mm). Del mismo modo, la altura típica de 2.10 m para dinteles cambiaría a 2.07 m (18 piezas x 115 mm) o bien a 2.185 m (19 piezas x 115 mm) (The Hydraform Construction Manual, 1999).

4.3.6.2 Preparación de los bloques antes de la albañilería

Los bloques deben estar limpios y libres de imperfecciones para asegurar que las piezas embonen adecuadamente (Figura 43). Esto para cerciorar una correcta y segura transferencia de cargas (The Hydraform Construction Manual, 1999). Se debe limpiar la superficie de los bloques con una brocha y eliminar las rebabas con una sierra pequeña. Para cortar las piezas se utiliza un cortador de bloques o cincel y martillo (The Hydraform Construction Manual, 1999).

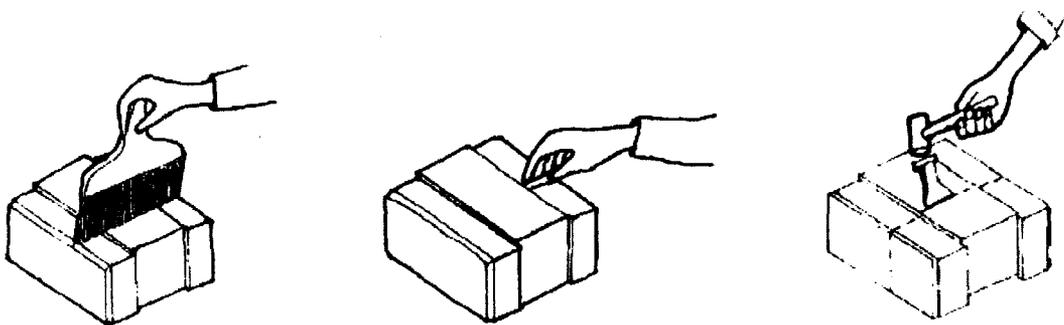


Figura 43. Limpieza, eliminación de imperfecciones y corte de un BTC Hydraform.

Fuente: Hydraform Training Manual, 2005.

4.3.6.3 Elementos constructivos

a) Cimentación

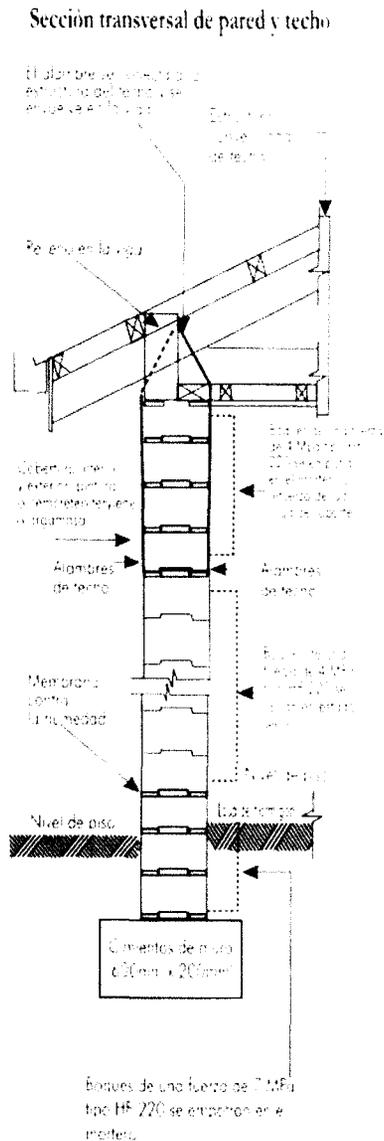


Figura 44. Corte por fachada del sistema constructivo Hydraform. Fuente: Hydraform Training Manual, 2005.

El sistema constructivo Hydraform difiere del sistema tradicional de albañilería en la aplicación de hiladas de bloques sin mortero. Los otros componentes constructivos del sistema convencional permanecen inalterados, como la cimentación.

El procedimiento para la cimentación se realiza en tres etapas: marcado del sitio, excavación y revisión de profundidades.

Una vez realizados los elementos de la cimentación, por ejemplo zapatas corridas de concreto armado, es importante colocar una *capa o membrana antihumedad* (damp – proof course) entre estos elementos y la primera capa de bloques Hydraform. Esta capa anti humedad puede ser de concreto, alquitrán o piedra, dependiendo de los materiales disponibles en el sitio. Es vital que éste basamento sea perfectamente horizontal para que la nivelación de los bloques sea adecuada (The Hydraform Construction Manual, 1999).

En la Figura 44 se aprecia un corte por fachada tipo donde se muestran los elementos constructivos principales, desde la cimentación hasta la cubierta. En éste caso particular, los cimientos mínimos recomendados tienen dimensiones de 600 x 200 mm.

Destaca en éste caso particular, que la capa anti humedad está formada con los mismos BTC Hydraform para exteriores, unidos con mortero para

evitar filtraciones de agua desde el subsuelo

En la Figura 45 se ilustra el proceso de colocación de las primeras capas de BTC sobre la cimentación de tipo zapata corrida. En éste caso, estas primeras capas de BTC con mortero corresponden a la capa anti humedad previa al arranque de los muros.

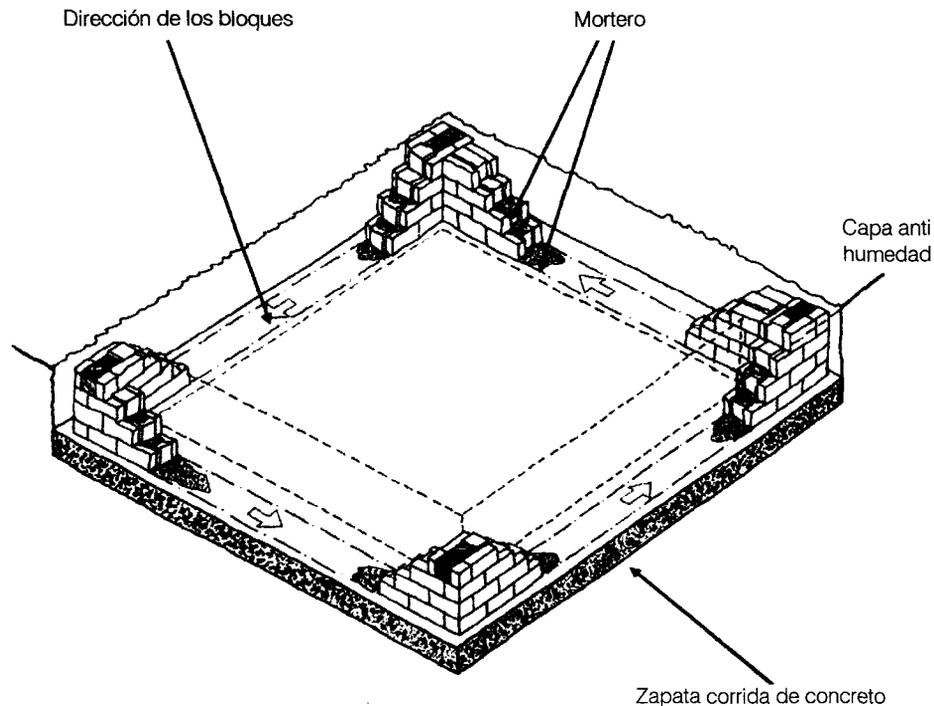


Figura 45. Cimentación para un edificio con BTC. Fuente: Hydraform Training Manual, 2005.

b) Muros, esquinas e intersecciones

Para construir muros rectos se requiere el número total de bloques completos (que es igual a la longitud del muro en milímetros sobre 220), medios y cuartos de bloque, y un cortador de bloques.

La construcción comienza desde las esquinas (Figura 46) utilizando los medios y cuartos de bloque. Para asegurar que la esquina sea perfectamente vertical se colocan postes guía (Te Hydraform Construcción Manual, 1999).



Figura 46. Configuración de una esquina con BTC Hydraform. Fuente: Potencia Hidrostática, 2000.

Según se indica en el Manual de Construcción Hydraformn (The Hydraform Construcción Manual, 2005), la primera hilada de bloques requiere mortero, y se debe revisar que esté bien nivelada. Todas las esquinas deben comenzar con un medio bloque, con el lado positivo del machihembrado raspado y dirigido hacia el exterior como se muestra en la Figura 46. Partiendo de las esquinas hacia la parte media del muro se van colocando los bloques enteros hasta completar la hilada. La Figura 47 muestra un esquema del avance de la construcción de los muros rectos desde las esquinas hacia el centro del muro.

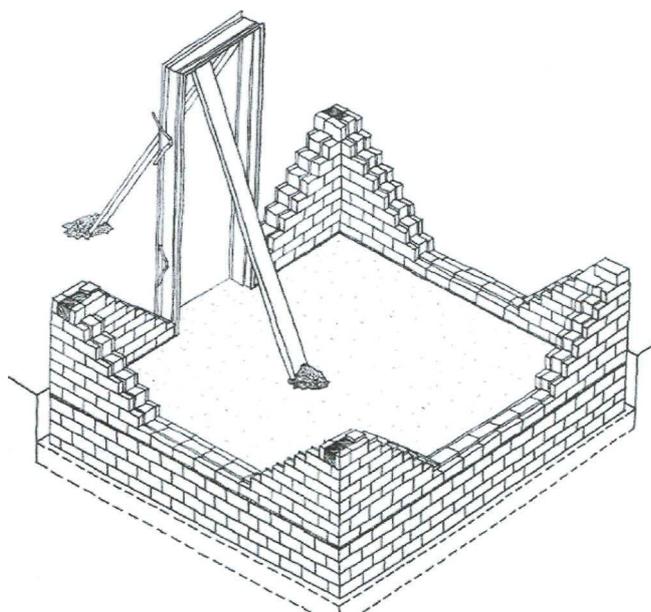


Figura 47. Construcción de muros rectos con BTC Hydraform.

Fuente: Potencia Hidrostática, 2000.

Para realizar muros curvos son necesarias piezas de distintos tamaños, según la circunferencia. Para radios menores o iguales a 1,800 mm, se utilizan medios bloques; para radios entre 1,800 y 2,400 mm se utilizan $\frac{3}{4}$ de bloque, y para radios mayores a 2,400 mm se emplean bloques enteros. El proceso comienza desde los extremos, asegurándose de que las piezas apunten en la misma dirección en el sentido horizontal. Ya que se han

acomodado todos los bloques, se unen con mortero. La siguiente hilada se realiza del mismo modo pero en dirección horizontal opuesta a la anterior.

Para las intersecciones el "L" y "T" se necesitan medios bloques y bloques completos (Te Hydraform Construcción Manual, 2005), organizados como se muestra en la Figura 48.

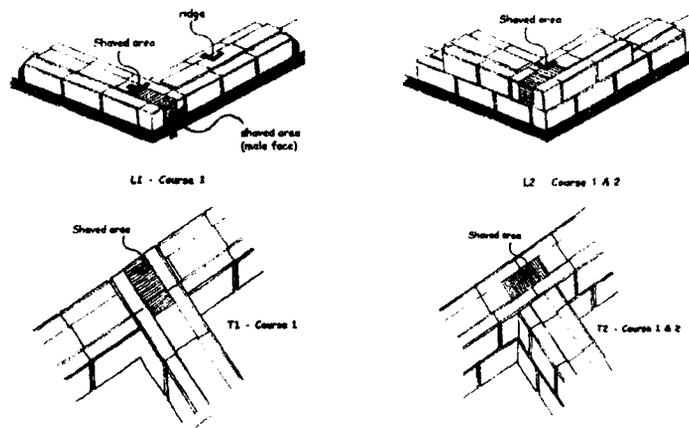


Figura 48. Intersecciones en L y T. Fuente: Hydraform Training Manual, 2005.

c) Puertas y ventanas

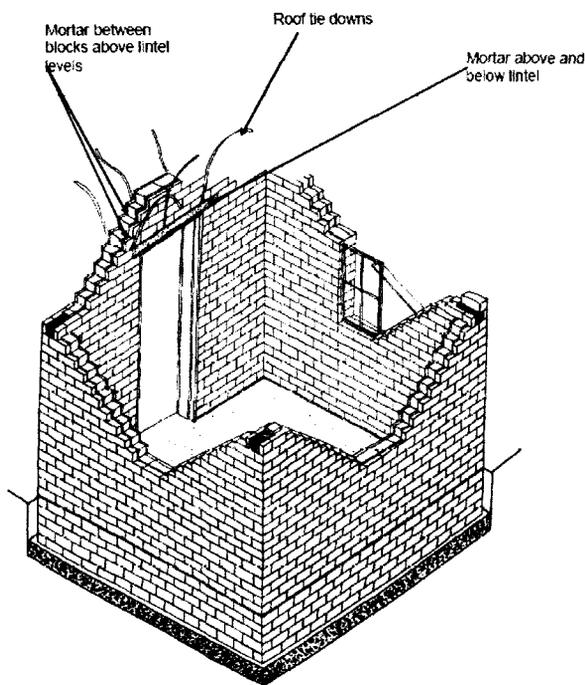


Figura 49. Disposición de marcos para puertas y ventanas.

Fuente: Hydraform Training Manual, 2005.

Los vanos de puertas y ventanas deben montarse de modo que los amarres, de longitud no mayor a los 110 mm, puedan posicionarse verticalmente en la parte media de la hilada. Para los alfeizares de las ventanas se recomienda que estos se realicen a ras de los bloques de la hilada para que el marco pueda colocarse adecuadamente. En caso de que se utilice material pétreo, la parte superior del alfeizar debe realizarse en concreto, de modo que quede al mismo nivel que la hilada correspondiente.

Para la ejecución del dintel, se

debe colocar sobre la hilada superior una capa de mortero y sobre ésta se coloca el dintel. El grosor del mortero debe ser tal que la parte superior del dintel quede al mismo nivel de la última capa de bloques (Figura 49).

d) *Techumbre y losas intermedias*

La hilada final funge como una banda de apoyo para la techumbre, por lo que se debe reforzar adecuadamente, especialmente para techos en pendiente. Para cubiertas planas se deben reforzar por lo menos las tres últimas hiladas con malla soldada o con varilla de 6 mm. También se recomienda enyesar la parte reforzada del muro hasta la losa, como se aprecia en la Figura 50. El mismo procedimiento debe hacerse para soportar losas intermedias en el caso de edificios de varios niveles.

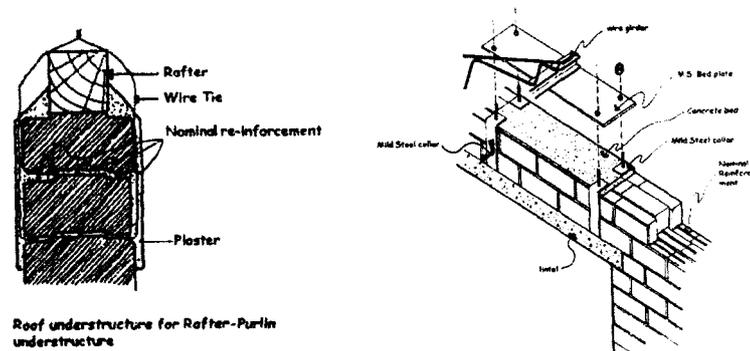


Figura 50. Construcción de la última hilada para recibir la techumbre.

Fuente: Hydraform Training Manual, 2005.

Para cubiertas en pendiente con un claro de hasta seis metros, es recomendable colocar amarres de alambre en el espaciado de las armaduras para detener el techo. Estos amarres deben hacerse entre los bloques como se ilustra en la imagen anterior.

e) *Instalaciones y acabados*

Los conductos y los alambros eléctricos se pueden dejar aparentes sobre los muros, o bien utilizar los bloques especiales que tienen un canal semicircular en sus caras superior e inferior (Figura 51).

También se pueden hacer las instalaciones del modo tradicional rasurando los muros. Sin embargo, éste último método deja marcas visibles poco agradables a la vista. Otros

servicios como plomería y desagüe pueden dejarse expuestos. Las tuberías deben recubrirse con algún repelente de agua, y las uniones deben estar perfectamente selladas para evitar daños al material por fugas.

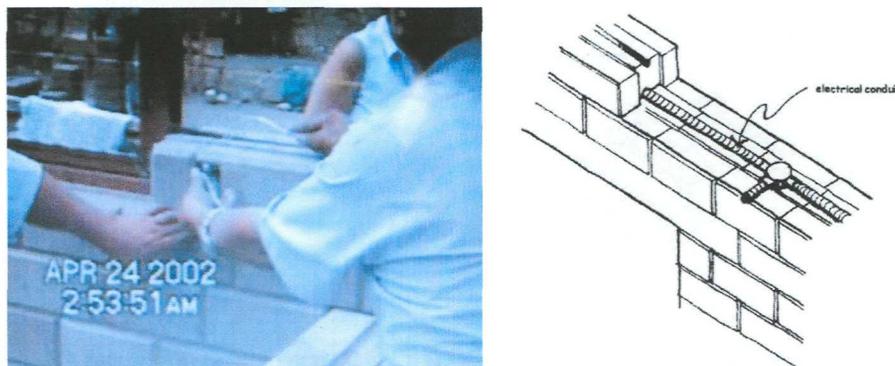


Figura 51. Ejemplo de instalación eléctrica con los bloques acanalados.

Fuente: Video Hydraform, 2002; Hydraform Training Manual, 2005

Es recomendable repellar todas las esquinas y los bordes en el exterior, sobre todo en las juntas, para descartar la posibilidad de que entre agua cuando llueva. El zoclo debe ser más alto que la unión de las primeras dos hiladas de bloques, y su borde superior debe inclinarse hacia arriba para evitar filtraciones de agua hacia las primeras hiladas (Figura 52).

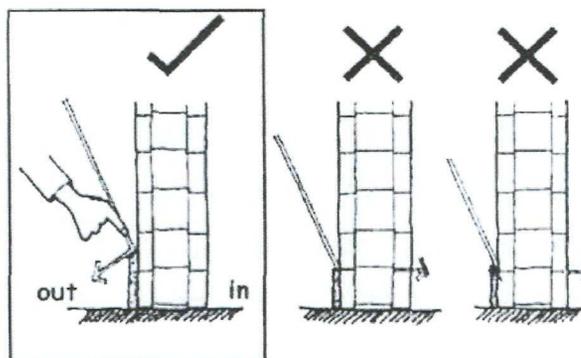


Figura 52. Zoclo exterior. Fuente: Hydraform Training Manual, 2005.

f) Arcos

Para la construcción de arcos se utilizan en general medios bloques, pero para saber la medida exacta se emplea la fórmula: $L \leq m \cdot 3.14 r / (3.14 d + m)$, donde L es la longitud del bloque; m es la medida máxima de mortero permitida en la parte superior que es 25 mm; d

es la profundidad del bloque que es de 115 mm; y r es el radio interior del arco. Por lo tanto, $4.92 L \leq r$.

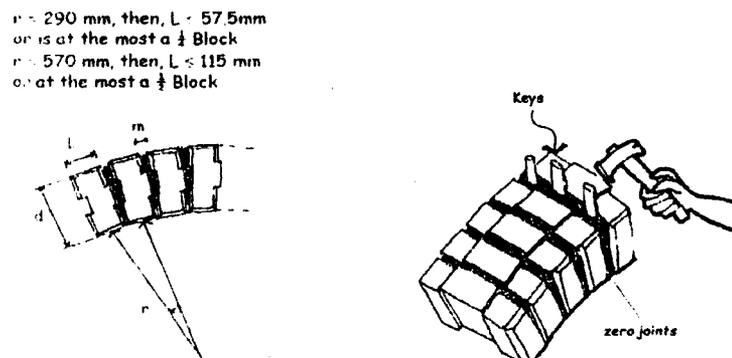


Figura 53. Construcción de arco con bloques Hydraform. Fuente: Hydraform Training Manual, 2005

En cuanto al proceso constructivo, se arma la cimbra del modo convencional de albañilería. Se comienza el arco desde los extremos hacia el centro, uniando las dovelas con mortero (Figura 53).

4.4 Normativa y reglamentación vigente en materia de vivienda para el Municipio de Monterrey

Para proponer una vivienda viable, además de las características y propiedades del material es importante considerar el cumplimiento de los reglamentos en el diseño del proyecto. Sería de mucha dificultad que se aprobara una propuesta de proyecto que pasa por alto las consideraciones marcadas por las normas constructivas.

En Monterrey, quien otorga los permisos para poder construir una vivienda o conjunto habitacional de interés social es la Dirección de Control Urbano de la Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología. Según funcionarios de ésta dependencia, no hay una normativa específica para la construcción de vivienda social, por lo que se toman en cuenta las normas asentadas en el Reglamento de Construcciones municipal vigente, los lineamientos establecidos en el Plan de Desarrollo Urbano del Municipio y las disposiciones de la Ley de Ordenamiento, como pauta para la aprobación de los proyectos.

Por su parte, para aprobar un proyecto de vivienda, el INFONAVIT solicita al oferente de vivienda que respete el Reglamento de Construcciones y además lo complementa con una serie de Normas Técnicas desarrolladas por dicha institución crediticia, mismas que se abordarán más adelante.

En los siguientes apartados se abordará la reglamentación exclusiva para vivienda, a fin de determinar si el sistema constructivo Hydraform cumple los requisitos o si ciertas reformas serían necesarias para su adecuada implementación. Lo que se abordó primordialmente fueron los lineamientos sobre materiales de construcción y sobre las dimensiones espaciales de la construcción.

4.4.1 Ley de Ordenamiento Territorial de los Asentamientos Humanos y de Desarrollo Urbano del Estado de Nuevo León

El área de Desarrollo Urbano y Obras Públicas de estado de Nuevo León presenta la Ley de Ordenamiento Territorial, en la que se establecen las “normas básicas para la planeación y regulación del ordenamiento territorial de los asentamientos humanos y la fundación, conservación, mejoramiento, ordenación y crecimiento de las áreas urbanas en el Estado” (Gobierno de Nuevo León, enero 2007), incluyendo ciertas disposiciones en materia de vivienda.

Para la vivienda unifamiliar, en el *Artículo 150* se define que el frente mínimo del terreno debe ser mínimo de 6 metros, y se exige para cada terreno destinado a vivienda, un área mínima libre de edificación de 37 m², que incluya un espacio de estacionamiento de 15 m² mínimo (Gobierno de Nuevo León, enero 2007).

Asimismo, en el *Artículo 214* se establece que los dueños de la vivienda deben preservar la fachada en buen estado para mantener un buen aspecto en la colonia.

Por otro lado, en el *Artículo 216*, se exige que las construcciones “fomenten la sustentabilidad de las mismas, es decir un máximo confort para el usuario utilizando un mínimo de los recursos naturales; en norma, en uso de energía, agua e iluminación” (Gobierno de Nuevo León, enero 2007).

4.4.2 Plan de Desarrollo Urbano del Municipio de Monterrey 2002 – 2020

La Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología (SEDUE) del Municipio de Monterrey tiene la autoría del Plan de Desarrollo Urbano. En éste plan se establecieron los “objetivos y políticas con que se van a ordenar y regular el desarrollo urbano del municipio” (Secretaría de Gobernación, enero 2007) en el periodo entre los años 2002 y 2020.

Durante el periodo de ejecución de ésta tesis, el arquitecto Pedro Sandoval (director del Departamento de Planeación Urbana de la SEDUE), sobre el desarrollo de complejos habitacionales de interés social, señaló que las zonas de Ciudad Solidaridad y La Alianza en la Delegación Norte del municipio son las zonas donde se está construyendo éste tipo de vivienda (comunicación personal con Sandoval, febrero 2007).

La Alianza está identificada con un uso de suelo Habitacional Mixto Medio, y Ciudad Solidaridad con un uso de suelo Habitacional Mixto Ligero. Esta información sirve como base para identificar los lineamientos para el *Coficiente de Ocupación del Suelo* (C. O. S), *Coficiente de Utilización del Suelo* (C. U. S) y el *área ajardinada* (C.A.S.) para el proyecto de vivienda. En cuanto a densidades, La Alianza y Ciudad Solidaridad están consideradas como zonas habitacionales de Densidad Alta (D10 = 118 Viv. / Ha). Los lineamientos marcan un C. O. S de 0.7, un C. U. S de 3, y un *área ajardinada* (C.A.S.) de 0.15.

Para el caso de estudio que se expondrá mas adelante, la colonia Valle del INFONAVIT, ubicada en el Sub Centro Urbano Cumbres, tiene un uso de suelo Habitacional Multifamiliar y está en una zona de Densidad Media (D9 = 95 Viv. / Ha). Los lineamientos para ésta densidad son un C. O. S de 0.75, un C. U. S de 2.5, y un *área ajardinada* de 0.13. Esto quiere decir que para un terreno de 6 x 15 m (90 m²):

- El C.O.S. sería de 67.5, significando que se permite en el terreno que se ocupen máximo 67.5 m² en planta para la construcción de la vivienda.
- El C.U.S. sería de 225, lo que significa que se permite hasta un total de 225 m² de *área construida*.
- Y un *área ajardinada* (C.A.S.) de 11.7, que indica el *área total del terreno que debe permanecer permeable*.

4.4.3 Reglamento para las Construcciones en el Municipio de Monterrey

En el *Artículo 3* del Reglamento para las Construcciones en el Municipio de Monterrey (Título Primero, Disposiciones Generales), la vivienda se clasifica, por su magnitud, como construcción "Tipo 2 Mediana", mismo que consiste en construcciones que en caso de falla podría causar daños graves, pero la cantidad de personas perjudicadas es baja. Las características generales de la construcción Tipo 2 comprenden "un área máxima de 1,500 m² de construcción techada, a lo más dos niveles, una altura menor a 9 metros y claros no mayores a los 4 metros" (Municipio de Monterrey, enero 2007). En el Reglamento se dan como ejemplos de construcción Tipo 2, las casas habitación de una o dos plantas.

En cuanto a los materiales, en el *Artículo 57* (Título Sexto, Capítulo III, Proceso Constructivo) se dispone que "la resistencia, calidad y características de los materiales empleados serán los señalados en las especificaciones de diseño y los planos constructivos registrados" y que "cuando se proyecte utilizar algún material nuevo del cual no existan normas técnicas o normas de calidad, el Director Técnico de Obra, deberá solicitar la aprobación previa del municipio para decidir en base a normas técnicas y de calidad reconocidas internacionalmente los resultados de las pruebas de verificación de calidad de dicho material" (Municipio de Monterrey, enero 2007). Esto aplica al material abordado en ésta investigación, ya que en Nuevo León no hay conocimiento de que se haya empleado del sistema constructivo de bloques Hydraform, y por lo tanto no existen lineamientos constructivos para éste material. A éste respecto, la organización independiente de aprobación técnica en la construcción e ingeniería, Agrément South Africa, publicó la certificación del sistema constructivo Hydraform como un método constructivo seguro y resistente (Anexo D), siempre que se sigan estrictamente los procedimientos constructivos establecidos por la empresa Hydraform. La certificación fue otorgada en conformidad con la regulación constructiva de Sudáfrica (National Building Regulations).

Otros apartados que afectan el diseño del proyecto son el *Artículo 74*, en el que se indica que las "ventanas localizadas en pared contigua a finca ajena, sólo podrá ser para iluminación [...] deberá ser fija y no podrán estar a menos de 3 metros de altura del nivel del suelo de la vivienda"; y el *Artículo 75* que prohíbe la construcción de voladizos o balcones fuera del límite del predio (Municipio de Monterrey, enero 2007). Este último

restringe los voladizos y balcones sobre la vía pública a que estén 2.5 metros sobre la banqueta y que su ancho no exceda las 2/3 partes de la banqueta. Asimismo, el *Artículo 111* indica que los predios deben estar cercados con elementos de mínimo 2 m de altura (Municipio de Monterrey, enero 2007).

En el Reglamento no se definen dimensiones específicas para los locales que comprenden el programa arquitectónico para vivienda. Se mencionan ciertas normas técnicas aplicables a las construcciones publicadas por organismos técnicos como la Norma Oficial Mexicana (NOM), la American Society for Testing Materials (ASTM), el Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto (IMCYC), el Fondo de Operación y Financiamiento Bancario a la Vivienda (FOVI), entre otros. (Municipio de Monterrey, enero 2007). Las áreas son propuestas por el proyectista y son sometidas a evaluación en la Dirección de Obras Públicas (Anexo C) antes de autorizar el permiso de construcción.

4.4.4 Norma Técnica de Vivienda INFONAVIT

El INFONAVIT tiene una normativa en cuanto a los requisitos que debe cumplir un proyecto de vivienda social para ser aprobado. Además de considerar el Reglamento de Construcción, dicha Institución hace patentes ciertas condiciones de habitabilidad para la aprobación de créditos.

En las *Reglas para el Otorgamiento de Créditos a los Trabajadores Derechohabientes del INFONAVIT* se especifica que la vivienda a adquirir, construir, reparar, ampliar o bien mejorar, debe ser cómoda e higiénica y tener acceso a la infraestructura urbana (INFONAVIT, 2006). Se especifica también que la vida útil del inmueble debe ser preferiblemente de 30 años partiendo desde el otorgamiento del crédito.

En la *Norma Técnica de Vivienda INFONAVIT*, se especifican con más detalle las características de la vivienda en cuanto a funcionamiento y seguridad. Es muy importante mencionar que para la aplicación de las normas se toman en cuenta dos características claves de la vivienda en México, la flexibilidad y la progresividad (Alva, 1999). Una vivienda progresiva se refiere al tipo de vivienda que se va desarrollando en etapas, partiendo de un módulo inicial progresivo que no debe ser menor de 33 m². En éste, la cocina puede ser

independiente o integrada a estancia – comedor, y debe contar con fregadero, estufa, mesa de preparación, refrigerador y un área de funcionamiento.

El INFONAVIT condiciona la función y la construcción de la vivienda en sus distintas partes. En lo referente a las estructuras, éstas deben proyectarse y construirse de modo que se eviten situaciones como el derrumbe total o parcial de la obra; deformaciones importantes en grado inadmisibles; deterioro de otras partes de la obra, de los accesorios o del equipo instalado, como consecuencia de deformaciones en los elementos sustentantes; y daño por accidente de consecuencias desproporcionadas respecto a la causa original (Alva, 1999).

En referencia a los materiales de construcción, aquellos seleccionados deberán cumplir con las Normas Oficiales Mexicanas (N. O. M), con las Normas Mexicanas (N. M. X), y estar validados por el INFONAVIT; además se exige que garanticen resistencia mecánica, estabilidad, protección, seguridad, higiene, adecuación al medio ambiente, racionalidad de uso y mantenimiento.

Los muros exteriores deben cumplir satisfactoriamente su función de envolvente y asegurar los requisitos esenciales de resistencia mecánica y estabilidad, de resistencia ante el fuego, y de protección térmica y acústica. La resistencia térmica de los elementos del muro debe ser tal que en las condiciones ambientales previsibles se garantice la ausencia de humedad por condensación o infiltración (Alva, 1999). Destaca la importancia del mantenimiento posterior de los muros, para lo que se recomienda un análisis previo basado en las condiciones ambientales externas, la orientación de la construcción y la durabilidad.

En cuanto a las particiones interiores, dada su función de elementos divisorios de espacios, deben cumplir con los requisitos de aislamiento al ruido, de comportamiento térmico y de resistencia al fuego. En las soluciones constructivas de los elementos que compongan las divisiones internas, se debe considerar un espesor mínimo de 6 cm incluyendo el revestimiento, y de 10 cm incluyendo revestimiento para elementos que alojen conducciones de diámetro igual o superior a 2 cm (Alva, 1999).

En cuanto a diseño, en la Norma Técnica de Vivienda INFONAVIT (1999) estipula que "la vivienda terminada contará como mínimo con una habitación con capacidad de estar, comer, y cocinar; dos recámaras con área de guardado; un baño compuesto de regadera, lavabo e inodoro; área de guardado y área de servicio." También en la Norma se establece que "cada uno de estos espacios será definido por el Reglamento de Construcción de la localidad", sin embargo, el Instituto recomienda unas dimensiones mínimas adecuadas

para los distintos tipos de vivienda que maneja en sus programas de crédito. Los tipos de vivienda están definidos a partir del número de salarios mínimos equivalentes al costo total de la vivienda (Anexo B).

En la siguiente tabla (Tabla VIII), se muestran las dimensiones mínimas para los espacios en la vivienda denominada social, de 50 m² (134.67 S. M. D. F.) y para la básica de 45 m² (121.20 S. M. D. F.), ambas en su modalidad de unifamiliar en un nivel.

Tabla VIII. Análisis de áreas para la categoría de vivienda básica y social.

PROGRAMA ARQUITECTÓNICO	CATEGORÍA VIVIENDA		121.20 S. M. D. F.	134.67 S. M. D. F.
	SUP. TOTAL CONSTRUIDA	TIPOLOGÍA DE VIVIENDA	45 m ² Unifamiliar 1 nivel	50 m ² Unifamiliar 1 nivel
No. ESPACIOS P/ DORMIR			2R	2R + A
Dimensiones				
<i>Estancia familiar (usos múltiples)</i>	2.70 x 2.70		7.29	7.29
	6.50 x 2.70		17.55	17.55
<i>Estancia – comedor</i>	5.40 x 2.70		14.58	14.58
<i>Cocina</i>	1.50 x 2.70		4.05	4.05
<i>Baño</i>	1.20 x 2.70		3.24	3.24
<i>Recámara 1 (principal)</i>	2.70 x 2.70		7.29	7.29
<i>Área de guardado</i>	0.60 x 1.20		0.72	0.72
<i>Recámara 2 (adicional)</i>	2.70 x 2.70		7.29	7.29
<i>Área de guardado</i>	0.60 x 1.20		0.72	0.72
<i>Recámara 3 (Alcoba)</i>	1.80 x 2.70		-	4.86
<i>Escalera interior</i>	1.70 x 3.20		-	-
<i>Circulaciones interiores</i>	% Área vivienda		2.40	2.40
<i>Área de muros</i>	% Área vivienda		5.85	5.97
<i>Superficie contenida / viv.</i>	-		45.06	50.04
<i>Patio de servicio (inc. muros).</i>	1.35 x 2.85		3.85	3.85
<i>Escaleras y circulaciones exteriores</i>	-		-	-
TOTAL	-		45.06	50.04

Fuente: INFONAVIT, 2006.

Requerimientos específicos para algunos locales en la casa – habitación son, primero, realizar para el baño alguna protección ante la humedad mínimo hasta los 1.80 metros de altura. Asimismo, se recomienda que el patio de servicio cuente con protección de vistas desde la calle, y que incluya lavadero, calentador, espacio para lavadora y tendedero. Para

los pisos se recomienda mínimo un fino de cemento pulido y para los muros un sellador para garantizar mayor durabilidad.

4.4.4.1 Lineamientos de diseño bioclimático del INFONAVIT para Monterrey

Investigadores del *Departamento de Diseño e Investigación de la Subdirección Técnica del INFONAVIT* han propuesto lineamientos de diseño que contemplan conceptos básicos de ecología y aspectos de normatividad enfocados al diseño bioclimático.

En cuanto a clima, la localidad de Monterrey se considera dentro de la categoría número "3.1, Semiseco – Muy cálido" (Subdirección Técnica INFONAVIT, 1989). La temperatura media anual de la ciudad es de 23° C, la temperatura mínima absoluta es de 8° C, y la máxima absoluta es de 43° C, siendo julio y agosto los meses más calurosos. Con base en esto, el INFONAVIT establece una serie de recomendaciones (Figura 54) para alcanzar los objetivos de "aumentar y conservar la humedad y reducir la temperatura y el asoleamiento a lo largo del año" (Subdirección Técnica INFONAVIT, 1989).

NORMATIVIDAD		CLIMA		SEMISECO MUY CALIDO		VEGETACION	
OBJETIVOS: AUMENTAR Y CONSERVAR LA HUMEDAD REDUCIR LA TEMPERATURA Y ASOLEAMIENTO A LO LARGO DEL AÑO							
ARQUITECTURA							
ORIENTACION CONCEPTO	HABITABLE	NO HABITABLE					
OPTIMA	SUR	NORTE					
BUENA	SURESTE	NORDESTE, NORESTE					
MATERIALES	TIPO	COLOR					
MUROS	POROSOS O CON CAMARA DE AIRE	CLARO					
TECHOS	CON ANHAS A DIFERENTES NIVELES	CLARO					
PISOS EXTERIORES	REFLEJANTES	CLARO					
ELEMENTOS Y DISPOSITIVOS							
VENTANAS:	DIMENSIONES MINIMAS EN BASE A NORMAS						
VOLADOS:	EN TODOS LOS VAMOS DE VENTANAS						
PARTE LUCES:	EN ORIENTACION OESTE Y SUROESTE						
CLIMATOLOGIA							
VIENTO:	EVITAR EL FLUJO DE VIENTO POR MEDIO DE VEGETACION Y/O MODELAMIENTO DE TIERRA.						
HUMEDAD:	CREAR CUERPOS DE AGUA EN MOMENTO PROTEGIDOS DEL SOL, COMO FUENTES.						
PRECIPITACION PLUVIAL:	ALMACENAR PARA SU UTILIZACION EN EL ESTRUJO.						
ASOLEAMIENTO:	EVITARLO A LO LARGO DEL AÑO A TRAVES DE DISPOSITIVOS ARQUITECTONICOS Y VEGETALES.						
MASA TERMICA:	ELEGIR MATERIALES EN LA PIEL DEL EDIFICIO PARA CONSERVAR LA TEMPERATURA INTERIOR, VAPORIZANDO EL AIRE.						
DISEÑO URBANO							
- AREA DE VEGETACION POR VIVIENDA ED. VIVIENDA							
- AREA DE MUERTA DEL TOTAL DE LA VEGETACION 50%							
- LAS CIRCULACIONES PEATONALES DEBERAN SER DE DIMENSIONES MINIMAS PERMISIBLES CON ANGULO PERENNIFOLIO.							
- LOS EDIFICIOS DEBERAN ESTAR ALINEADOS CON LOS VIENTOS DOMINANTES.							
- USO DE PAVIMENTOS PERMEABLES EN PLAZAS, PLAZOLETAS Y CIRCULACIONES PEATONALES.							
- EVITAR GRANDES ESPACIOS SIN VEGETACION.							
OBSERVACIONES:							
- PROTEGER DEL VIENTO CALIDO POR MEDIO DE VEGETACION PERENNIFOLIA							
- REDUCIR AL MAXIMO LAS SUPERFICIES DE CESPED, SUSTITUYENDOLAS POR LOS CUBRESUELOS RECOMENDADOS.							

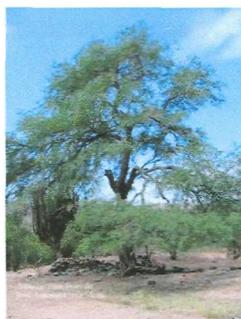
Figura 54. Cuadro de normas técnicas INFONAVIT. Fuente: INFONAVIT, 1989.

Algunas de las recomendaciones arquitectónicas son; primero, que la orientación óptima para espacios habitables es la sur; y para los no habitables, la norte; y segundo, que los materiales deben ser de colores claros y de textura lisa; y aquellos destinados a los muros deben ser porosos o con cámara de aire (Subdirección Técnica INFONAVIT, 1989).

Las recomendaciones climatológicas indican que se evite el “flujo de viento mediante vegetación o modelamiento de tierra”. En Monterrey, la dirección dominante del viento es Este y Sureste, es decir, 90° y 135° azimutales. En invierno los vientos cambian hacia la dirección Norte y Noreste (Noriega, 2002). A este respecto, se lee en el cuadro anterior que los edificios se deben alinear con los vientos dominantes.

Para mantener la humedad ambiental se deben considerar cuerpos de agua protegidos del sol, como fuentes, por ejemplo. A su vez, el asoleamiento debe evitarse en todo el año mediante dispositivos arquitectónicos y vegetales. El empleo de vegetación es crucial en el resultado final de la construcción, y en el caso particular de Monterrey la vegetación perennifolia ayuda a proteger del viento cálido.

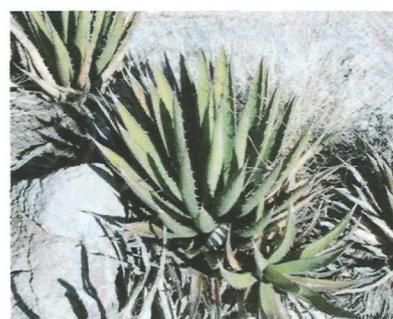
Ejemplos de vegetación recomendable para la localidad de Monterrey (Figura 55) son árboles como el ahuehuete, el nogal y el mezquite; arbustos como la gobernadora, el espino y el ocotillo; y cubresuelos como el peinecillo, la lechuguilla y los conitos (Subdirección Técnica INFONAVIT, 1989).



Mezquite



Espino



Lechuguilla

Figura 55. Ejemplos de vegetación en Nuevo León: mezquite, espino y lechuguilla.

Fuente: Amatlan.com, abril 2008; Museo Virtual W. Girem, abril 2008; Harris, abril 2008

En cuanto a la masa térmica, se deben elegir materiales en la piel del edificio para conservar la temperatura interior (Subdirección Técnica INFONAVIT, 1989). Este último aspecto es de vital importancia para la investigación desarrollada en éste documento.

Otro aspecto importante, pero que tiende a ser subestimado, es la ganancia de calor por la cubierta del edificio. A través del techo penetra gran cantidad de calor, ya que debido a su posición recibe radiación solar en cualquier época del año. Llega a alcanzar temperaturas superficiales exteriores de hasta 65°C cuando la temperatura exterior del aire, a la sombra, es de sólo 27 °C (Sosa Griffin, 2007). Por ello, el INFONAVIT recomienda que los techos sean preferentemente a dos aguas en diferentes niveles y que los pisos exteriores sean reflejantes

En el caso de una edificación de baja altura, la radiación solar que recibe puede alcanzar hasta un tercio de las ganancias de calor de una casa y provocar altas temperaturas en el interior (Sosa Griffin, 2007). Por eso son importantes el diseño y la selección de los materiales para mantener un ambiente interior confortable.

Como complemento a los lineamientos antes mencionados se alude a aspectos como la ventilación e iluminación natural para los locales, sea mediante ventanas y/o cubos de luz. Por ejemplo, para ventilar la habitación más pequeña que es la alcoba, con un área de 4.86 m², requiere una ventana de al menos 0.243 m² (aproximadamente 0.50 x 0.50 m), es decir, no menor al 5% del área total del local. En cuanto a iluminación, se recomienda que para habitaciones orientadas al Norte el área de la ventana sea el 15%, al Sur el 20%, al Este de 17.5% y al Oeste de 17.5% del área total del local (Arnal Simón *et al.*, 1991).

Todos estos parámetros fueron base inicial para determinar los requerimientos particulares para el anteproyecto de vivienda que se desarrolló en ésta investigación.

CAPÍTULO 5

CAPÍTULO 5. Propuesta de anteproyecto de vivienda de interés social empleando el bloque de tierra comprimida Hydraform

En éste último capítulo, se muestra el producto resultante de la investigación en forma de propuesta arquitectónica, explicando previamente las determinantes que fueron decisivas para llegar al resultado final. Dicha propuesta de anteproyecto es resultado de un análisis previo de una vivienda existente en la actualidad, resaltando sus fallas y aciertos.

En primera instancia se recapitulan los requerimientos tanto normativos, como constructivos, que aplican para un proyecto de casa – habitación unifamiliar de interés social, para posteriormente aplicarlos al caso de estudio seleccionado. El interés de aplicar los lineamientos está en comprobar si el inmueble existente cumple con la reglamentación, y además

Con base en los resultados del análisis de la vivienda, en segunda instancia se muestra la vivienda empleando los BTC Hydraform en forma de esquemas, planos descriptivos y detalles.

5.1 Lineamientos para la definición del proyecto

5.1.1 Lineamientos por reglamentación

Para la construcción de vivienda social unifamiliar en el Área Metropolitana de Monterrey, las normas y reglamentos que aplican para el tipo de propuesta a la que se abordó en éste estudio se recapitulan y comentan como sigue.

- i. *Ley de Ordenamiento Territorial*. Frente mínimo de lote de 6 m; área mínima libre de edificación de 37 m², que incluye 15 m² para el espacio de estacionamiento.

ii. *Plan de Desarrollo Urbano*. Para zona Habitacional Multifamiliar de Densidad Media (D9 = 95 Viv. / Ha), los lineamientos son un C. O. S de 0.75, un C. U. S de 2.5, y un Área ajardinada de 0.13. Para el caso de estudio, ubicado en Valle INFONAVIT, donde cada terreno es de 7 x 15.5 m (108 m²), estos requerimientos se traducen en que el área máxima permitida para construcción en planta es de 81 m², el máximo de área total construida no puede rebasar los 270 m², y finalmente, el área permeable debe ser de al menos 14.04 m².

iii. *Reglamento para las Construcciones en el Municipio de Monterrey*. Dos niveles máximo, altura total menor a los 9 metros, claros menores a los 4 metros. Las ventanas contiguas a otro terreno deben estar a mínimo 3 metros de altura, y los predios deben estar cercados a mínimo 2 metros de altura.

iv. *Norma Técnica de Vivienda INFONAVIT*. Los muros exteriores deben asegurar resistencia mecánica y estabilidad, de resistencia ante el fuego, y protección térmica y acústica. Las particiones interiores deben aislar el ruido, ser térmicas y resistentes al fuego; y deben tener un espesor mínimo de 6 cm incluyendo revestimiento, o 10 cm incluyendo revestimiento si alojan instalaciones de diámetro igual o superior a 2 cm. Los pisos deben tener mínimo un fino de cemento pulido y los muros un sellador para garantizar mayor durabilidad.

v. *Diseño bioclimático INFONAVIT*. La orientación óptima para espacios habitables es la sur, y para los no habitables, la norte. Los materiales deben ser de colores claros; aquellos destinados a los muros deben ser porosos o con cámara de aire, que permitan que se conserve una temperatura agradable en los interiores. Techos preferentemente a dos aguas y en diferentes niveles; y pisos exteriores reflejantes.

5.1.2 Lineamientos constructivos

Recordando que la técnica constructiva es sencilla y fácil de aprender, cualquier trabajador instruido en construcción puede entrenarse en poco tiempo. Aunque la técnica es sencilla, para tener mano de obra calificada para construir correctamente con los bloques

Hydraform, es necesario capacitar a los trabajadores. La capacitación la da la compañía Hydraform, quienes mandan desde Sudáfrica técnicos especializados. El costo y duración del entrenamiento se acuerdan con la empresa, y se realiza en el sitio de la construcción. Todos los gastos de campo, es decir, comida y alojamiento, corren por cuenta del cliente. Otra opción es trasladar a los trabajadores a la planta de producción en Johannesburgo, Sudáfrica, que en realidad significa un gasto excesivo por los viáticos y la transportación.

El proceso general consiste en apilar los bloques en seco, exceptuando cuando se usen hiladas de bloques de tierra para la capa anti humedad y las tres capas antes de la techumbre y los entrepisos. En este caso es necesario aplicar mortero y un refuerzo de acero entre las hiladas.

Para trabajar, el equipo básico es sencillo de conseguir, de hecho, muchas de estas herramientas se emplean

comúnmente en la construcción, como caja de herramientas, nivel, martillo metálico y martillo recubierto, clavos, escuadras, paletas, flexómetro, cinceles, cortador de alambre, llaves, listón para nivelar, peso de la plomada, carreta, pala, pica, calzas, alambre, sierra y brocha de alambre, entre otros (Figura 56). El único instrumento no común es el cortador de bloques, que viene con la máquina bloqueadora.

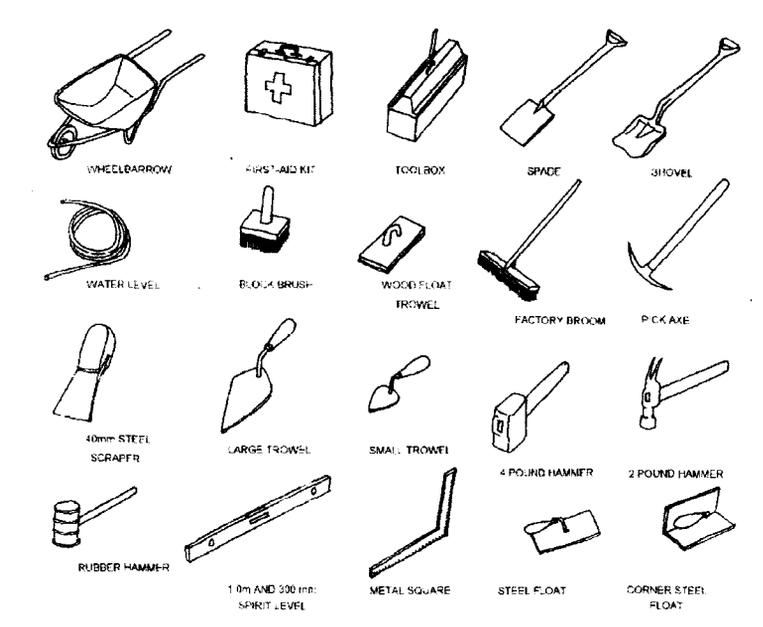


Figura 56. Equipo y herramientas.

Fuente: Hydraform Training Manual, 2005.

La clave para la modulación de todos los espacios en la vivienda, en cuanto a volúmenes y alturas, está en las medidas del bloque. Se recuerda que para muros exteriores, las dimensiones de cada pieza son 220 mm de grosor, por una longitud entre los 50 y los 240 mm, por 115 mm de altura, y un peso de 12 kilogramos aproximados. Las dimensiones del bloque para muros interiores es de 140 mm de grosor, por un largo desde 50 hasta 220 mm x 115 mm, con 8 kilogramos de peso.

Resalta que el bloque Hydraform puede ser fabricado en diferentes longitudes, es decir, que el bloque para exteriores puede tener medidas entre los 5 y los 24 centímetros, y el de interiores entre los 5 y los 22 centímetros según sea requerido en la obra. Esta flexibilidad significa que el bloque se puede adaptar según el proyecto lo exija.

Partiendo de cada pieza como módulo básico, por sus medidas atípicas, se supone que todos los elementos que conforman la vivienda van a sufrir una modificación, desde el terreno hasta los vanos de las ventanas. Para saber cuáles serían esas modificaciones, en el siguiente apartado se explica primero cómo es en la realidad el caso de estudio seleccionado, para explorar su funcionamiento y materiales actuales, y posteriormente explicar qué pasaría con esa misma vivienda si se quisiera construir con el bloque de tierra Hydraform. Este estudio dará mayor detalle sobre las exigencias constructivas y espaciales a cubrir.

5.2 Aplicación de los lineamientos

5.2.1 Caso de estudio: Valle INFONAVIT V, Monterrey

En este inciso se presenta un ejemplo real de vivienda unifamiliar en el municipio de Monterrey, para ilustrar cómo están dispuestos los espacios, los materiales utilizados, la imagen en fachada y su orientación, entre otros aspectos. Esta información fue de utilidad para comprender cómo se hace la vivienda social en la zona de interés de éste estudio, y tener un punto de comparación para la propuesta de vivienda presentado en éste trabajo.

El conjunto Valle INFONAVIT V se localiza en la Colonia Valle del INFONAVIT del municipio de Monterrey, y fue promovido por dicha institución crediticia. Se realizó en el periodo entre 1984 a 1985, y consta de 809 unidades distribuidas en veinticinco manzanas que agrupan lotes hacia dos frentes.

La superficie total del conjunto es de 166,034 m², y la superficie total de los lotes es de 88,024 m² (INFONAVIT, 1988). El plano de ubicación de la colonia se muestra en la Figura 57.

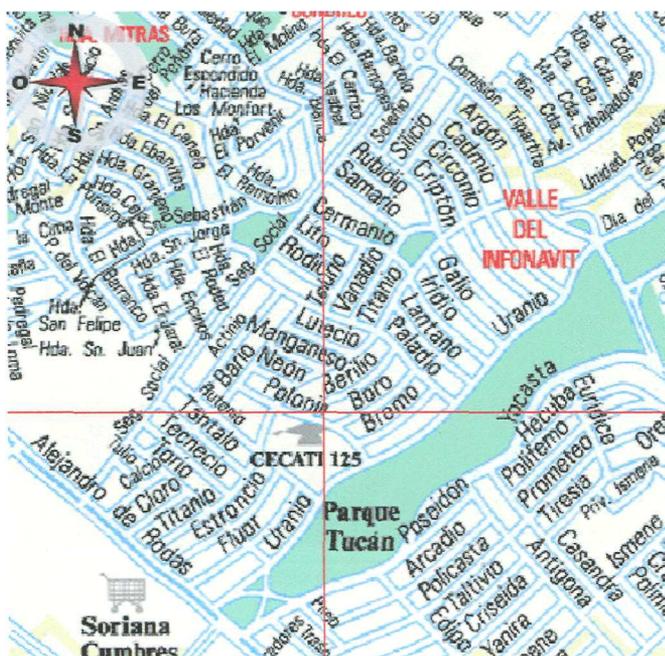


Figura 57. Ubicación de la colonia Valle del INFONAVIT.

Fuente: Guía Roji, 2007.

Las calles Alejandro de Rodas y Seguridad Social son vialidades secundarias de importancia. De igual manera, las calles que delimitan la manzana donde se ubica la vivienda que se va a analizar son Uranio, Fluor, Rutonio y Torio.

En cuanto al transporte público, por estas vías vehiculares circulan rutas de autobuses como la Ruta 23 y la Ruta 310, lo que hace accesible la zona.

En la foto aérea (Figura 58) se identifica con mayor claridad la zona de estudio, las vialidades y el equipamiento más importante; por ejemplo, áreas verdes como el Parque Tucán, escuelas y talleres de capacitación como la universidad UNITEC Campus Cumbres y el Centro de Capacitación (CE.CA.T.I) No. 125, y centros comerciales como Plaza Cumbres (Figura 59).

El Plan de Desarrollo Urbano indica para ésta colonia, localizada en el Sub Centro Urbano (S. C. U.) Cumbres del Municipio de Monterrey, un uso de suelo Habitacional Multifamiliar, con densidad Tipo H y clasificación por zona D - 9, es decir, densidad media.

La zona tiene una ubicación apropiada, cercana a varias vías vehiculares primarias como las avenidas Paseo de los Leones y Adolfo Ruiz Cortines.

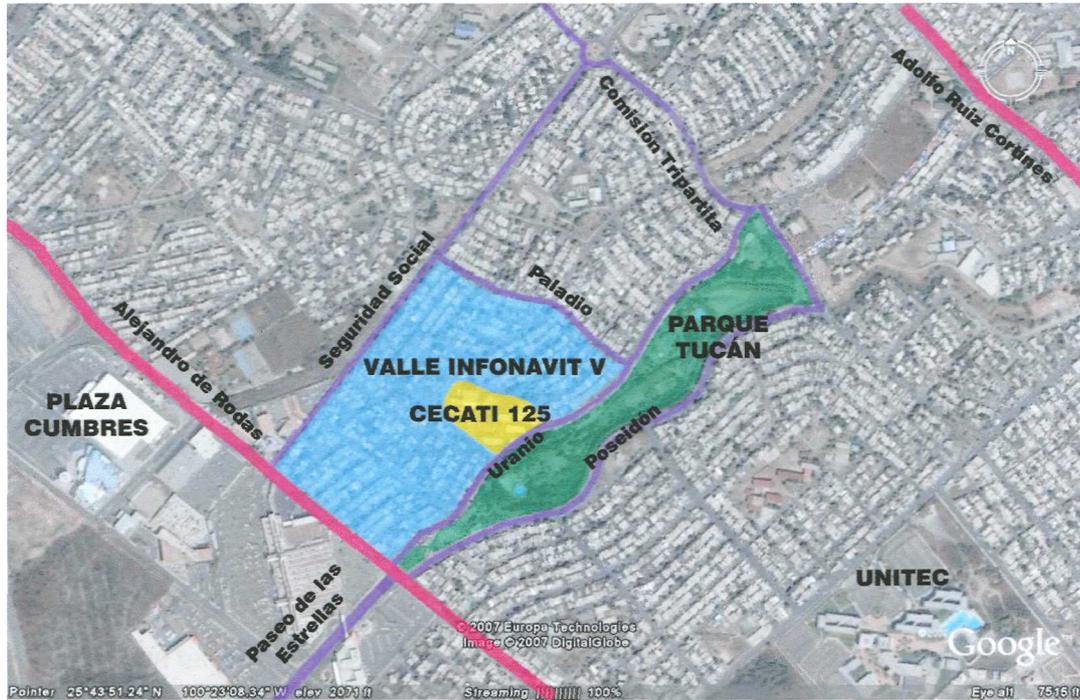


Figura 58. Foto aérea de la zona circundante a Valle INFONAVIT V. Fuente: Google Earth, 2007.

Se aprecia en la Figura 60 que toda la zona está muy arborizada, lo que le da una imagen visual muy agradable; por lo abundante de las copas, por el colorido de la vegetación y por el juego de sol y sombra que provocan. También se observa en las imágenes que la superficie no es plana, se observa un desnivel que va descendiendo desde la calle Alejandro de Rodas hacia la avenida Adolfo Ruiz Cortines en una pendiente de aproximadamente 6.86%.



Figura 59. Vista hacia Paseo de los Leones y a Plaza Cumbres. Fuente: Imagen del autor, 2007.



Figura 60. Vista hacia el Parque Tucán. Fuente: Imagen del autor, 2007.

Los tipos de inmuebles construidos en la zona son vivienda unifamiliar en una y dos plantas. Las viviendas se componen de los espacios elementales de estancia - comedor, cocina, patio de servicio; y de dormitorios en las alternativas de dos dormitorios, tres dormitorios ó dos dormitorios y una alcoba. Las viviendas se construyeron con cimentación de concreto, muros de carga con refuerzos de acero y losas precoladas tipo Canal Block ® (INFONAVIT, 1988).

Al revisar la clasificación tipológica de vivienda de interés social de Raúl Ruiz Mondragón (1994), se observa que la vivienda tipo en Valle INFONAVIT V no corresponde a ninguno de los prototipos, aunque tiene similitudes con los prototipos identificados como Frente 6 m / A - 5 / INFONAVIT y Frente 7 m / A - 3 / SEDUE.

El frente de cada vivienda es de 7 metros por un fondo de 15.5 metros, dando como resultando una vivienda unifamiliar de un nivel de aproximadamente 59.61 m² de superficie construida en un terreno de 108 m² totales (Figura 61).

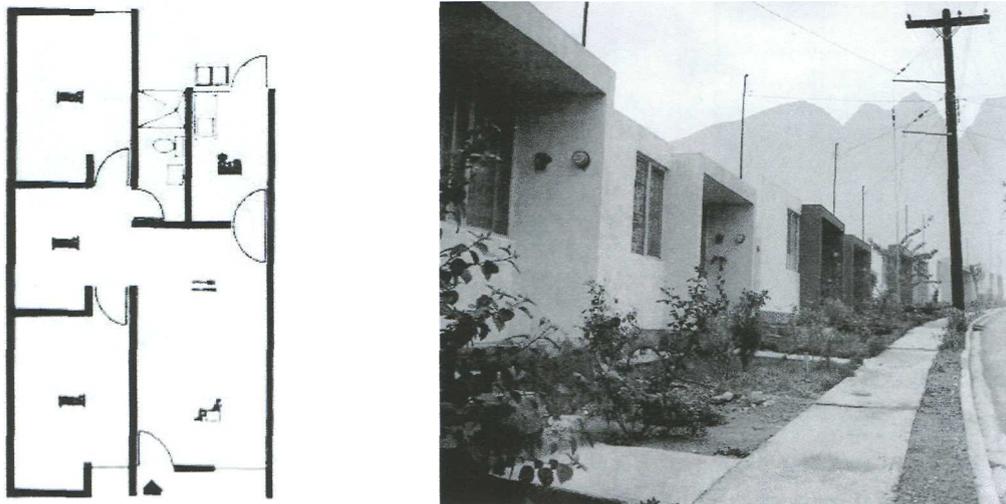


Figura 61. Planta tipo e imagen exterior original de viviendas en el fraccionamiento Valle INFONAVIT V.
Fuente: INFONAVIT, 1998.

En la figura anterior también se muestra la imagen exterior original. En la actualidad, la fachada de cada casa ha ido individualizada por sus habitantes, ya sea mediante el empleo de pintura de diferente color, o mediante la colocación de puertas de diferente material, o la colocación de herrería en las ventanas (Figura 62; inclusive, modificando completamente el frente adicionando volúmenes, por ejemplo para estacionamiento techado).



Figura 62. Variación en las fachadas de viviendas en Valle INFONAVIT V. Fuente: Imagen del autor, 2007.

En algunos casos se ha mantenido en buen estado el inmueble, con fachadas pintadas y cuidadas (Figura 63). Otros destacan por la falta de mantenimiento general, como se muestra en la Figura 64.



Figura 63. Fachada en buen estado.
Fuente: Imagen del autor, 2007.



Figura 64 Fachada deteriorada.
Fuente: Imagen del autor, 2007.

Se puede observar también en las imágenes anteriores cómo cambia drásticamente el frente de las viviendas cuando se omite la vegetación en los patios frontales y en las banquetas. Los árboles y las plantas dan color y vida a la vivienda, además de ser barreras protectoras contra los fuertes rayos solares de la ciudad tanto en verano como en invierno, como indican las recomendaciones bioclimáticas del INFONAVIT.

5.2.2 Aplicación de lineamientos normativos y constructivos al caso de estudio: vivienda en Valle INFONAVIT V

Como se explicó en el la metodología, los criterios de selección del terreno fueron, primero, que el conjunto donde se ubicara fuera de interés social unifamiliar y que tuviera al menos diez años de haberse construido, como es el caso de Valle INFONAVIT V. La limitante de los diez años de construcción es para evaluar cómo han ido envejeciendo las casas existentes.

Se determinó también que la zona estuviera dentro del municipio de Monterrey, y que estuviera cerca de bancos potenciales de tierra apta para la construcción con tierra, lo cuál se corroboró revisando la disponibilidad de bancos arcillosos en cartas edafológicas del municipio correspondiente.

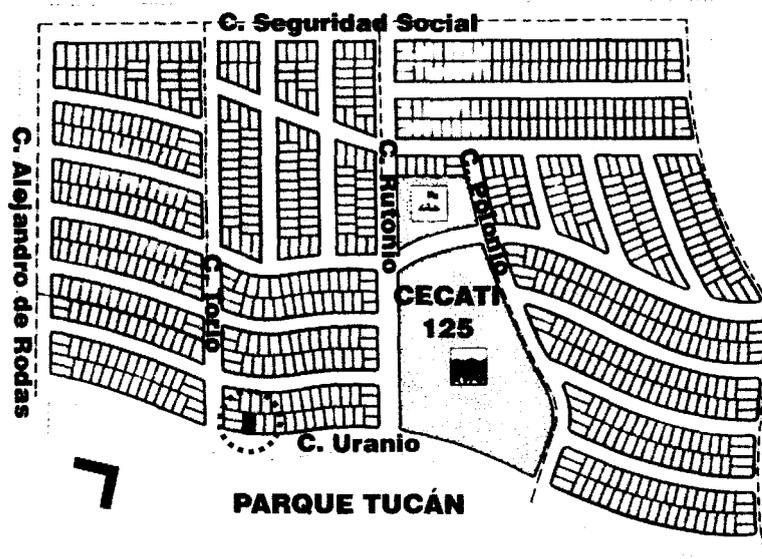


Figura 65. Planta general del conjunto Valle INFONAVIT V. Fuente: INFONAVIT, 1988.

Entonces, el diseño del proyecto a resolver tomó como punto de partida el mismo terreno del caso de estudio de 108 m^2 ($7 \times 15.5 \text{ m}$), marcado por un círculo en la Figura 65. También se eligió éste terreno porque en la vivienda ubicada en él se respetó en la medida de lo posible el estado original de la fachada (consultar Figura 61), y además está delimitado en el frente por la calle Uranio que es una vialidad importante en la zona.

Dicho terreno tiene una orientación Norponiente – Suroriente, misma que es favorable siempre que el muro Surponiente esté protegido por la casa adjunta. La ubicación del terreno seleccionado es buena por estar entre medianeras.

5.2.2.1 Análisis funcional de la vivienda en Valle INFONAVIT V

Según datos arrojados por el II Censo de Población y Vivienda 2005 del INEGI (julio 2006), de un total de 236,556 viviendas habitadas en el municipio de Monterrey, el 98.2% cuenta con energía eléctrica; el 97.2% tiene acceso al agua entubada y el 97.6% están conectadas a las redes de drenaje. También se determinó para Monterrey un promedio de 4.2 habitantes por vivienda (INEGI, julio 2006), datos que van indicando las funciones básicas a cubrir para una familia.

En una vivienda se dan cuatro funciones básicas (recuperación, relación, recreación y servicio) (Plazola, 1985) que determinan un programa arquitectónico distribuido entre las zonas privada, social y de servicio (Tabla IX).

Tabla IX. Programa de necesidades de una casa por zonas.

Zona	Función	Local
<i>Privada</i>	Recuperación o descanso	Recámara
<i>Social</i>	Recreación Alimentación Relación	Sala Comedor Jardín
<i>Servicio</i>	Guardado y preparación de alimentos Higiene Limpieza y lavado	Cocina Baño Patio de servicio

Fuente: Plazola, 1985.

Si se toma como ejemplo la planta tipo de vivienda en el fraccionamiento Valle INFONAVIT V, el diagrama de flujo correspondiente al funcionamiento de la vivienda se desarrolla como se indica la Figura 66. Destaca que la estancia – comedor funge como eje principal del movimiento dentro de la casa. Este diagrama da una idea general de la relación espacial contemplada en la vivienda de interés social estudiada, y se tomó como punto de partida para la propuesta de ésta tesis.

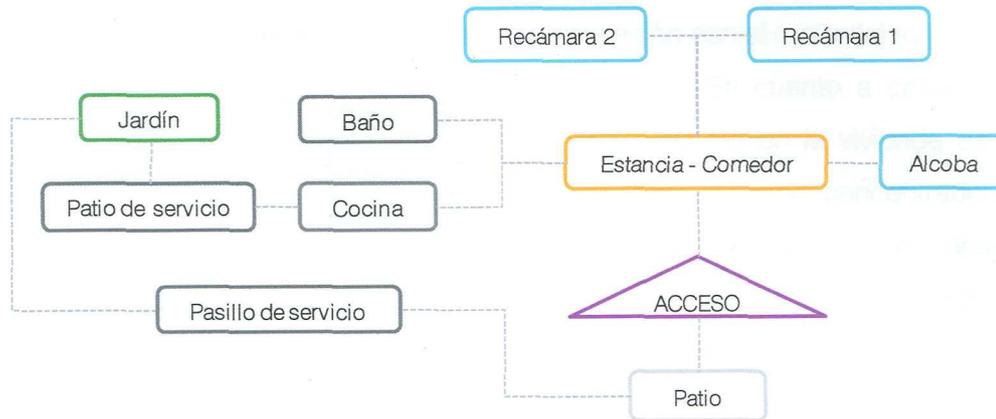


Figura 66. Diagrama de funcionamiento de vivienda en Valle INFONAVIT.

Fuente: Elaboración propia, 2007.

En cuanto al exterior de la vivienda, en las siguientes fotografías (Figura 67) se muestra la fachada del estado actual de la vivienda seleccionada, en el número 4526 de la calle Uranio. Como ya se comentó, se conserva en un alto porcentaje el aspecto original de la fachada. El patio frontal está formado por una base de bloques de concreto cubiertos con una capa de concreto, en vez de tener un jardín frontal con árboles y vegetación.

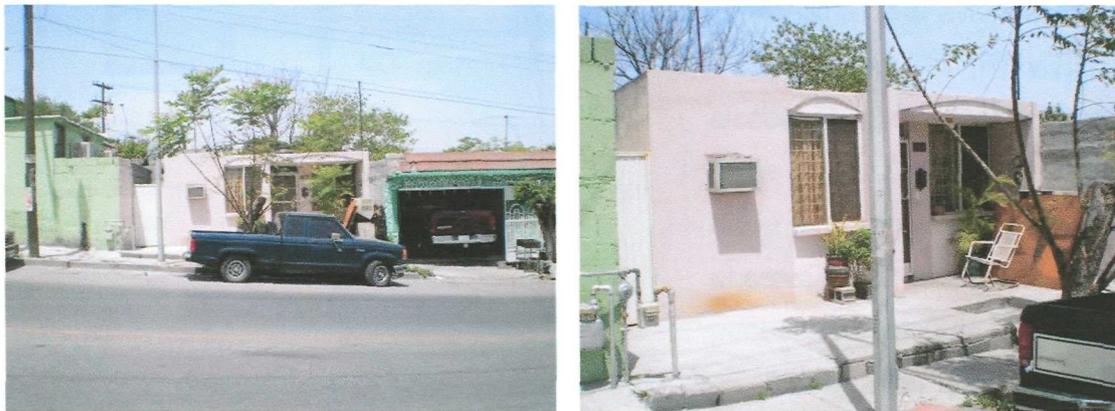
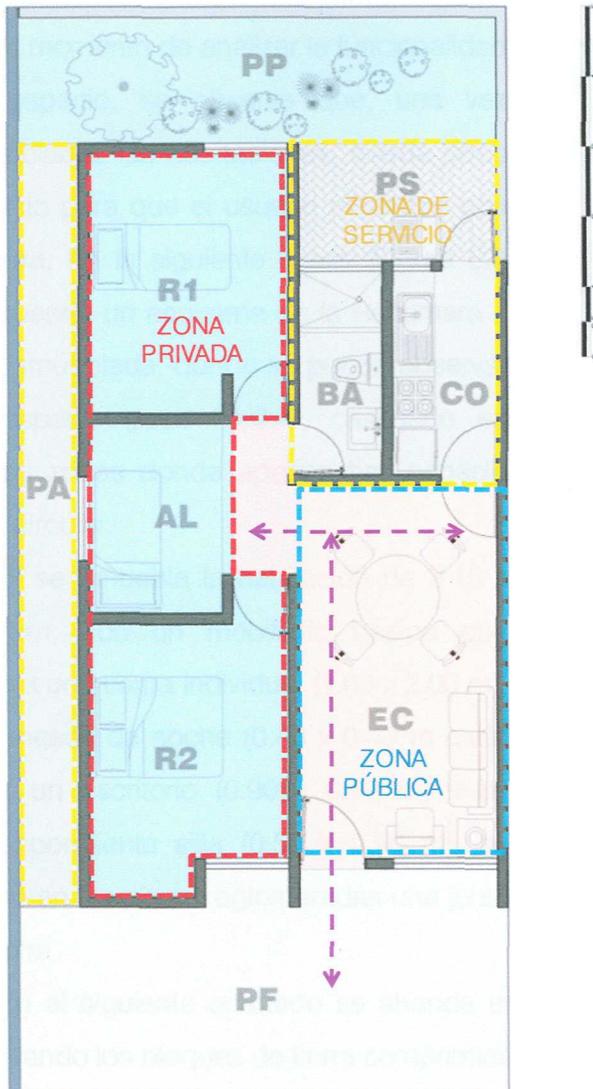


Figura 67. Fachada actual de vivienda en Valle INFONAVIT V. Fuente: Imagen del autor, 2007.

Ahora bien, en el Figura 68 se analiza el funcionamiento de la vivienda como existe en la actualidad. Comenzando con los accesos, desde la calle, se puede entrar a la vivienda por una puerta principal, y además hay otra puerta que permite el paso desde el patio frontal

(PF), a través de un pasillo de servicio (PA), hacia el jardín posterior (PP). Este jardín, es decir, el área permeable, es muy reducido en comparación con el resto del terreno.



C. URANIO

Figura 68. Funcionamiento de planta tipo en Valle INFONAVIT V.

Fuente: Elaboración propia, 2008.

hacia el patio frontal. La alcoba sólo tiene posibilidad de ventilar hacia el pasillo de servicio. Esta ventana tampoco es muy favorable visualmente, dado que enfrenta al muro de colindancia del vecino.

En cuanto a circulaciones, un acierto en la vivienda es que hay un solo eje, concentrado al centro del resto de las áreas, para acceder a cualquiera de los locales dentro de la vivienda.

También se consideran acertadas las zonificaciones, dado que los servicios, que son la cocina (CO), el baño (BA) y el patio de lavado (PS) están agrupados en una misma zona al Norponiente. El baño está bien resuelto en el sentido de que el acceso no queda a la vista hacia la estancia – comedor y queda en la zona íntima de la vivienda.

Las recámaras (R1 y R2) y la alcoba (AL), que comprenden el área privada, están agrupadas hacia el Surponiente del lugar. Se observa que la alcoba es muy pequeña y carece de privacidad.

Todos los espacios tienen ventanas que permiten la iluminación y ventilación naturales, ya sea hacia el jardín posterior o

En el capítulo pasado se explicó que los lineamientos constructivos establecen dimensiones mínimas para los locales habitables, siendo éstas muy reducidas y poco adecuadas al mobiliario que comúnmente se encuentra en el mercado.

Al momento de analizar la funcionalidad del espacio, se observa que, una vez amuebladas las habitaciones, queda poco espacio para que el usuario maniobre con holgura. En la siguiente figura (Figura 69) se muestra un esquema de la Recámara 1 (R1) amueblada, donde se puede observar un espacio poco flexible, castigado en ciertas zonas donde apenas hay espacio para circular.

Si se amuebla la habitación de 3.15 x 2.85 m, con un mobiliario básico que incluya una cama individual (1.00 x 2.00 m), dos mesas de noche (0.40 x 0.40 m cada una), un escritorio (0.90 x 0.60 m) y su correspondiente silla (0.50 x 0.50 m), se observan las piezas aglomeradas una junto a la otra.

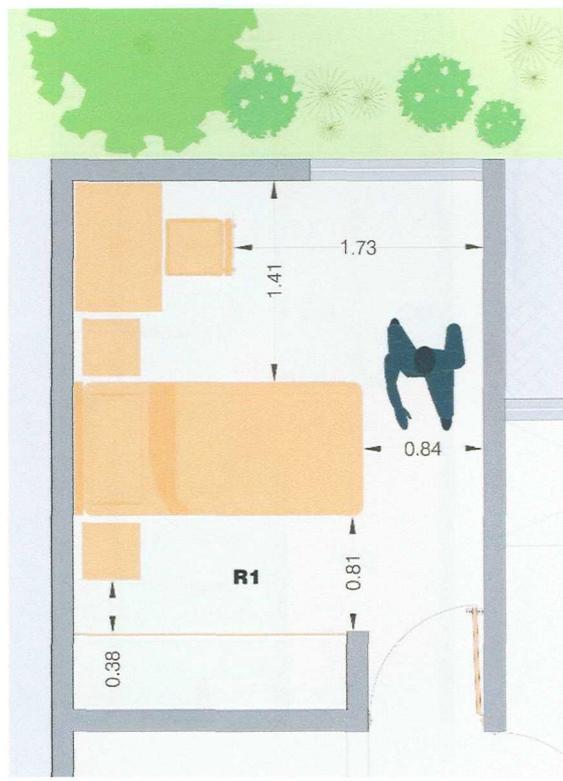


Figura 69. Recámara amueblada, caso de estudio.

Fuente: Elaboración propia, 2008.

En el siguiente apartado se ahonda en el análisis de espacios de la vivienda, ahora integrando los bloques de tierra comprimida en la comparativa.

5.2.2.2 Análisis espacial de la vivienda en Valle INFONAVIT V aplicando el BTC Hydraform

Para conocer las consecuencias del empleo del bloque de tierra comprimida en los espacios del proyecto de vivienda, se hizo el ejercicio de aplicar el material en la misma configuración de vivienda que aquella en Valle INFONAVIT V. En la figura siguiente se muestra, en primer lugar, la planta en su estado actual (Planta A), con materiales

convencionales como bloque de concreto, y en segundo, la planta con los muros aplicando el BTC Hydraform (Planta B).



Figura 70. Comparativa entre vivienda de material convencional y vivienda de BTC

Fuente: Elaboración propia, 2008.

Inicialmente, parece que no hay diferencias entre ambas plantas. Si se observa con mayor cuidado, se aprecia la diferencia entre los grosores de los muros exteriores. La *Planta A*, comprende muros interiores y exteriores de un mismo grosor (entre 15 y 16 cm) y la *Planta B*, comprende muros exteriores de BTC de 22 cm de espesor, e interiores de BTC de 14 cm de espesor.

Para poder demostrar primero, el cumplimiento de las normas entre ambas situaciones, en la Tabla X se desglosan todas las áreas que comprenden el inmueble construido con materiales convencionales (Planta A), en comparativa con los mínimos requeridos por el INFONAVIT. Se aclara que las áreas de jardín, patio y estacionamiento no están contempladas en los análisis realizados por el INFONAVIT.

Tabla X. Programa arquitectónico Planta A, Valle INFONAVIT V.

Programa arquitectónico de vivienda social con muros de bloque de concreto (terreno de 7 x 15.5 m)				
<i>Local</i>	<i>Área mínima reglamentaria INFONAVIT (metros²)</i>	<i>Dimensiones mínimas reglamentarias (metros)</i>	<i>Área de la vivienda existente (metros²)</i>	<i>Dimensiones de la vivienda existente (metros)</i>
<i>Estancia – comedor</i>	14.58	5.40 x 2.70	15.17	2.85 x 5.33
<i>Cocina</i>	4.05	1.50 x 2.70	4.59	1.50 x 2.90
<i>Patio de servicio</i>	3.85	1.35 x 2.85	4.78	1.68 x 2.85
<i>Baño</i>	3.24	1.20 x 2.70	3.59	1.20 x 2.90
<i>Recámara 1</i>	7.29	2.70 x 2.70	10.58	2.85 x 3.15
<i>Recámara 2</i>	7.29	2.70 x 2.70	10.93	2.85 x 3.35
<i>Alcoba / Recámara 3</i>	4.86	1.80 x 2.70	5.45	1.90 x 2.70
<i>Jardín</i>	22.00	NA	12.33	1.80 x 6.85
<i>Patio</i>	NA	NA	20.12	7.00 x 3.20
<i>Estacionamiento</i>	15.00	NA	NA	NA
TOTAL	82.16	-	87.54	-

Fuente: Elaboración propia con base en INFONAVIT, 2008.

Respecto a los lineamientos definidos por la *Ley de Ordenamiento Territorial*, sí se cumplen los 6 m mínimos de frente. El mínimo de área libre de edificación requerido es de 37 m², mismos que no se cumplen porque la suma de áreas del patio y del jardín da como resultado un total de 32.45 m². Tampoco se dejaron los 15 m² que se piden para área de estacionamiento, lo que ocasiona que la familia propietaria de un automóvil tenga que estacionarlo al frente sobre la avenida.

Sobre las condicionantes del *Plan de Desarrollo Urbano*, se determinó que al terreno de 108 m² le corresponde un C.O.S. de 81 m², un C.U.S. de 270 m² y un C.A.S. de 14.04 m². El área total construida en planta, sin incluir el patio frontal ni el pasillo de servicio es de 65.47 m², por lo que se cumple con el C.O.S. correspondiente. Dado que es una vivienda en una planta, el área total de superficie construida también es de 65.47 m², quedando dentro de lo

permitido por el C.U.S. Finalmente, la única área permeable es el jardín posterior con 12.33 m² de superficie, indicando que faltan 1.71 m² para cumplir el C.A.S.

En cuanto a lo estipulado por el *Reglamento para las Construcciones en el Municipio de Monterrey*, la vivienda es de un solo nivel con 2.82 m de altura por lo que no rebasa el máximo de 9 m. El claro máximo sin apoyo es de 2.85 m, aunque se permiten 4 m. No hay ventanas contiguas por lo que la altura de 3 m mínimo no aplica. El muro de colindancia mide 2.80 m, rebasando en 80 cm la altura mínima.

Finalmente, en cuanto a los requerimientos espaciales mínimos aceptados por el INFONAVIT, se cumplen todos aquellos que contempla el Instituto.

De igual manera, aplicando el bloque de tierra comprimida en la misma configuración de vivienda (Planta B), se obtienen las áreas mostradas en la Tabla XI.

Tabla XI. Programa arquitectónico Planta B, Valle INFONAVIT V.

Programa arquitectónico de vivienda social con muros de bloque de concreto (terreno de 7 x 15.5 m)				
<i>Local</i>	<i>Área mínima reglamentaria INFONAVIT (metros²)</i>	<i>Dimensiones mínimas reglamentarias (metros)</i>	<i>Área de la vivienda existente (metros²)</i>	<i>Dimensiones de la vivienda existente (metros)</i>
<i>Estancia – comedor</i>	14.58	5.40 x 2.70	14.64	2.79 x 5.26
<i>Cocina</i>	4.05	1.50 x 2.70	4.34	1.4 x 2.88
<i>Patio de servicio</i>	3.85	1.35 x 2.85	4.72	1.68 x 2.82
<i>Baño</i>	3.24	1.20 x 2.70	3.53	1.21 x 2.84
<i>Recámara 1</i>	7.29	2.70 x 2.70	10.104	2.79 x 3.08
<i>Recámara 2</i>	7.29	2.70 x 2.70	10.44	2.79 x 3.28
<i>Alcoba / Recámara 3</i>	4.86	1.80 x 2.70	5.301	1.85 x 2.71
<i>Jardín</i>	22.00	NA	12.33	1.80 x 6.85
<i>Patio</i>	NA	NA	20.06	7.00 x 2.65
<i>Estacionamiento</i>	15.00	NA	NA	NA
TOTAL	82.16	-	85.465	-

Fuente: Elaboración propia con base en INFONAVIT, 2008.

Respecto a la *Ley de Ordenamiento Territorial*, el área libre de edificación para la Planta B es de 32.39 m², faltando 4.61 m² para cumplir los 37 m² de superficie mínima. Al igual que en el caso pasado no se dejó espacio para estacionar un automóvil.

En el caso del *Plan de Desarrollo Urbano*, se cumple tanto el C.O.S. de 81 m² y el C.U.S. de 270 m² dado que el área total construida en una sola planta es de 65.53 m². El área

permeable en la Planta B es la misma que en la Planta A, es decir 12.33 m², y no cumple el C.A.S. indicado de 14.04m².

Para la Planta B la condición de cumplimiento de los lineamientos exigidos en el *Reglamento para las Construcciones en el Municipio de Monterrey* y los de la *Norma Técnica de Vivienda INFONAVIT* es la misma que en la Planta A.

En términos generales podemos decir que, tanto para muros de bloque de concreto (Planta A), como para muros con el BTC Hydraform (Planta B), se cumplen las áreas mínimas reglamentarias para los locales dentro de la vivienda aceptadas por el INFONAVIT. Una falla en la vivienda respecto a los reglamentos es que en su diseño no se consideró el espacio para guardar el auto, pero más grave aún es que alrededor del 87.82% (94.85 m²) del terreno es impermeable.

Por otro lado, al comparar las superficies interiores de cada local dentro de la vivienda, se observa que, cuando se emplea el bloque de tierra comprimida, en la mayoría de los espacios hay una reducción en el porcentaje del área. En la Tabla XII se demuestra dicha diferencia.

Tabla XII. Diferencia en áreas interiores entre vivienda en estado actual y empleando BTC Hydraform.

Local	Área		Diferencia en áreas
	Valle INFONAVIT actual (A1)	Valle INFONAVIT Hydraform (A2)	Porcentaje de reducción respecto de A1
<i>Recámara 1 (R1)</i>	10.582	10.104	4.52
<i>Estudio / Alcoba (AL)</i>	5.452	5.301	2.78
<i>Recámara 2 (R2)</i>	10.932	10.443	4.48
<i>Estancia – comedor (EC)</i>	15.17	14.643	3.47
<i>Baño (BA)</i>	3.589	3.532	1.59
<i>Cocina (CO)</i>	4.59	4.341	5.42
<i>Patio frontal (PF)</i>	20.117	20.01	0.095
<i>Patio posterior (PP)</i>	12.33	12.33	0
<i>Patio de servicio (PS)</i>	4.779	4.72	1.23
<i>Pasillo de servicio (PA)</i>	9.265	9.265	0
TOTAL	96.806	94.689	23.585

Fuente: Elaboración propia, 2008

En principio, lo primero que destaca de la tabla anterior es que las únicas áreas que permanecen con la misma superficie son el patio posterior y el pasillo de servicio. El área que menos se vio afectada fue el patio frontal con apenas el 0.095% de reducción. En

oposición, la cocina es el local que más se ve afectado con un 5.42% de reducción en la superficie. Si consideramos que la cocina es uno de los lugares donde la familia pasa la mayor parte del tiempo, entonces el impacto es de consideración pues se afecta la comodidad del usuario. Esto puede derivar en una afectación directa a la distribución del mobiliario y a las maniobras dentro del local.

En total, se pierde un 23.6% de espacio interior al emplear el bloque de tierra comprimida de 22 cm de espesor en la misma configuración de vivienda que en Valle INFONAVIT. Es decir, en ésta vivienda que es de 59.61 m², se está perdiendo un total de 14.068 m² de espacio interior, que es un área considerable. Esta reducción espacial motiva el desarrollo de una propuesta que además de cumplir con los estándares mínimos, eleve la calidad espacial del interior.

5.2.3 Propuesta final de anteproyecto de vivienda social unifamiliar

Para aprovechar la superficie construible y otorgar espacios a la familia para ir creciendo, el anteproyecto de vivienda contempla una vivienda en dos plantas. En general se buscó que la piel exterior funcione como una carcasa protectora que permita un interior flexible y adaptable a las necesidades de cada familia.

En la planta baja se distribuyen los espacios de cocina, estancia – comedor, patio de servicio, una alcoba – estudio y un baño completo. La alcoba en planta baja está pensada para ser adaptada como recámara para los miembros de mayor edad en la familia, y de ahí que también se planteé el baño completo en ésta planta. Para la planta alta se proponen como espacios tres recámaras, un área de estar y un baño completo.

En exteriores se consideró un área de estacionamiento para un auto, misma que puede funcionar como patio frontal. Se conserva el pasillo de servicio hacia el jardín posterior; un jardín más generoso y con vegetación de la región.

Más que solo cumplir con la reglamentación, en la propuesta se buscó otorgar mejores condiciones espaciales y de confort a las usuales. Después de analizar y comparar las áreas del inmueble existente en Valle INFONAVIT, se proponen nuevas áreas mínimas aplicables a la construcción con Hydraform.

Por ejemplo, en el caso del terreno mínimo existente para la vivienda de interés social, el BTC Hydraform no se adapta a las medidas de 6 x 15 m (90 m²) por las dimensiones propias del bloque. Esto porque el grosor del material de tierra es determinante para mantener sus propiedades de confort térmico, y el ancho de 220 mm del bloque Hydraform está considerado precisamente para cumplir esa propiedad. Como se demostró en el estudio espacial, en el terreno del caso de estudio sí se puede emplear el bloque, pero tanto los espacios interiores como los exteriores se reducen considerablemente y no se cumplen las normas requeridas.

El programa arquitectónico final de la propuesta de vivienda, se desglosa en las áreas mostradas en la Tabla XIII.

Tabla XIII. Programa arquitectónico y áreas para propuesta de vivienda con BTC Hydraform.

Programa arquitectónico para vivienda social con BTC Hydraform				
<i>Local</i>	<i>Área mínima reglam. (m²)</i>	<i>Dimensiones mínimas reglam. (m)</i>	<i>Área de la propuesta (m²)</i>	<i>Dimensiones de la propuesta (m)</i>
<i>Estancia – comedor</i>	14.58	5.40 x 2.70	21.74	3.63 x 5.83
<i>Cocina</i>	4.05	1.50 x 2.70	6.53	2.20 x 2.97
<i>Patio de servicio</i>	3.85	1.35 x 2.85	6.53	2.20 x 2.97
<i>Baño</i>				
<i>PB</i>	3.24	1.20 x 2.70	4.18	1.45 x 2.88
<i>PA</i>	3.24	1.20 x 2.70	4.18	1.45 x 2.88
<i>Estudio / Alcoba</i>	4.86	1.80 x 2.70	9.55	(2.86 x 2.76) + (1.86 x 0.89)
<i>Recámara 1</i>	7.29	2.70 x 2.70	9.80	(2.86 x 2.85) + (1.86 x 0.89)
<i>Recámara 2</i>	7.29	2.70 x 2.70	10.79	3.74 x 2.88
<i>Recámara 3</i>	7.29	2.70 x 2.70	9.55	(2.86 x 2.76) + (1.86 x 0.89)
<i>Área de estar</i>	4.86	1.80 x 2.70	5.43	2.00 x 2.88
<i>Jardín</i>	22.00	NA	35	
<i>Frontal</i>	-	-	16.08	3.08 x 5.22
<i>Posterior</i>	-	-	18.92	2.62 x 7.22
<i>Patio/Estacionamiento</i>	15.00	NA	15.50	2.97 x 5.22
<i>Pasillo de servicio</i>	NA	NA	10.91	1.09 x 10.00
<i>Circulación vertical</i>	NA	0.75	4.00	2.00 x 2.00
TOTAL	-	-	153.69	-

Fuente: Elaboración propia con base en INFONAVIT, 2007.

Dadas las condiciones antes mencionadas, para el proyecto desarrollado en éste estudio se propone un terreno con medidas mínimas de 7.5 x 18 m (135 m²). Partiendo de estas medidas se logró una propuesta final en la que las dimensiones del bloque determinaron la configuración final de todos los elementos que componen la casa – habitación.

De acuerdo al proyecto resultante el área total construida en una planta (incluyendo el patio de servicio) es de 62.76 m². Excluyendo las áreas exteriores (pasillo de servicio, patio frontal y jardines anterior y posterior), se tiene un área total construida en dos plantas de 119 m², que comparado con el inmueble existente significa un aumento del 85.72%. Es decir que se logró aumentar a casi el doble la superficie edificada sin rebasar la norma permitida que es de 270 m².

5.2.3.1 Descripción de la propuesta arquitectónica

En los siguientes párrafos se desglosan los detalles de diseño de la propuesta de vivienda de interés social empleando los bloques Hydraform. Todos los planos, secciones y fachadas se recopilaron en el siguiente capítulo para su consulta.

b) Plantas arquitectónicas

En el exterior y al frente de la vivienda hay un jardín frontal y un espacio para estacionar un auto, que puede utilizarse como patio. Para el patio frontal se consideró el empleo de adopastos que permitan que la superficie sea semipermeable. En la parte posterior se ubica el patio de servicio y un jardín posterior.

La planta baja comprende un acceso principal que lleva a la estancia – comedor. Desde éste espacio el usuario puede movilizarse al resto de las habitaciones, sea la cocina, el baño, o hacia las escaleras para acceder a la planta superior.

La planta superior aloja los espacios de tres recámaras, un área de estar que puede ser acondicionada como otra recámara y otro baño completo.

c) Fachadas

Para las fachadas se buscó una composición sencilla en la que destacara la textura y el color de los bloques.

Las dimensiones de los vanos para las ventanas y puertas están dadas por los bloques. No se plantearon grandes ventanales, pero tampoco se consideraron apropiadas ventanas muy pequeñas; siendo la más reducida la de los baños.

Para contrarrestar los efectos del asoleamiento y del viento sobre las fachadas Suroriente y Norponiente, se sugiere plantar en los jardines mezquites, espinos y lechuguillas.

5.2.3.2 Descripción constructiva de la propuesta de vivienda

a) Cimentación

Para la cimentación de los muros de bloque de tierra comprimida, se propone una zapata corrida de concreto armado o ciclópeo. Esto con la finalidad de construir sobre esta el basamento o capa anti humedad, es decir una barrera entre el terreno natural y el desplante de los muros. Aunque en el manual de construcción del sistema constructivo Hydraform se propone una capa anti humedad empleando los mismos bloques unidos con mortero, se plantea un basamento de 46 centímetros (la altura de cuatro BTC Hydraform) realizado con bloque de concreto para asegurar que se eviten filtraciones.

b) Muros

Los muros exteriores de la propuesta son de bloque de tierra comprimida Hydraform de 22 cm de espesor por 22 cm de largo. Esta medida permite que se empleen piezas completas para completar toda la piel exterior.

Para el muro de colindancia se propone emplear los bloques de tierra de 14 cm de espesor.

Para optimizar aún más los espacios interiores se definieron divisiones de tabla yeso y tabla cemento en diferentes espesores según la zona de ubicación. El tabla cemento corresponde a los muros húmedos (Figura 71), en medida de 8.89 cm de espesor. Para

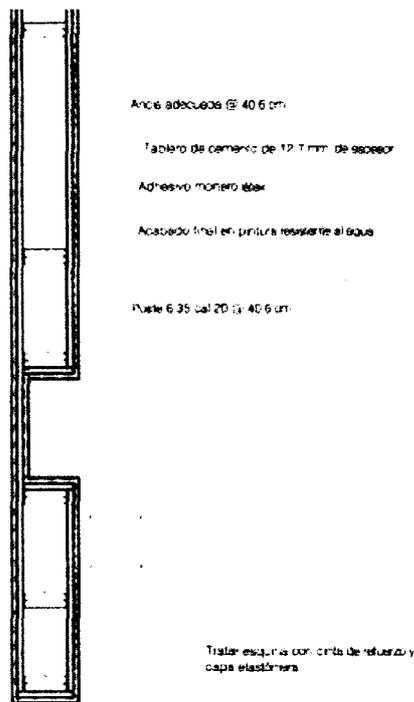


Figura 71. Detalle en planta de muro de tabla cemento para muros húmedos. Fuente: USG, 2007.

muros interiores divisorios se proponen muros de tabla cemento en espesor de 8.89 cm con aislante de poliestireno expandido.

Se consultó con un investigador del comportamiento térmico de los materiales de construcción en el Departamento de Física del *Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey*, campus Monterrey, para averiguar qué recubrimientos son óptimos para los BTC. En su experiencia, recomienda que primero se aplique un sellador y posteriormente el empastado, sin embargo, exhorta a que se hagan pruebas de adherencia con muestras de los bloques, por ejemplo con materiales

como yeso, arena – cemento, y aislamuro, (comunicación personal con Lomas, 2008), por citar algunos.

c) Junta de dilatación

Se consultó a un experto en comportamiento térmico de los materiales de la empresa Termolita®, quien comentó que "según las propiedades de la envolvente (adobe, de muy baja conducción de calor), la posibilidad de que existan movimientos de contracción y dilatación, es mínima, por lo que no es necesario incluir juntas de dilatación en los elementos interiores de la envolvente".

En dado caso que se prefiera una junta, ésta se formaría por una lámina de poliuretano flexible colocada entre el poste metálico del muro de tabla yeso y el muro de BTC (Figura 72).

También comenta el experto que “si se quiere prevenir al máximo esta situación, se pueden utilizar, además de los canales de aluminio, productos elásticos en las uniones como poliestireno o poliuretano. Sobre esto va la pintura o texturizado”.

Para corroborar que esta propuesta de junta es efectiva, se consultó con el Ing. Jorge Lomas, del

Departamento del Física del ITESM, quién confirmó que la junta propuesta puede funcionar, pero recomienda que se hagan estudios sobre el agarre de los tornillos en el bloque de tierra comprimida.

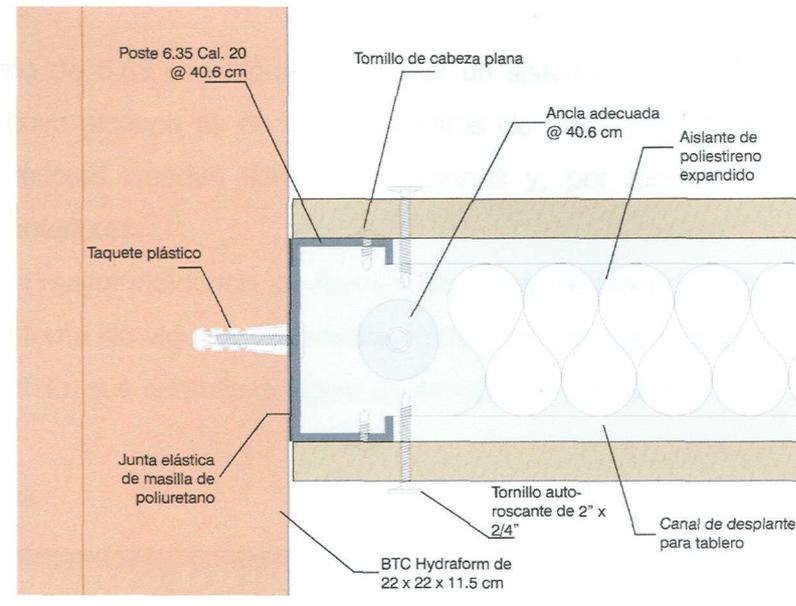


Figura 72. Detalle de junta de dilatación.

Fuente: Imagen del autor, 2008.

d) Mortero

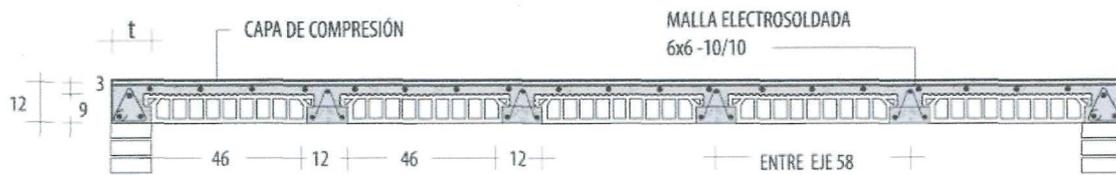
En éste sistema no se requiere mortero entre las hiladas salvo en aquellas que forman la banda de apoyo para entrepiso o techo. Sin embargo, el *Instituto de Vivienda de Nuevo León* recomienda que para sellar perfectamente las juntas entre bloques se utilice un mortero de textura líquida comúnmente conocido como “slurry”, compuesto por tierra, cemento, cal y agua (comunicación personal con Barrera, 2007).

Otra alternativa es un mortero mixto de cal y cemento, compuesto por una parte de cemento, dos partes de cal, tres partes de arena y tres partes de agua. La cal otorga flexibilidad a la mezcla, mientras que el cemento le da resistencia.

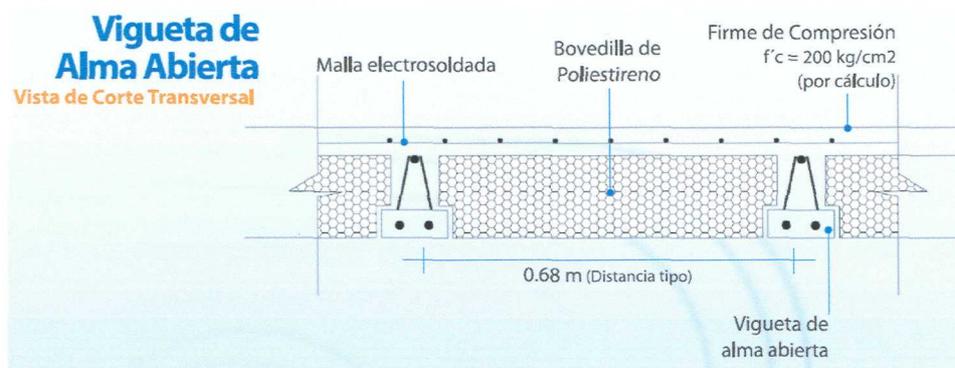
e) Techo y entrepisos

Para cubrir el claro máximo de 5.83 m se puede emplear un sistema de entrepisos como la vigueta y bovedilla, cuyo alcance es de hasta 6 metros de claro. Este sistema permite que los espacios interiores queden libres de columnas y, por tanto, mayor flexibilidad para las particiones interiores.

Dado que el techo recibe la mayor incidencia de rayos solares, se recomienda asilarlo del exterior, también con el sistema de vigueta y bovedilla. Una alternativa es emplear la bovedilla de poliestireno expandido, que además de ligera es térmicamente aislante.



Vigueta y bovedilla cerámica



Vigueta y bovedilla de poliestireno

Figura 73. Detalle de sistema de entrepisos, vigueta y bovedilla.

Fuente: NOVACERAMIC, FANOSA, 2008.

f) Pisos

Se consideró para los pisos un acabado en cemento pulido con color, por su durabilidad y facilidad de mantenimiento, sin eliminar la posibilidad de que se coloque en un futuro cualquier tipo de piso.

PLANOS ARQUITECTÓNICOS

PLANOS ARQUITECTÓNICOS

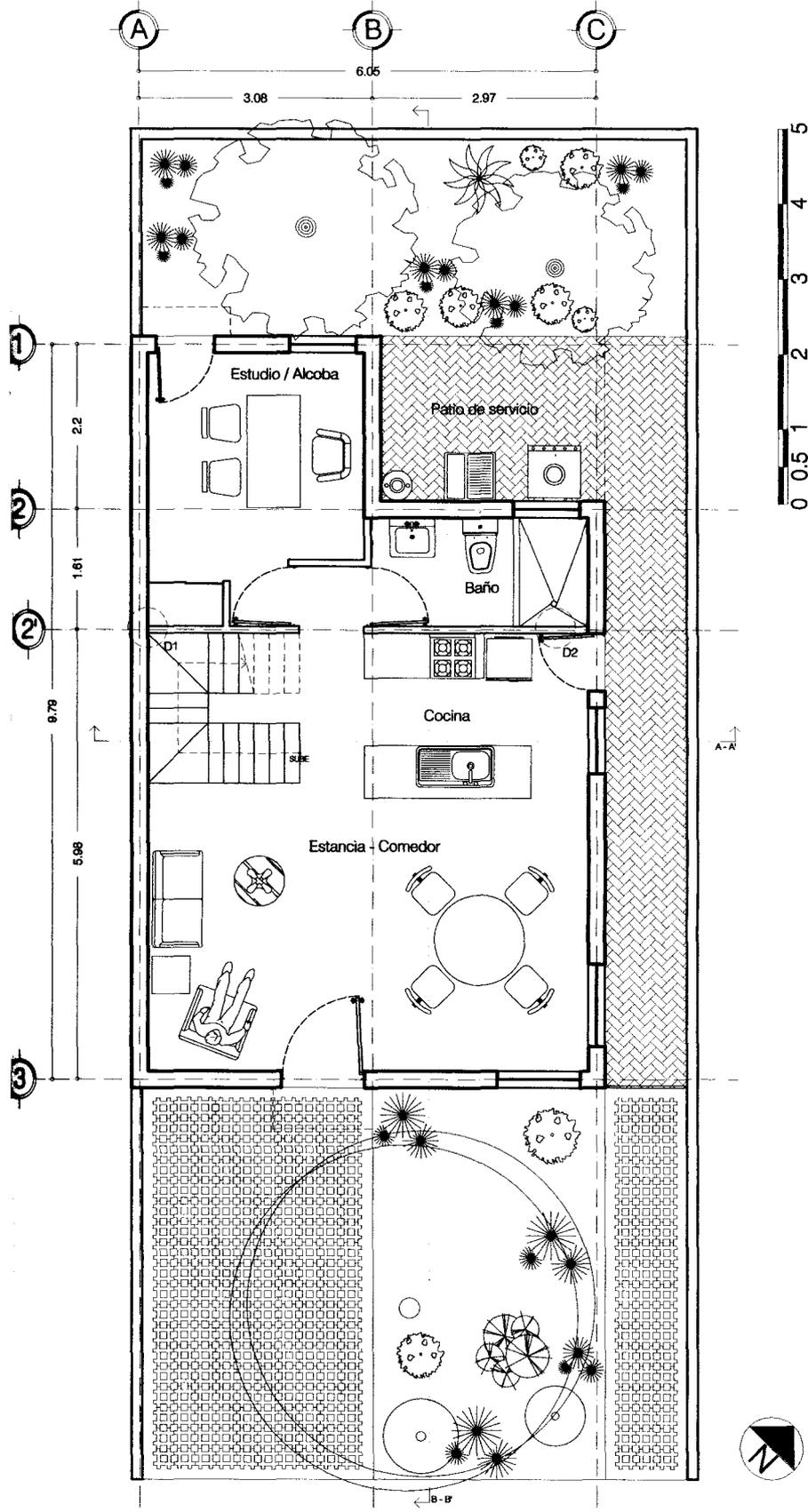
En éste capítulo se incluyen todos los planos arquitectónicos que ilustran gráficamente el anteproyecto de vivienda de interés social aplicando el BTC Hydraform.

Plantas	
Planta baja (P1).	pág. 94
Planta alta (P2).	pág. 95
Plano de cimentación (P3).	pág. 96
Plano de desplante de muros (P4).	pág. 97
Plano estructural (P5).	pág. 98

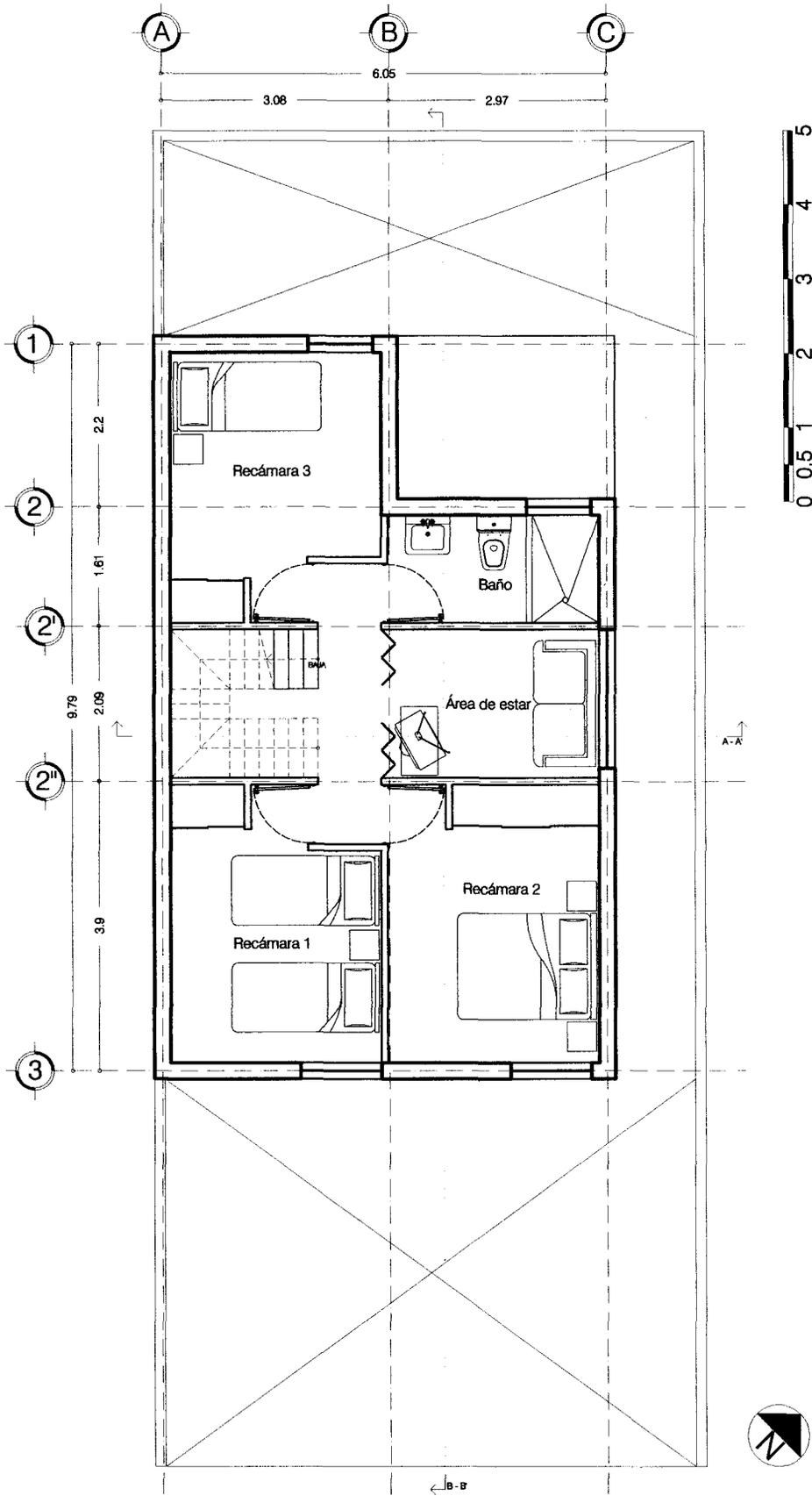
Cortes	
Sección A – A' (S1).	pág. 99
Sección B – B' (S2).	pág. 100

Fachadas	
Alzado principal (F1).	pág. 101
Alzado posterior (F2).	pág. 102

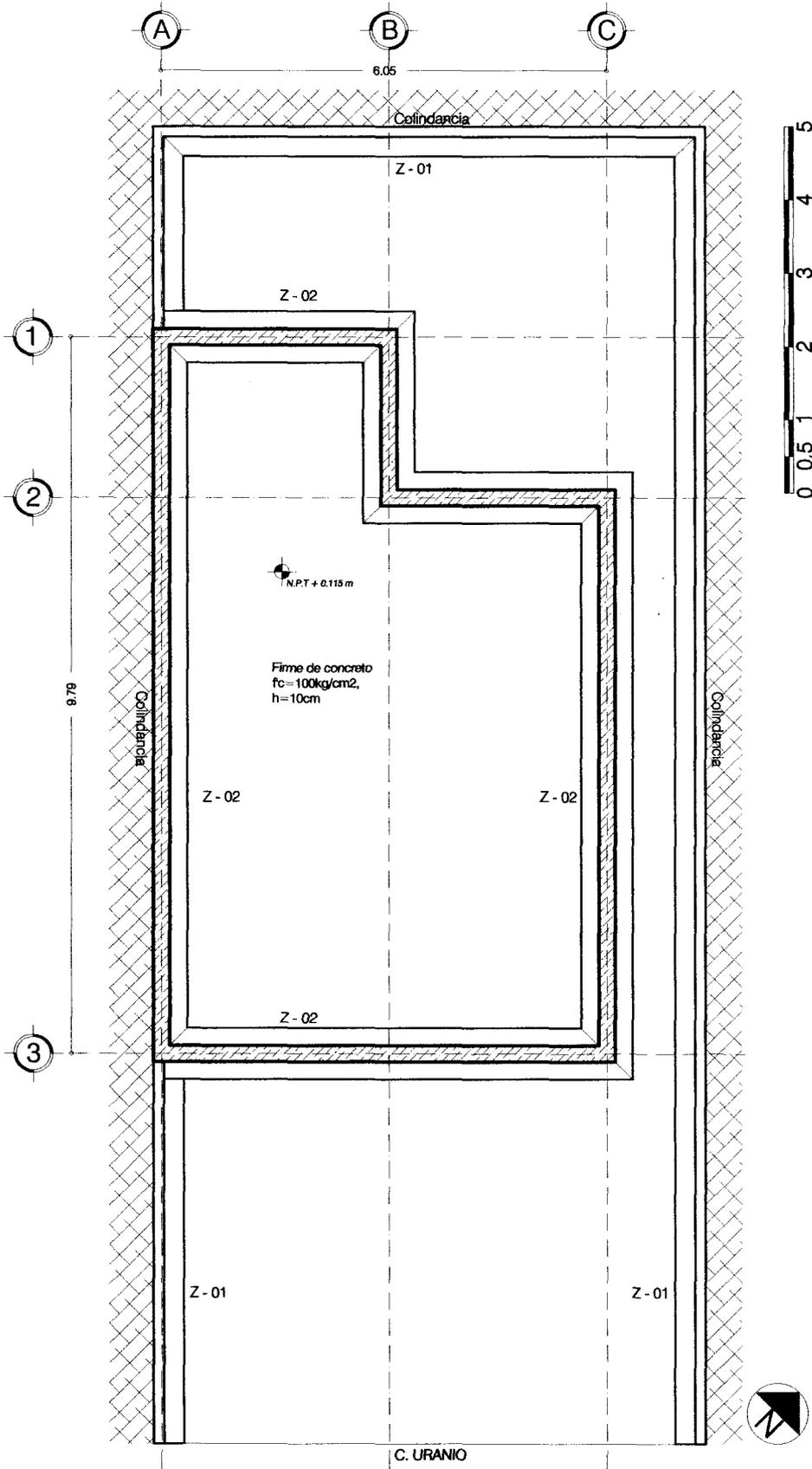
Detalles constructivos	
Junta de dilatación (D1).	pág. 103
Muro de tabla cemento para zonas húmedas (D2).	pág. 104



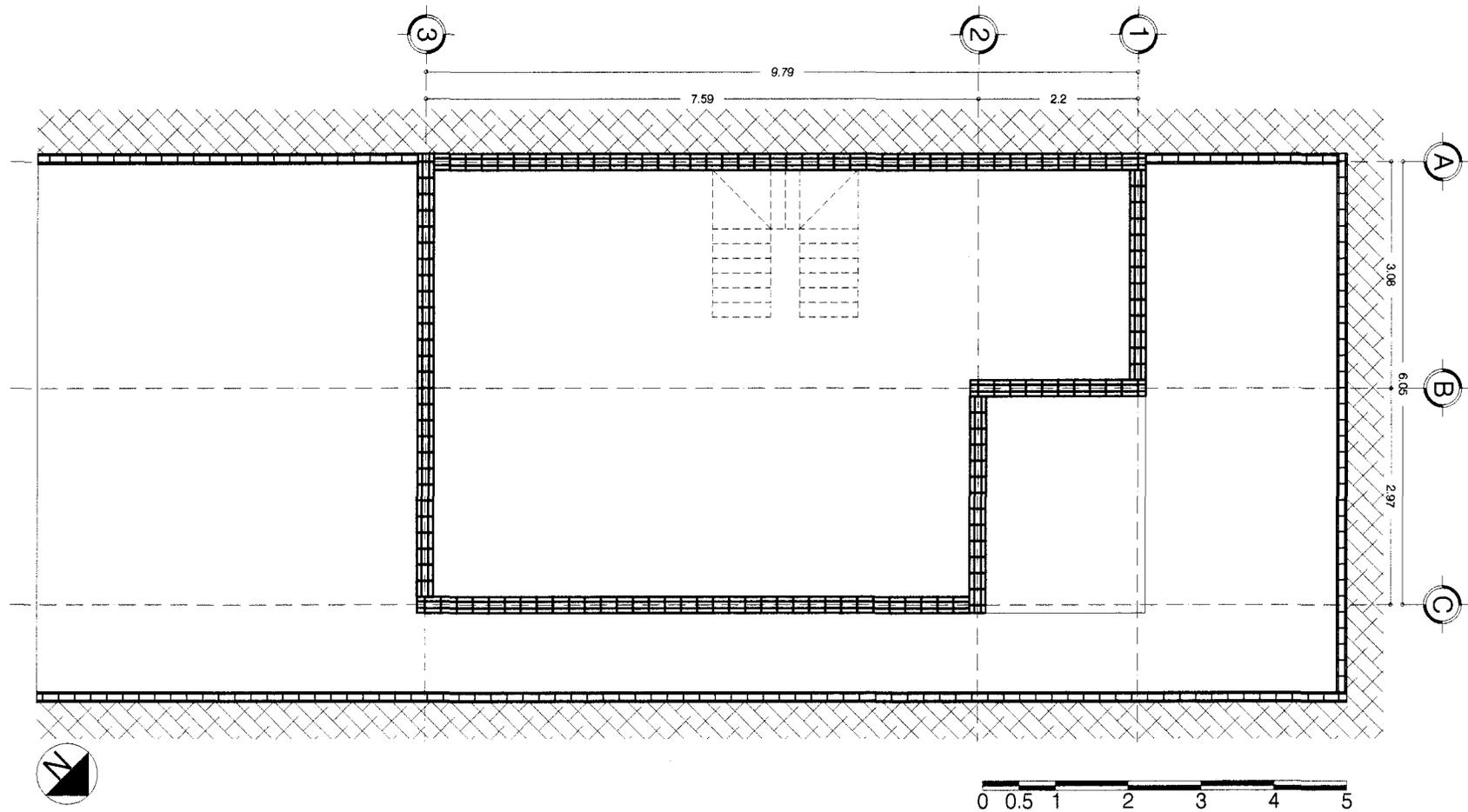
CASA HABITACIÓN
 PLANTA BAJA
 P1
 ESC 1:90



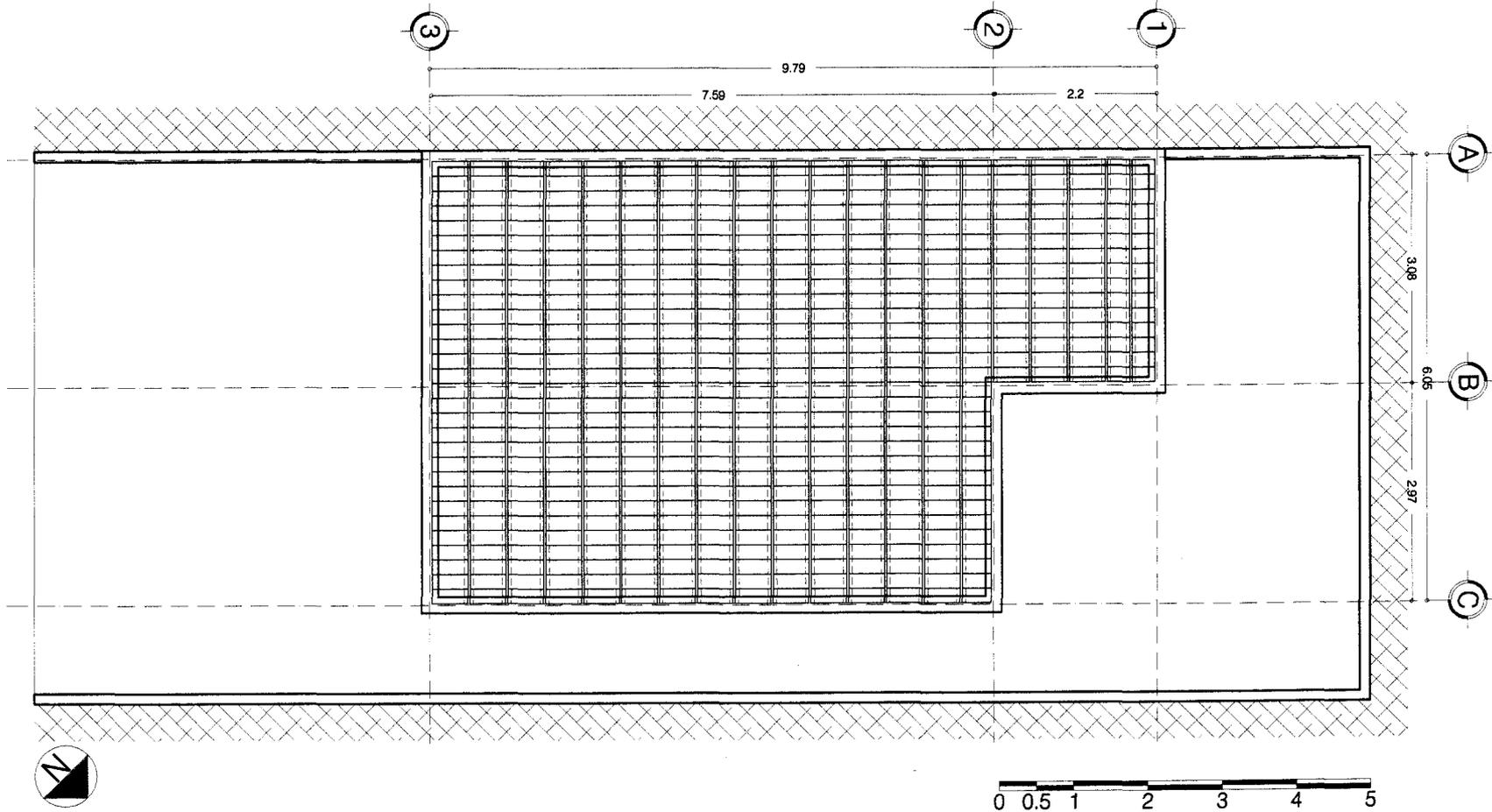
CASA HABITACIÓN PLANTA ALTA	P2
	ESC 1:90



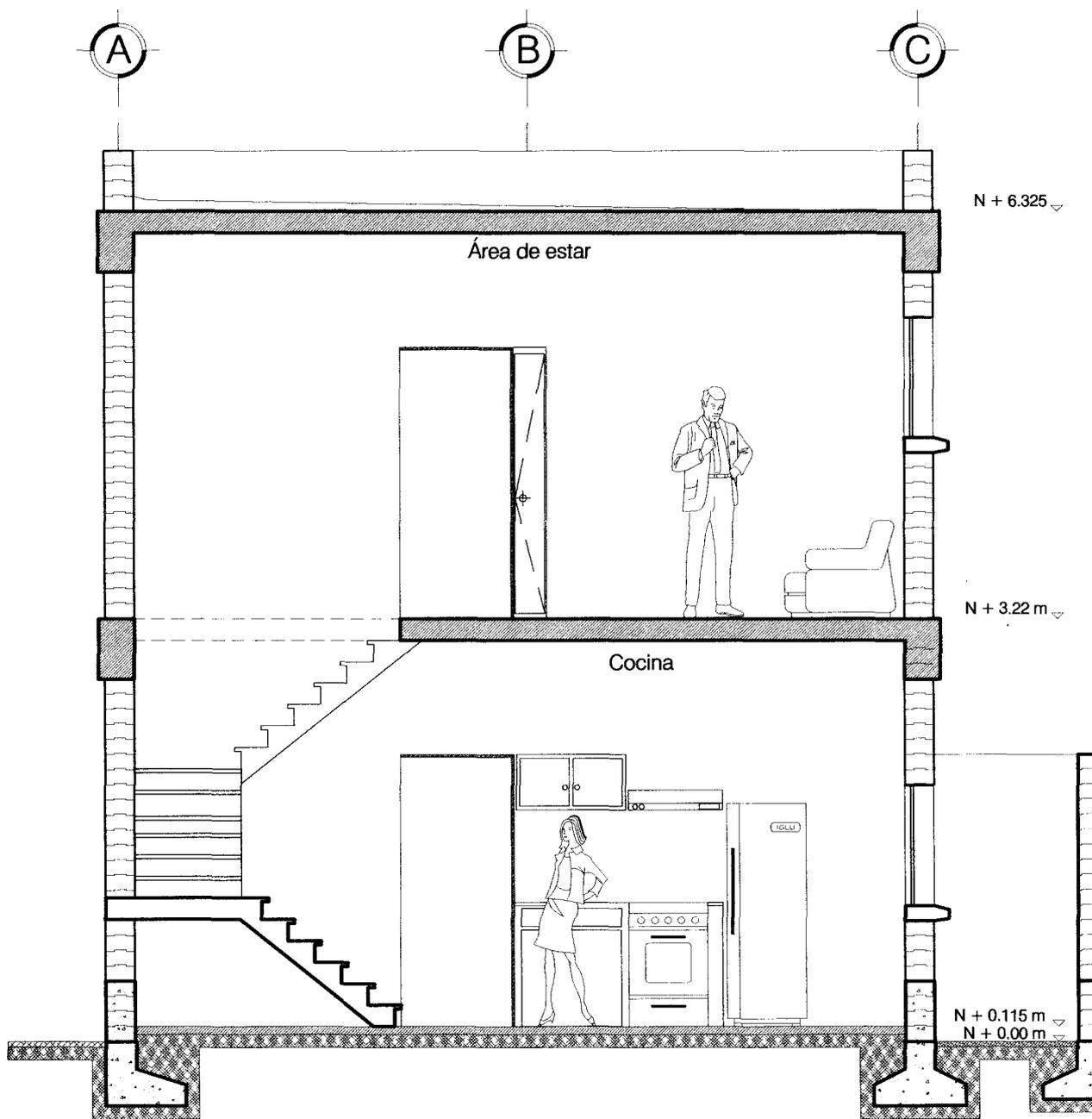
CASA HABITACIÓN	P3
PLANTA DE CIMENTACIÓN	ESC 1:90



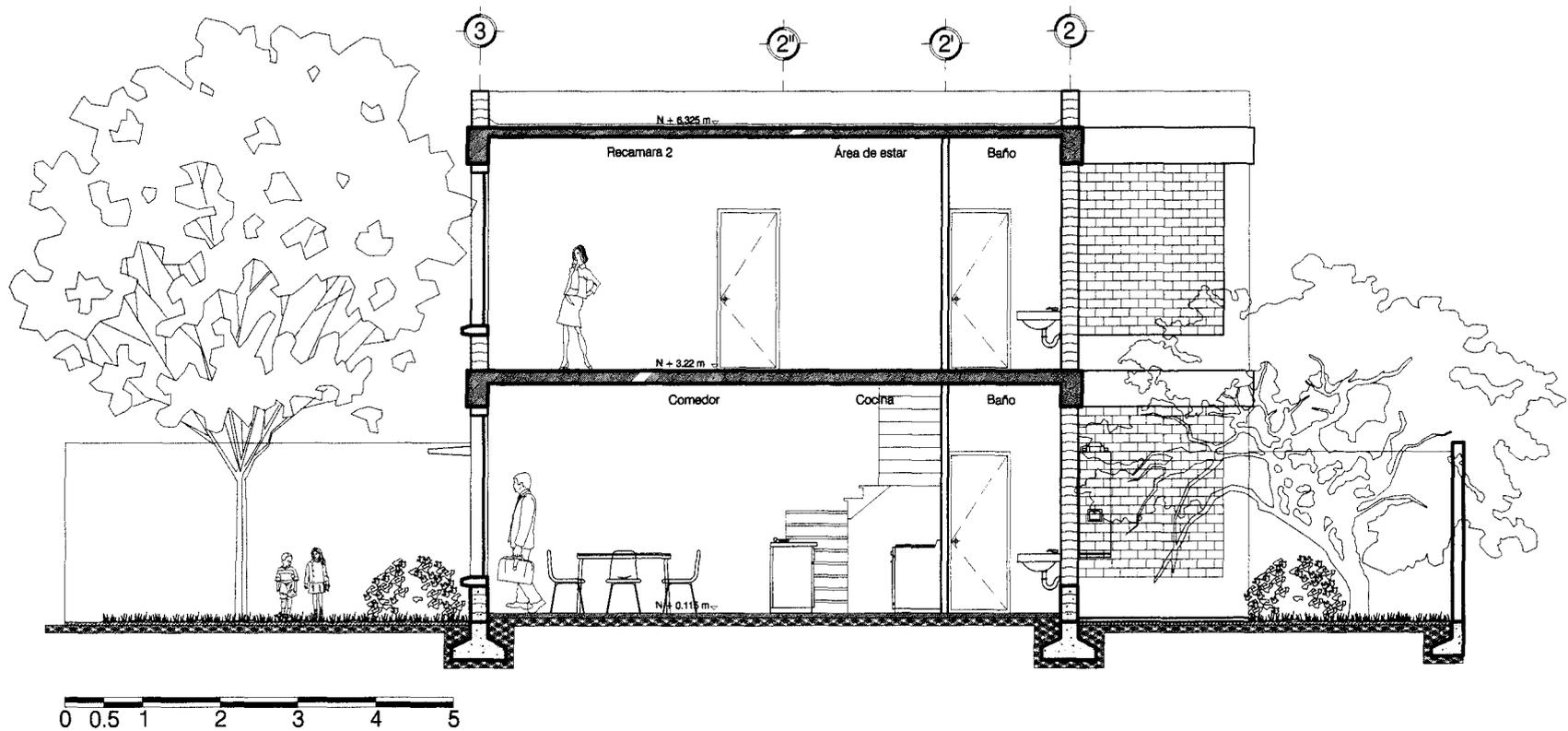
CASA HABITACIÓN	P4
PLANTA DE DESPLANTE DE MUROS	ESC 1:90



CASA HABITACIÓN	P5
PLANTA ESTRUCTURAL (LOSA VIGUETA Y BOVEDILLA)	ESC 1:90



CASA HABITACIÓN	S1
SECCIÓN TRANSVERSAL A - A'	ESC 1:50



CASA HABITACIÓN

S2

SECCIÓN LONGITUDINAL B - B'

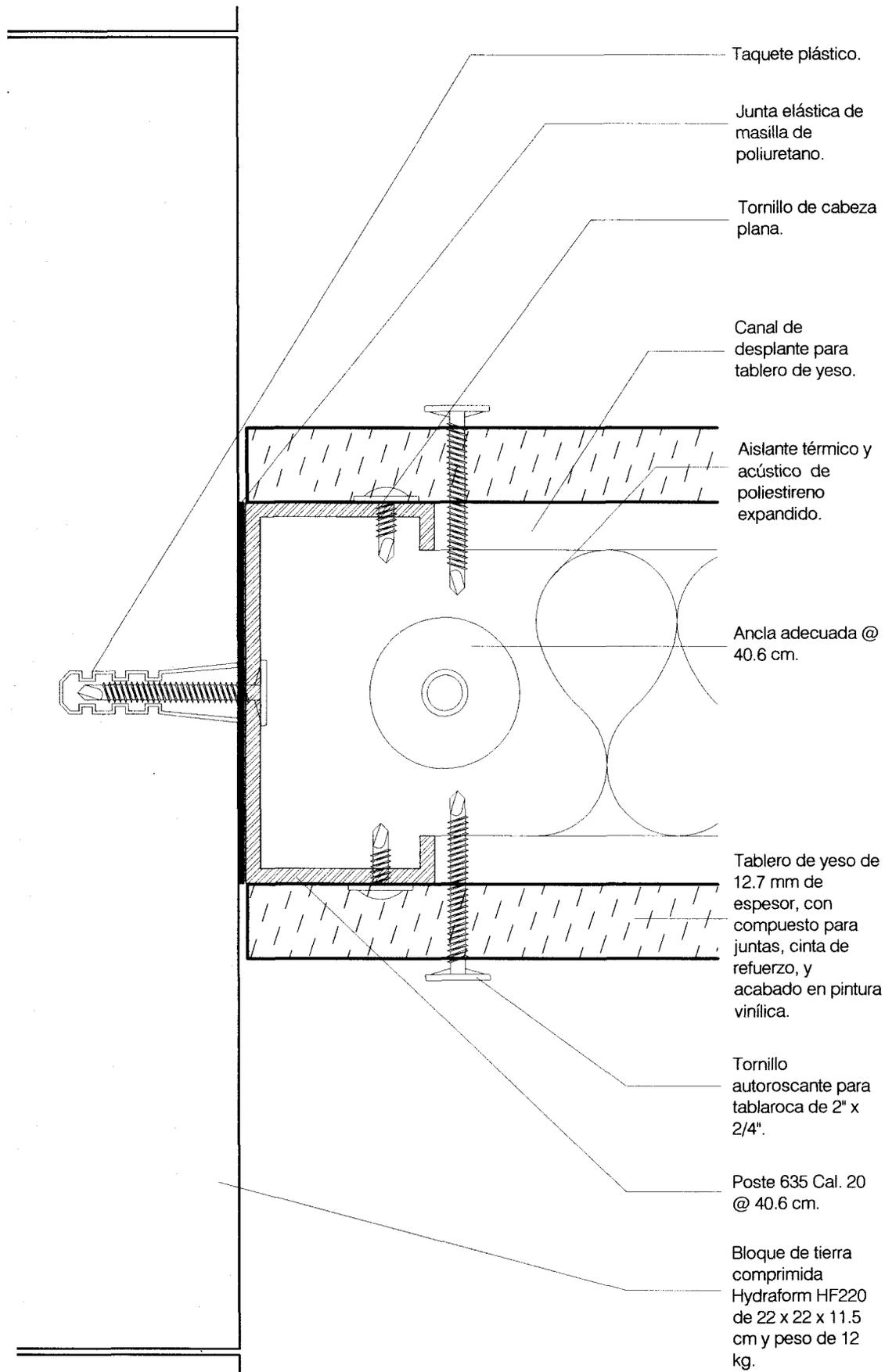
ESC 1:90



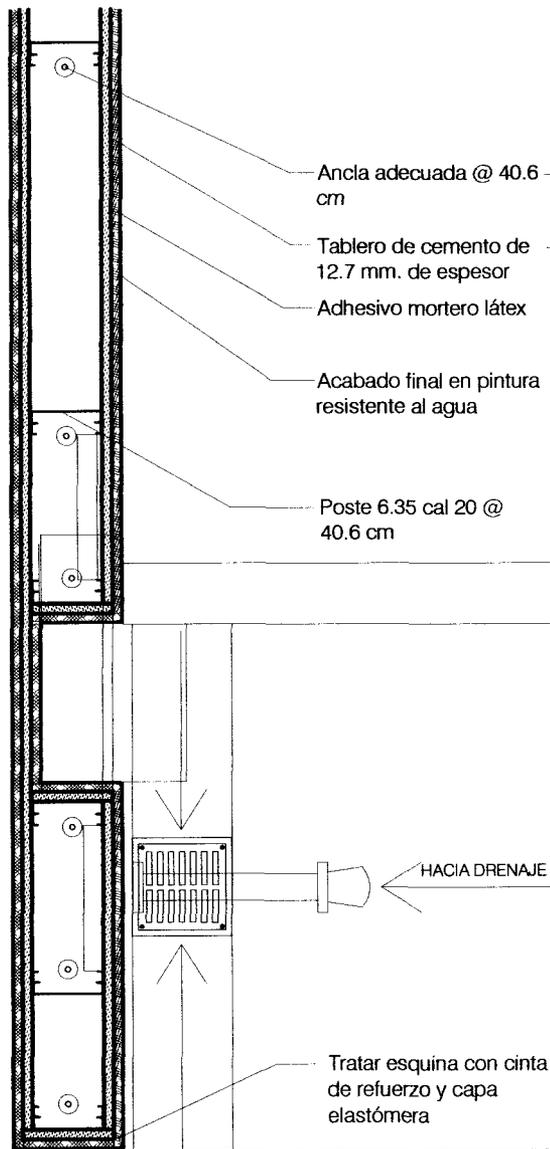
CASA HABITACIÓN	F1
ALZADO PRINCIPAL	ESC 1:50



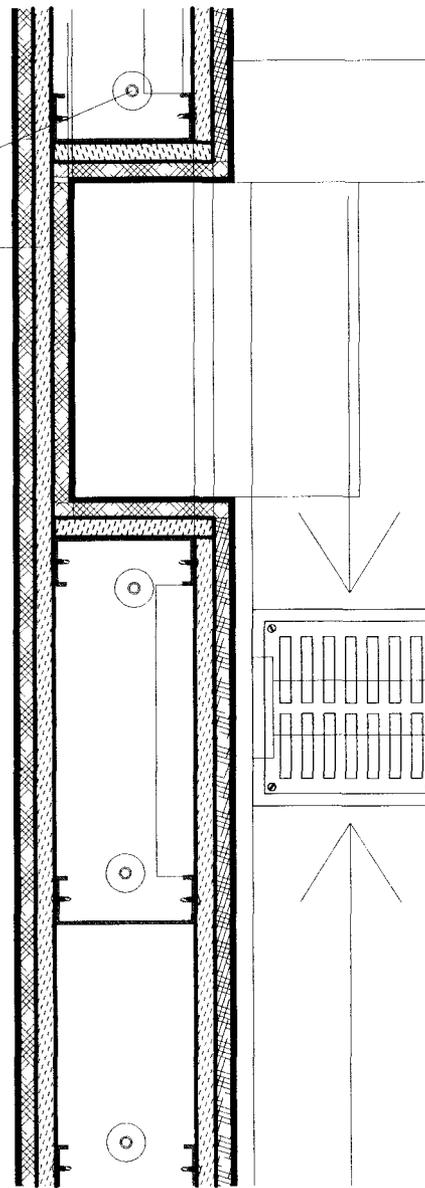
CASA HABITACIÓN	F2
ALZADO POSTERIOR	ESC 1:50



CASA HABITACIÓN	D1
	ESC 1:1
JUNTA DE DILATACIÓN	



ESC 1:10
Fuente: USG, 2007



ESC 1:5

CASA HABITACIÓN	D2
MURO DE TABLA CEMENTO PARA BAÑO	ESC: VAR

CONCLUSIONES

CONCLUSIONES

La construcción con bloques de tierra comprimida tiene una larga historia de uso tanto en México como en el mundo. Como material de construcción, la tierra ha sido desplazada en nuestros días por materiales más modernos y accesibles como el tabique o el bloque de cemento, incluso en la vivienda de interés social.

De ser concebida como un elemento de bienestar social, la casa de interés social se ha convertido en objeto de negocio. Las constructoras de vivienda buscan ganancias sacrificando el espacio interior y empleando materiales de bajo costo monetario pero carentes de otros beneficios.

Recientes estudios, como los realizados por el ITAVU, han comprobado la sustentabilidad de los sistemas constructivos de tierra; por su economía, por su amigabilidad con el medio ambiente y por sus propiedades térmicas. Gracias a ello, se han ido retomando poco a poco en la investigación y construcción en nuestro país.

Se considera que es factible emplear el bloque de tierra comprimida para construir casas de interés social en Monterrey porque hay material suficiente para su edificación. Sin embargo, la inversión inicial a realizarse para emplear la técnica constructiva del bloque de tierra Hydraform es alta, dado que se tiene que adquirir un equipo costoso y se debe adiestrar a los trabajadores. Por ello, es viable económicamente para particulares, empresas privadas o instituciones gubernamentales que tengan el poder económico para hacerlo.

Como módulo, el bloque de tierra Hydraform no se adapta a las dimensiones espaciales de un terreno menor a los 126 metros cuadrados (7.50 x 18.00 m). Es decir, que las dimensiones del bloque como unidad de construcción son diferentes a las dimensiones de materiales más comunes como el bloque de concreto, lo que se traduce en modulaciones espaciales diferentes. En resumen, los mínimos ya establecidos por las diferentes organizaciones de vivienda como el INFONAVIT están dados en función de los materiales convencionales como el bloque de concreto y no aplican para el material propuesto en éste estudio.

Gracias al comparativo de espacios en un ejemplo real de vivienda de interés social, primero, en su estado actual, y luego en la suposición de que hubiese sido construida con bloque de tierra comprimida, se observó una reducción espacial considerable. Esto impacta

directamente en la movilidad del usuario y en la disposición del mobiliario, limitando las opciones y por tanto, la comodidad de quien vive el espacio.

En cuanto a la ejecución de la obra, el empleo del bloque de tierra comprimida permite un interior flexible que hace posible emplear materiales diferentes para los muros interiores, a fin de optimizar los espacios sin usar material de más.

RECOMENDACIONES

RECOMENDACIONES

En primer lugar, para impulsar el uso de los bloques de tierra en México, es necesario demostrar que son resistentes, durables y con mejores propiedades que otros materiales. Para ello, es necesaria la participación de empresas, organismos gubernamentales e instituciones educativas que inicien y fomenten estudios relativos al material.

Segundo, la empresa Hydraform debe continuar con las mejoras en su sistema constructivo, en su método de ensamblaje, en la maquinaria, en su resistencia ante el desgaste ocasionado por los agentes naturales y, finalmente, en sus procesos de producción, con la finalidad de hacer el sistema constructivo aún más eficiente y adaptable al contexto de nuestro país.

Tercero, se exhorta a continuar con éste estudio llevándolo un paso adelante, con la construcción de un prototipo que permita explorar las ventajas y desventajas propias del material. Los resultados derivados de éste prototipo puede ser la pauta para que las instituciones crediticias y gubernamentales apoyen e instauren el bloque de tierra como material para programas de vivienda social con la seguridad de que el material beneficiará a los futuros usuarios.

Respecto a lo anterior, además de emplear el material en una construcción real, sería de utilidad realizar una investigación sobre las experiencias de las personas que han vivido en una casa de bloques de tierra, para corroborar si en su percepción como usuarios han experimentado confort térmico dentro del inmueble y documentar los beneficios percibidos.

En cuarto lugar, referente al tema del confort térmico, el prototipo construido permitiría realizar un monitoreo real con herramientas como sensores de temperatura. Los resultados significarían una demostración fehaciente de los beneficios que el material trae a los ocupantes de una vivienda construida con boques de tierra comprimida.

Finalmente, se recomienda como seguimiento de ésta investigación, realizar estudios sobre las propiedades de adherencia de distintos recubrimientos sobre del bloque de tierra comprimida, para definirlos adecuados. Este estudio permitiría la opción de recomendar distintos recubrimientos dependiendo de los requerimientos de cada proyecto.

REFERENCIAS

REFERENCIAS

Academia Nacional de Medicina. *Factores de riesgo asociados a los accidentes de trabajo en la industria de la construcción del Valle de México*. (Febrero 2004). Obtenido el 15 de junio de 2007 en la base de datos de la Academia Nacional de Medicina de México en la World Wide Web:

[<http://www.northcoast.com/~tms/adobe.html>]

Alva, Ernesto. (1999). *Norma Técnica de Vivienda INFONAVIT*. México D. F.: Talleres Gráficos del D. F.

Asensio, Francisco. (1998). *World of environmental design: eleven, obra reciente*. Barcelona: Arco.

Autosuficiencia Revista Digital. *La elección del lugar dónde construir una casa de tierra*. (Abril, 2004). Obtenido el 16 de febrero de 2006, de la base de datos de Editora Programa de Autosuficiencia Regional en la World Wide Web:

[<http://tabloide.eurofull.com/shop/detallenot.asp?notid=233>]

Bardou, Patrick *et al.* (1981). *Arquitecturas de adobe*. Barcelona: G. Gili.

Bazant, Jan. (2003). *Viviendas progresivas. Construcción de vivienda por familias de bajos ingresos*. México D. F.: Trillas.

Berge, Bjørn. (2000). *The ecology of building materials*. Oxford: Architectural Press.

Blaxter, Loraine *et al.* (2000). *Cómo se hace una investigación*. Barcelona: Gedisa.

Bucio Mújica, Franco. *Nueva Ley de Vivienda*. (2006). Obtenido el 2 de julio de 2007, de la base de datos del ONNCCE en la World Wide Web:

[<http://www.onncce.org.mx/envioboletin/boletin38.htm>]

Cámara de Diputados de México. *Ley de Vivienda*. (2006). Obtenido el 24 de abril de 2008 en la base de datos de la Honorable Cámara de Diputados en la World Wide Web:
[<http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/index.htm>]

Craven, Jackie. *Earth houses: rammed earth*. (2006). Obtenido el 2 de febrero de 2006, de la base de datos de About.com en la World Wide Web:
[<http://architecture.about.com/cs/greenarchitecture/a/eartharch.htm>]

Crosbie, Michael J. (1994). *Green architecture: a guide to sustainable design*. Massachusetts: Rockport Publishers.

Cobworks. *San Bartolo Cob Project in Mexico*. (2004). Obtenido el 30 de agosto de 2006 en la base de datos de Cobworks Canadá en la World Wide Web:
[<http://www.cobworks.com/mayne.htm>]

CONAVI. *Dinámica demográfica*. (2006). Obtenido el 16 de febrero de 2006, de la base de datos de la Comisión Nacional de Fomento a la Vivienda CONAVI en la World Wide Web:
[<http://www.conafovi.gob.mx>]

CONAVI. *Programa Nacional de Vivienda 2007 – 2012: Hacia un desarrollo habitacional sustentable*. (2008). Obtenido el 24 de abril de 2008 en la base de datos de la CONAVI en la World Wide Web:
[<http://www.conafovi.gob.mx/programas.html>]

De Anda Núñez, Nadia Paloma. (2003). *Propuesta de vivienda de interés social en adobe estabilizado basado con principios bioclimáticos para Monterrey*. Tesis de maestría, ITESM Monterrey, México.

De Pablo, Luis. *La política de vivienda en México*. (0000). Obtenido el 15 de mayo de 2006, de la base de datos de Crónica Legislativa en la World Wide Web:
[<http://www.cddhcu.gob.mx/cronica57/contenido/cont13/masalla3.htm>]

Du Plessis, Chrisna. *Agenda 21 for Sustainable Construction in Developing Countries*. (2002). Obtenido el 12 de septiembre de 2006 en la base de datos de División para el Desarrollo Sustentable de la Organización de las Naciones Unidas en la World Wide Web:

[<http://www.un.org/esa/sustdev/documents/agenda21/spanish/agenda21sptoc.htm>]

Earthship Biotecture. *Construction materials of Earthship Biotecture*. (2005). Obtenido el 19 de noviembre de 2005, de la base de datos de Earthship Biotecture en la World Wide Web:

[<http://www.earthship.net/modules.php?name=News&file=article&sid=41>]

Ecoaxis. *Rammed earth houses: building and construction information*. (2000). Obtenido el 2 de febrero de 2006, de la base de datos de Ecoaxis.net en la World Wide Web:

[<http://www.ecoaxis.net/archt/rammedearth.html>]

Eco2site. *Arquitectura ecológica sustentable: entrevista a Dante Muñoz Veneros*. (2003). Obtenido el 23 de octubre de 2005, de la base de datos de Eco2site en la World Wide Web:

[<http://www.eco2site.com/arquit/entrevista-dante.asp>]

Eco2site. *Arquitectura sustentable*. (2001). Obtenido el 23 de octubre de 2005, de la base de datos de Eco2site en la World Wide Web:

[<http://www.eco2site.com/arquit/earquit2.asp>]

Eco2site. *Pactos, hacia una ciudad sustentable*. (2001). Obtenido el 23 de octubre de 2005, de la base de datos de Eco2site en la World Wide Web:

[<http://www.eco2site.com/arquit/pactos.asp>]

El Siglo de Torreón. (9 de mayo de 2003). *Perdió humanidad vivienda de interés social. Torreón*. Obtenido el 7 de mayo de 2008 en:

[<http://www.elsiglodetorreon.com.mx/noticia/30607.perdio-humanidad-vivienda-de-interes-social.html>]

Farmer, John. (1999). *Green shift: changing attitudes in Architecture to the natural world*. Oxford: Architectural Press.

Fathy, Hassan. (1973). *Architecture for the poor: an experiment in rural Egypt*. Chicago: University of Chicago Press.

Favela García, Claudio César. (2004). *Propuesta de selección de un sistema constructivo para vivienda de interés social*. Tesis de maestría, ITESM Monterrey, México.

Flat Rock. *People everywhere: aerial photos of Mexico*. (2006). Obtenido el 10 de septiembre de 2006, de la base de datos de Flat Rock en la World Wide Web:

[http://flatrock.org.nz/topics/money_politics_law/aerial_photos_of_mexico.htm]

Formstone, Alan. *Paquimé, Chihuahua, México*. (2005). Obtenido el 23 de febrero de 2006, de la base de datos de Alanformstone.com en la World Wide Web:

[http://alanformstone.com/pics/2004_10_paquime.html]

Gobierno de Monterrey. *Reglamento para las construcciones en el municipio de Monterrey*. (1995). Obtenido el 16 de enero de 2007 en la base de datos del Municipio de Monterrey en la World Wide Web:

[<http://www.monterrey.gob.mx>]

Gobierno de Nuevo León. *Ley de Ordenamiento Territorial de los Asentamientos Humanos y de Desarrollo Urbano del Estado de Nuevo León*. (1999). Obtenido el 16 de enero de 2007 en la base de datos del Estado de Nuevo León en la World Wide Web:

[<http://www.nl.gob.mx>]

González Gortázar, Fernando. (1994). *La arquitectura mexicana del Siglo XX*. México D.F.: CONACULTA.

Grayson, James. (2001). *Hot dirt, cool straw: Nature – friendly houses for the 21st century living*. New York: HarperCollins Publishers.

Guerrero, Luis Fernando. (1994). *Arquitectura de tierra*. México D.F.: UAM.

Hallock, James. *Thermal properties*. (2007). Obtenido el 10 de julio de 2007 en la base de datos de Earth Block Inc. en la World Wide Web:

[<http://www.earthblockinc.com/properties.htm>]

Hernández, Roberto *et al.* (2006). *Metodología de la investigación*. México D. F.: McGraw – Hill.

Higuera, Sergio. (1988). *La casa de tierra*. Plan estatal de vivienda popular y campesina. Matamoros: ITAVU – AQC.

Hornbostel, Caleb. (2000). *Materiales para construcción*. Mexico D. F.: Limusa.

McHenry, Paul Graham. (1989) *Adobe and rammed earth buildings*. Tucson: University of Arizona Press.

Maini, Satprem. *Earth Technologies. Compressed Stabilised EarthBlocks*. (2007). Obtenido el 25 de febrero de 2007 en la base de datos del Auroville Earth Institute en la World Wide Web:

[<http://www.earth-auroville.com/index.php?nav=menu&pg=technologies&id1=9>]

Medellín, Arturo. (1990). *La casa de tierra*. Matamoros: Instituto Tamaulipeco de Vivienda y Urbanización - Guía.

Moia, José Luis. (1978). *Cómo se construye una vivienda*. Barcelona: G.G.

Mostaedi, Arian. (2003). *Arquitectura sustentable: high – tech housing*. Madrid: Instituto Monsa de Ediciones.

Muñoz, Carlos. (1998). *Cómo elaborar y asesorar una investigación de tesis*. Estado de México: Pearson – Prentice Hall.

Neufert, Peter *et al.* (2002). *Casa, vivienda y jardín. El proyecto y las medidas en la construcción*. Barcelona: G. Gili.

Noriega, Pilar y Guajardo, Alicia. (2003). *Análisis estratégico del Área Metropolitana de Monterrey. Un diagnóstico para el desarrollo*. Monterrey: CEDEM – Plata.

ONU. *Aspectos institucionales del desarrollo sostenible en México*. (1997). Obtenido el 17 de julio de 2007 en la base de datos de la Organización de las Naciones Unidas en la World Wide Web:

[<http://www.un.org/esa/agenda21/natlinfo/countr/mexico/inst.htm>]

Pereira Gignone, Hugo. *Casas de barro*. (2005). Obtenido el 22 de noviembre de 2005, de la base de datos de Arquitectura y Construcción en la World Wide Web:

[http://www.casasdebarro.com/pages/fotos_proyectos.html]

Plazola Cisneros, Alfredo et al. (1985). *Arquitectura habitacional*. México D. F.: Limusa.

Rammed Earth Works in Geocities. *Rammed Earth Works: Important facts about stabilized earth*. (2000). Obtenido el 2 de febrero de 2006, de la base de datos de Geocities en la World Wide Web:

[<http://www.geocities.com/Heartland/Valley/5173/house/house.htm>]

Rees, Dai. *Stabilised Soil Tanks for Rainwater Storage*. (2000). Obtenido el 7 de mayo de 2008 en la base de datos de la Development Technology Unit, School of Engineering, University of Warwick en la World Wide Web:

[http://www.eng.warwick.ac.uk/dtu/pubs/tr/rwh/rwhtr03/soil_tanks.html]

Ruiz Mondragón, Raúl. (1994). *Análisis tipológico de prototipos de vivienda de interés social en México. Vivienda en un nivel*. México D. F.: Publicaciones Instituto Politécnico Nacional.

SEDESOL. *Estado actual de la vivienda en México*. (2005). Obtenido el 22 de noviembre de 2005, de la base de datos de la Secretaria de Desarrollo Social SEDESOL en la World Wide Web:

[<http://www.sedesol.gob.mx>]

Salingaros, Nikos A. *et al.* *Vivienda social en Latino – América.* (2006). Obtenido el 7 de mayo de 2008 en la base de datos del Department of Mathematics of The University of Texas at San Antonio en la World Wide Web:

[<http://zeta.math.utsa.edu/~yxk833/socialhousing-spanish.pdf>]

Sosa Griffin, María Eugenia y Siem, Geovanni. *Manual de diseño para edificaciones energéticamente eficientes en el trópico.* (2007). Obtenido el 10 de julio de 2007 en la base de datos del Instituto de Desarrollo Experimental de la Construcción de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo en la Universidad Central de Venezuela en la World Wide Web:

[<http://www.arq.ucv.ve/idec/racionalidad/Paginas/manual.html>]

Stulz, Roland and Mukerji, Kiran. (1998). *Appropriate Building Materials: a catalog of potential solutions.* London: Intermediate Technology Publications.

Taylor Publishing. *The Dirt Cheap Builder.* (2004). Obtenido el 15 de junio de 2007 en la base de datos de Taylor Publishing en la World Wide Web:

[<http://www.northcoast.com/~tms/adobe.html>]

Terrón Contreras, Denisse. (2005). *El confort térmico como medida de evaluación experimental y analítica en la vivienda de interés social.* Tesis de maestría, ITESM Monterrey, México.

Thomas, Randall. (1996). *Environmental design.* London: E & FN Spon.

Tournys, Jacques. (1980). *Las medidas en la vivienda: acondicionamiento, distribución y aprovechamiento de los espacios útiles.* Barcelona: Editores Técnicos Asociados S. A.

UN DESA. *Report of the World Commission on Environment and Development: Our common future.* (1987). Obtenido el 5 de septiembre de 2006 en la base de datos de la División para el Desarrollo Sustentable de la UN DESA en la World Wide Web:

[http://www.un.org/esa/sustdev/documents/docs_key_conferences.htm]

Vélez, Roberto. (1997). *Guía para el análisis de un edificio*. México D. F.: UAM Cuadernos de investigación.

Villavicencio, Judith y Durán, Ana María. *Treinta años de vivienda social en la Ciudad de México: Nuevas Necesidades y Demandas*. (1 de Agosto de 2003). Obtenido el 7 de mayo de 2008 en la base de datos de Scripta Nova Revista Electrónica de Geografía y Ciencias Sociales en la World Wide Web:

[[http://www.ub.es/geocrit/sn/sn-146\(028\).htm](http://www.ub.es/geocrit/sn/sn-146(028).htm)]

Wells, Malcolm. (1981). *Gentle architecture*. New York: McGraw – Hill.

ANEXOS

ANEXOS

Anexo A: Organismos financieros de vivienda en México

a. Instituto del Fondo Nacional de Vivienda para los Trabajadores (INFONAVIT)

El INFONAVIT es una institución gubernamental que desde 1972 ha otorgado más de tres millones de créditos para vivienda. La décima parte de la población vive en esas casas, mismas que equivalen a todas las viviendas en las ciudades de Guadalajara y Monterrey juntas (INFONAVIT, 2006).

Desde 1992, con la puesta en marcha del SAR, este instituto inició una serie de reformas para transformarse en un organismo financiero, como transición hacia una hipotecaria social, al incorporarse el derecho de los trabajadores para elegir libremente su vivienda, y el compromiso de mantener el valor de los ahorros institucionales. El marcado crecimiento del número de créditos otorgados, junto con la experiencia adquirida, han colocado a este instituto como el organismo más importante del sector vivienda (CONAVI, 2006).

Cuando se reformó la ley del IMSS en 1997, el INFONAVIT se reformó para adecuarse al esquema del nuevo Sistema de Pensiones. Esto modificó la concepción y operación de los procesos de afiliación, emisión, notificación, recaudación y fiscalización del instituto (CONAVI, 2006).

Una debilidad del instituto consiste en que los 2.3 millones de créditos otorgados desde su implementación, representan únicamente la atención al 18.7% de los 12.3 millones de trabajadores que constituyen la actualidad de los derechohabientes. También, que a partir de 1995 la atención del instituto se desplazó hacia los trabajadores con ingresos superiores a los tres salarios mínimos (CONAVI, 2006).

El crédito INFONAVIT es la cantidad que otorga como crédito y se suma a la Subcuenta de Vivienda que cada derechohabiente tiene (INFONAVIT, 2006).

b. Fondo de la Vivienda del Instituto de Seguridad y Servicios Sociales de los Trabajadores del Estado (FOVISSSTE)

En mayo de 1972, se creó por decreto, en adición a la Ley del Instituto de Seguridad y Servicios Sociales de los Trabajadores al Servicio del Estado (ISSSTE), el FOVISSSTE para otorgar créditos hipotecarios a los trabajadores que se rigen por el apartado B de la Ley Federal del Trabajo (FOVISSSTE, 2006). Desde su creación ha otorgado más de 536,000 créditos, atendiendo al 25.9% de sus derechohabientes, a los cuales en el periodo de 1995 hasta agosto de 2001 otorgó 149,593

créditos. De dichos créditos el 89.6% fue para adquisición de vivienda y el 10.4% restante para mejoramiento (CONAFOVI, 2006).

La mayor fortaleza de esta institución es que su fuente de recursos son las aportaciones de los trabajadores a través del estado, así como los recursos obtenidos de la recuperación de créditos. Su debilidad se traduce en que su operación carece de autonomía de gestión, ya que depende del ISSSTE y de la SHCP, que es la que establece un límite presupuestal al uso del patrimonio del fondo (CONAFOVI, 2006).

El crédito FOVISSSTE es aquel con garantía hipotecaria destinado a construir, reparar, ampliar o mejorar vivienda o por la que se pretende cubrir pasivos adquiridos bajo estos conceptos (FOVISSSTE, 2006).

c. Fondo Nacional de Habitantes Populares (FONHAPO)

El FONHAPO respondió a la necesidad de una alternativa de financiamiento de vivienda para la población no asalariada con bajos ingresos. Ha otorgado más de 585,000 créditos desde su instauración. En el periodo de 1995 a 2001 otorgó 78,848 créditos, de los cuales el 44.8% se destinó para adquisición de vivienda y el 55.2% para mejoramiento (CONAFOVI, 2006).

Los programas que FONHAPO financia constituyen las fortalezas para este fondo, principalmente los de vivienda progresiva y de vivienda mejorada. Hasta el año 2000, el fondo operó otorgando préstamos a las familias integrantes de grupos organizados, y a organizaciones sociales representadas por autoridades estatales o municipales. Esta forma de operar es la mayor debilidad del instituto, ya que ha enfrentado circunstancias difíciles y comprometidas para la recuperación de su cartera con grupos sociales.

d. Fondo de Operación y Financiamiento Bancario a la Vivienda (FOVI) del Banco de México

FOVI es un Fideicomiso Público constituido en 1963 por el Gobierno Federal a través de la Secretaría de Hacienda y Crédito Público en Banco de México, el cual es administrado por la Sociedad Hipotecaria Federal, S.N.C. a partir del 26 de febrero de 2002 (FOVI Banco de México, 2002).

Dentro de sus fines se encuentra el otorgar apoyos financieros y garantías para la construcción y adquisición de vivienda de interés social, canalizando los recursos a través de los intermediarios financieros, siendo éstos las instituciones de banca múltiple y las Sociedades Financieras de Objeto Limitado (SOFOL) del ramo hipotecario e inmobiliario, registradas ante FOVI (FOVI Banco de México, 2002). Ha otorgado desde sus inicios, más de 790,000 créditos (CONAFOVI 2006).

Su fortaleza básica es su papel pionero en la bursatilización de las hipotecas, lo que coloca al FOVI como base para el desarrollo de mercado secundario de hipotecas que le permita cambiar sus

fuentes proveedoras de fondos (Gobierno Federal), y obtener recursos en el mercado de capitales mediante emisiones de títulos respaldados por hipotecas (FOVI Banco de México, 2002).

Los recursos del financiamiento se asignan a través del sistema de subastas a las que están llamados los promotores de vivienda registrados en FOVI, así como los intermediarios financieros autorizados (FOVI Banco de México, 2002).

e. Organismos Estatales de Vivienda (OREVIS)

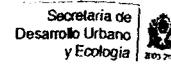
Constituyen una fortaleza para el sector por su atención local en el proceso productivo de vivienda, en la medida en que se concentren en ofrecer tierra urbanizada y efectuar una labor de incorporación de suelo que genere reservas territoriales para construir vivienda social (CONAFOVI 2006). Su debilidad se deriva de la escasa experiencia organizativa para integrarse y mezclar recursos con los Organismos Nacionales de Vivienda (ONAVIS) (CONAFOVI 2006).

Anexo B: Tipos de vivienda

El INFONAVIT registra las cinco siguientes categorías de vivienda según su valor en salarios mínimos.

Categoría	Valor en salarios mínimos	Condicionante en salarios mínimos
<i>Básica</i>	121.20	Hasta 3
<i>Social</i>	134.67	De 3 a 5
<i>Económica</i>	148.38	De 5 a 10
<i>Media</i>	161.51	Mayor a 10
<i>Media alta y residencial</i>	175.67	Mayor a 10

Anexo C: Requisitos de construcción para casa habitación unifamiliar obra nueva, municipio de Monterrey.



REQUISITOS DE CONSTRUCCION PARA CASA HABITACION UNIFAMILIAR OBRA NUEVA

PARA USO EXCLUSIVO DEL MUNICIPIO	<input type="checkbox"/>	Solicitud Oficial llena y firmada por el propietario
	<input type="checkbox"/>	Escripciones notariadas e inscritas en el Registro Público de la Propiedad y del Comercio, o en su defecto contrato de compra venta notariado y pago del ISAI (Impuesto sobre Adquisición de Inmuebles) (2 copias legibles)
	<input type="checkbox"/>	Pago del Impuesto Predial al corriente (2 copias legibles)
	<input type="checkbox"/>	Identificación oficial con fotografías del Propietario del predio (2 copias) por ambos lados y legible
	<input type="checkbox"/>	Fotografías del predio donde se muestre baldío.
	<input type="checkbox"/>	Plano en formato oficial para revisión (una copia) con los datos señalados en el formato SEDUE_012. El formato oficial se puede obtener de la página www.monterrey.gob.mx
	<input type="checkbox"/>	Firma de Director Técnico de la Obra , anexas copia de la cédula profesional y carta responsiva.

REQUISITOS ADICIONALES QUE PODRÁN SOLICITARSE SEGÚN EL CASO:

- **En caso de no acudir el propietario a realizar su trámite**
Para familiares directos del Propietario, se solicitará carta poder simple firmada en original por el Propietario, apoderado y testigos, con copia de sus respectivas identificaciones oficiales.
En el caso de gestores (Arquitectos, Ingenieros, etc.), deberán presentar carta poder notariada para recoger la resolución del trámite.
- **En caso de formar parte de un fraccionamiento el cual tenga reglamento interno.**
Plano del proyecto arquitectónico con el visto bueno del comité del fraccionamiento
- **Solo en caso de tratarse de construcciones de 300.00 m2 en adelante, median con pendiente y bardas mayores a 2.00 metros de altura**
Cálculos Estructurales firmados por el responsable de la elaboración de este estudio, anexar copia de cédula profesional y carta responsiva.
- **En caso de predios ubicados en la Zona del Husillo (Carretera Nacional)**
Presentar Plano Topográfico o en su defecto marcar curvas de nivel en planta de conjunto.
Respetar un COS de 70%, área libre de 30%, área jardinada 20% Y un cajón de estacionamiento por cada 100 m2 de construcción (máximo 4 cajones de estacionamiento).
Cálculos Estructurales firmados por el responsable de la elaboración de este estudio, anexar copia de la cédula profesional y carta responsiva.
Estudio de Mecánica de Suelos, anexar copia de la cédula profesional y carta responsiva.
- **En caso de predios ubicados fuera de un Fraccionamiento aprobado**
Se solicitará requisitos adicionales, los cuales lo serán señalados posterior a la revisión de sus requisitos básicos.
- **Dependiendo el predio, la ubicación o el tipo de terreno:**
se solicitarán estudios adicionales, como estudio de mecánica de suelo, estudios hidrológicos y geológicos únicamente en los casos donde se considere necesario, por lo cual serán solicitados posterior a la primera revisión en caso de ser necesario.

IMPORTANTE En base al Artículo 254, fracción V de la Ley de Ordenamiento Territorial de los Asentamientos Humanos y de Desarrollo Urbano del Estado, la autoridad se reserva la facultad de cuestionar otra documentación que se requiera según sea el caso para estar en la posibilidad de evaluar, dictaminar y resolver cualquier solicitud.

SOLICITUD DE LICENCIA DE
CONSTRUCCIÓN PARA CASA HABITACIÓN UNIFAMILIAR - OBRA NUEVA

_____| Día | _____| Mes | _____| Año

Nombre Completo: _____

Calle: _____ Número: _____

Entre calles: _____ Colonia: _____

Teléfono: _____ Correo electrónico: _____

Calle: _____ Número: _____

Entre Calles: _____ Colonia: _____

Expediente Catastral: _____

Nombre completo: _____

Nombre Completo: _____

Calle y Número: _____ Colonia: _____

Municipio: _____ Tel: _____ Correo electrónico: _____

(Obligatorio anexar: Identificación Oficial con Fotografía, Poder General Certificado o Carta Poder Notariada)

Nombre Completo: _____

Reglamento para las Construcciones en el Municipio de Monterrey. Artículos. 22, 23, 24, 25.

DECLARACIÓN BAJO PROTESTA:

Manifiesto bajo protesta de decir verdad, que los datos asentados en esta solicitud son ciertos, completos y corresponden al trámite solicitado; quedo enterado que en caso de no corresponder a la realidad me haré acreedor a las sanciones administrativas establecidas en el Reglamento de Construcción de la Ciudad de Monterrey y demás sanciones aplicables por incurrir en el delito de falsedad de declaraciones establecido en el artículo 249 del Código Penal de Nuevo León.

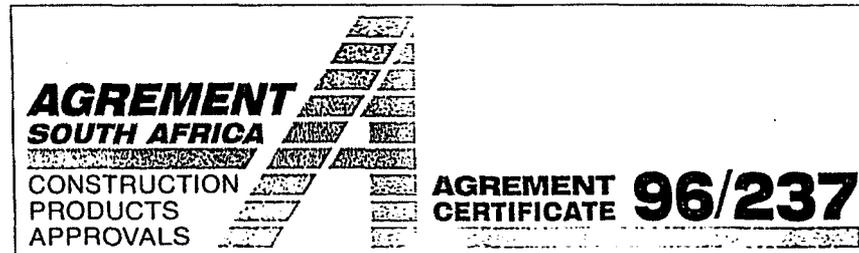
Firma del Propietario y/o
Representante Legal (con Carta Poder Notariada)
(La firma deberá coincidir con la I.D. Presentada)

Firma del Director Técnico de la Obra
(La firma deberá coincidir con la I.D. Presentada)

La presente solicitud no prejuzga sobre los derechos de propiedad de los bienes muebles e inmuebles a que se hace referencia, ni constituye autorización, permiso o licencia para realizar la actividad solicitada; tampoco obliga a la Autoridad Municipal a otorgar la autorización gestionada o a conferirle en las condiciones solicitadas, ya que con base en los datos y documentos proporcionados se realizará la inspección y el dictamen de factibilidad correspondiente. La presentación completa de todos los requisitos y documentos requeridos para el trámite, así como también de aquellos que son opcionales (fotos, planos digitalizados) auxiliará a la Autoridad para que resuelva en menor tiempo del establecido en la ley.

Presentarse en original
Llenar a máquina o letra de molde legible, mayúsculas, tinta negra. Firmas autógrafas originales.
No tachaduras, enmendaduras, reducciones o cualquier modificación otra que altere el formato oficial

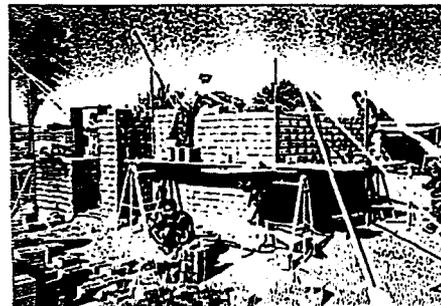
Anexo D: Agreement Southafrica: Agreement Certificate 96/237
Hydraform Building System



Valid until further notice (see fourth paragraph of Preamble on page 1)

Title:
HYDRAFORM BUILDING SYSTEM

Certificate holder:
Hydraform Developments (Pty) Limited
P O Box 17570
SUNWARD PARK
1470
Telephone: (011) 913-1449
Fax: (011) 913-2840



Subject:

The Hydraform Building System consists of:

- conventional cast in situ concrete strip foundations and surface beds or cast in situ concrete surface beds with thickened edge beams and thickenings under internal walls
- a combination of dry-stacked and mortar-bedded 220mm and 110mm thick soil-cement block walls, reinforced where specified
- conventional roof construction which incorporates cross-bracing in the plane of the ceiling when specified dimensional limitations are exceeded
- conventional roof sheeting, clay or concrete roof tiles.

Use:

This certificate covers the use of the building system in all areas of Southern Africa, with certain limitations, for the erection of single storey buildings of the following types:

- non-residential school buildings (A3)
- moderate and low-risk commercial service buildings (B2) and (B3)
- moderate and low-risk industrial buildings (D2) and (D3)
- clinics and other institutional (residential) buildings (E3)
- small shops (F2)
- offices (G1)
- hostels, semi-detached, row houses and detached houses (H2), (H3) and (H4)
- moderate and low-risk storage (J2) and (J3).

COMPLIANCE WITH THE NATIONAL BUILDING REGULATIONS

(For greater detail see Part I, Section 4.3 of this certificate.)

The following Regulations are deemed to be satisfied:

- A13(1)(a) *Materials*
- B1(1) and B1(2) *Structural design*, if within the limits laid down
- H1(1) *Foundations*, on non-problematic soils
- K1, K2, K3 and K4 *Walls*
- T1(1) *Fire protection*

Agreement South Africa

P O Box 395, Pretoria, 0001 • Telephone (012) 841-3708 • Fax (012) 841-4680 • e-mail jvwamele@csir.co.za

Anexo E: Apuntes de una plática con el Ing. Federico Barrera, Director de Proyectos e Innovación Tecnológica del IVNL

El *Instituto de Vivienda de Nuevo León* está marcando una pauta respecto a la innovación constructiva en materiales para vivienda económica. Para conocer acerca de los proyectos realizados por el IVNL, el pasado 26 de julio del 2007 se sostuvo una plática con el director del Departamento de Innovación Tecnológica del IVNL, el Ing. Federico Barrera. De la conversación resaltan ciertos puntos relevantes.

a) Respecto a las actividades del Instituto:

- En el IVNL se investigan continuamente sistemas de vivienda más eficientes que se apoyen en la innovación tecnológica.
- Gracias al gobierno municipal de Doctor Arroyo, el Instituto consiguió un terreno para desarrollar el proyecto de vivienda económica. Además de la sustentabilidad constructiva, se está logrando la sustentabilidad social al incluir en las obras a personal que no tenía empleo.

b) Respecto a la vivienda:

- La vivienda que actualmente se construye no es sustentable, porque está limitada por un costo.
- La educación es el principal obstáculo para la incorporación de materiales alternos en proyectos nuevos.
- El IVNL fomenta la participación de empresas de la iniciativa privada a que se integren en la búsqueda de nuevas y mejores técnicas de construcción. Una de esas empresas es Termolita, quien propone para los techos el *Termocreto*, material que integra todo lo necesario ya que da pendiente y es aislante.

c) Respecto al proyecto de vivienda económica en Doctor Arroyo, Nuevo León:

- El proyecto de vivienda en Doctor Arroyo, construida con *bioblocks* o adobes estabilizados, está en etapa de continua experimentación.
- Actualmente, los adobes son unidos entre sí con un mortero de tierra que ha resultado efectivo, pero se va a incorporar el uso de un mortero líquido conocido como "slurry". Este mortero es una tecnología proveniente de Nuevo México, y se compone de tierra, cemento y cal.

- Para la techumbre de las casas, se está proponiendo el empleo de un sistema compuesto por dos láminas acanaladas (IMSA) con una capa de poliestireno entre ellas. Esta cubierta es más barata que la de concreto, fácil de instalar y es aislante.
- Para proteger los muros se está probando un cubremuros y un estuco aislante, para documentar cuál funciona mejor.
- Cada semana, el Ing. Barrera y su equipo de colaboradores supervisan y documentan los avances alcanzados.

d) Respecto a la aceptación del material:

- La tierra es económica dado que se extrae directamente del banco de material y no hay intermediarios.
- El INFONAVIT ya aceptó los prototipos de vivienda para ser incluidos dentro de sus programas de crédito en municipios fuera de la zona metropolitana, sin embargo, en la ciudad es difícil porque hay mucha competencia contra los adobes (la industria cementera es la principal).

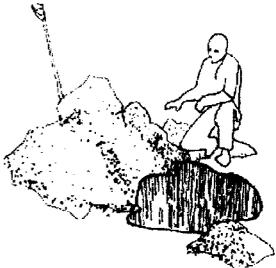
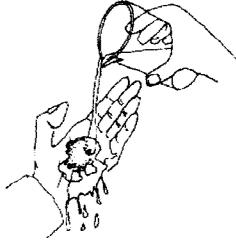
Anexo F: Pruebas de selección de la tierra para producir los BTC Hydraform

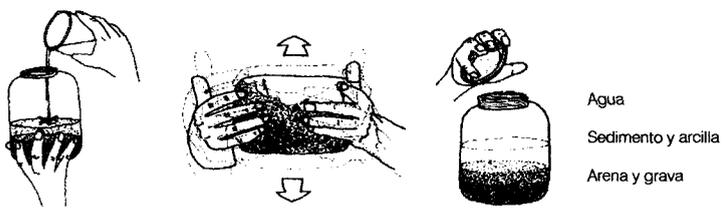
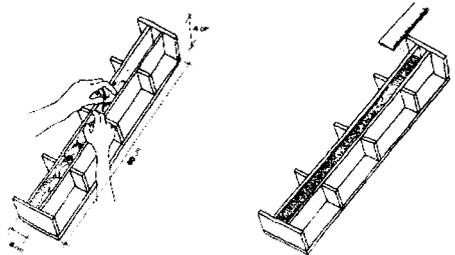
La selección de la tierra apropiada es un paso crucial para obtener bloques adecuados para la construcción. Para ello existen diferentes pruebas para verificar la calidad de la tierra que se pretende utilizar en la producción de las piezas.

El primer paso es encontrar un sitio donde se pueda excavar tierra, para determinar si es de buena calidad para construcción. Las pruebas de laboratorio ofrecen resultados más acertados que las de campo, lo que ayuda a optimizar la cantidad de estabilizadores agregados. Para pruebas de laboratorio se recomienda tomar una muestra de 50 kg y para pruebas de campo muestras entre 10 y 20 kg, y deben provenir de la misma área donde se pretende extraer la tierra para construcción, ya que pueden variar en zonas cercanas entre sí (Stulz, 1998).

En el caso de los bloques Hydraform se toman en cuenta cuatro pruebas que se explican brevemente (Tabla I).

Tabla I. Descripción de las diferentes pruebas para elegir la tierra adecuada para construir

Prueba	Procedimiento
<i>Análisis visual</i>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Excavar a un metro de profundidad, observar las diferentes capas del suelo. 2. Observar si la tierra parece arenosa o contiene trozos de roca. <ul style="list-style-type: none"> • Si la muestra de tierra presenta cuarteaduras y terrones, entonces contiene arcilla. • Si el suelo es muy arenoso, se recomienda excavar más profundo hasta encontrar un suelo más arcilloso. 3. Nunca se debe utilizar tierra de la superficie. 
<i>Prueba de la mano (o del lavado)</i>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Poner un poco de la tierra y agua en la mano, para después frotar y apretar la mezcla, esto para diferenciar con el tacto si la textura de la muestra es rugosa o resbaladiza. <ul style="list-style-type: none"> • Si la textura es rugosa, contiene arena granulosa • Si es resbaladiza contiene arcilla. 2. Lavar la mano con agua para observar si se remueve o no fácilmente la tierra. <ul style="list-style-type: none"> • Si se remueve con facilidad, entonces contiene más arena o sedimento • Si es difícil de quitar, entonces contiene mucha arcilla. 

<p><i>Prueba del tarro</i></p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Llenar una tercera parte de un frasco cilíndrico y de fondo liso con la tierra a analizar, y el resto con agua. 2. Mezclar durante un minuto para posteriormente dejar el frasco reposar durante 24 horas. 3. Después del reposo, se miden las capas de arcilla y arena. La capa inferior está formada por arena y grava, y la capa superior de sedimentos y arcilla (para hacer un bloque, es necesario un 5% mínimo de arcilla y sedimentos). <div style="text-align: center;">  <p style="text-align: right;"> Agua Sedimento y arcilla Arena y grava </p> </div>
<p><i>Prueba de retracción (o encogimiento)</i></p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Se requiere una caja de retracción de 60 cm de largo, por 4 cm de ancho, por 4 cm de altura. En esta caja se coloca una muestra de suelo húmedo que quede al ras de la caja. 2. La muestra se debe dejar secar al sol por 5 días, al cabo de los cuales se mide su encogimiento. <ul style="list-style-type: none"> • Si el encogimiento es de 10 mm o menos, el suelo es arenoso y puede ser difícil de trabajarlo. • Si la muestra redujo su tamaño más de 60 mm, el suelo es muy arcilloso y tendría que adicionarse con otro tipo de tierra. <div style="text-align: center;">  </div>

Fuente: Hyfraform Training Manual, 2005

Anexo G. Propiedades térmicas del bloque Hydraform

Durante los últimos cincuenta años, en el diseño y construcción de vivienda se han dejado en segundo lugar los factores climáticos y de contexto. En el caso del AMM, que presenta condiciones extremas de clima, se hacen necesarios equipos de calefacción y enfriamiento de los ambientes habitacionales. Estos equipos, junto con el alto costo de los energéticos, amenazan el desempeño térmico de las viviendas, y por lo tanto el grado de confort⁴ de sus ocupantes (Noriega, 2003).

Quienes tienen acceso a los sistemas de acondicionamiento afrontan sin problemas las condiciones climáticas, haciendo del confort un lujo al que pocos tienen acceso. Los porcentajes de viviendas sin aire acondicionado son impresionantes, según investigaciones el 97.7% de las viviendas carece de estos equipos. La alternativa de estas familias para hacer llevadero el calor son los ventiladores eléctricos (Noriega, 2003). Tanto la utilización de equipos de acondicionamiento como de ventiladores implica un gasto extra por adquisición del producto y por consumo de energéticos para su funcionamiento.

En la actualidad, las viviendas producidas en serie como las de interés social, están deficientemente diseñadas y construidas con materiales de mala calidad, supuestamente con la finalidad de reducir costos en beneficio del comprador.

Las dimensiones exageradamente reducidas de algunas tipologías de vivienda social hacen que la aplicación de elementos tradicionales efectivos de acondicionamiento ambiental, como patios interiores y pórticos no sean viables (Noriega, 2003). De aquí que se haga necesario enfocarse en el material como agente de confort térmico.

Los muros construidos con materiales de tierra son respirables por su porosidad, es decir que permiten que la temperatura, los vapores, toxinas, olores y humedades pasen lentamente al interior del local (Earth Block Inc., 2007).

La masa térmica es la habilidad del material de contener el calor. Para tenerla, los muros de tierra deben tener cierto grosor, y así protegen a los usuarios en el interior de las condiciones extremas del exterior (Earth Block Inc., 2007). Por ello los bloques Hydraform son de 22 centímetros de ancho.

El desempeño térmico de los materiales se mide con los valores R y U . El valor R indica la habilidad del muro de aislar eficientemente, siendo el aislamiento la resistencia del material ante la transferencia de calor. Mientras más alto sea el valor R , más aislante es el material (Earth Block Inc., 2007).

⁴ Según la ASHRAE, se entiende como *confort* a la condición mental que expresa satisfacción con el ambiente térmico. Fuente: Noriega, 2003; según la ASHRAE, 1992.

El valor R se calcula dividiendo el grosor del muro entre su conductividad térmica, misma que se establece por la cantidad de calor (por metros cuadrados por hora) que fluye desde la zona más caliente hasta la más fresca del muro. Un muro de tierra tiene un bajo valor R (Earth Block Inc., 2007).

El valor U , o valor de conductancia, es recíproco al R y refleja el índice de flujo de calor a través del material. Este valor se basa en la habilidad de resistencia térmica dada la diferencia de temperatura entre interior y exterior. Entonces, a menor valor U , mejor es el material para transmisión de calor y en consecuencia la temperatura va cambiando lentamente (Earth Block Inc., 2007).

Los muros de tierra tienen la ventaja del valor U , por ejemplo, un muro de 41 centímetros de grosor tiene un valor U igual a 0.163, comparado a 0.490 para bloques de concreto (Earth Block Inc., 2007).

Ambos valores reflejan la tasa en que el calor pasa a través del muro sólo cuando se ha alcanzado una condición de estado estable, es decir, aquel en que la energía de calor pasa ininterrumpidamente de un extremo del muro al otro a una tasa constante.

Lo que no se ha tomado en consideración es la *capacidad térmica* del muro, que determina el periodo de tiempo que pasa antes de alcanzar un estado estable. A mayor capacidad térmica, mayor el tiempo que tomará para que el flujo de calor alcance la estabilidad (Earth Block Inc., 2007). Sin embargo, en la realidad el estado de estabilidad rara vez se alcanza porque las temperaturas están en constante cambio.

En muros de adobe con un espesor adecuado, durante el día, la fluctuación normal diaria de temperatura no permite que se alcance el estado de estabilidad. Por la noche, la temperatura de los extremos exteriores de los muros comienza a bajar, pero el calor absorbido continúa fluyendo hasta alcanzar el equilibrio. Este efecto se repite, lo que se conoce como *momento térmico* (thermal flywheel effect), y es responsable del confort que se siente dentro de un cuarto de adobe (Earth Block Inc., 2007).

Tecnológico de Monterrey, Campus Monterrey



30002007116494

<http://biblioteca.mty.itesm.mx>