

**ANÁLISIS ECONÓMICO DE LA MAMPOSTERÍA POSTENSADA EN SECO  
VERSUS ACTUALES SOLUCIONES DE VIVIENDA DE INTERÉS SOCIAL EN  
COLOMBIA**

**CARLOS ANDRÉS SERNA PULGARÍN  
LUÍS FERNANDO STUART CONTRERAS**

**UNIVERSIDAD DE MEDELLÍN  
ESPECIALIZACIÓN GERENCIA DE CONSTRUCCIONES  
MEDELLÍN  
2010**

**ANÁLISIS ECONÓMICO DE LA MAMPOSTERÍA POSTENSADA EN SECO  
VERSUS ACTUALES SOLUCIONES DE VIVIENDA DE INTERÉS SOCIAL EN  
COLOMBIA**

**CARLOS ANDRÉS SERNA PULGARÍN  
LUÍS FERNANDO STUART CONTRERAS**

**Trabajo de grado como requisito para optar al título de  
Especialista en Gerencia de Construcciones**

**Asesor Temático  
RICARDO BONETT DÍAZ  
Ingeniero Civil**

**Asesor Metodológico  
JOHN MARIO GARCÍA  
Ingeniero Civil**

**UNIVERSIDAD DE MEDELLÍN  
ESPECIALIZACIÓN GERENCIA DE CONSTRUCCIONES  
MEDELLÍN  
2010**

## **AGRADECIMIENTOS**

A través de esta dedicatoria queremos expresarles nuestro agradecimiento a las personas y empresas que contribuyeron con su conocimiento y oportunidad al desarrollo de este trabajo, muchas gracias a todos.

A NUESTRAS FAMILIAS Y AMIGOS.

**PÓRTICOS INGENIEROS CIVILES S.A.**

Inga. Ángela María Martínez Peláez

Ing. Luis Aníbal Galeano

Arq. Santiago Aristizabal

Ing. Bernardo Flores

**UNIVERSIDAD DE MEDELLÍN**

Ing. Ricardo León Bonett Díaz

## TABLA DE CONTENIDO

	pag.
GLOSARIO .....	11
MEMORIA DE CONTENIDO .....	14
RESUMEN .....	15
1. GENERALIDADES Y OBJETIVOS .....	16
1.1 INTRODUCCIÓN .....	16
1.2 JUSTIFICACIÓN .....	16
1.3 OBJETIVOS .....	18
1.3.1 Objetivo general .....	18
1.3.2 Objetivos específicos .....	18
2. ENFOQUE ECONÓMICO PARA LA VIVIENDA DE INTERÉS SOCIAL EN COLOMBIA .....	19
2.1 MARCO TEÓRICO .....	19
2.1.1 Descripción del problema .....	20
2.1.2 Estado del conocimiento .....	21
2.2 LA VIVIENDA DE INTERÉS SOCIAL .....	21
2.2.1 Historia .....	21
2.2.2 Normatividad .....	22
2.2.3 Regulaciones .....	22
2.2.4 Calificación .....	23
2.3 ESTRUCTURA DE COSTOS DE UNA VIVIENDA DE INTERÉS SOCIAL .....	23
2.4 PROBLEMÁTICA ACTUAL .....	24
3. DESCRIPCIÓN DE LOS SISTEMAS CONSTRUCTIVOS MÁS UTILIZADOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE VIS EN COLOMBIA .....	27
3.1 DESARROLLO DE LOS SISTEMAS CONSTRUCTIVOS Y DEFINICIONES .....	27
3.2 SISTEMAS CONSTRUCTIVOS .....	27
3.3 SISTEMA CONSTRUCTIVO APORTICADO .....	28
3.3.1 Materiales representativos .....	28
3.3.2 Posibilidades arquitectónicas .....	29
3.4 SISTEMA CONSTRUCTIVO EN MAMPOSTERÍA ESTRUCTURAL .....	29
3.4.1 Materiales representativos .....	30
3.4.2 Posibilidades arquitectónicas .....	31
3.5 SISTEMA CONSTRUCTIVO DE MUROS VACIADOS .....	32
3.5.1 Materiales representativos .....	33
3.5.2 Posibilidades arquitectónicas .....	34
3.6 SISTEMA CONSTRUCTIVO INDUSTRIALIZADO MODULAR .....	34
3.6.1 Materiales representativos .....	35
3.6.2 Posibilidades arquitectónicas .....	36
3.7 SISTEMA CONSTRUCTIVO DE MAMPOSTERÍA POSTENSADA EN SECO PARA EDIFICACIONES .....	37
3.7.1 Antecedentes históricos del postensado .....	37
3.7.2 Ventajas del postensado en edificaciones .....	38

3.7.3 La mampostería postensada como opción de industrialización en la construcción. ....	39
3.7.4 Proceso constructivo. ....	40
3.7.5 Materiales. ....	42
3.7.6 Posibilidades arquitectónicas.....	44
4. DETERMINACIÓN DE LA TENDENCIA DE LOS SISTEMAS CONSTRUCTIVOS LÍDERES EN SIETE (7) CIUDADES DE COLOMBIA.....	45
4.1 DETERMINACIÓN DE LA TENDENCIA LÍDER DEL SISTEMA CONSTRUCTIVO EN LA CIUDAD DE MEDELLÍN .....	45
5. ANÁLISIS SOBRE LA VIABILIDAD ECONÓMICA DE LA MAMPOSTERÍA POSTENSADA A PARTIR DE LOS COSTOS DE LA ESTRUCTURA DE LOS SISTEMAS CONSTRUCTIVOS.....	52
6. RECOMENDACIONES Y CONCLUSIONES .....	54
BIBLIOGRAFÍA .....	57
CIBERGRAFÍA.....	57
ANEXOS.....	59

## LISTA DE TABLAS

	pag.
Tabla 1. Estructura de costos de la vivienda de 45m <sup>2</sup> (BID, 2004).....	24
Tabla 2. Unidades y m <sup>2</sup> producidos para vivienda de interés social en Medellín según el sistema constructivo referencia .....	46
Tabla 3. Unidades y m <sup>2</sup> producidos para vivienda de interés social en Medellín según rangos de precios en SMLV referencia .....	48
Tabla 4. Metros cuadrados de VIS según el sistema constructivo en Medellín. ....	49
Tabla 5 Tendencias determinadas para los sistemas constructivos en siete (7) ciudades de Colombia .....	50
Tabla 6. Valor del sistema estructural según sistema constructivo.....	53
Tabla 7. Unidades y m <sup>2</sup> producidos para vivienda de interés social en Bogotá. ....	60
Tabla 8. Unidades y m <sup>2</sup> producidos para vivienda de interés social en Bogotá según rango en SMLV. ....	62
Tabla 9. Metros cuadrados producidos para VIS en Bogotá por unidad de vivienda. .63	
Tabla 10. Unidades y m <sup>2</sup> producidos para vivienda de interés social en Cali según el sistema constructivo.....	64
Tabla 11. Unidades y m <sup>2</sup> producidos para vivienda de interés social en Cali según rango en SMLV.....	66
Tabla 12. Metros cuadrados producidos para VIS en Cali por unidad de vivienda. ....	67
Tabla 13. Unidades y m <sup>2</sup> producidos para vivienda de interés social en Barranquilla según el sistema constructivo.....	68
Tabla 14. Unidades y m <sup>2</sup> producidos para vivienda de interés social en Barranquilla según rango en SMLV. ....	70
Tabla 15. Metros cuadrados producidos para VIS en Barranquilla por unidad de vivienda.....	71
Tabla 16. Unidades y m <sup>2</sup> producidos para vivienda de interés social en Bucaramanga según el sistema constructivo.....	72
Tabla 17. Unidades y m <sup>2</sup> producidos para vivienda de interés social en Bucaramanga según rango en SMLV. ....	73
Tabla 18. Metros cuadrados producidos para VIS en Bucaramanga por unidad de vivienda.....	75
Tabla 19. Unidades y m <sup>2</sup> producidos para vivienda de interés social en Pereira según el sistema constructivo.....	76
Tabla 20. Unidades y m <sup>2</sup> producidos para vivienda de interés social en Pereira según rango en SMLV. ....	78
Tabla 21. Metros cuadrados producidos para VIS en Pereira por unidad de vivienda.....	79
Tabla 22. Unidades y m <sup>2</sup> producidos para vivienda de interés social en Armenia según el sistema constructivo.....	80
Tabla 23. Unidades y m <sup>2</sup> producidos para vivienda de interés social en Armenia según rango en SMLV. ....	82

Tabla 24. Metros cuadrados producidos para VIS en Armenia por unidad de vivienda.....	83
Tabla 25. Cantidades y tenores de la obra Colina de Asís para un nivel típico de estructura.....	93
Tabla 26. Cantidades y tenores de la obra La Herrera para un nivel típico de estructura.....	93
Tabla 27. APU estructura obra la Herrera.....	95
Tabla 28. APU estructura obra Colina de Asís. ....	97
Tabla 29. APU estructura sistema Mampostería Reforzada. ....	99
Tabla 30. Costos de la estructura aporticada. ....	103
Tabla 31. Costos de la estructura mampostería reforzada. ....	103
Tabla 32. Costos de la estructura mampostería postensada en seco. ....	104

## LISTA DE FIGURAS

	<b>pag.</b>
Figura 1. Porcentaje de hogares en déficit en Colombia año 1993 y 2005.....	26
Figura 2. Estructura Aporticada .....	28
Figura 3. Estructura Mampostería Reforzada para apartamentos .....	29
Figura 4. Detalle constructivo de la mampostería reforzada.....	30
Figura 5. Estructura de Muros vaciados en concreto.....	33
Figura 6. Estructura de paneles prefabricados para la construcción de vivienda. .	35
Figura 7. Unidades de VIS según el sistema constructivo en Medellín referencia.	47
Figura 8 Metros cuadrados de VIS según el sistema constructivo en Medellín referencia.....	47
Figura 9. Unidades de VIS según rangos de SMLV en Medellín referencia .....	48
Figura 10. Metros cuadrados de VIS según rangos de SMLV en Medellín referencia.....	49
Figura 11. Metros cuadrados promedio por unidad de VIS según el sistema constructivo en Medellín. ....	50
Figura 12. Valor en SMLV de la estructura según sistema constructivo.....	53
Figura 13. Unidades de VIS según el sistema constructivo en Bogotá según el sistema constructivo. ....	61
Figura 14. Metros cuadrados de VIS según el sistema constructivo en Bogotá. ...	61
Figura 15. Unidades de VIS según rango de venta en SMLV en Bogotá. ....	62
Figura 16. Metros cuadrados de VIS según rango de venta en SMLV en Bogotá.	63
Figura 17. Metros cuadrados promedio por unidad de VIS en Bogotá según el sistema constructivo. ....	64
Figura 18. Unidades de VIS según el sistema constructivo en Cali.....	65
Figura 19. Metros cuadrados de VIS según el sistema constructivo en Cali. ....	65
Figura 20. Unidades de VIS según rango de venta en SMLV en Cali. ....	66
Figura 21. Metros cuadrados de VIS según rango de venta en SMLV en Cali. ....	67
Figura 22. Metros cuadrados promedio por unidad de VIS en Cali según el sistema constructivo.....	68
Figura 23. Unidades de VIS según el sistema constructivo en Barranquilla. ....	69
Figura 24. Metros cuadrados de VIS según el sistema constructivo en Barranquilla. .	69
Figura 25. Unidades de VIS según rango de venta en SMLV en Barranquilla.....	70
Figura 26. Metros cuadrados de VIS según rango de venta en SMLV en Barranquilla.....	71
Figura 27 Metros cuadrados promedio por unidad de VIS en Barranquilla según el sistema constructivo .....	72
Figura 28. Unidades de VIS según el sistema constructivo en Bucaramanga.....	73
Figura 29 Metros cuadrados de VIS según el sistema constructivo en Bucaramanga.....	73
Figura 30. Unidades de VIS según rango de venta en SMLV en Bucaramanga. ..	74
Figura 31. Metros cuadrados de VIS según rango de venta en SMLV en Bucaramanga.....	75



Figura 32. Metros cuadrados promedio por unidad de VIS en Bucaramanga según el sistema constructivo.....	76
Figura 33. Unidades de VIS según el sistema constructivo en Pereira.....	77
Figura 34. Metros cuadrados de VIS según el sistema constructivo en Pereira. ....	77
Figura 35. Unidades de VIS según rango de venta en SMLV en Pereira. ....	78
Figura 36. Metros cuadrados de VIS según rango de venta en SMLV en Pereira.	79
Figura 37. Metros cuadrados promedio por unidad de VIS en Pereira según el sistema constructivo. ....	80
Figura 38. Unidades de VIS según el sistema constructivo en Armenia.....	81
Figura 39. Metros cuadrados de VIS según el sistema constructivo en Armenia. .	81
Figura 40. Unidades de VIS según rango de venta en SMLV en Armenia. ....	82
Figura 41. Metros cuadrados de VIS según rango de venta en SMLV en Armenia. ...	83
Figura 42. Metros cuadrados promedio por unidad de VIS en Cali según el sistema constructivo.....	84
Figura 43. Planta arquitectónica obra la Colina de Asís torre 18. ....	85
Figura 44. Planta refuerzo de cara inferior obra Colina de Asís torre 18. ....	86
Figura 45. Planta refuerzo de cara superior obra colina de Asís torre 18. ....	87
Figura 46. Planta arquitectónica obra La Herrera. ....	87
Figura 47. Planta refuerzo de cara superior obra La Herrera. ....	89
Figura 48. Planta refuerzo de cara inferior obra La Herrera. ....	90
Figura 48. Planta refuerzo de cara inferior obra La Herrera. ....	90
Figura 49. Planta losa típica obra La Herrera. ....	91
Figura 50. Planta de propuesta de distribución de espacios sistema mampostería postensada. ....	92

## LISTA DE ANEXOS

	<b>pag.</b>
Anexo A. Tendencias de los sistemas constructivos más utilizados en Colombia.	60
Anexo B. Esquemas arquitectónicos y estructurales de plantas típicas para VIS.	85
Anexo C. Análisis de precios unitarios y tablas de costos para VIS. ....	93
Anexo D. Tablas de costos de los sistemas más representativos de VIS.....	103

## GLOSARIO

**ÁREA TOTAL CONSTRUIDA:** Corresponde al metraje total del destino encontrado en proceso, son todos los espacios cubiertos, comunes o privados de todas las edificaciones de la obra o etapa. (Censo de Edificaciones - CEED, 2009.)

**DÉFICIT CUALITATIVO:** Este concepto es en sí mismo de carácter cualitativo y está también muy ligado a características propias de cada país. Se ha asociado el déficit cualitativo a tres tipos de variables: la disponibilidad de servicios, la calidad y el estado de la construcción de la vivienda, y el hacinamiento. En cuanto a la disponibilidad de servicios, se considera en primer lugar el acceso a servicios públicos tales como agua, luz y alcantarillado. En segundo lugar, en aquellos casos en que existe información, se ha agregado la disponibilidad de baño y cocina dentro de la vivienda, como un indicador de calidad de la vivienda, distinguiendo en lo posible servicios de “uso exclusivo” o “compartido”. Por lo tanto, en la medida que la información lo permite, también en este caso se emplea una definición de disponibilidad de servicios más amplia que la tradicional. El concepto de hacinamiento se refiere a una comparación entre el número de cuartos y el de personas que habita una vivienda. Puede ser estimado considerando tanto el “número de personas por dormitorio” como el “número de personas por habitación”. Se ha utilizado este último concepto, por ser relativamente menos ambiguo, y se consideran hogares hacinados aquellos en que hay dos o más personas por habitación, excluyendo la cocina y el baño.

**DÉFICIT CUANTITATIVO:** La definición tradicional de “déficit cuantitativo” de vivienda se basa en la comparación entre el número de hogares y el de viviendas permanentes. El monto en el cual la primera de estas cifras supera la segunda es lo que en la mayoría de los textos se designa como déficit cuantitativo. Al tomar en cuenta únicamente el número de viviendas se dejan de lado consideraciones tales como los materiales utilizados en su construcción o su estado de conservación. Si bien a simple vista pareciera ser que estas variables son de carácter más bien cualitativo, tienen un trasfondo que trasciende este aspecto. Una vivienda cuyo techo es de un material tan precario que no impide la entrada de lluvias y temporales, no cumple con el objetivo de proteger a sus moradores contra las inclemencias del tiempo, por lo que esta situación debiera considerarse como parte del déficit cuantitativo.

**MAMPOSTERÍA CONFINADA-PÓRTICOS:** Se realiza por medio de elementos horizontales y verticales denominados vigas, viguetas y columnas, complementados también por elementos de mampostería (ladrillos o bloques en arcilla o concreto) que actúan como unidades de confinamiento y cerramiento de espacios. Las vigas, viguetas y columnas pueden ser construidas en concreto reforzado (triturado, cemento, arena y acero), metálicas, prefabricadas, fundidas o ensambladas en obra; se conoce como sistema tradicional con pórticos. Los elementos que actúan como complemento de este sistema son el mortero de

pega, unidades de mampostería y concreto reforzado. Su cimentación se puede realizar por vigas con concreto reforzado, ciclópeo, pilotes o placas flotantes. Al igual que en el anterior sistema, las divisiones entre pisos para obras mayores a dos pisos se construyen por placas en concreto reforzado, prefabricadas o fundidas en el sitio de obra. (Censo de Edificaciones - CEED, 2009.)

**MAMPOSTERÍA ESTRUCTURAL:** Sistema constructivo que se realiza por medio de unidades de mampostería, como son los ladrillos o bloques estructurales en arcilla o concreto. Posee elementos que actúan como complemento de la mampostería, entre los que se mencionan el mortero de pega o mortero de inyección, refuerzos que pueden ser varillas, grafiles o mallas, alambres, platinas, etc. Este sistema tiene la capacidad de poder ser modulado. Su cimentación se puede realizar con vigas con concreto reforzado, ciclópeo y placas flotantes, incrustadas o sobre el terreno. Las divisiones entre pisos se construyen mediante placas en concreto reforzado, prefabricadas o fundidas en el sitio de obra. Por lo general este sistema constructivo se utiliza para edificaciones no mayores a tres pisos. (Censo de Edificaciones - CEED, 2009.)

**PIB:** El producto interno bruto, producto interior bruto (PIB) o producto bruto interno (PBI) es el valor monetario total de la producción corriente de bienes y servicios de un país durante un período de tiempo (normalmente un año). El PIB es una magnitud denominada de flujo, que contabiliza sólo los bienes y servicios producidos durante la etapa de estudio. El cálculo del producto interior bruto se encuadra dentro de la contabilidad nacional, y no tiene en cuenta los bienes y servicios que son fruto del trabajo informal (trabajo doméstico, intercambios de servicios entre conocidos, etc.) ni tampoco la economía sumergida. ([www.http://Wikipedia.laenciclopedialibre.com](http://Wikipedia.laenciclopedialibre.com)).

**PREFABRICADOS INDUSTRIALIZADOS (IN SITU O NO IN SITU):** Son sistemas constructivos prediseñados por medio de formaletería, modulados según diseño arquitectónico y ensamblado por anclajes, pegante o sellador, elementos de fijación, concretos y demás elementos de unión estructural. Su fundición se puede realizar en la obra o en plantas de fabricación de paneles prefabricados. Poseen elementos complementarios de refuerzo, como concreto, hierro, mallas electrosoldadas, formaletas. Su cimentación se puede realizar mediante vigas con concreto reforzado, ciclópeo y placas flotantes. . (Censo de Edificaciones - CEED, 2009.)

**SISTEMA CONSTRUCTIVO:** Conjunto de elementos, materiales, técnicas, herramientas, procedimientos y equipos, que son característicos para un tipo de edificación en particular. Lo que diferencia un sistema constructivo de otro, además de lo anterior, es la forma y el comportamiento estructural de los elementos de la edificación, como son: pisos, muros, techos y cimentaciones. . (Censo de Edificaciones - CEED, 2009.)

## TIPOS DE MAMPOSTERÍA:

- **Mampostería de cavidad reforzada:** Es la construcción realizada con dos paredes de piezas de mampostería de caras paralelas reforzadas o no, separadas por un espacio continuo de concreto reforzado, con funcionamiento compuesto.
- **Mampostería reforzada:** Es la construcción con base en piezas de mampostería de perforación vertical, unidas por medio de mortero, reforzada internamente con barras y alambres de acero.
- **Mampostería no reforzada:** Es la construcción con base en piezas de mampostería unidas por medio de mortero que no cumple las cuantías mínimas de refuerzo establecidas para la mampostería parcialmente reforzada.
- **Mampostería de muros confinados:** Es la construcción con base en unidades de mampostería unidas por mortero, reforzada de manera principal por con elementos de concreto reforzado construido alrededor del muro confinándolo.
- **Mampostería de muros diafragma:** Son los muros colocados dentro de una estructura de pórticos, los cuales restringen su desplazamiento libre bajo cargas laterales. Este tipo de construcción no se permite para edificaciones nuevas, aplicable a la adición, modificación o remodelación del sistema estructural de edificaciones construidas antes de la vigencia de la NSR-98.

**VIVIENDA DE INTERÉS SOCIAL (VIS):** La vivienda VIS hace referencia, según el artículo 91 de la Ley 388 de 1997, a aquellas que se desarrollan para garantizar el derecho a la vivienda de los hogares de menores ingresos. En cada Plan Nacional de Desarrollo el Gobierno nacional establecerá el tipo y precio máximo de las soluciones destinadas a estos hogares teniendo en cuenta, entre otros aspectos, las características del déficit habitacional, las posibilidades de acceso al crédito de los hogares, las condiciones de oferta, el monto de los recursos de crédito disponibles por parte del sector financiero y la suma de fondos del Estado destinados a programas de vivienda. Según el Plan Nacional de Desarrollo 2006–2010, el valor máximo de una vivienda de interés social y subsidiable será de 135 salarios mínimos legales mensuales (135 SMLM), para efectos de la focalización de los subsidios del Estado, se establecerá un tipo de vivienda denominada Vivienda de Interés Prioritaria, cuyo valor máximo será de setenta salarios mínimos legales mensuales vigentes (70 SMLM).

**VIVIENDA:** Es un lugar estructuralmente separado e independiente, ocupado o destinado a ser ocupado por una familia o grupo de personas familiares o no, que viven juntos, o por una persona que vive sola. La unidad de vivienda puede ser una casa o un apartamento. (.www.http://.dane.gov.co)

## MEMORIA DE CONTENIDO

Este trabajo pretende determinar la viabilidad económica de un nuevo sistema constructivo denominado mampostería postensada en seco, a partir de la comparación de sus elementos estructurales y los de sistemas constructivos habitualmente utilizados en nuestro país. A continuación se describe brevemente cada uno de los capítulos que comprenden el estudio, así:

**El capítulo 1:** Generalidades y objetivos, comprende un breve reconocimiento del entorno al que puede ser útil la mampostería postensada en seco, considerando algunos aspectos de carácter social, legal e histórico respecto de la vivienda de interés social.

**El capítulo 2:** Enfoque económico para la vivienda de interés social en Colombia, presenta el marco de referencia de este estudio, un panorama sobre la vivienda de interés social en nuestro país ilustrando aspectos como su historia, normatividad, regulaciones, calificación; también se comenta la estructura de costos de una solución de vivienda y se hace una pequeña reflexión sobre la problemática actual que enfrenta nuestro país respecto de esta tipología de vivienda.

**El capítulo 3:** Descripción de los sistemas constructivos más utilizados para la construcción de VIS en Colombia, describe los sistemas constructivos, el proceso constructivo, algunos materiales utilizados en su producción y algunas de sus ventajas arquitectónicas respecto del sistema estructural. Seguido se exploran aspectos sobre los sistemas postensados en edificaciones y se comentan algunas de las expectativas y proyecciones sobre la mampostería postensada en seco.

**El capítulo 4:** Determinación de la tendencia de los sistemas constructivos líderes en siete (7) ciudades de Colombia, muestra información tabulada sobre: producción de unidades de VIS, metros cuadrados construidos de VIS, rangos de venta de VIS en SMLV, entre otros; para posteriormente estudiar su estructura de costos.

**El capítulo 5:** Análisis sobre la viabilidad económica de la mampostería postensada a partir de los costos de la estructura de los sistemas constructivos, examina los sistemas constructivos líderes determinados en el capítulo 4 y se comparan con los costos esperados para la mampostería postensada en seco.

**El capítulo 6:** Conclusiones y recomendaciones, describen la apreciación sobre la viabilidad económica del nuevo sistema y otros aspectos que aun se desarrollan al interior de la investigación.

## RESUMEN

Título del trabajo:

**ANÁLISIS ECONÓMICO DE LA MAMPOSTERÍA POSTENSADA EN SECO VERSUS ACTUALES SOLUCIONES DE VIVIENDA DE INTERÉS SOCIAL EN COLOMBIA**

Autor (s):

**CARLOS ANDRÉS SERNA PULGARÍN  
LUÍS FERNANDO STUART CONTRERAS**

Título otorgado:

**ESPECIALISTA EN GERENCIA DE CONSTRUCCIONES**

Asesor del trabajo:

**Asesor Temático - RICARDO BONETT DÍAZ  
Asesor Metodológico - JOHN MARIO GARCÍA**

Programa de donde egresa:

**ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE CONSTRUCCIONES**

Ciudad:

**MEDELLÍN**

Año:

**2010**

La viabilidad económica de un sistema constructivo es un criterio de elección frente a su uso, muchas veces, inclusive por encima de aspectos técnicos o funcionales del mismo y más aún cuando el mercado en que se encuentra es tan exigente respecto de la economía. Aunque parezca muy evidente tal premisa, es una característica de competitividad frente a otras alternativas.

Este trabajo de investigación ilustra un análisis detallado de los costos de producción para la parte estructural de los sistemas constructivos tradicionalmente utilizados en siete (7) de las principales ciudades de Colombia, en la modalidad de vivienda de interés social, con el fin de tener cifras y parámetros que permitan compararlos con el sistema de Mampostería Postensada que aun se encuentra en estado de investigación.

## **1. GENERALIDADES Y OBJETIVOS**

### **1.1 INTRODUCCIÓN**

La vivienda propia es uno de los bienes más preciados por las civilizaciones de todo el planeta, ya que juega un papel decisivo en la calidad de vida de las personas y conlleva, en la mayoría de los casos, el acceso a servicios hoy considerados esenciales para alcanzar niveles mínimos de bienestar.

“Los principales contenidos de una política de vivienda de interés social, son proporcionar un acceso equitativo a hogares de menores ingresos a viviendas con estándares adecuados en cuanto a lotes de terreno, servicios básicos, superficies construidas, materiales y terminaciones. Ello, en términos de costos eficientes de construcción, que permitan superar los déficit de vivienda de los estratos de menores ingresos en plazos razonables.” ([www.http://urbanismoyalgomas](http://urbanismoyalgomas.com))

La construcción, como disciplina que se encarga de reproducir un diseño arquitectónico y estructural, a través de un sistema constructivo y recursos materiales, está ligada a dinámicas que determinan la utilización de un método o tecnología constructiva para determinado proyecto; algunas veces, por condiciones particulares del sitio donde se realizará, y quizá también por preferencias y condiciones que según los diseñadores, cumplirán las expectativas para la realización de obras más completas, seguras y económicas.

Estas dinámicas y factores, particularmente para la generación de soluciones de vivienda de interés social en Colombia, están inmersas en solicitudes de tipo económico propios del comportamiento de la actividad y el mercado de las edificaciones.

La implementación de un nuevo sistema constructivo para la construcción de vivienda de interés social u otras aplicaciones, requiere no sólo del respaldo de sus ventajas constructivas (optimizar en cuestiones de tiempo y versatilidad) frente a sus competidores, sino también de su viabilidad económica. La propuesta actualmente en investigación, denominada Mampostería postensada en seco promete optimizar el uso de los materiales y el tiempo para la construcción de la edificación. El objeto de esta investigación es analizar su viabilidad económica en el ámbito estructural y compararla con los métodos constructivos más utilizados en las principales ciudades de Colombia.

### **1.2 JUSTIFICACIÓN**

“El conocimiento de los sistemas y tipos estructurales es muy importante para seleccionar la estructura más apropiada, puesto que a través de este conocimiento se comprende el comportamiento de cada sistema y su uso correcto en determinadas circunstancias”. (Nilson, 1999).



Colombia es un país en vía de desarrollo, que intenta generar soluciones a los problemas de crecimiento de las ciudades, atendiendo las necesidades básicas de sus habitantes tras el conflicto armado que ha traído desplazamientos y asentamientos humanos sin ningún tipo de planeación. La Constitución Política Colombiana en su artículo 51, ratifica que es un derecho de los colombianos el acceso a una vivienda digna y una obligación del Estado el fijar las condiciones para hacerlo efectivo. Estos factores invitan a construir patria, y desde la ingeniería en este caso, se pretende realizar aportes de innovación lo suficientemente flexibles, estables e inteligentes para suplir estas necesidades a través de un sistema de vivienda sostenible que aporte calidad de vida.

Las oportunidades tecnológicas en la construcción abren un abanico amplio de metodologías para utilizar, sin embargo, pareciera que el concepto de evolución que se emplea en todos los ámbitos de la historia, pierde velocidad en su aplicación en el entorno y en particular para la construcción de edificaciones de vivienda de interés social. Los métodos utilizados hoy, toman tal fuerza de hábito que en lugar de ser una alternativa fundamentada para su uso, se hacen solo una costumbre tras la ausencia del conocimiento o el temor al cambio.

Este análisis pretende, además de mostrar la comparación de parámetros monetarios entre sistemas constructivos, plantear una alternativa a los métodos convencionales de la construcción, no sólo en aspectos de costo, tiempo y calidad, sino también en cuanto a características intangibles como la habitabilidad, el medio ambiente, el contexto social, entre otros; factores que al momento de elegir entre una tipología de construcción u otra, no deben dejarse de lado y más aún, si el nicho de mercado es amplio para la aplicación de estas tecnologías y la tendencia apoya este hecho; según la cámara colombiana de la construcción, CAMACOL, “dentro del total de área licenciada para construcción en el país en el acumulado anual a febrero de 2010 (13.594.895 m<sup>2</sup>), la vivienda sigue ocupando la mayor proporción con el 72%.” (Actividad constructora y oferta de edificaciones Valle de Aburrá, Oriente Cercano y Occidente Medio, 2010).

Este estudio utiliza diferentes fuentes de información relacionadas con la construcción de la vivienda de interés social en Colombia, entre ellas: *METODOLOGÍA CENSO DE EDIFICACIONES. COLECCIÓN DOCUMENTOS ACTUALIZACIÓN 2009 No.78 y Censo de edificaciones (CEED)*, del que se aprovecha el seguimiento de algunos parámetros como las unidades de destino de VIS según el sistema constructivo utilizado; *ACTIVIDAD CONSTRUCTORA Y OFERTA DE EDIFICACIONES VALLE DE ABURRÁ, ORIENTE CERCANO Y OCCIDENTE MEDIO. I SEMESTRE DE 2010*. Para el análisis del contexto del mercado de la actividad; Los resultados obtenidos en el desarrollo del proyecto de investigación de Mampostería Postensada fruto de la alianza Universidad de Medellín-PORTICOS INGENIEROS CIVILES S.A. – AREA INGENIEROS CONSULTORES LTDA y PREFABRICADOS ADOQUIN-AR; Los presupuestos de

obras ejecutadas en la modalidad de VIS por la empresa PORTICOS S.A., entre otros.

### **1.3 OBJETIVOS**

**1.3.1 Objetivo general.** Analizar la viabilidad económica de la Mampostería Postensada, mediante el estudio de los costos asociados a la construcción del sistema estructural de un edificio de Vivienda de Interés Social (VIS), y compararlos con los asociados a los sistemas constructivos implementados comúnmente en siete (7) de las principales ciudades de Colombia.

#### **1.3.2 Objetivos específicos.**

- Identificar la tendencia de los sistemas constructivos habituales para la construcción de la vivienda de interés social actualmente en Colombia.
- Cuantificar los costos asociados a los sistemas constructivos identificados en la tendencia generadora de viviendas de interés social en Colombia.
- Definir a partir de la tendencia identificada para los sistemas constructivos, el área promedio de las unidades de vivienda de interés social producidas en el periodo de estudio y cuantificar sus costos en el ámbito de un presupuesto para la construcción de la estructura.
- Proponer una planta arquitectónica básica para el área promedio de las unidades de vivienda de interés social del sistema constructivo líder en la tendencia constructiva en la ciudad de Medellín.
- Acotar los costos asociados a los elementos representativos de la estructura (sin tener en cuenta la cimentación), en la producción de un nivel de piso de Mampostería Postensada que denote: la cantidad de cable postensado, el rendimiento para el armado, la modulación de los bloques de concreto y una posibilidad para los bloques de anclaje de la losa.

## 2. ENFOQUE ECONÓMICO PARA LA VIVIENDA DE INTERÉS SOCIAL EN COLOMBIA

### 2.1 MARCO TEÓRICO

Este estudio considera aquellas viviendas o edificaciones construidas en razón de ser una solución de vivienda entre (0-135) Salarios Mínimos Legales Vigentes, SMLV, es decir, Vivienda de Interés Social, VIS. Se pretende identificar una tendencia sobre los sistemas constructivos más utilizados y profundizar sobre ella con el fin de compararla en el ámbito económico y determinar la viabilidad de una nueva alternativa para la generación de soluciones de vivienda VIS.

El método de análisis, parte de los sistemas constructivos utilizados y el metraje destinado para VIS en siete (7) ciudades de Colombia y su precio por metro cuadrado, cuya estructura incluye costos de urbanismo, costo directo (materiales, mano de obra, subcontratación), costos indirectos (impuestos, seguros, honorarios, diseños, entre otros), costos financieros (tasa de interés, corrección monetaria), costos de ventas (comisiones ventas, publicidad) y margen de utilidad. Con esta información, se pretende identificar cual de los sistemas constructivos existentes dominan la actividad edificadora (sin analizar las variables de mercado que lo posicionan) para compararlo con el valor presupuestado de los elementos representativos de un sistema constructivo que se encuentra en proceso de desarrollo por parte de la Universidad de Medellín y tres (3) empresas del sector de la construcción, denominado Mampostería Postensada en seco.

La información y los elementos para el análisis de este estudio se conforman a partir de varias fuentes, algunas de las cuales se mencionan a continuación:

- **Metodología censo de edificaciones.** *Colección documentos actualización 2009 No.78 y Censo de edificaciones (CEED)*, estas herramientas de estudio proporcionan desde 1996 información trimestral sobre la evolución, la producción y el comportamiento de la actividad edificadora en las principales zonas objeto de estudio, siendo un insumo básico para el cálculo del **PIB** de la construcción (subsector edificaciones). Para este Análisis económico se aprovecha en particular, la información a partir del primer trimestre del año 2005, pues sólo hasta el mes de abril de 2004 el DANE en sus continuos procesos de mejora al Censo de edificaciones incluyó una de las variables de control necesarias para este trabajo, el sistema constructivo utilizado para la construcción de la edificación. Así, esta información permite obtener un acercamiento a través de los siguientes parámetros: metros cuadrados, unidades del destino y precio del metro cuadrado a la actividad edificadora, y en particular a la VIS, en las principales ciudades de Colombia, a saber: Bogotá, Medellín, Cali, Barranquilla, Bucaramanga, Pereira y Armenia. La base conceptual del estudio realizado por el DANE apuntó a estudiar la

totalidad de la población, es decir, realizó un censo de las edificaciones en proceso, así como también de obras inactivas (paralizadas) y culminadas.

- **Actividad constructora y oferta de edificaciones valle de Aburrá, oriente cercano y occidente medio I semestre de 2010.** El estudio realizado por CAMACOL regional Antioquia, pretende presentar una visión general del comportamiento de la actividad y el mercado de edificaciones, destacando factores importantes obtenidos en el estudio como la iniciación de nuevas edificaciones, la evolución de los precios de venta y la velocidad de rotación de los inventarios, parámetros que permitirán proyectar el futuro de la actividad.

**2.1.1 Descripción del problema.** ¿Cuál es la tendencia desde el punto de vista de sistemas estructurales de la construcción de VIS en Colombia y cuáles son los costos asociados a cada uno de ellos? ¿Es competitivo a nivel económico el sistema de Mampostería Postensada en seco, de tal forma que pueda convertirse en una más asequible para las personas con menores ingresos?

El conocimiento de la realidad y la concientización de las condiciones al interior del país, que algunos colombianos experimentan actualmente, es un llamado de alerta a generar aportes constructivos al mejoramiento de la calidad de vida de nuestra sociedad.

Sobre diferentes soluciones y puntos de vista, los actores detrás del escenario, las administraciones locales, universidades e intelectuales, entre otros; analizan sobre la mesa temporal y su presupuesto económico la mejor manera de atender la problemática expuesta. Se fundamentan de esta manera las alternativas y soluciones vigentes, basadas en la inercia de los existentes sistemas constructivos, atados a sus parámetros de espacio y costos, y muchas veces cegando la incursión de nuevas tecnologías; de esta manera sólo se optimizan las variables que se hallan ahí enmarcadas.

La propuesta de un nuevo sistema constructivo debe contemplar la reducción de los costos de construcción, tiempos de ejecución, costos de administración, entre otros, en pro de una vivienda de interés social asequible a la población objetivo. Surge entonces el Sistema Constructivo de Mampostería Postensada (aun en investigación), como una alternativa de edificación ideada con base en la utilización de unidades de mampostería en bloque de concreto y una tecnología más reciente en nuestro país como lo son los sistemas postensados. La articulación de estos sistemas, da origen a una iniciativa muy eficiente en la generación de grandes espacios, al manejo de estructuras verticales y gran economía por su reducción en materiales y tiempos de ejecución.

**2.1.2 Estado del conocimiento.** Los conceptos que enmarcarán el análisis propuesto en este informe, están organizados así: Una descripción del escenario en el cual surge la necesidad de plantear un sistema constructivo alternativo y competitivo frente a la problemática presente en nuestro país respecto de la vivienda, particularmente la VIS. Luego, se describen los sistemas constructivos más utilizados en la construcción de vivienda y algunas de sus características y se realiza un análisis sobre la información consolidada de los sistemas constructivos utilizados en siete (7) de las principales de Colombia para identificar el sistema líder a partir de las unidades y los metros cuadrados producidos para VIS. Posteriormente se cuantifican los costos de los elementos representativos del sistema estructural asociados a la tendencia determinada, se obtiene un área promedio de unidad de vivienda producida y se propone una planta arquitectónica básica para tal área. Finalmente se propone una estructura de costos para producir la estructura en Mampostería Postensada en seco comparada con las estructuras convencionales.

## **2.2 LA VIVIENDA DE INTERÉS SOCIAL**

**2.2.1 Historia.** La experiencia institucional Colombiana en materia de vivienda de interés social, data de 1939, cuando se creó el Instituto de Crédito Territorial (ICT), entidad que hasta 1991, fue la encargada de construir y otorgar crédito a la compra de vivienda para las personas de menores ingresos. Históricamente, el ritmo de actividad del ICT dependió de las asignaciones del presupuesto nacional y de la importancia que se diera a la vivienda de interés social en las estrategias de desarrollo. Hacia finales de los ochenta, en un proceso de reflexión sobre la vivienda de interés social, se planteaban soluciones al problema de tierras, al tiempo que se expresaba preocupación por la eficiencia administrativa de la entidad. Esta discusión derivó la Ley 3ª de 1991, con la cual se reorientó la política, de acuerdo con las tendencias internacionales, hacia un esquema de subsidios basado en mecanismos de mercado. (Chiappe de Villa, 1999)

En esta forma el Estado abandonó su papel de intermediario financiero y constructor de vivienda, adoptándose el sistema de subsidios a la demanda, es decir, sus tareas y responsabilidades pasaron a ser la fijación y cumplimiento de las normas referidas a los estándares de precios, procesos de postulación y asignación de subsidios y acopio de suelos para la Vivienda de Interés Social, dejando a las empresas privadas y otras entidades del sector la responsabilidad de ofrecer las VIS. De esta forma se sustituyó el ICT por el Instituto Nacional de Vivienda de Interés Social y Reforma Urbana, INURBE. (Chiappe de Villa, 1999)

**2.2.2 Normatividad.** La Constitución Política de Colombia establece que la vivienda es un derecho de todos los colombianos y ordena al Estado fijar las condiciones necesarias para hacerlo efectivo. Así mismo, la vivienda se constituye en pilar fundamental del desarrollo territorial, social y económico, dado su aporte en la disminución de la miseria, la generación de empleo y el crecimiento económico, por el amplio número de sectores que involucra.

### **2.2.3 Regulaciones.**

- Constitución Política de Colombia, Artículo 51. “El Estado debe fijar las condiciones necesarias para hacer efectivo el derecho de todos los colombianos a una vivienda digna, promoviendo planes de vivienda de interés social, sistemas adecuados de financiación a largo plazo y formas asociativas de ejecución de estos programas de vivienda”
- Ley 546 de 1999. “Los Planes de Ordenamiento Territorial (POT) deben facilitar la construcción de todos los tipos de vivienda de interés social definidos por los Planes de Desarrollo y por las reglamentaciones del Gobierno Nacional, de tal manera que se garantice el cubrimiento del déficit habitacional para la vivienda de interés social”
- Ley 388 de 1997, Artículo 15. “Las normas para la urbanización y construcción de vivienda no podrán limitar el desarrollo de programas de vivienda de interés social, de tal manera que las especificaciones entre otros de loteos, cesiones y áreas construidas deberán estar acordes con las condiciones de precio de este tipo de vivienda”
- La Ley 388 de 1997, exige que los municipios elaboren planes de ordenamiento territorial, en los cuales se determinen áreas destinadas a la construcción de vivienda de interés social, y se definan los correspondientes programas de provisión de servicios públicos básicos, conformación de espacios públicos e infraestructura vial. Además, permitió establecer mecanismos que aseguran el reparto equitativo de las cargas y beneficios derivados del ordenamiento territorial. En desarrollo de dicha ley, el gobierno dictó el Decreto 1599 del 6 de Agosto de 1998 mediante el cual se reglamenta la participación de los municipios y distritos en la plusvalía generada por incorporación de suelos al perímetro urbano, definición o cambio de usos del suelo, autorización para densificación del mismo, y ejecución de obras que generen valorización. Para el efecto, los consejos municipales o distritales establecen la tasa de participación en la plusvalía, la cual puede oscilar entre el 30% y el 50% del mayor valor generado por metro cuadrado. Por razones de conveniencia, el Consejo puede exonerar del cobro de la plusvalía a inmuebles destinados a la construcción de VIS. En esos casos, los propietarios deben suscribir un contrato con la administración mediante el cual, se obligan a

trasladar el beneficio de la exoneración a los compradores de las viviendas. Estas disposiciones, constituyen un instrumento fundamental para el desarrollo de las políticas de vivienda de interés social pues permiten que el mayor valor generado por la dotación de infraestructura, se utilice en beneficio de los compradores de la vivienda, impidiendo que los mismos desarrollos incrementen los precios en forma tal que excluyan de las posibilidades de vivienda precisamente a la población objeto de los programas. Además, se permite que la valorización de los terrenos genere recursos para dotar de infraestructura las urbanizaciones. (Carvajal Giraldo)

**2.2.4 Calificación.** Según el artículo 91 de la Ley 388 de 1997, el valor máximo de la vivienda de interés social será de 135 SMLMV. Para incentivar la competencia y la flexibilización en el mercado de las VIS, no se definen tipos de vivienda, no obstante, se define un tope indicativo de 70 SMLMV para la vivienda de interés social prioritaria (VIP), el cual es aplicable a viviendas adquiridas con recursos del Programa de Subsidio Familiar de Vivienda del gobierno nacional.

### **2.3 ESTRUCTURA DE COSTOS DE UNA VIVIENDA DE INTERÉS SOCIAL**

A continuación en tabla 1, se describe un ejemplo que toma como base la construcción de una vivienda de 45m<sup>2</sup>, y cuantifica porcentualmente sus costos, así: 17% aproximadamente por el lote urbanizado, 49% aproximadamente por la construcción y 34% aproximadamente por los costos indirectos.

Entre los costos de construcción, el de estructura es el que tiene la mayor incidencia (43%), seguida por los acabados, que representan cerca de la tercera parte de los mismos. Llama la atención el impacto de los costos indirectos, de los cuales casi el 40% corresponde a costos financieros y más de la cuarta parte a costos por concepto de ventas. Cabe anotar que en los proyectos por demanda social, la solicitud a la oferta está previamente organizada, y entonces los gastos de promoción y ventas se reducen. Referencia bibliográfica. (Chiappe de Villa, 1999)

En el ejemplo citado, la totalidad de impuestos por diferentes conceptos más los gastos notariales, representan el 8% de los costos de la vivienda. Indudablemente, un esfuerzo por disminuir estos gravámenes reduciría el valor del subsidio requerido.

Para bajar sustancialmente los costos, se hace necesario industrializar la construcción de las VIS. Varias organizaciones han trabajado intensamente en este sentido y se encuentran avances importantes, principalmente, en materia de economías de escala, en la compra de materiales, desarrollo de prefabricados y reducción del tiempo de construcción para disminuir los costos financieros. Estas experiencias son el producto de un aprendizaje en la organización del negocio y

en los procesos de construcción. En la tabla 1 se tabula la estructura de costos de una vivienda de 45m<sup>2</sup> bajo distintos puntos de vista. (Chiappe de Villa, 1999).

**Tabla 1. Estructura de costos de la vivienda de 45m<sup>2</sup> (Chiappe de Villa, 1999)**

DESCRIPCIÓN	CUATRO ALCOBAS CON ACABADOS	CUATRO ALCOBAS SIN ACABADOS	TRES ALCOBAS SIN ACABADOS	DOS ALCOBAS SIN ACABADOS	UNA ALCOBA SIN ACABADOS
TAMAÑO	45m2	45m2	37m2	22m2	15m2
	%	%	%	%	%
<b>1. Lote urbanizado</b>	<b>17,20</b>	<b>18,80</b>	<b>21,10</b>	<b>26,90</b>	<b>29,90</b>
<b>2. Construcción</b>	<b>49,20</b>	<b>47,40</b>	<b>47,00</b>	<b>40,80</b>	<b>37,60</b>
Estructura, cimentación, mampostería	21,20	23,20	22,50	18,50	15,10
Acabados	15,30	10,80	11,30	9,90	9,40
Gastos generales	12,70	13,40	13,20	12,40	13,10
<b>3. Costos indirectos</b>	<b>33,70</b>	<b>33,80</b>	<b>31,90</b>	<b>32,30</b>	<b>32,40</b>
Estudios	1,10	1,20	1,30	1,70	1,80
Honorarios	8,50	8,30	8,20	7,50	7,10
Impuestos	2,00	2,20	2,50	3,20	3,60
Financieros	13,10	13,10	10,90	10,90	10,90
Post- construcción	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00
<b>TOTAL COSTOS</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>

## 2.4 PROBLEMÁTICA ACTUAL

El déficit habitacional y la restricción de acceso a crédito de vivienda para las familias de bajos ingresos, prevalecen en América Latina. Muchas familias de bajos ingresos construyen sus propias viviendas sin asistencia técnica y financiera por parte de algún ente público ó privado. Esto se debe principalmente a que las entidades financieras privadas prefieren no financiar familias pertenecientes al sector informal debido a la falta de un ingreso estable y, el Estado por su parte, no ha logrado aun consolidar una política eficiente de subsidios hacia las personas con menos recursos, pues estos son entregados a grupos con ingresos medios.

En Colombia, existe un gran déficit habitacional entre las familias de menores ingresos, expresado tanto en la carencia absoluta de vivienda, como en la habitación de viviendas de mala calidad o que no cuentan con los servicios públicos básicos.



Adicionalmente, desde 1991 frente a este problema, el principal instrumento de política ha consistido en el subsidio familiar de vivienda (SFV) condicionado a ahorro y al crédito hipotecario. Sin embargo, desde entonces, el acceso al instrumento ha sido inferior al esperado fundamentalmente por los rasgos característicos de la población objeto, sus bajos niveles de ingresos. Pese a los esfuerzos del Estado, el principal instrumento de la política de vivienda para algunas familias de escasos recursos, resulta insuficiente frente a las necesidades de los hogares con ingresos por debajo de los (4) cuatro salarios mínimos. “Se estima que la producción derivada del sistema de subsidios familiares de vivienda cubre un 40% de las necesidades anuales de nuevas viviendas para este segmento, lo demás atendiéndose a través del mercado de construcción informal y el mercado de alquiler” (BID, 2004).

El problema habitacional colombiano se concentra en la población de menores ingresos. El 63% de los hogares son propietarios, el 31% arrendatarios y el resto vive en usufructo o por ocupación de hecho. (S.P. Molina)

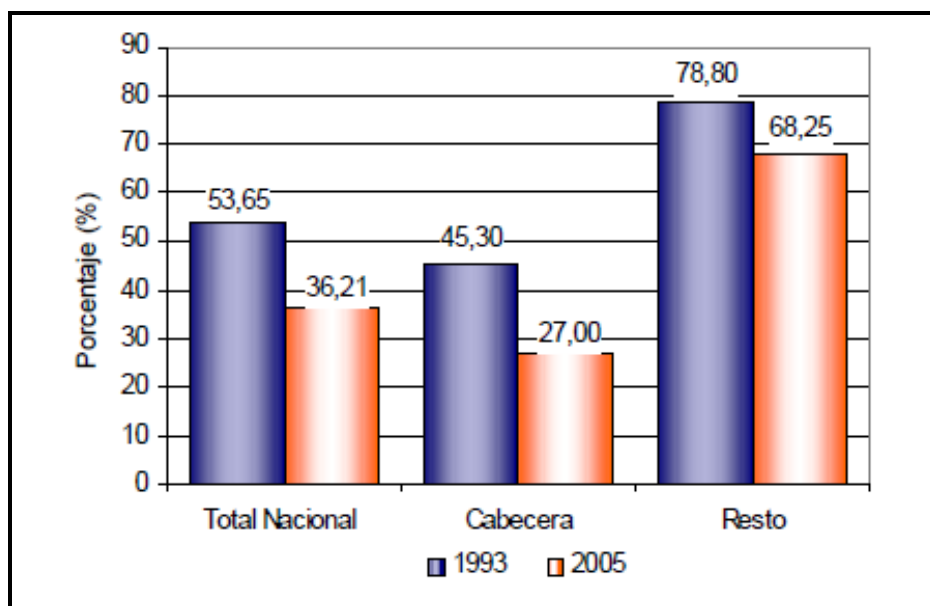
El 50% de los hogares tiene ingresos entre 1 y 3 salarios mínimos. Debido a ello, la capacidad de ahorro es mínima, ya que lo que ganan, apenas alcanza para suplir las necesidades mínimas de supervivencia. Conjuntamente, la informalidad impide totalmente el acceso al sistema de crédito con el sector financiero. (S.P. Molina)

El primer aspecto fundamental en la demanda lo constituyen las necesidades de una población que crece continuamente, con ingresos familiares bajos y un déficit de unidades habitacionales que conducen al hacinamiento y los asentamientos humanos subnormales.

La población colombiana es mayoritariamente urbana (72.7%), entendiéndose por población urbana aquella que reside en los cascos urbanos con más de 10.000 habitantes (DANE, 2005). Adicionalmente, aunque la tasa de crecimiento de la población total ha venido mostrando una tendencia a disminuir en los últimos años, la de la población urbana tiene una tendencia a acelerarse. Aspecto que debe analizarse con sumo cuidado, pues la oferta de espacios útiles y seguros para la construcción de la VIS se reduce y obliga la construcción de estas soluciones a las periferias y zonas de riesgo. (S.P. Molina).

A continuación, en la figura 1, se describen los porcentajes de hogares en déficit cuantificados en los censos realizados por el Departamento Administrativo Nacional de Estadísticas (DANE) en los años 1993 y 2005.

**Figura 1. Porcentaje de hogares en déficit en Colombia año 1993 y 2005. (DANE, 2005)**



Según los resultados del Censo 2005, el 36,21% de los hogares del país presentó necesidades habitacionales; frente al Censo de 1993 (53,65%), disminuyó en 17,44 puntos. (DANE, 2005)

En Colombia, el 23,84% de los hogares habitan en viviendas con problemas cualitativos o susceptibles a ser mejorados, ya que las viviendas que ocupan presentaron deficiencias, en lo referente a la estructura de los pisos, hacinamiento mitigable, servicios públicos y lugar inadecuado para preparar los alimentos - cocina. Frente al Censo de 1993 (36,65%), disminuyó en 12,81 puntos. En la cabecera el déficit cualitativo afecta el 14,44% de los hogares, y en el resto, al 56,54%; respecto al Censo de 1993, se registran disminuciones de 10,52 y de 15,32 puntos, respectivamente. (DANE, 2005)

### **3. DESCRIPCIÓN DE LOS SISTEMAS CONSTRUCTIVOS MÁS UTILIZADOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE VIS EN COLOMBIA**

Este capítulo pretende exponer los sistemas constructivos más representativos, utilizados en el desarrollo de los proyectos de vivienda de interés social en Colombia y enunciar algunas fortalezas y debilidades en razón de la economía y el mayor beneficio del proyecto.

#### **3.1 DESARROLLO DE LOS SISTEMAS CONSTRUCTIVOS Y DEFINICIONES**

Los sistemas constructivos en nuestra zona geográfica y en nuestra cultura tecnológica se han basado casi exclusivamente, hasta principios del siglo XX, en las estructuras con muros, que al mismo tiempo hacían la función de cerramientos verticales, tanto de fachada como de partición interior. Podemos considerar la excepción de los muros de entramado, de procedencia celta y sajona, que, en cualquier caso, se convertían en muros portantes y se ocultaba su composición, así como los pilares y vigas de madera en porches.

Los primeros intentos de abandono de esas estructuras se produjeron con la industrialización de los perfiles metálicos a fines del XIX, tanto de fundición como laminados, que permitieron ejecutar estructuras reticulares más ligeras, cuando la altura de los edificios lo necesitaba. Pero la verdadera aplicación masiva de ese tipo de estructuras llegó con el hormigón armado, a partir de los años 40 del siglo pasado, y la mejora continuada de sus capacidades portantes, así como de sus métodos de cálculo. Todo ello permitió eliminar los cerramientos portantes, más pesados ( $>700 \text{ kg/m}^2$ ) aligerando el conjunto del edificio, reduciendo su costo y aprovechando más el metro cuadrado de suelo edificable.

#### **3.2 SISTEMAS CONSTRUCTIVOS**

Son el conjunto de elementos, materiales, técnicas, herramientas, procedimientos y equipos que combinados racionalmente y enmarcados en un método, generan un tipo de edificación en particular. Los sistemas se pueden diferenciar uno del otro, además de lo anterior, por el comportamiento estructural de sus elementos en presencia de determinadas solicitaciones. Suelen estar constituidos por unidades, éstas, por elementos, y éstos, a su vez, se construyen a partir de unos determinados materiales.

Para su implementación requieren un diseño, para lo cual se debe atender, en primer lugar, a las exigencias funcionales de cada uno y a las acciones exteriores que van a sufrir, además de tener en cuenta las posibilidades de los materiales que se utilicen, en función de sus calidades y, por tanto, de su vulnerabilidad.

### 3.3 SISTEMA CONSTRUCTIVO APORTICADO

Este es un sistema que basa su estructura en pórticos que forman un conjunto esquelético de vigas y columnas conectadas rígidamente por medio de nudos, los cuales caracterizan este sistema, y en donde los vanos entre las columnas y las vigas son complementados por mampostería o algún tipo de cerramiento equivalente. Para la construcción de VIS se construyen en hormigón. En la figura 3 se muestra el conjunto de marcos conformados en concreto y losa aligerada.

**Figura 2. Estructura Aporticada**



Fuente: [www.estructuras.eia.edu.co](http://www.estructuras.eia.edu.co)

#### 3.3.1 Materiales representativos.

- **Aceros corrugados:** Los aceros de refuerzo en la construcción de vivienda normalmente utilizados son de grados de 40 y 60 ksi (280MPa y 420MPa), para su colocación se figuran en obra o se piden al proveedor de materiales previamente doblados en frío.
- **Hormigón:** Los diseños habituales para la tipología de proyecto analizado, utilizan hormigones cuyas resistencias varían entre 21MPa y 28Mpa. Las condiciones de control y calidad de los materiales y preparación de los hormigones en obra son el factor determinante para la obtención de estas resistencias. Los desperdicios para este material son variables, su variabilidad obedece factores de control de calidad, equipos utilizados, condiciones de hormigonado, entre otros; el intervalo de variación común a las obras de este tipo es del 5%-7%.

- **Mampostería en ladrillo:** Es un sistema que mediante la unión de sus elementos (mampuestos de arcilla cocida debidamente procesados), ladrillos, con un material pastoso (mortero) normalmente obtenido de la mezcla de agua, arena (agregado) y un aglutinante (cemento o cal), cumple funciones como: definir espacios, cimientos, muros, columnas, contrafuertes, entre otros.

**3.3.2 Posibilidades arquitectónicas.** En realidad este sistema es bastante bondadoso, permite la generación de espacios adecuados para la construcción de viviendas para la tipología analizada. Sin embargo, el cuidado que debe tenerse para este sistema y en general es la correcta distribución en planta y en altura de los espacios propuestos, obedeciendo una adecuada simetría para obtener un buen desempeño estructural. Con respecto a la distribución de espacios, este sistema brinda facilidad ante cambios por los usuarios finales en la ubicación y reformas de muros divisorios por ejemplo.

### 3.4 SISTEMA CONSTRUCTIVO EN MAMPOSTERÍA ESTRUCTURAL

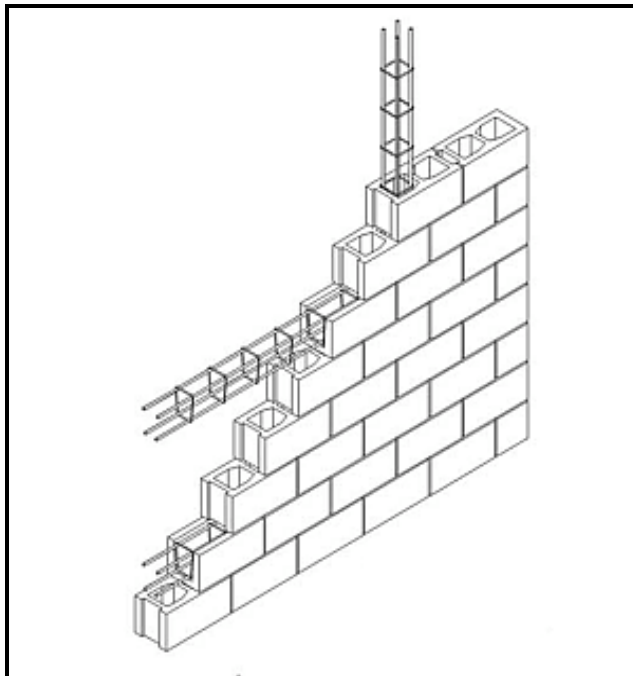
Este sistema está compuesto básicamente por elementos pétreos (mampuestos de concreto) unidos por mortero de cemento o su equivalente. Es un sistema monolítico gracias a la unión de los mampuestos por el mortero y adicionalmente dovelas reforzadas al interior de algunas de las celdas, según especifique el diseño, del mampuesto con grouting de cemento. En las figuras 3 y 4, se puede observar una fachada de un proyecto constructivo de apartamentos y un detalle sobre las dovelas al interior y sobre los bloques de concreto, respectivamente.

**Figura 3. Estructura Mampostería Reforzada para apartamentos**



**Fuente:** [www.virtual.unal.edu.co](http://www.virtual.unal.edu.co)

**Figura 4. Detalle constructivo de la mampostería reforzada**



Fuente: [www.construmatica.com](http://www.construmatica.com)

### **3.4.1 Materiales representativos.**

- **Aceros corrugados:** Los aceros de refuerzo en la construcción de vivienda normalmente utilizados son de grados de 40 y 60 ksi (280MPa y 420MPa), para su colocación se figuran en obra o se piden al proveedor de materiales previamente doblados en frío.
- **Bloques de hormigón:** Es la unidad fundamental para el levantamiento de los muros de mampostería reforzada y se están constituidos por hormigones cuya resistencia define la clase del bloque. La configuración de celdas en el bloque y sus dimensiones está definida por la utilización que se le vaya a dar a las unidades siendo la más común la de dos (2) celdas y dimensiones de 15\*20\*40 cm respectivamente
- **Hormigones:** Los diseños habituales para la tipología de proyecto analizado, utilizan concretos cuyas resistencias son de 21MPa y 28Mpa. Las condiciones de control y calidad de los materiales y preparación de los hormigones en obra son el factor determinante para la obtención de estas resistencias. Los desperdicios para este material son variables, su variabilidad obedece factores de control de calidad, equipos utilizados, condiciones de hormigonado, entre otros; el intervalo de variación común a las obras de este tipo es del 5%-7%.

**Grout:** Es un material de consistencia fluida que resulta de mezclar cemento, agregados y agua, pudiéndose adicionar cal hidratada normalizada en una proporción que no exceda de 1/10 del volumen de cemento u otros aditivos que no disminuyan la resistencia o que originen corrosión del acero de refuerzo. El concreto líquido o grout se emplea rellenar los alvéolos de las unidades de albañilería en la construcción de los muros armados, y tiene como función integrar el refuerzo con la albañilería en un sólo conjunto estructural. ([www.blog.pucp.edu.pe/media](http://www.blog.pucp.edu.pe/media))

**3.4.2 Posibilidades arquitectónicas.** Este sistema a diferencia del aporticado tiene mayores restricciones ya que los muros hacen parte del sistema estructural de la edificación, limitando espacios y restringiendo futuras reformas a la vivienda. A continuación se describen algunas de las restricciones: ([www.arqhys.com/casas/tipos-mamposteria](http://www.arqhys.com/casas/tipos-mamposteria))

- Se requiere suficiente y balanceada cantidad y longitud de muros en las dos direcciones ortogonales del edificio, para lograr suficiente rigidez en ambos sentidos (no pueden diferir en más del 20%).
- Como la mayor parte de los muros son estructurales, es decir, soportan y transmiten cargas verticales y fuerzas horizontales, ellos son inamovibles, es decir, no es permitido que una vez terminada la construcción sea removido un muro para unir dos espacios interiores. Tampoco deben ser regateados para colocar tuberías de instalación.
- En general se prefiere proyectar distancias cortas entre muros adyacentes, para diseñar placas de entrepiso económicas, de rápida y sencilla ejecución, comúnmente prefabricadas.
- Requiere una cantidad importante de personal medianamente calificado (tipo oficial de construcción), en particular para la construcción de la mampostería.
- No es conveniente su combinación con otros sistemas estructurales flexibles porque el comportamiento combinado bajo sismos obliga a tener precauciones de alto costo.

Por último, pero tal vez el aspecto más importante, requiere Supervisión Técnica permanente, puesto que cada minuto del día se está construyendo ESTRUCTURA, y cada elemento que se coloca es parte fundamental de ella: el bloque de perforación vertical, el mortero de pega, el refuerzo horizontal, los conectores entre muros, la limpieza de celdas, el refuerzo vertical, el mortero de relleno, en fin todos los componentes son estructurales.

A continuación se enuncian las cualidades de la mampostería estructural con bloque de perforación vertical:

- Bajo costo de construcción, cuando se aplica en proyectos que reconocen y se benefician de sus propias limitantes.
- Alta velocidad de construcción.
- Como cualquier otro sistema estructural, cuando es bien diseñado y bien construido, es estable y capaz de soportar las cargas de diseño durante su vida útil prevista.
- Pocos tipos de materiales.
- Alta generación de empleo.
- Obliga a tener perfecta coordinación y definición de planos arquitectónicos, estructurales, y de instalaciones, puesto que no se puede romper los muros estructurales para colocar tubos.

### **3.5 SISTEMA CONSTRUCTIVO DE MUROS VACIADOS**

El sistema de muros vaciados es una alternativa de diseño eficiente que permite industrializar la construcción de viviendas con unidades inmobiliarias numerosas, repetitivas y de bajo precio. Es un sistema de muros portantes tanto para solicitaciones de gravedad como sísmicas, generalmente no tienen vigas y las losas se apoyan directamente sobre los muros. En la figura 5 se puede observar un proyecto construido en la ciudad de Medellín denominado La Herradura I que utilizó el sistema de muros vaciados.



**Figura 5. Estructura de Muros vaciados en concreto.**



**Fuente:** Cortesía del archivo fotográfico de la página web de la Alcaldía de Medellín.

### **3.5.1 Materiales representativos.**

- ***Aceros corrugados:*** Los aceros de refuerzo en la construcción de vivienda normalmente utilizados son de grados de 40 y 60 ksi (2800 y 4200 kg/cm<sup>2</sup>), para su colocación se figuran en obra o se piden al proveedor de materiales previamente doblados en frío.
- ***Hormigones:*** Los diseños habituales para la tipología de proyecto analizado, utilizan hormigones cuyas resistencias son de 21MPa y 28Mpa, pero adicionalmente con un manejo muy importante de los agregados del mismo, pues se requieren concretos con asentamientos altos para los vaciados al interior de las formaletas de muros (con la precaución de que no haya segregación), que pueden ser complicados ante la congestión de los refuerzos de acero, diferentes tipos de instalaciones (eléctricas, hidráulicas, sanitarias, entre otras) y los reducidos espacios. Las condiciones de control y calidad de los materiales y preparación de los concretos en obra son el factor determinante para la obtención de estas resistencias. Los desperdicios para este material son variables, su variabilidad obedece factores de control de calidad, equipos utilizados, condiciones de hormigonado, entre otros; el intervalo de variación común a las obras de este tipo es del 5%-7%.

- **Mampostería en ladrillo:** Es un sistema que mediante la unión de sus elementos (mampuestos de arcilla cocida debidamente procesados), ladrillos, con un material pastoso (mortero) normalmente obtenido de la mezcla de agua, arena (agregado) y un aglutinante (cemento o cal), cumple funciones como: definir espacios, cimientos, muros, columnas, contrafuertes, entre otros.

**3.5.2 Posibilidades arquitectónicas.** El sistema de muros de concreto, permite obtener edificios con gran rigidez lateral y gran resistencia frente a acciones sísmicas. Resulta muy conveniente en relación a los edificios aporricados, por su mayor rigidez y resistencia y resulta más atractivo que los edificios de albañilería portante, por el hecho de lograr con menos espesor más resistencia y evidentemente espacios más útiles. Aunque esta ventaja en el comportamiento, deja de serlo en el ámbito espacial dado que estos están completamente definidos y son inamovibles, pues es imposible pensar en retirar alguno de los muros para juntar dos espacios. Las dificultades de tener espesores reducidos se advierte en las obras, por los defectos del vaciado del concreto, dado el poco espesor se advierten problemas de segregación y hormigueros, siendo importante controlar y reparar estos defectos. Es posible que sea mejor engrosar ligeramente los muros y tener menos problemas en el vaciado.

Así mismo se advierten problemas de fisuración en los muros y losas debido a los efectos de la retracción de los concretos y los cambios y temperaturas en el proceso de fraguado, por lo que es conveniente el uso de concretos de contracción controlada y de fibras de polipropileno. Sin embargo es necesario recalcar que las fisuras que se presentan, no representan problemas de seguridad estructural y que en muchos casos son inevitables. Lo que se debe hacer es minimizarlas para no afectar la parte estética de la obra.

### **3.6 SISTEMA CONSTRUCTIVO INDUSTRIALIZADO MODULAR**

Son sistemas que aplican determinados principios de técnicas industriales, referidos a repetición de elementos, coordinación de dimensiones y especialización de mano de obra. Se citan como parámetros de industrialización, la rapidez de ejecución, la economía de materiales disponibles, reducción de personal y el aspecto cualitativo del producto.

La filosofía del sistema consiste en convertir la construcción de una vivienda en una cadena de montaje. El símil podrían ser las mejoras que introdujo Henry Ford en el mundo del automóvil cuando estos se empezaron a producir en serie. No obstante, la vivienda no se puede pensar aun como un vehículo ni como cualquier producto que se pueda producir en cadena por la variabilidad de los procesos que inherentemente posee, y es entonces donde el sistema constructivo industrializado intenta introducir procesos controlados en algunas de las fases de la construcción y poder reducir o eliminar las tareas manuales. Este es el concepto que intenta promover la mayor parte de trabajo en obra a una industria; esto significa entre

muchos otros un aumento de la productividad, una especialización de la mano de obra, una reducción de los accidentes, un aumento de la calidad debido al mayor control en la producción y lo que es más importante, una reducción de plazos (entendido como tiempo en obra) y reducción de algunos costos. En la figura 6 puede observarse como se instalan los módulos prefabricados de concreto para la construcción de una estructura de vivienda.

**Figura 6. Estructura de paneles prefabricados para la construcción de vivienda.**



**Fuente:** Tomado de la pagina web [gilva.com/material](http://gilva.com/material).

Este tipo de sistema se basa en la fabricación de piezas en hormigón especialmente diseñadas (las unidades a prefabricar deben ser producto de la división de la estructura completa, de fácil manipulación y transporte), en una planta de prefabricación y posteriormente transportadas al sitio de obra, que ensambladas constituyen la(s) unidad(es) de vivienda. Este método constructivo requiere para ser viable económicamente que los elementos se produzcan en grandes volúmenes aunque reduce en demasía las operaciones constructivas en obra.

### **3.6.1 Materiales representativos.**

- **Aceros corrugados y mallas electrosoldadas:** Los aceros de refuerzo en la construcción de vivienda normalmente utilizados son de grados de 40 y 60 ksi

(280 y 420 MPa), para su colocación se figuran en obra o se piden al proveedor de materiales previamente doblados en frío.

- **Conexiones:** Son los elementos que permiten transferir las fuerzas entre elementos de concreto por medio de juntas con mortero, llaves de cortante, conectores mecánicos, conexiones utilizando acero de refuerzo, o la combinación de estos medios. La bondad de las conexiones para transferir fuerzas entre elementos puede determinarse por análisis o por ensayo.
- **Hormigones:** Esta constituido generalmente por cemento, agregados, agua y aditivos; es el elemento que conforma los elementos estructurales o paneles. Debe desarrollar una resistencia mediante la correcta hidratación del cemento en el concreto (acción cementante). Además una buena plasticidad y consistencia de la mezcla garantizan su adecuada colocación. La practica constructiva sugiere el uso de aditivos acelerantes y plastificantes que permitan un manejabilidad adecuada del concreto fresco y que este tenga un fraguado inicial rápido. En cuanto al color de los paneles de concreto se utilizan texturas en función del material que conforma la superficie del elemento y la utilización de gravillas naturales a la vista que dan el efecto de los colores.

**3.6.2 Posibilidades arquitectónicas.** Desde la concepción del proyecto de industrialización se busca que la propuesta arquitectónica se adapte al sistema, es decir, que el proyecto constructivo de la obra propiamente dicha asuma las exigencias de este, al punto de contemplar la posibilidad de variar la arquitectura del edificio si fuere necesario y posible, con el único objetivo de adaptar el proyecto al método constructivo elegido y disminuir costos.

El sistema de grandes paneles no utiliza columnas ni vigas, pues los elementos estructurales que conforman el sistema de resistencia de cargas son muros portantes y placas de amarre que se conectan a los muros para garantizar la estabilidad del conjunto. Todos los muros construidos en paneles prefabricados son estructurales, con características de resistencia sísmica en las dos direcciones principales del elemento. En general, el diseño arquitectónico para este sistema no tiene limitaciones específicas, pero debe conocerse como la conformación de los elementos puede afectar los acabados de la vivienda (uniones y dilataciones) y más importante aun es que el diseño arquitectónico debe acomodarse a las condiciones y posibilidades de prefabricación de los elementos en la planta. Además, el diseño de espacios debe facilitar el proceso de producción en serie, haciendo razonable el sistema de prefabricación.

Este sistema aun más que el de mampostería reforzada y el aporricado cuenta con mayores restricciones, dado que todas las pantallas (paredes de hormigón) son parte integral del sistema estructural de la edificación. Así, todos los espacios

quedan definidos desde la construcción y no hay cabida a futuras reformas a la vivienda. A continuación se describen algunas de sus desventajas:

- El montaje y construcción de este tipo de edificación requiere de equipos especializados como torre grúa o equipo pesado de construcción.
- Si la planta de hormigones para prefabricación no se encuentra en la obra se requiere de transporte de gran porte para el movimiento de las piezas del sistema.

A continuación se enuncian algunas de las cualidades del sistema industrializado:

- No hay cabida a errores inesperados en obra y la construcción está planeada en casi todos sus aspectos.
- Todos los sistemas de redes sanitarias, eléctricas, entre otras están instaladas en los paneles antes de la instalación y por lo tanto no hay mayores problemas de acabados.
- Como cualquier otro sistema estructural, cuando es bien diseñado y bien construido, es estable y capaz de soportar las cargas de diseño durante su vida útil prevista.
- Pocos tipos de materiales.

### **3.7 SISTEMA CONSTRUCTIVO DE MAMPOSTERÍA POSTENSADA EN SECO PARA EDIFICACIONES**

**3.7.1 Antecedentes históricos del postensado.** Hace ya más de medio siglo que el concepto del Postensado fue aplicado a la construcción por el ingeniero Francés Eugene Freyssinet. Desde entonces son innumerables las obras construidas con esta técnica, la cual ha permitido cubrir grandes luces con reducidos cantos, desarrollar métodos constructivos nuevos, reparar estructuras dañadas, ampliar estructuras existentes, desarrollar prefabricación y la industrialización de la construcción y un sinnúmero de aplicaciones impensables a principios de este siglo. (ATEP - Asociación Técnica Española de Pretensado).

Aunque la idea y el desarrollo del postensado provienen de Europa, los americanos fueron pioneros en su empleo en el campo de la edificación. En los Estados Unidos, las losas de hormigón postensado se han convertido en uno de los principales elementos en la construcción de edificaciones, encontrando la mayoría de sus aplicaciones en estructuras de aparcamiento, oficinas, hoteles y hospitales, y en general en aquellos edificios solicitados por cargas relativamente importantes en los que se precisan luces considerables.

Los primeros ejemplos de losas planas postensadas utilizadas en edificios datan de 1955. En 1960 se empezó a visualizar la acción del postensado como un sistema de cargas actuantes en el concreto en sentido opuesto a las acciones externas de su uso.

A pesar de la implementación de este tipo de construcciones en países como Australia, Nueva Zelanda y Estados Unidos, en los países del área Europea existieron resistencias causadas por: Ausencia de instrucciones adecuadas, naturaleza fuertemente especializada de trabajo, actitud conservadora de los proyectistas y ausencia de información frente a los costos comparados con los sistemas tradicionales.

Sin embargo, en la segunda mitad de la década de los 60 y en especial a partir de 1970, campañas experimentales efectuadas en distintos laboratorios permitieron conocer mejor el funcionamiento de estas estructuras y poner a punto normativas y recomendaciones que facilitaron el proyecto de estas estructuras.

Sólo en Estados Unidos en 1981 se utilizaron 24.000 toneladas de acero para postensado de estructuras de edificación y 12.000 toneladas en fundaciones. En la actualidad se construyen anualmente en Estados Unidos alrededor de 10 millones de metros cuadrados de losas postensadas.

Actualmente en Colombia la técnica del postensado se aplica mayoritariamente en obras públicas de infraestructura vial y una mínima parte en edificación, subestimando las grandes ventajas que brinda este sistema constructivo ejecutado con éxito en países tecnológicamente avanzados. Quizás una de las razones para ello ha sido la escasez de información de sus ventajas técnicas y económicas, y la ausencia de una normativa o de unas recomendaciones que pongan a disposición de técnicos, constructores y promotores criterios para el proyecto, construcción y evaluación económica de estas soluciones estructurales como alternativas a las ya actualmente en uso.

**3.7.2 Ventajas del postensado en edificaciones.** Postensar una estructura consiste en introducir un cable que luego se tensiona apoyándose sobre la propia estructura de hormigón, a la que introduce un sistema de cargas iguales y contrarias que equilibran las tensiones del cable. Una vez tensado el cable, se ancla mediante un dispositivo mecánico o anclaje. Las cargas transmitidas por el postensado consisten generalmente, en fuerzas concentradas en las zonas de anclaje y, si el cable tiene forma curvilínea en unas fuerzas de desviación que pueden llegar a equilibrar el peso propio de la estructura e incluso las cargas permanentes y las sobrecargas en parte o en su totalidad. Como consecuencia de estas cargas se generan en el elemento de concreto compresiones. Algunos de los efectos del postensado en edificaciones son los siguientes:

- Las fuerzas de desviación neutralizan notablemente las cargas exteriores.

- La estructura se encuentra permanentemente comprimida, por lo que es más rígida y durable, reduciendo su deformabilidad y por lo tanto el riesgo de fisuración.
- Dado que el postensado requiere materiales de alta resistencia (aceros de alto límite elástico, concreto de altas resistencias), la capacidad resistente de las piezas aumenta considerablemente.
- El postensado posibilita la reducción de cantos, espesores, cantidad de armadura pasiva y en general el peso propio respecto del hormigón armado, lo que permite aumentar las luces a cubrir.
- Gracias al efecto de cosido es posible construir por tramos y reutilizar equipos. El efecto activo del postensado y la utilización de concreto de buena calidad, con resistencias altas a temprana edad, permiten desencofrar en edades más tempranas, aumentando la velocidad de construcción.
- La reducción del peso propio de la estructura disminuye la carga total que llega a la fundación reduciendo costos de estas.
- Reduce el problema de fisuración de muros de mampostería en los niveles superiores y la probabilidad de falla fuera del plano de los sistemas tradicionales mampostería, ante cargas de sismo y de viento.

**3.7.3 La mampostería postensada como opción de industrialización en la construcción.** La mampostería ha sido utilizada tradicionalmente en la construcción gracias a su buen comportamiento frente a resistencias de compresión, permitiendo la generación de vivienda de bajo costo. Sin embargo en zonas de amenaza sísmica alta y moderada los muros con un nivel bajo de carga axial presentan un desempeño deficiente.

La investigación en curso, propone el uso de la mampostería en conjunto con los sistemas postensados a través del uso de cables de acero no adheridos, los que al momento de estar tesados elimina el uso del mortero de pega entre los bloques como convencionalmente es utilizada. Los cables de acero postensado ofrecen la posibilidad de introducir activamente cualquier nivel de carga axial deseado en muros y losa para mejorar su resistencia, desempeño y durabilidad. La alternativa de eliminar el uso de mortero de pega minimiza las pérdidas y reduce los tiempos de construcción. Postulándose como una alternativa innovadora, digna, segura y económica, ideal para la construcción de bajo costo como lo es la vivienda de interés social.

La *Mampostería Postensada en seco* se está en la carrera de la construcción industrializada para la vivienda de interés social, este concepto de industrialización

promete ser el detonante de la revolución constructiva frente a los tradicionales sistemas constructivos implementados hoy día. Cabe anotar que los sistemas tradicionales de construcción son más flexibles ante las eventualidades “normales” de este medio (cambios de diseño, errores de ejecución, entre otros) que un sistema industrial propiamente dicho, pero sin duda no traen consigo las ventajas de los procesos en serie y la reducción de impactos negativos en ejecución como por ejemplo porcentajes importantes de desperdicios. Así, este nuevo sistema tendrá definidas en sus directrices todos los elementos constitutivos para su construcción y permitirá entonces el desarrollo de una mayor productividad y la disminución de tiempos y costos de fabricación del producto final, la VIS.

Adicionalmente este tipo de construcción industrializada cumplirá entre otras condiciones las siguientes:

- Los proyectos de vivienda de interés social son expresables en unidades industrializables gracias a la economía de los materiales que constituyen el sistema, su fácil transporte y manipulación.
- Gracias a la manejabilidad de los elementos constitutivos del sistema y su economía, aun no está demostrado, pero se puede suponer con algún grado de certeza que el punto de equilibrio con respecto a la rentabilidad de construir con este sistema, requiere de un volumen de unidades a fabricar menor que cualquier sistema constructivo convencional o industrializado.
- En principio, según los análisis estructurales hechos durante la investigación, el sistema tendrá una importante flexibilidad de diseño y arquitectónica, y permitirá trabajar con una importante disminución de formaletas o moldes de prefabricación, sin cambiar las ventajas de la tecnología usada y generará grandes espacios.

**3.7.4 Proceso constructivo.** Dado que este sistema constructivo se halla actualmente en estudio, la descripción de los procesos inherentes a su ejecución es producto de interpretaciones, proyecciones de trabajo, pre- dimensionamiento, ensayos a escala real de prototipos, conceptos de los diseñadores y experiencias del personal al interior del proyecto; por tanto las conclusiones que se deriven de este trabajo estarán sujetas a la verificación y aval de personal calificado y ensayos a escala real de los elementos que constituyen los modelos.

A lo largo de esta descripción se pretende ilustrar una alternativa constructiva para el ensamble de una edificación de (5) cinco pisos con base en supuestos que pueden obtenerse de los ensayos realizados.

El proyecto constructivo comienza con la localización de la estructura sobre el terreno, y tendrá en cuenta los cuidados con respecto a la disposición de los



espacios para evitar alteraciones en las dimensiones de los elementos o su comportamiento estructural. Supondremos entonces que el sistema de cimentación son un conjunto de zapatas conectadas a vigas corridas según la disposición arquitectónica. Al interior de las vigas de cimentación, prefabricadas, estarán dispuestos anclajes para postensado que harán las veces de puntos fijos para el nacimiento vertical de los torones que ascenderán por las celdas de los muros, convirtiéndose en el refuerzo para estos y ellos parte estructural de la edificación. Su ubicación estará definida por el Ingeniero calculista, sin embargo y para poder evaluar económicamente la propuesta, suponemos un distanciamiento entre torones verticales de 1.20m, según los prediseños, a lo largo de todos los muros de fachada e internos. La modulación de los muros y ubicación de cada bloque de concreto estarán especificados en el proyecto de industrialización del proyecto en particular. En el momento se están analizando diferentes alternativas para la construcción de los muros, sin embargo a partir de la experiencia obtenida, los bloques se enhebrarán por los torones y se ubicarán conformando los muros. El principio de funcionamiento de la estructura es a través del tensionamiento de los torones, entonces, los muros a medida que ganan altura tendrán las veces de una formaleta con tablas de madera en cada cara del mismo para proteger y brindar seguridad a los trabajadores de la edificación; esta formaleta se retirará en cuanto se hallan tesado los torones. Alcanzada la altura de entrepiso, para el modelo supuesto que aquí se analiza es de 2.40 m, se procede a conformar con la ayuda de cerchas de 3.0 m y tacos metálicos la obra falsa para el armado de la losa de entrepiso postensada, utilizando como plataforma de nivelación laminas de madera con formato de 1.44 m \* 2.44 m y un espesor de 2.0 cm. Cabe anotar que el equipo y obra falsa que se utilizan para conformar las losas de entrepiso es mínimo, pues el peso de los elementos que constituyen el sistema es muy bajo respecto de otros materiales usados en otro tipo de edificación. Para el armado de la losa de entrepiso, se realiza el mismo proceso de enhebrado que con los muros, pero de manera horizontal, teniendo cuidado de instalar correctamente los bloques de anclaje de los muros interiores, de fachada y losa, que para el modelo denominamos *bloques de anclaje T5, T3, T1, y T1* (se analizan en detalle estos bloques a continuación en el capítulo de Materiales del sistema, cuya función será la de transmitir la carga de tensionamiento del torón a los bloques de concreto una vez alcanzada la altura de tensionamiento de los niveles. Esta altura corresponde a otro supuesto, para el caso de dos (2) de niveles o tres (3) losas de entrepiso. Este supuesto busca que la construcción de la edificación reduzca los problemas de maniobrabilidad de los elementos del sistema disminuyendo la probabilidad de accidentes, por ejemplo, si consideramos los torones verticales de los muros, si estos son muy largos complicarían considerablemente el enhebrado de los bloques.

Alcanzada entonces la altura de tensionamiento de los niveles, se procede con el tesado de los torones de las losas y luego los de los muros, con lo que se podrá liberar todo el equipo y obra falsa dejará listos los espacios para la instalación de redes, muebles, y diferentes acabados. Aprobados los tensionamientos y las

elongaciones de los torones tesados, se procede con el corte de las puntas sobrantes de las fachadas y el resane para la protección del mismo y la integridad del sistema.

### 3.7.5 Materiales.

- **Acero de pre-esfuerzo:** Existen tres formas comunes en las cuales se emplea el acero como tendones en concreto pre-esforzado: alambres redondos estirados en frío, torón y varillas de acero de aleación. Los alambres y los cables trenzados tienen una resistencia a la tensión alrededor de 17600 kg/cm<sup>2</sup>, en tanto que la resistencia de las varillas de aleación está entre los 10200 y 11250 kg/cm<sup>2</sup> dependiendo del grado. Se enuncian a continuación algunas características de estos aceros, así:
- ✓ **Alambres redondos:** Los alambres individuales se fabrican laminando en caliente lingotes de acero hasta obtener varillas redondas. Después del enfriamiento, las varillas se pasan a través de troqueles para reducir su diámetro hasta su tamaño requerido. En el proceso de esta operación de estirado, se ejecuta trabajo en frío sobre el acero, lo cual modifica notablemente sus propiedades mecánicas e incrementa su resistencia. A los alambres se les libera de esfuerzo después de estirado en frío mediante un tratamiento continuo de calentamiento hasta obtener las propiedades mecánicas prescritas. También se puede conseguir alambres de bajo relajamiento, a veces conocidos como estabilizados. Se emplean cuando se quiere reducir al máximo la pérdida de pre-esfuerzo.
- ✓ **Torones:** El torón se usa casi siempre en miembros pretensados, y a menudo se usa también en construcción postensada. El torón es fabricado con siete alambres, 6 firmemente torcidos alrededor de un séptimo de diámetro ligeramente mayor. El paso de la espiral de torcido es de 12 a 16 veces el diámetro nominal del cable, teniendo una resistencia a la ruptura garantizada de 17 590 kg/cm<sup>2</sup> conocido como grado 250K. Se ha estado produciendo un acero más resistente conocido como grado 270K, con una resistencia mínima a la ruptura de 270,000 lb/pulg<sup>2</sup> (18,990 kg/cm<sup>2</sup>). Para los torones se usa el mismo tipo de alambres relevados de esfuerzo y estirados en frío que los que se usan para los alambres individuales de pre-esfuerzo. Sin embargo, las propiedades mecánicas se evidencian ligeramente diferentes debido a la tendencia de los alambres torcidos a enderezarse cuando se les sujeta a tensión, debido a que el eje de los alambres no coincide con la dirección de la tensión. Al torón se le releva de esfuerzos mediante tratamiento térmico después del trenzado.
- **Bloques de anclaje T1 (0.12\*0.20\*0.60):** Es una propuesta para la transmisión de carga de tesado a los bloques de la losa y muros. Es un bloque de concreto

macizo con el pre-dimensionamiento descrito, en donde la orientación de los torones horizontales será paralela al sentido de las celdas de los bloques, alojara para estos dos (2) platinas para postensado y permitirá el apoyo de dos y medio bloques de concreto de la losa. El medio bloque de concreto restante es apoyado en el bloque de anclaje siguiente. Este bloque tiene la característica de poseer un pase en tubería vertical y horizontal para alojar los torones que vayan a dar continuidad a la estructura en muros o para simular una viga perimetral a la losa respectivamente. Se instalara perimetralmente sobre la losa a la que corresponda la altura de tensionamiento de los niveles pues también estará dispuesto de una platina de tensionamiento para el tesado de los torones verticales para esta altura.

- **Bloques de anclaje T2 (0.12\*0.20\*0.60):** Básicamente es igual al Bloque T1, su única diferencia es que no tendrá platina para postensado de cables verticales. Este se instalara en las losas de entre piso que no correspondan a la altura de tensionamiento de los niveles y al lado de cada bloque T1.
- **Bloques de anclaje T3 (0.12\*0.20\*0.60):** A diferencia de los bloques T1 y T2, estos transmitirán la carga de tesado sobre los bloques de la losa con un solo torón horizontal y en el sentido perpendicular a las celdas de los bloques. Adicionalmente estos, serán instalados en el mismo nivel de los bloques T1, pues también tendrán un anclaje para el tesado de los torones verticales.
- **Bloques de anclaje T4 (0.12\*0.20\*0.60):** Básicamente es igual al Bloque T3, su única diferencia es que no tendrá platina para postensado de cables verticales. Este se instalara en las losas de entre piso que no correspondan a la altura de tensionamiento de los niveles y al lado de cada bloque T3.
- **Bloques de anclaje T5 (0.12\*0.20\*0.20):** Estos serán los bloques que transmitirán la carga de tesado a los muros interiores. Gracias a su configuración modulara perfectamente al interior de los bloques de la losa. Al igual que los bloques T1 y T3, estos serán colocados en las losas a las que corresponda la altura de tensionamiento de nivel.
- **Bloques de anclaje T6 (0.12\*0.20\*0.20):** Idénticos a los T5, a excepción de la platina de postensado para el tensionamiento vertical de los torones en los muros, estos se instalaran en las losas de entrepiso donde aun no hay tensionamiento de cables verticales.
- **Bloque deflector (0.20\*0.20\*0.20):** Estos bloques tienen la característica fundamental de brindar un mejor funcionamiento de la losa ante cargas que la sometan a flexión, su disposición estará dictaminada por el Ingeniero calculista, aunque a partir de los ensayos efectuados se estima uno de estos por metro cuadrado de losa.

**3.7.6 Posibilidades arquitectónicas.** En realidad este sistema se espera brinde espacios mucho más amplios gracias a las bondades del postensado, quizá la debilidad que puede presentarse sea ante la gran rigidez que puede ofrecer el sistema, pues ningún muro al interior de la estructura podrá ser modificado dada la presencia de las cargas de tensionamiento. Dada la naturaleza del sistema, todas las unidades de vivienda al interior del proyecto tendrán idéntica configuración, y la ubicación de los muros será definitiva.

#### **4. DETERMINACIÓN DE LA TENDENCIA DE LOS SISTEMAS CONSTRUCTIVOS LÍDERES EN SIETE (7) CIUDADES DE COLOMBIA**

En adelante se presentarán los gráficos y tablas sobre la información que discernirá las tendencias sobre los diferentes sistemas constructivos que lideran a partir de su utilización en siete de las principales ciudades de Colombia, son ellas: Bogotá, Medellín, Bucaramanga, Armenia, Barranquilla, Pereira y Cali. Inicialmente se analizan los siguientes aspectos: Unidades de VIS producidas y m<sup>2</sup> de VIS producidos; los anteriores aspectos son revisados desde el sistema constructivo utilizado durante los años 2005 a 2009, adicionalmente se estudian las unidades y los m<sup>2</sup> producidos en diferentes rangos de precios de venta en SMLV para determinar que segmentos son atendidos por el mercado y finalmente los m<sup>2</sup>/un de VIS producida con el fin de establecer un área promedio para una vivienda prototipo en el sistema de Mampostería Postensada en seco. Así pues se presentan los análisis sobre la ciudad de Medellín, con base en los aspectos mencionados anteriormente y sobre las seis (6) ciudades restantes, se podrán encontrar las tablas y figuras obtenidas de este análisis en el anexo A.

##### **4.1 DETERMINACIÓN DE LA TENDENCIA LÍDER DEL SISTEMA CONSTRUCTIVO EN LA CIUDAD DE MEDELLÍN**

El establecimiento de esta tendencia, parte de criterios enteramente descriptivos, es decir, están sustentados en las tablas y gráficos obtenidos de la información reunida en su mayoría de los estudios realizados por el Departamento Administrativo Nacional de Estadísticas, DANE. A partir de esto, se puede inferir, que la mampostería en combinación con otro ó como base de un sistema constructivo, ha establecido un importante hito en la construcción de nuestra ciudad. Por ello la *Mampostería Estructural* en Medellín ha sido uno de los sistemas constructivos tradicionales de la VIS, aunque se ha visto disminuido su uso por el ingreso de nuevos sistemas y la consolidación de otros; entre tanto la *Mampostería confinada* ó *Sistema aporticado* (La fuente de información no hace distinción entre un sistema y otro y los trata como iguales), ha logrado a través del tiempo fortalecerse y liderar la tendencia respecto al uso de este sistema constructivo. Este crecimiento puede obedecer el respaldo de sus bondades arquitectónicas y la facilidad de reformas, sin embargo se analizara el componente financiero como posible fortaleza en adelante.

La ciudad de Medellín es una ciudad conservadora en materia de construcción, pero no ha sido ajena a las bondades económicas de los nuevos sistemas constructivos, lo que la convierte en un nicho de mercado atractivo para la incursión de nuevas tecnologías. Queda explícito entonces que la *Mampostería Confinada*, como lo muestran los aspectos de unidades y metros cuadrados producidos para VIS en la ciudad Medellín lidera la utilización de los sistemas constructivos. Véanse la tabla 2 y las figuras 7 y 8.

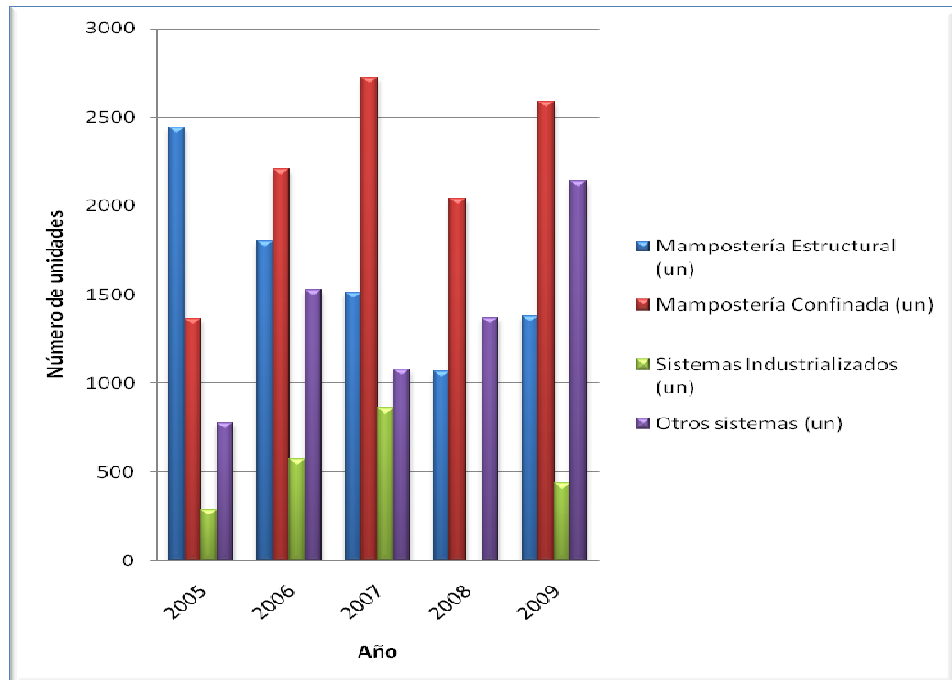
Ahora bien, analicemos los segmentos del mercado inmobiliario cuya actividad edificadora se ve respaldada por la demanda y la capacidad de endeudamiento de sus compradores, es decir, ubiquemos la mayor producción de vivienda de interés social según sus precios de venta en rangos de SMLV. Para ello debemos contextualizar en lo posible las inferencias que se puedan obtener, pues la dinámica que interviene en el mercado inmobiliario con destino a vivienda viene dada por políticas propias de cada gobierno, por lo que es difícil de describir un comportamiento en términos de oferta y demanda social. Se puede deducir de la Tabla 3 y las figuras 9 y 10 que el mayor porcentaje de vivienda de interés social en el periodo de estudio se centro en valores de venta entre (100–135) SMLV; un ejemplo sobre las dinámicas mencionadas anteriormente es visible en el año 2007 cuando se altera la tendencia debido al gran impulso que el gobierno quiso dar a la vivienda de interés prioritario, y en el que además coincide que se incrementa un importante porcentaje de construcción con el *Sistema Aporticado*. Además, debe notarse que en el mercado de ventas inmobiliarias los precios se ven afectados por la entrada de nuevos sistemas y tecnologías, como es el caso del 2009 donde se nota una oferta de menor valor respecto de la tendencia marcada hasta el 2008.

Las áreas por unidad de VIS promedio, atienden una de las premisas de la comparación de un prototipo de vivienda versus el sistema constructivo de la *Mampostería Postensada en seco*. Debemos partir del hecho de que éste aun está en investigación y que por ello deben establecerse parámetros comparables. El área promedio establecida para el sistema constructivo dominante será la misma para el modelo en de *Mampostería Postensada en seco*, esta información puede verse más en la tabla 4 y gráficamente en la figura 11.

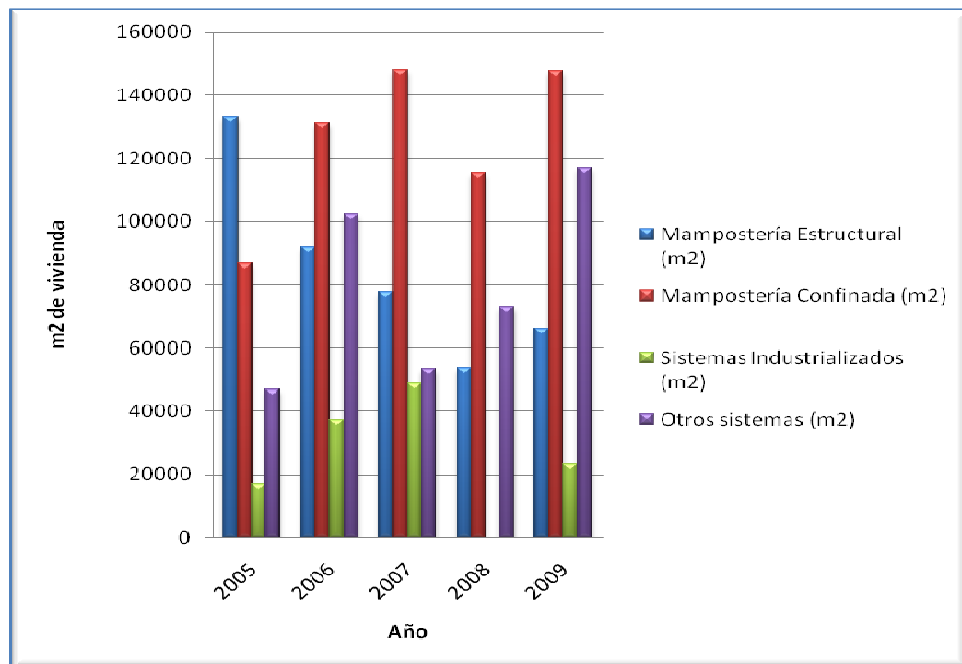
**Tabla 2. Unidades y m<sup>2</sup> producidos para vivienda de interés social en Medellín según el sistema constructivo (DANE, 2010)**

Unidades y m <sup>2</sup> producidos de VIS según el sistema constructivo en Medellín								
Año	Mampostería Estructural		Mampostería Confinada		Sistemas Industrializados		Otros sistemas	
	un	m <sup>2</sup>	Un	m <sup>2</sup>	un	m <sup>2</sup>	un	m <sup>2</sup>
2005	2442	132930	1367	86585	293	17025	778	46834
2006	1806	92048	2208	131188	578	37064	1530	102231
2007	1514	77659	2720	147877	861	48774	1077	53515
2008	1067	53742	2045	115347	0	0	1368	73062
2009	1381	66210	2588	147728	440	23100	2140	116666

**Figura 7. Unidades de VIS según el sistema constructivo en Medellín (DANE, 2010)**



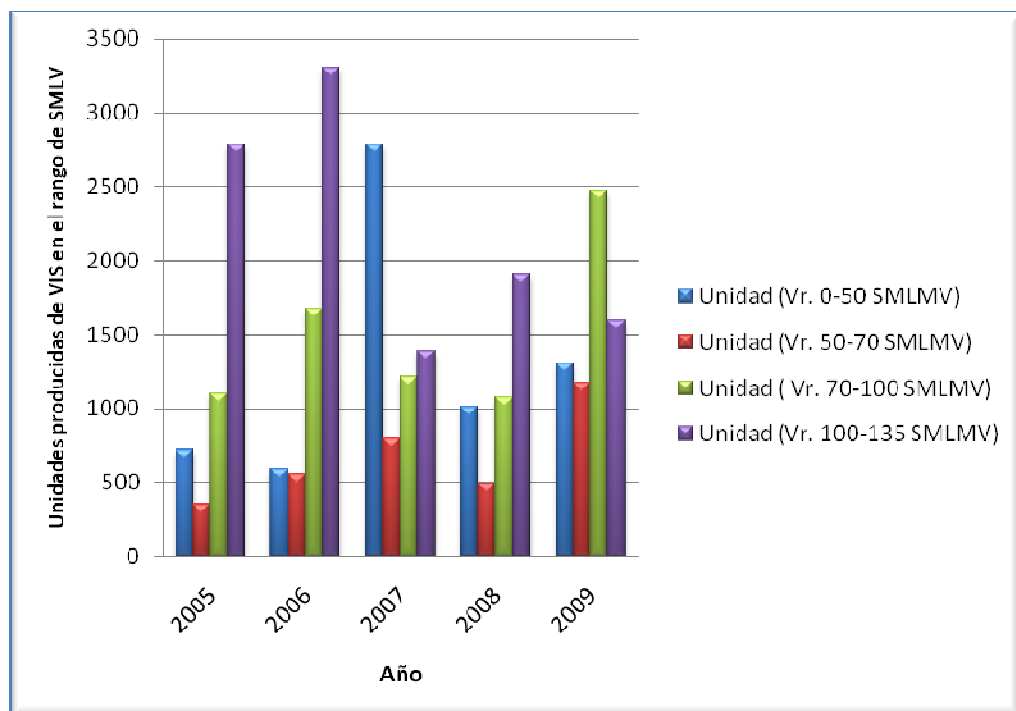
**Figura 8 Metros cuadrados de VIS según el sistema constructivo en Medellín (DANE, 2010)**



**Tabla 3. Unidades y m<sup>2</sup> producidos para vivienda de interés social en Medellín según rangos de precios en SMLV (DANE, 2010)**

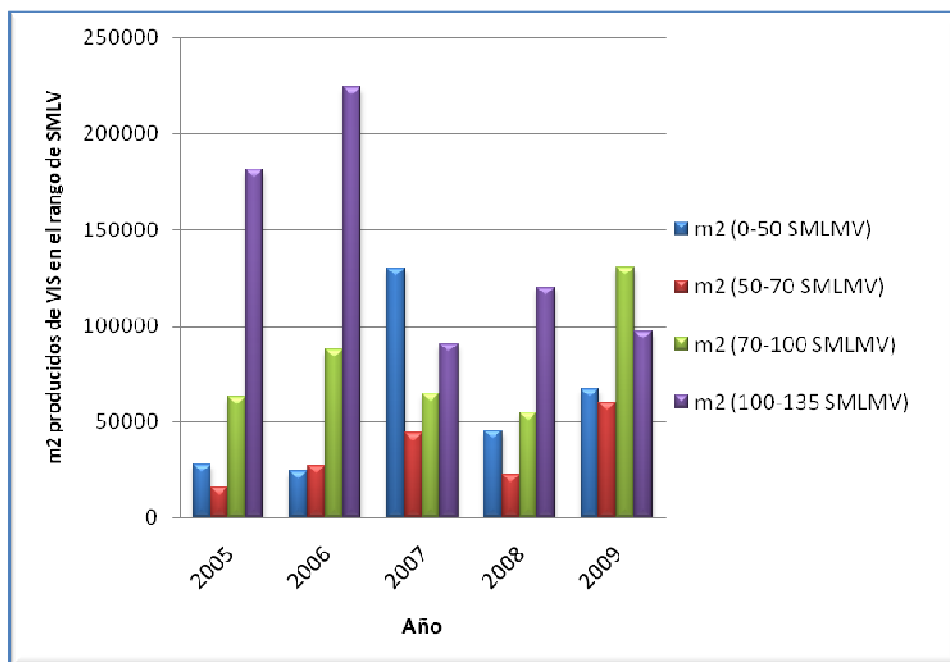
Unidades y m <sup>2</sup> producidos de VIS según los rangos de precios en SMLV en Medellín								
Año	Mampostería Estructural		Mampostería Confinada		Sistemas Industrializados		Otros sistemas	
	Unidad (Vr. 0-50 SMLMV)	m <sup>2</sup> (0-50 SMLMV)	Unidad (Vr. 50-70 SMLMV)	m <sup>2</sup> (50-70 SMLMV)	Unidad (Vr. 70-100 SMLMV)	m <sup>2</sup> (70-100 SMLMV)	Unidad (Vr. 100-135 SMLMV)	m <sup>2</sup> (100-135 SMLMV)
2005	722	27931	356	15965	1099	62935	2784	181525
2006	592	23970	557	27195	1676	87826	3307	223980
2007	2789	130063	796	43967	1217	64652	1392	90413
2008	1011	45524	495	22416	1079	54957	1905	119948
2009	1309	66830	1177	59865	2473	130298	1590	96711

**Figura 9. Unidades de VIS según rangos de SMLV en Medellín (DANE, 2010)**





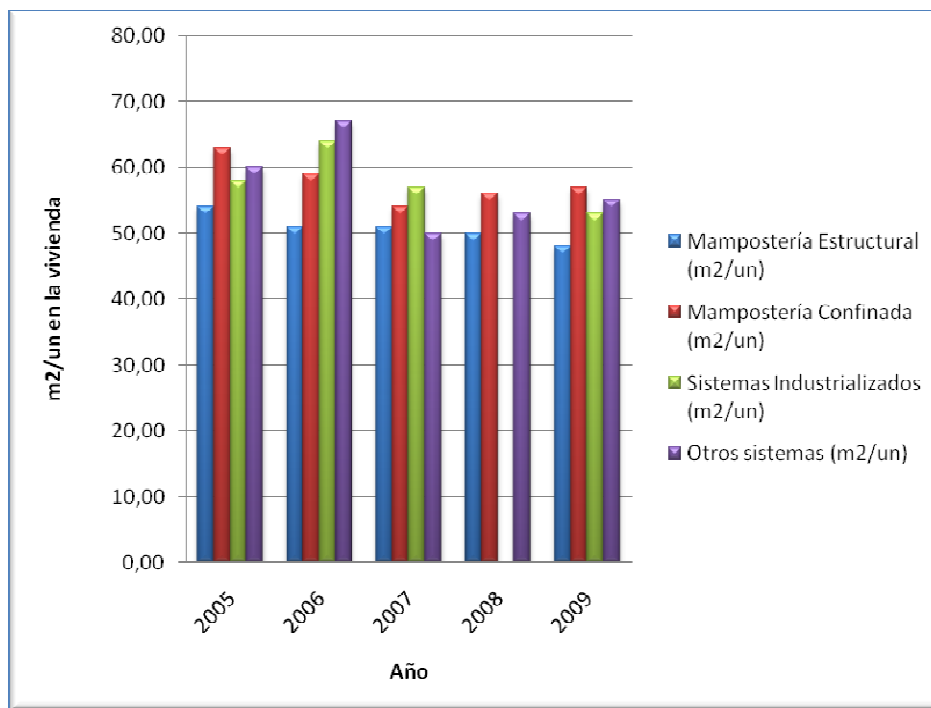
**Figura 10. Metros cuadrados de VIS según rangos de SMLV en Medellín (DANE, 2010)**



**Tabla 4. Metros cuadrados de VIS según el sistema constructivo en Medellín.**

<b>(m<sup>2</sup>/un) de VIS (Aproximación sin decimales) según el sistema constructivo en Medellín</b>				
<b>Año</b>	<b>Mampostería Estructural (m<sup>2</sup>/un)</b>	<b>Mampostería Confinada (m<sup>2</sup>/un)</b>	<b>Sistemas Industrializados (m<sup>2</sup>/un)</b>	<b>Otros sistemas (m<sup>2</sup>/un)</b>
2005	54	63	58	60
2006	51	59	64	67
2007	51	54	57	50
2008	50	56	N.A	53
2009	48	57	53	55

**Figura 11. Metros cuadrados promedio por unidad de VIS según el sistema constructivo en Medellín. (DANE, 2010)**



Ahora, para resumir algunos resultados importantes extraídos de este análisis se elabora la tabla 5. Allí se encuentra para cada ciudad el sistema constructivo de mayor utilización para la generación de soluciones de vivienda, el segmento que atiende la oferta de vivienda según el rango de venta en SMLV y el área promedio obtenida para cada solución de vivienda según sea el sistema constructivo líder.

**Tabla 5 Tendencias determinadas para los sistemas constructivos en siete (7) ciudades de Colombia**

Ciudad	Sistema Constructivo más utilizado en el periodo de estudio	Segmento del mercado con mayor oferta según el rango de precios (SMLV)	Área promedio por unidad de VIS en el periodo de estudio del sistema líder (m <sup>2</sup> )
<b>Bogotá</b>	Mampostería Estructural	(50-70)	52
<b>Medellín</b>	Mampostería Confinada	(100-135)	58

<b>Ciudad</b>	<b>Sistema Constructivo más utilizado en el periodo de estudio</b>	<b>Segmento del mercado con mayor oferta según el rango de precios (SMLV)</b>	<b>Área promedio por unidad de VIS en el periodo de estudio del sistema líder (m<sup>2</sup>)</b>
<b>Cali</b>	Mampostería Estructural	(100-135)	55
<b>Barranquilla</b>	Mampostería Confinada	(0-50)	70
<b>Bucaramanga</b>	Mampostería Confinada	(70-100)	61
<b>Pereira</b>	Mampostería Confinada	(100-135)	58
<b>Armenia</b>	Mampostería Confinada	(70-100)	77

## 5. ANÁLISIS SOBRE LA VIABILIDAD ECONÓMICA DE LA MAMPOSTERÍA POSTENSADA A PARTIR DE LOS COSTOS DE LA ESTRUCTURA DE LOS SISTEMAS CONSTRUCTIVOS

Con el fin de realizar un análisis económico que brinde la oportunidad de comparar los sistemas constructivos de mayor uso en Colombia y la Mampostería postensada en seco, se comenzará con la recopilación de los costos finales con los que se ejecutaron dos proyectos de vivienda de interés social en Medellín, para los sistemas constructivos determinados como líderes en la tendencia de las siete ciudades, ellos son la mampostería estructural y la mampostería aporticada o confinada (aclaración que previamente se comentó en tanto que la fuente de información no hace distinción entre los sistemas). Se eligió la ciudad de Medellín, entre otras razones, por la disponibilidad de este tipo de información y por el conocimiento de los procesos y métodos de construcción allí usados, para entonces tomar los costos asociados a lo concerniente con los elementos representativos de la estructura en cada sistema. Con esta información se elaboró un análisis de precios unitarios particularizado de cada sistema y se expresaron en Salarios Mínimos legales Vigentes (SMLV) para producir una unidad de VIS de 58 m<sup>2</sup> área promedio para la unidad de VIS en la ciudad elegida, considerando en cuenta el año en que se ejecuto cada proyecto. Así, se elabora un cuadro comparativo de estos sistemas sobre el cual concluir acerca de la viabilidad económica de la Mampostería postensada en seco, como puede verse en la tabla 6 y la figura 12.

De acuerdo con los resultados en la Tabla 5, fueron escogidos en representación de la Mampostería Estructural las torres de apartamentos de *COLINAS DE ASIS* en Itagüí construido en el año 2006 el cual constó de cuatro (4) torres y un total de ochenta (80) unidades de vivienda con un área construida aproximadamente 60m<sup>2</sup> y para la Mampostería Confinada o Aporticada *LA HERRERA* construido en el año 2009 que está constituido por 6 de torres y un total de 126 unidades de vivienda con un área construida por unidad de vivienda de 47 m<sup>2</sup> aproximadamente.

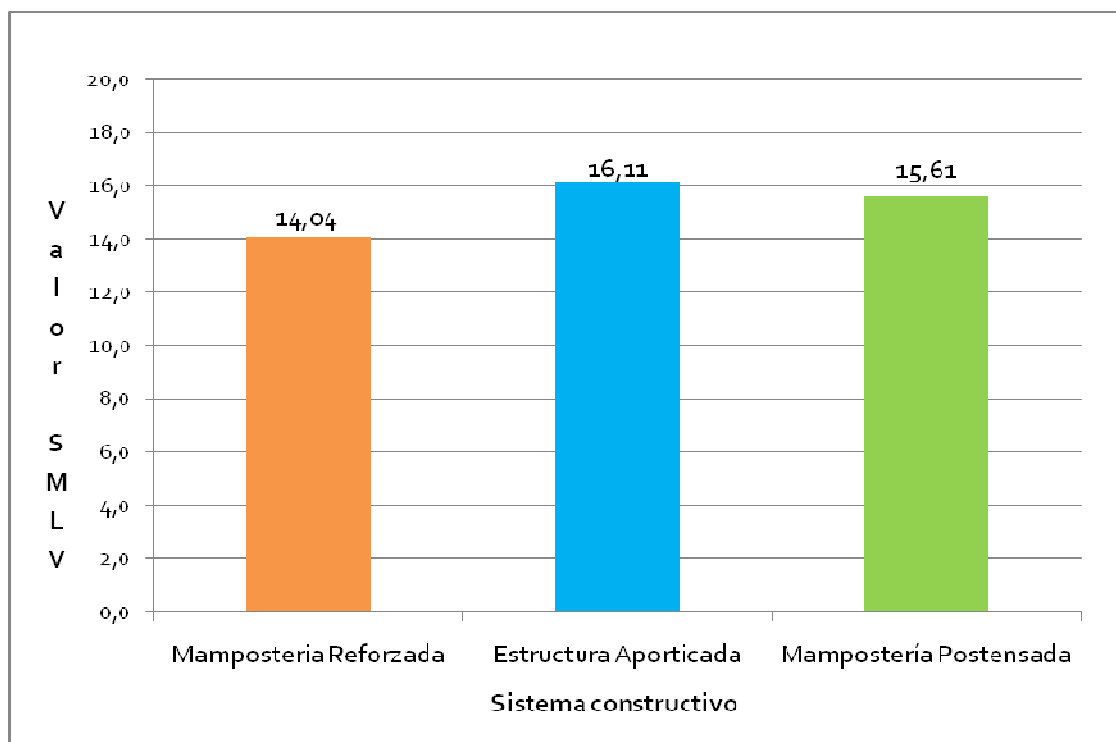
Normalmente la estructura de costos de un proyecto de construcción viene dado por capítulos y actividades de todo el proyecto (por ejemplo: un capítulo y las actividades para el acero total de todo el proyecto), y como el objetivo es comparar los costos asociados a los elementos representativos de la estructura sin tener en cuenta la cimentación, pues esta es sensiblemente variable a las condiciones del suelo, la forma en la que se presentan estos datos sugiere establecer a partir de los planos estructurales de cada obra, un análisis que determine las cantidades totales para la construcción de la estructura en un nivel y para la planta típica del proyecto. Con esta metodología se pudo obtener un Análisis de precios unitarios a partir de los precios de las actividades ejecutadas y expresarlo por metro cuadrado de los elementos representativos de la estructura. Ahora bien, como el análisis comparativo se realiza para la ciudad de Medellín resulta lógico comparar los sistemas para el área promedio por unidad de vivienda de interés social que

allí se produce, es decir 58m<sup>2</sup>. Los planos, cantidades obtenidas para cada sistema constructivo a comparar, los APU de los que se obtuvo la información mostrada a continuación se halla en los anexos de este estudio.

**Tabla 6. Valor del sistema estructural según sistema constructivo.**

<b>SISTEMA CONSTRUCTIVO</b>	<b>Área (m<sup>2</sup>)</b>	<b>VALOR TOTAL (SMLV)</b>
Mampostería Reforzada	58,00	<b>14,04</b>
Estructura Aporticada	58,00	<b>16,11</b>
Mampostería Postensada	58,00	<b>15,61</b>

**Figura 12. Valor en SMLV de la estructura según sistema constructivo.**



## 6. RECOMENDACIONES Y CONCLUSIONES

A partir de los resultados obtenidos de este estudio puede concluirse, entre otros, que:

- La dinámica que generan las políticas de vivienda de interés social de los últimos gobiernos en nuestro país, ha permitido que prácticas y métodos constructivos se consoliden y que utilizando materiales y tecnologías específicas definan parámetros para sus características físicas. Sin embargo, no se vislumbran avances representativos en el ámbito de la evolución de los sistemas utilizados actualmente. Para el caso particular, la mampostería en bloque de concreto es ampliamente utilizada, pero el enfoque de su utilización no ha permitido explorar variaciones a su uso.
- Partiendo de las tendencias obtenidas respecto de los sistemas constructivos utilizados de manera común en las siete (7) ciudades del estudio, se puede inferir que en volumen la Mampostería de arcilla es el primer producto más utilizado en la elaboración de paredes y divisiones, y después se encuentra la Mampostería en bloque de concreto. Esta puede verse como una oportunidad de masificar el uso del bloque de concreto para la construcción de viviendas de interés social principalmente en las ciudades de Bogotá y Cali, adicionalmente porque los bloques de concreto pueden producirse en obra o cerca de ella a través de pequeñas plantas de producción, aspecto técnicamente imposible para los mampuestos de arcilla cocida.
- Partiendo de las condiciones en las que se han realizado los ensayos al interior del proyecto investigativo e implementándolas proyectivamente a la construcción de un edificio para viviendas de interés social encontramos que se pueden mejorar varios aspectos y poder pensar la Mampostería postensada en seco como un sistema constructivo de carácter industrializado. Para ello pudiera ser conveniente, implementar cambios como:
  - ✓ Mejorar los rendimientos de la producción de metros cuadrados instalados de losas y muros en lo concerniente al enhebrado de los torones. Esto puede conseguirse si se implementan en la producción de los bloques canales que permitan el ingreso del torón al bloque, aunque un cambio tal, debe estar avalado por el Ingeniero calculista dado que utilizando los bloques de hoy y prevista la viabilidad del cambio, el torón estaría alojado no en las celdas del mismo sino más bien en el elemento que hacia el centro del bloque las une.
  - ✓ Siendo los bloques de concreto uno de los principales insumos del sistema, debe generarse una tipología de bloque que haga más eficaz la construcción de los elementos y aumente los rendimientos. Definir un nuevo tipo de bloque,

que en función de su peso y manejabilidad permita obtener un consumo de unidades menor por metro cuadrado. Puede explorarse entonces la alternativa de ensayar por ejemplo bloques de tres (3) celdas y con mayor altura, aspectos que pueden mejorar la resistencia y presuntamente sin necesidad de mayores cambios para su producción. Este tipo de cambios puede disminuir sensiblemente la estructura de costos del sistema y hacer más competitivo el sistema.

- ✓ Se deben definir, evaluar e implementar todos los bloques cuya fabricación requieran de concretos y producirlos en serie con formaletería metálica. La producción de los bloques de anclaje en obra por ejemplo, encarece el valor de la estructura bajo supuestos como son: la fabricación de formaletas de madera y su limitado número de usos, lo cuidadoso de labor y por tanto el pago de un oficial de construcción para su elaboración, los escasos rendimientos de producción, entre otros.
- ✓ Deben implementarse manuales de uso sobre la edificación con respecto a las posibilidades de cambio de la unidad de vivienda, dado que la rigidez del sistema restringe estas opciones. Pues cuando se plantea en la mesa de diseño la vivienda no quiere decir que esta vaya a permanecer como tal para siempre, dado que los usuarios finales tienden a modificarlas para generar espacios diferentes o mayor comodidad.
- Para cuantificar los costos respecto de los elementos representativos de la estructura, para el sistema de Mampostería postensada en seco se estableció una planta para un apartamento de 58 m<sup>2</sup>, y en ella algunos supuestos, por ejemplo: las dimensiones de elementos que aun se encuentran en estudio como son los bloques de anclaje, las cuantías de torón en muros y losas, los tensionamientos entre niveles, entre otros. Estas hipótesis pretenden estar cerca de lo que pueda determinar el Ingeniero calculista para la construcción de una edificación similar, sin embargo, el diseño estructural definirá y permitirá cuantificar tales elementos para evaluar sus costos. Por ello, los resultados obtenidos al respecto son especulativos y sólo pueden interpretarse como eso.
- Un análisis económico comparativo bajo el enfoque de este estudio, no contempla variables del mercado inmobiliario y de sus insumos, como por ejemplo las variaciones irregulares sobre los precios de algunos materiales como el acero o el cemento, por lo que puede considerarse por llamarlo de alguna manera un análisis económico estático y deberá ser complementado para obtener otro tipo de conclusiones. Tomando en cuenta lo anterior, la Mampostería Postensada muestra un valor superior al sistema de Mampostería Reforzada del orden de 1,11 veces, mientras que el sistema de estructura Aportada es superior aproximadamente 1,03 veces. Esto se ve reflejado en la estructura de costos del cuadro comparativo descrito en SMLV necesarios

para producir una unidad de vivienda de 58 m<sup>2</sup>. Estos resultados no desmerecen lo eficaz que puede ser el sistema, pero sí exhortan a evaluar la optimización de los procesos de producción de bloques macizos y de instalación del sistema, para hacerlo competitivo frente a los habitualmente utilizados pues en estos aspectos pueden obtenerse ahorros significativos. Claramente la Mampostería Postensada se encuentra en posición de ser un sistema económicamente competitivo, y aunque se halla aun en etapa investigativa puede suponerse con alguna certeza que los rendimientos de construcción serán una fortaleza más tras su fin de consolidarse como sistema líder en construcción.

- Los resultados obtenidos sobre diferentes ensayos y prototipos al interior del proyecto, permiten sugerir que ante los excelentes comportamientos obtenidos con el sistema postensado utilizado en torón no adherido de 0,5" se incursione en ensayos con sistemas de diámetros inferiores por ejemplo en torón de 3/8". Este cambio afectaría positivamente la estructura de costos y haría la Mampostería postensada en seco más competitiva en costos.



## BIBLIOGRAFÍA

ACTIVIDAD CONSTRUCTORA Y OFERTA DE EDIFICACIONES VALLE DE ABURRÁ, ORIENTE CERCANO Y OCCIDENTE MEDIO. I semestre de 2010

ATEP (ASOCIACIÓN TÉCNICA ESPAÑOLA DE PRETENSADO). En : Manuales: Recomendaciones para el proyecto y construcción de losas postesadas con tendones no adherentes.

BID. La política de vivienda de interés social en Colombia en los 90, año 2004.

CENSO DE EDIFICACIONES – CEED. En : Colección documentos actualización 2009 No.78.

NILSON, Arthur. Diseño de estructuras de concreto. Colombia: McGraw Hill, 1999.

## CIBERGRAFÍA

ALCALDIADEMEDELLIN. [on line].disponible en:[www.http://alcaldiademedellin.gov.co](http://alcaldiademedellin.gov.co). (Consultado Octubre 7 de 2010)

ARQHYS. [on line].disponible en:[www.http://www.arqhys.com/casas/tipos-mamposteria.html](http://www.arqhys.com/casas/tipos-mamposteria.html). (Consultado Octubre 14 de 2010)

BLOG.PUCP. [on line].disponible en:[www.http://blog.pucp.edu.pe/media/688/20080107-C03-Componentes.pdf](http://blog.pucp.edu.pe/media/688/20080107-C03-Componentes.pdf) (Consultado Octubre 7 de 2010)

CONSTRUMATICA. [on line].disponible en:[www.http://construmatica.com](http://construmatica.com). (Consultado Noviembre 15 de 2010)

DANE. [on line].disponible en:[www.http://dane.gov.co](http://dane.gov.co). (Consultado Noviembre 24 de 2010)

ESTRUCTURAS.[on line].disponible en: [www.http://estructuras.eia.edu.co](http://estructuras.eia.edu.co). (Consultado Octubre 7 de 2010)

GILVA.[on line].disponible en: [wwwhttp://gilva.com/material](http://gilva.com/material). (Consultado Noviembre 12 de 2010)

URBANISMOYALGOMAS. [on line].disponible en: [www.http://urbanismoyalgomas.blogspot.com/2008/07/perfil-sobre-politica-de-vivienda-en.html](http://urbanismoyalgomas.blogspot.com/2008/07/perfil-sobre-politica-de-vivienda-en.html). (Consultado Octubre 23 de 2010)

VIRTUAL.UNAL.[on line].disponible en: [www.http://virtual.unal.edu.co](http://virtual.unal.edu.co).  
(Consultado Octubre 17 de 2010)

WIKIPEDIA.[on line].disponible en: [www.http://Wikipedia.laenciclopedialibre.com](http://Wikipedia.laenciclopedialibre.com).  
(Consultado Noviembre 2 de 2010).

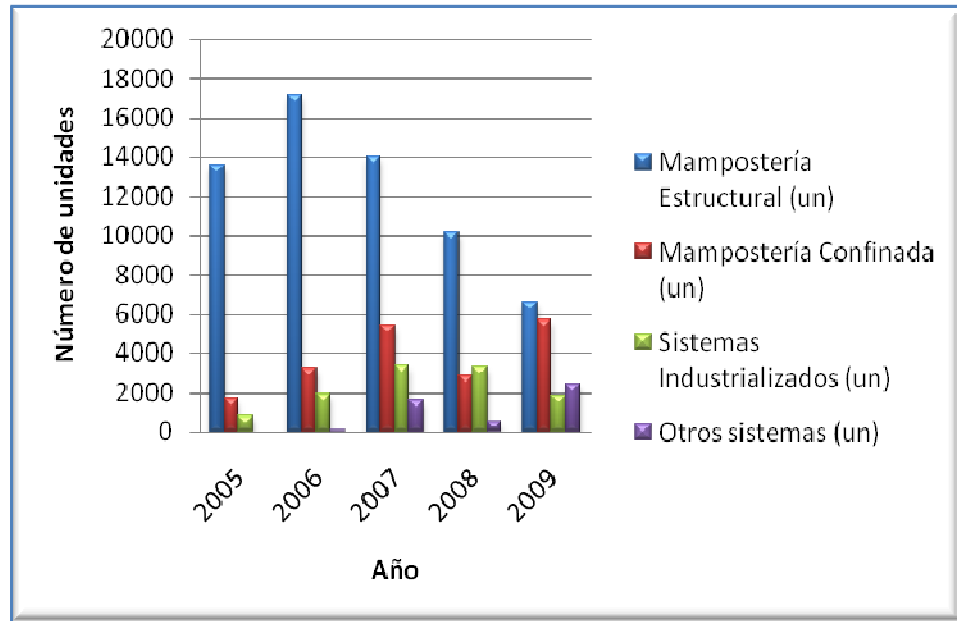
# **ANEXOS**

**Anexo A. Tendencias de los sistemas constructivos más utilizados en Colombia.**

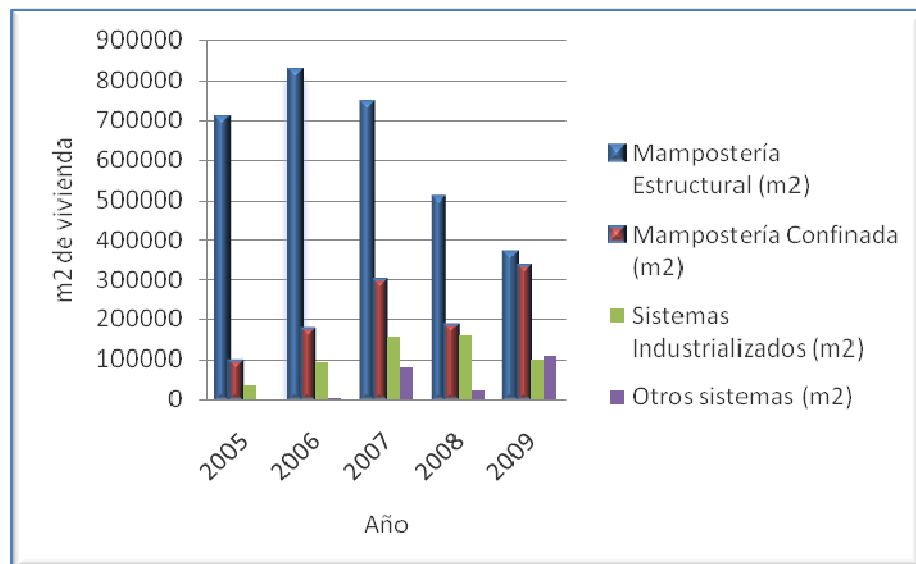
**Tabla 7. Unidades y m<sup>2</sup> producidos para vivienda de interés social en Bogotá. (DANE, 2010)**

<b>Unidades y m<sup>2</sup> producidos de VIS según el sistema constructivo en Bogotá</b>								
<b>Año</b>	<b>Mampostería Estructural</b>		<b>Mampostería Confinada</b>		<b>Sistemas Industrializados</b>		<b>Otros sistemas</b>	
	<b>un</b>	<b>m<sup>2</sup></b>	<b>un</b>	<b>m<sup>2</sup></b>	<b>Un</b>	<b>m<sup>2</sup></b>	<b>Un</b>	<b>m<sup>2</sup></b>
2005	13615	704950	1703	97553	814	36103	0	0
2006	17170	826478	3186	175065	1940	92309	86	4648
2007	14047	745221	5403	296886	3349	154072	1606	80751
2008	10135	504621	2860	182968	3311	159581	500	23126
2009	6587	367326	5714	332050	1843	100995	2405	110385

**Figura 13. Unidades de VIS según el sistema constructivo en Bogotá según el sistema constructivo. (DANE, 2010)**



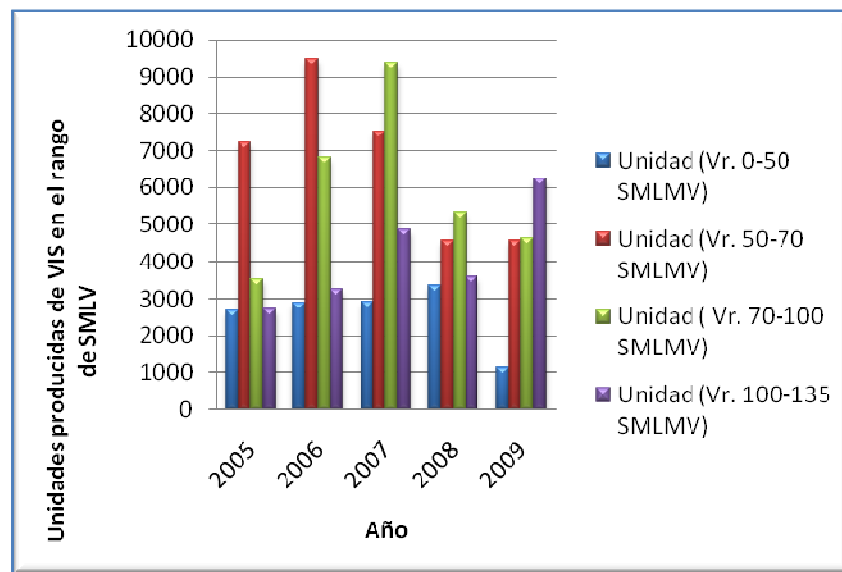
**Figura 14. Metros cuadrados de VIS según el sistema constructivo en Bogotá. (DANE, 2010)**



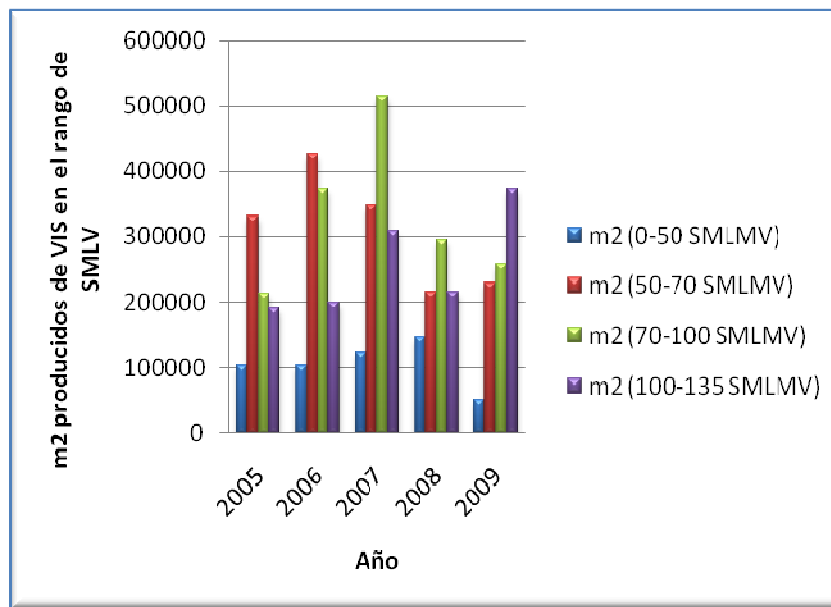
**Tabla 8. Unidades y m<sup>2</sup> producidos para vivienda de interés social en Bogotá según rango en SMLV. (DANE, 2010)**

Año	Mampostería Estructural		Mampostería Confinada		Sistemas Industrializados		Otros sistemas	
	Unidad (Vr. 0-50 SMLMV)	m <sup>2</sup> (0-50 SMLMV)	Unidad (Vr. 50-70 SMLMV)	m <sup>2</sup> (50-70 SMLMV)	Unidad (Vr. 70-100 SMLMV)	m <sup>2</sup> (70-100 SMLMV)	Unidad (Vr. 100-135 SMLMV)	m <sup>2</sup> (100-135 SMLMV)
2005	2695	103727	7213	331367	3525	213432	2699	190032
2006	2874	102374	9472	426601	6826	374050	3261	198211
2007	2911	123119	7512	347371	9369	514430	4849	309529
2008	3340	146398	4553	214385	5339	294674	3575	214964
2009	1134	50181	4556	229167	4619	257480	6240	373928

**Figura 15. Unidades de VIS según rango de venta en SMLV en Bogotá. (DANE, 2010)**



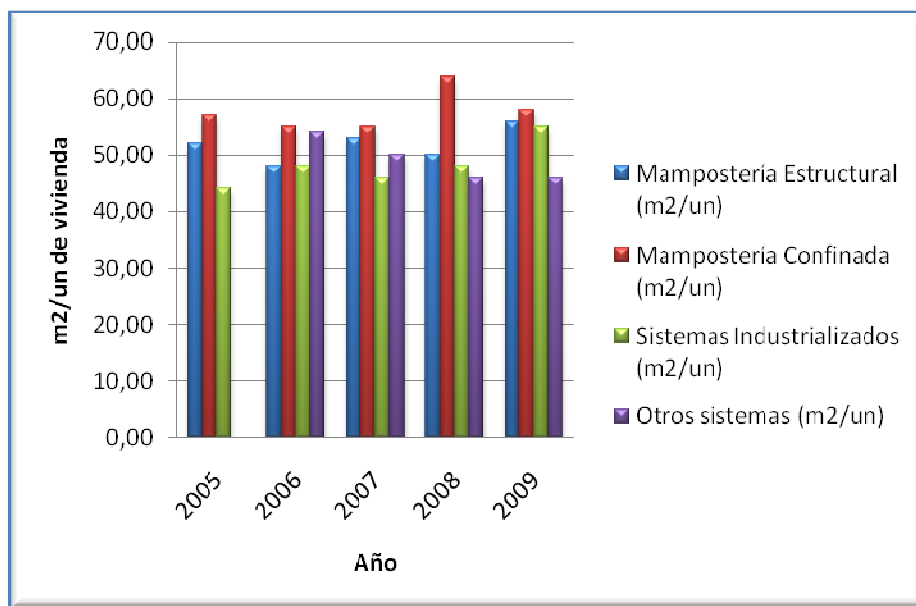
**Figura 16. Metros cuadrados de VIS según rango de venta en SMLV en Bogotá. (DANE, 2010)**



**Tabla 9. Metros cuadrados producidos para VIS en Bogotá por unidad de vivienda. (DANE, 2010)**

<b>(m<sup>2</sup>/un) de VIS (Aproximación sin decimales) según el sistema constructivo en Bogotá</b>				
<b>Año</b>	<b>Mampostería Estructural (m<sup>2</sup>/un)</b>	<b>Mampostería Confinada (m<sup>2</sup>/un)</b>	<b>Sistemas Industrializados (m<sup>2</sup>/un)</b>	<b>Otros sistemas (m<sup>2</sup>/un)</b>
2005	52	57	44	N.A
2006	48	55	48	54
2007	53	55	46	50
2008	50	64	48	46
2009	56	58	55	46

**Figura 17. Metros cuadrados promedio por unidad de VIS en Bogotá según el sistema constructivo. (DANE, 2010)**

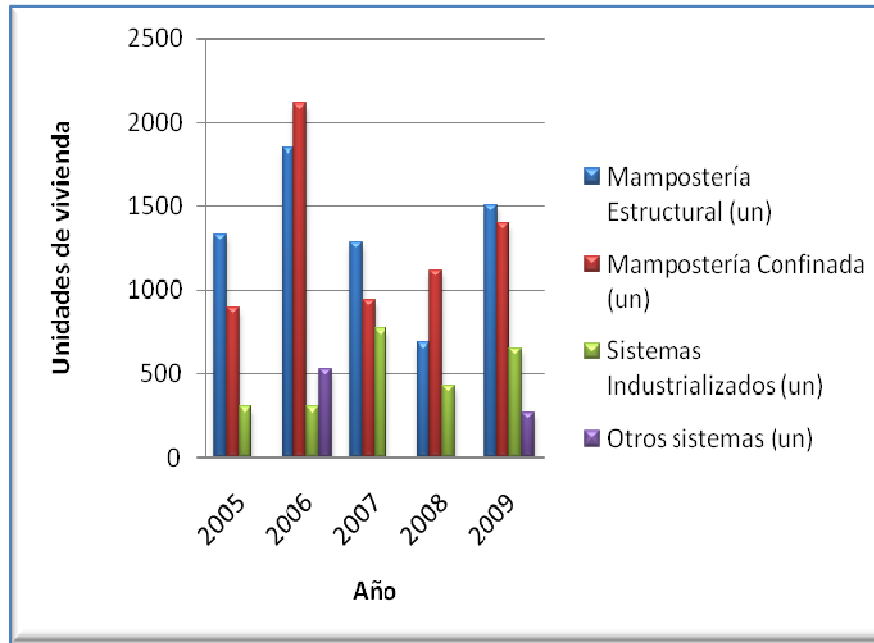


**Tabla 10. Unidades y m² producidos para vivienda de interés social en Cali según el sistema constructivo. (DANE, 2010)**

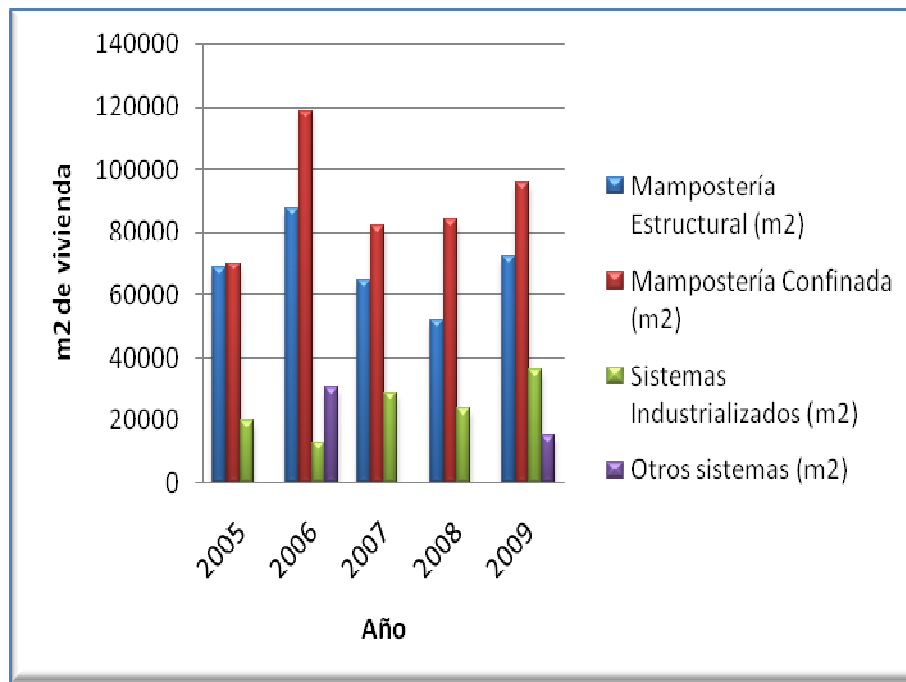
Unidades y m² producidos de VIS según el sistema constructivo en Cali								
Año	Mampostería Estructural		Mampostería Confinada		Sistemas Industrializados		Otros sistemas	
	un	m²	un	m²	un	m²	un	m²
2005	1336	68694	896	70024	300	19840	0	0
2006	1842	87790	2113	118423	301	12732	525	30466
2007	1280	64703	940	82134	771	28768	0	0
2008	684	51835	1117	83740	426	23790	0	0
2009	1510	72344	1398	95887	648	36062	270	15220



**Figura 18. Unidades de VIS según el sistema constructivo en Cali. (DANE, 2010)**



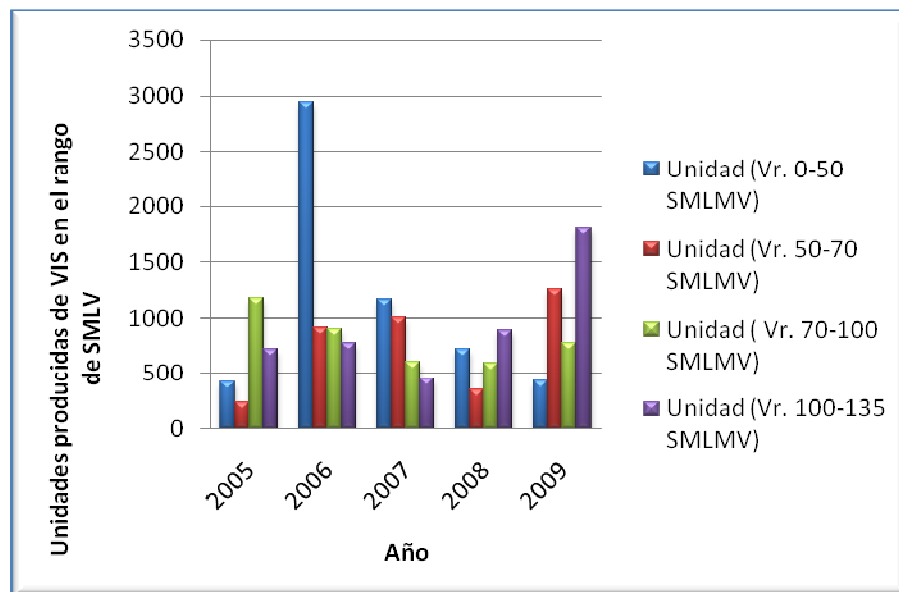
**Figura 19. Metros cuadrados de VIS según el sistema constructivo en Cali. (DANE, 2010)**



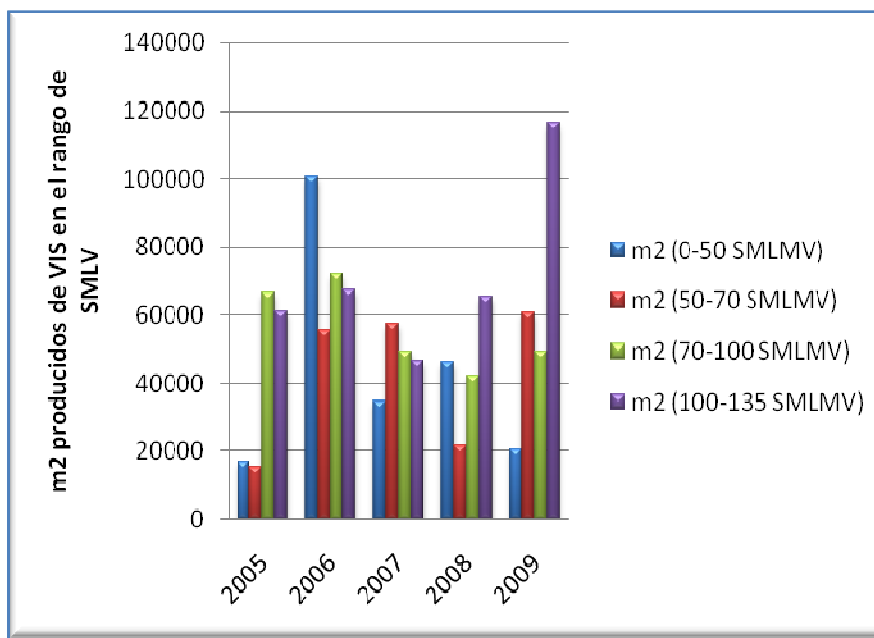
**Tabla 11. Unidades y m<sup>2</sup> producidos para vivienda de interés social en Cali según rango en SMLV. (DANE, 2010)**

Año	Mampostería Estructural		Mampostería Confinada		Sistemas Industrializados		Otros sistemas	
	Unidad (Vr. 0-50 SMLMV)	m <sup>2</sup> (0-50 SMLMV)	Unidad (Vr. 50-70 SMLMV)	m <sup>2</sup> (50-70 SMLMV)	Unidad (Vr. 70-100 SMLMV)	m <sup>2</sup> (70-100 SMLMV)	Unidad (Vr. 100-135 SMLMV)	m <sup>2</sup> (100-135 SMLMV)
2005	426	16845	242	15228	1174	66782	723	61207
2006	2942	100537	911	55667	898	72005	774	67620
2007	1166	34707	1007	57534	607	49230	460	46354
2008	719	46189	353	21536	592	42075	888	65416
2009	434	20670	1252	60545	773	49493	1805	116406

**Figura 20. Unidades de VIS según rango de venta en SMLV en Cali. (DANE, 2010)**



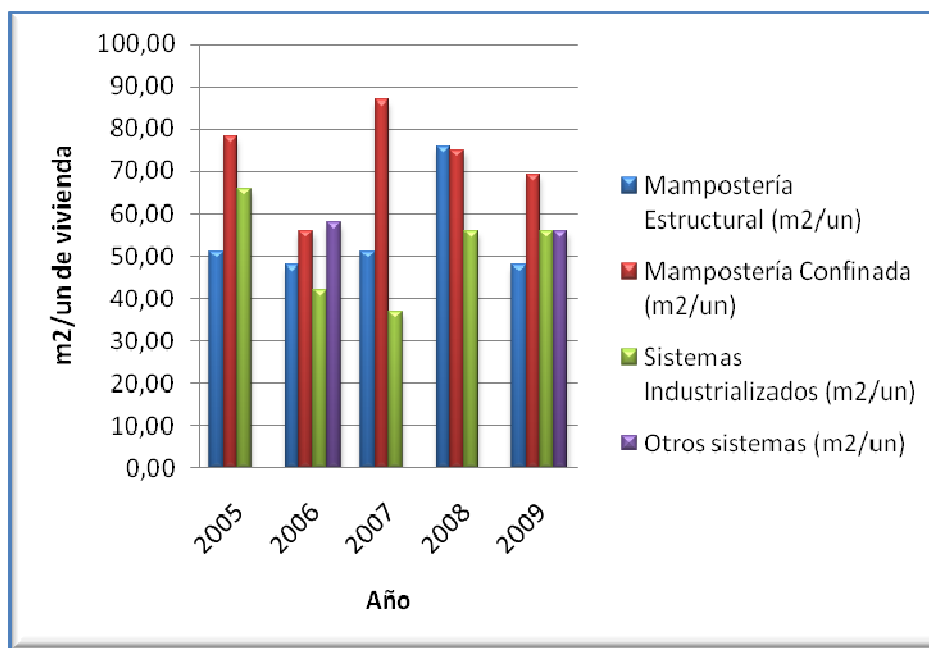
**Figura 21. Metros cuadrados de VIS según rango de venta en SMLV en Cali. (DANE, 2010)**



**Tabla 12. Metros cuadrados producidos para VIS en Cali por unidad de vivienda.**

<b>(m<sup>2</sup>/un) de VIS (Aproximación sin decimales) según el sistema constructivo en Cali</b>				
<b>Año</b>	<b>Mampostería Estructural (m<sup>2</sup>/un)</b>	<b>Mampostería Confinada (m<sup>2</sup>/un)</b>	<b>Sistemas Industrializados (m<sup>2</sup>/un)</b>	<b>Otros sistemas (m<sup>2</sup>/un)</b>
2005	51	78	66	N.A
2006	48	56	42	58
2007	51	87	37	N.A
2008	76	75	56	N.A
2009	48	69	56	56

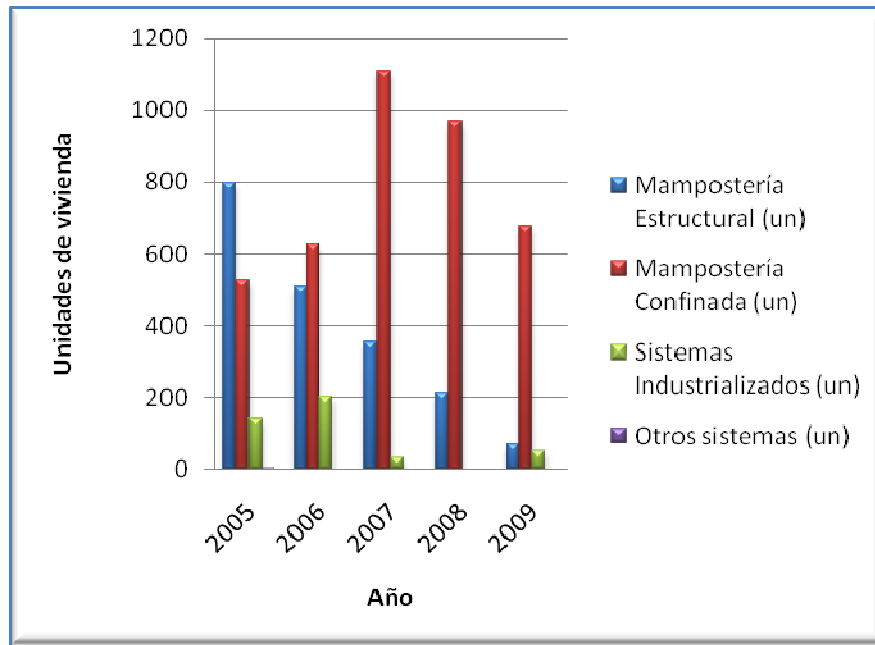
**Figura 22. Metros cuadrados promedio por unidad de VIS en Cali según el sistema constructivo. (DANE, 2010)**



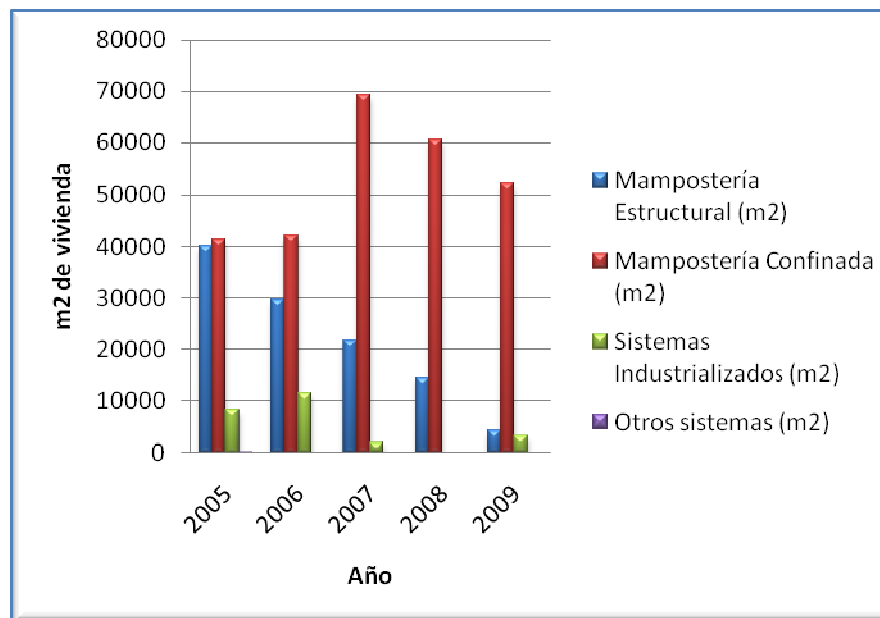
**Tabla 13. Unidades y m<sup>2</sup> producidos para vivienda de interés social en Barranquilla según el sistema constructivo. (DANE, 2010)**

Unidades y m <sup>2</sup> producidos de VIS según el sistema constructivo en Barranquilla								
Año	Mampostería Estructural		Mampostería Confinada		Sistemas Industrializados		Otros sistemas	
	un	m <sup>2</sup>	un	m <sup>2</sup>	un	m <sup>2</sup>	un	m <sup>2</sup>
2005	799	40001	527	41424	138	8252	1	72
2006	510	29634	626	42195	201	11492	0	0
2007	352	21648	1109	69214	32	1837	0	0
2008	212	14276	968	60586	0	0	0	0
2009	70	4276	676	52258	50	3145	0	0

**Figura 23. Unidades de VIS según el sistema constructivo en Barranquilla. (DANE, 2010)**



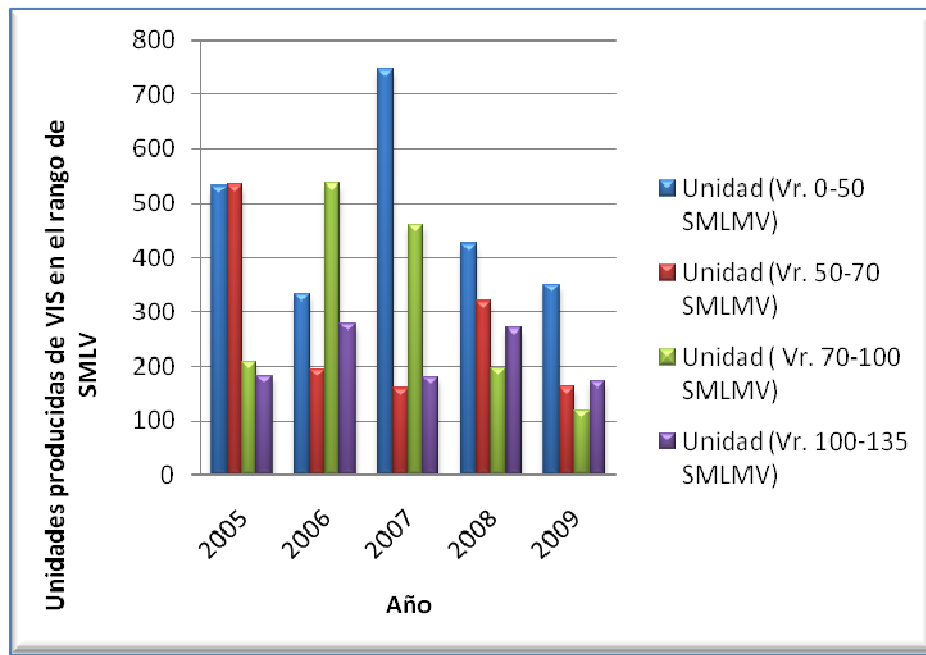
**Figura 24. Metros cuadrados de VIS según el sistema constructivo en Barranquilla. (DANE, 2010)**



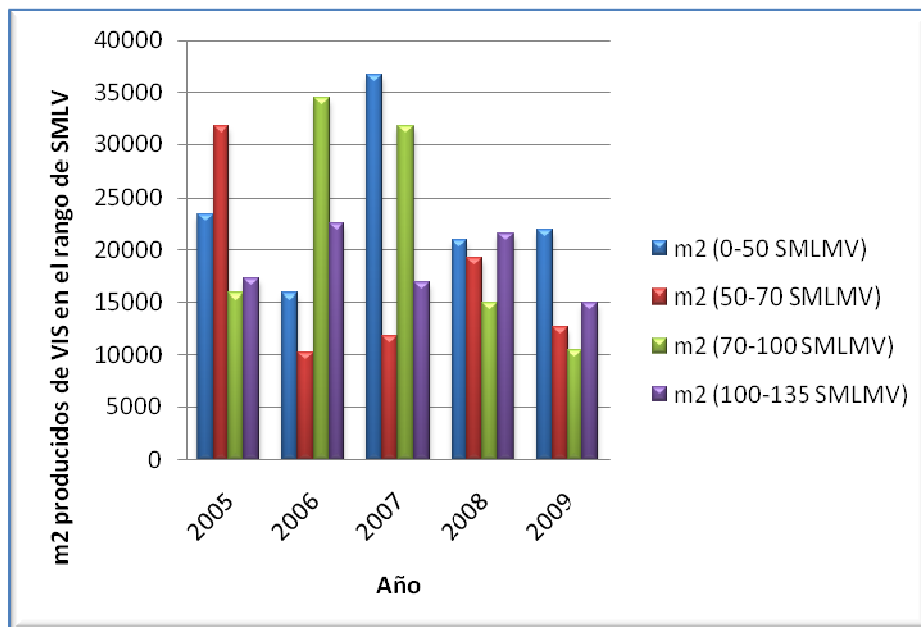
**Tabla 14. Unidades y m<sup>2</sup> producidos para vivienda de interés social en Barranquilla según rango en SMLV. (DANE, 2010)**

<b>.Unidades y m<sup>2</sup> producidos de VIS según los rangos de precios en SMLV en Barranquilla</b>								
Año	Mampostería Estructural		Mampostería Confinada		Sistemas Industrializados		Otros sistemas	
	Unidad (Vr. 0-50 SMLMV)	m <sup>2</sup> (0-50 SMLMV)	Unidad (Vr. 50-70 SMLMV)	m <sup>2</sup> (50-70 SMLMV)	Unidad ( Vr. 70-100 SMLMV)	m <sup>2</sup> (70-100 SMLMV)	Unidad (Vr. 100-135 SMLMV)	m <sup>2</sup> (100-135 SMLMV)
2005	532	23366	533	31794	208	15890	182	17198
2006	332	15888	193	10226	537	34510	277	22556
2007	746	36745	159	11794	460	31725	180	16908
2008	426	20947	320	19160	197	15037	271	21493
2009	350	21845	163	12666	117	10477	172	14990

**Figura 25. Unidades de VIS según rango de venta en SMLV en Barranquilla. (DANE, 2010)**



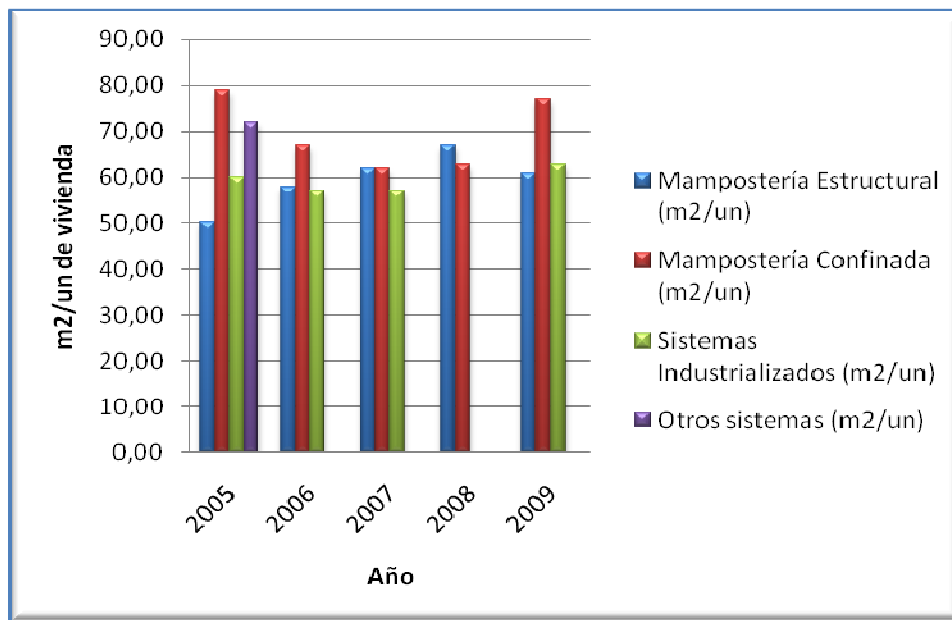
**Figura 26. Metros cuadrados de VIS según rango de venta en SMLV en Barranquilla. (DANE, 2010)**



**Tabla 15. Metros cuadrados producidos para VIS en Barranquilla por unidad de vivienda.**

<b>(m<sup>2</sup>/un) de VIS (Aproximación sin decimales) según el sistema constructivo en Barranquilla</b>				
<b>Año</b>	<b>Mampostería Estructural (m<sup>2</sup>/un)</b>	<b>Mampostería Confinada (m<sup>2</sup>/un)</b>	<b>Sistemas Industrializados (m<sup>2</sup>/un)</b>	<b>Otros sistemas (m<sup>2</sup>/un)</b>
2005	50	79	60	72
2006	58	67	57	N.A
2007	62	62	57	N.A
2008	67	63	N.A	N.A
2009	61	77	63	N.A

**Figura 27. Metros cuadrados promedio por unidad de VIS en Barranquilla según el sistema constructivo (DANE, 2010)**

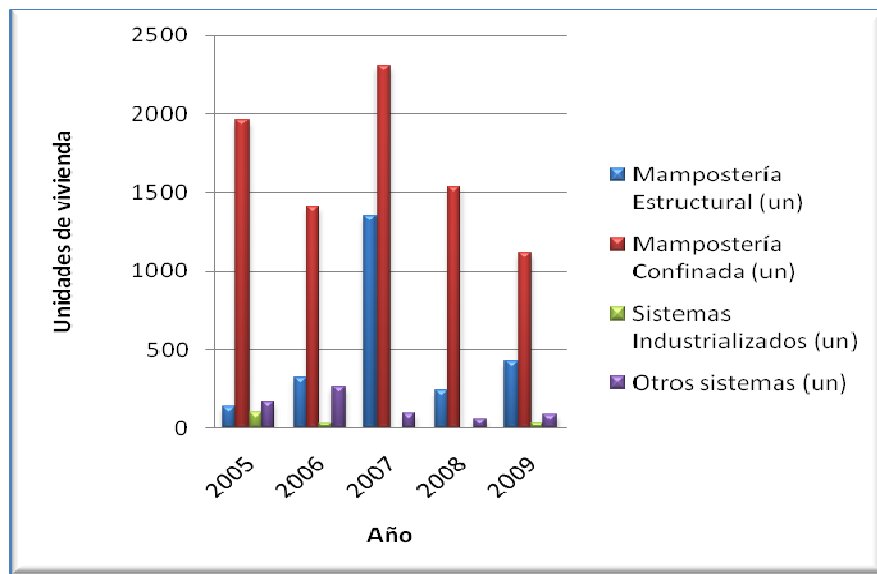


**Tabla 16. Unidades y m<sup>2</sup> producidos para vivienda de interés social en Bucaramanga según el sistema constructivo. (DANE, 2010)**

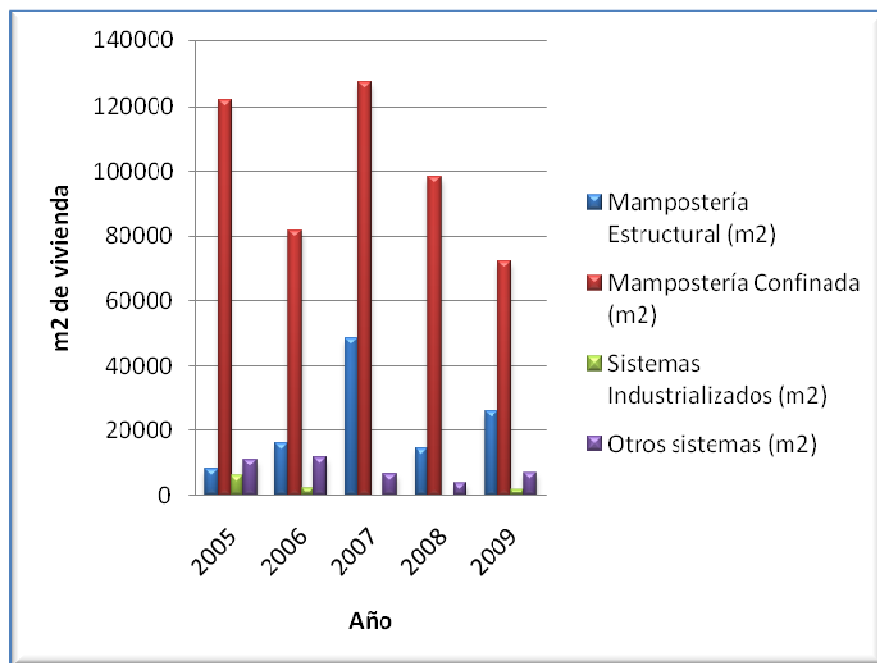
Unidades y m <sup>2</sup> producidos de VIS según el sistema constructivo en Bucaramanga								
Año	Mampostería Estructural		Mampostería Confinada		Sistemas Industrializados		Otros sistemas	
	un	m <sup>2</sup>	un	m <sup>2</sup>	un	m <sup>2</sup>	un	m <sup>2</sup>
2005	136	8094	1964	121953	103	6215	167	11022
2006	320	16144	1406	81684	30	2259	266	11577
2007	1352	48586	2305	127447	0	0	95	6627
2008	244	14346	1535	98326	1	60	61	3800
2009	427	26082	1111	72048	33	1699	90	6871



**Figura 28. Unidades de VIS según el sistema constructivo en Bucaramanga. (DANE, 2010)**



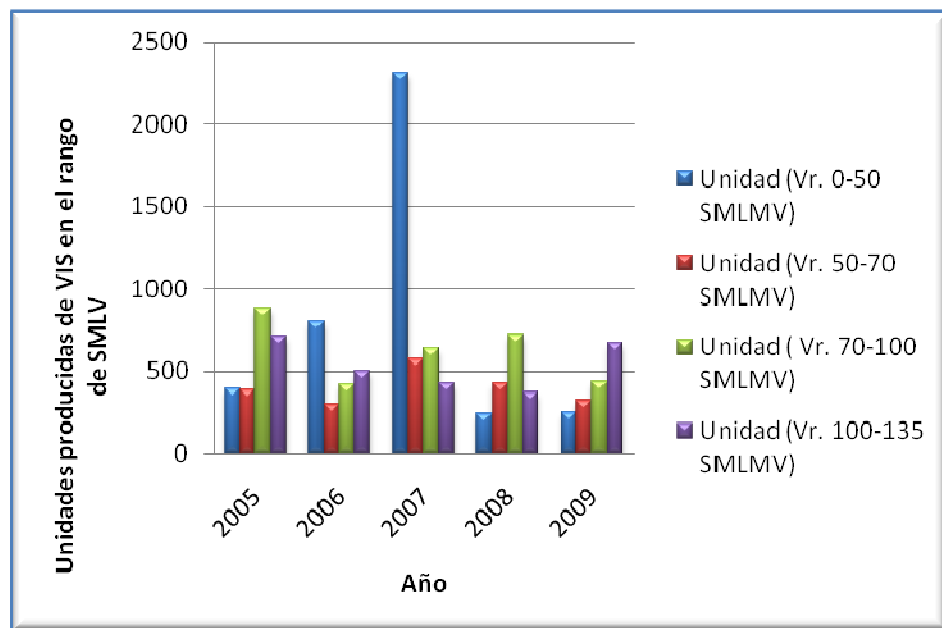
**Figura 29 Metros cuadrados de VIS según el sistema constructivo en Bucaramanga. (DANE, 2010)**



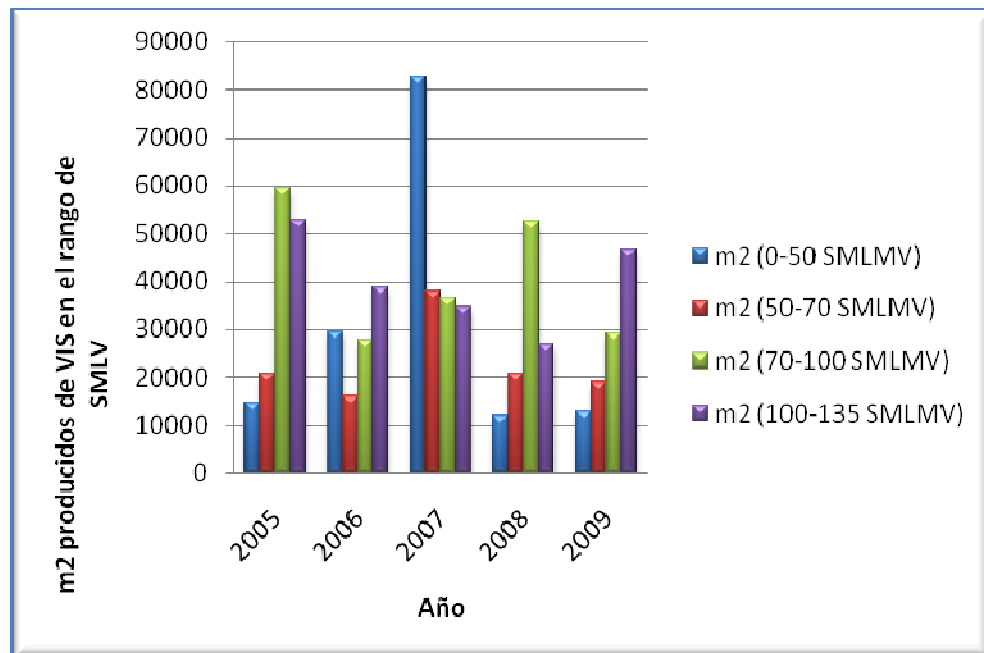
**Tabla 17. Unidades y m<sup>2</sup> producidos para vivienda de interés social en Bucaramanga según rango en SMLV. (DANE, 2010)**

Unidades y m <sup>2</sup> producidos de VIS según los rangos de precios en SMLV en Bucaramanga								
Año	Mampostería Estructural		Mampostería Confinada		Sistemas Industrializados		Otros sistemas	
	Unidad (Vr. 0-50 SMLMV)	m <sup>2</sup> (0-50 SMLMV)	Unidad (Vr. 50-70 SMLMV)	m <sup>2</sup> (50-70 SMLMV)	Unidad (Vr. 70-100 SMLMV)	m <sup>2</sup> (70-100 SMLMV)	Unidad (Vr. 100-135 SMLMV)	m <sup>2</sup> (100-135 SMLMV)
2005	396	14548	387	20702	880	59357	709	52606
2006	806	29462	300	15973	421	27623	498	38712
2007	2312	82818	576	38003	639	36549	430	34791
2008	244	11892	426	20680	720	52515	373	26674
2009	251	12826	319	18955	439	29047	669	46631

**Figura 30. Unidades de VIS según rango de venta en SMLV en Bucaramanga. (DANE, 2010)**



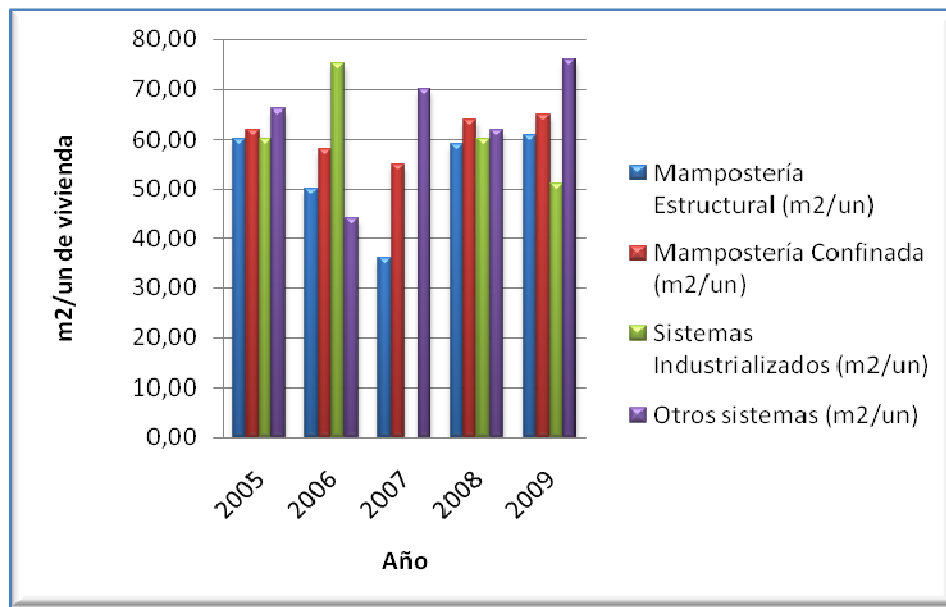
**Figura 31. Metros cuadrados de VIS según rango de venta en SMLV en Bucaramanga (DANE, 2010)**



**Tabla 18. Metros cuadrados producidos para VIS en Bucaramanga por unidad de vivienda.**

<b>(m²/un) de VIS (Aproximación sin decimales) según el sistema constructivo en Bucaramanga</b>				
<b>Año</b>	<b>Mampostería Estructural (m²/un)</b>	<b>Mampostería Confinada (m²/un)</b>	<b>Sistemas Industrializados (m²/un)</b>	<b>Otros sistemas (m²/un)</b>
2005	60	62	60	66
2006	50	58	75	44
2007	36	55	N.A	70
2008	59	64	60	62
2009	61	65	51	76

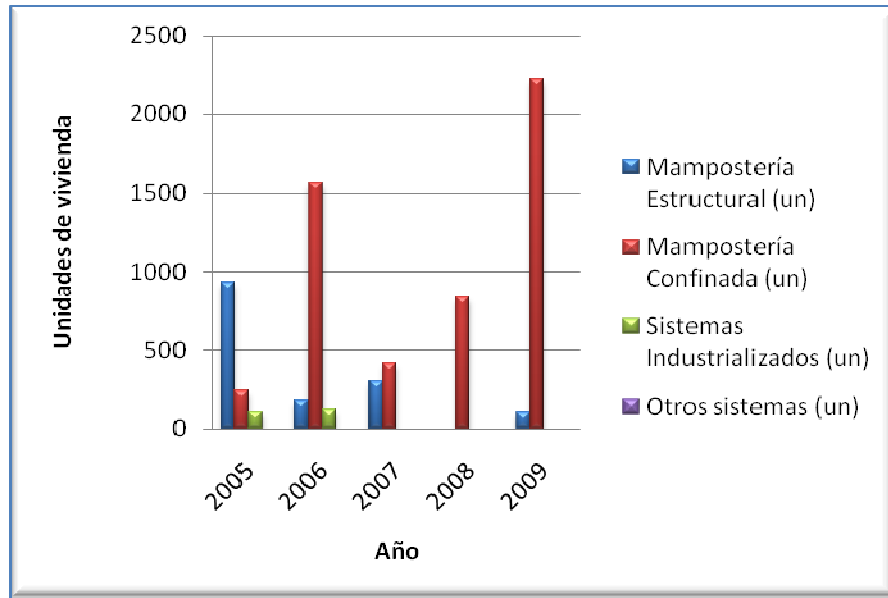
**Figura 32. Metros cuadrados promedio por unidad de VIS en Bucaramanga según el sistema constructivo. (DANE, 2010)**



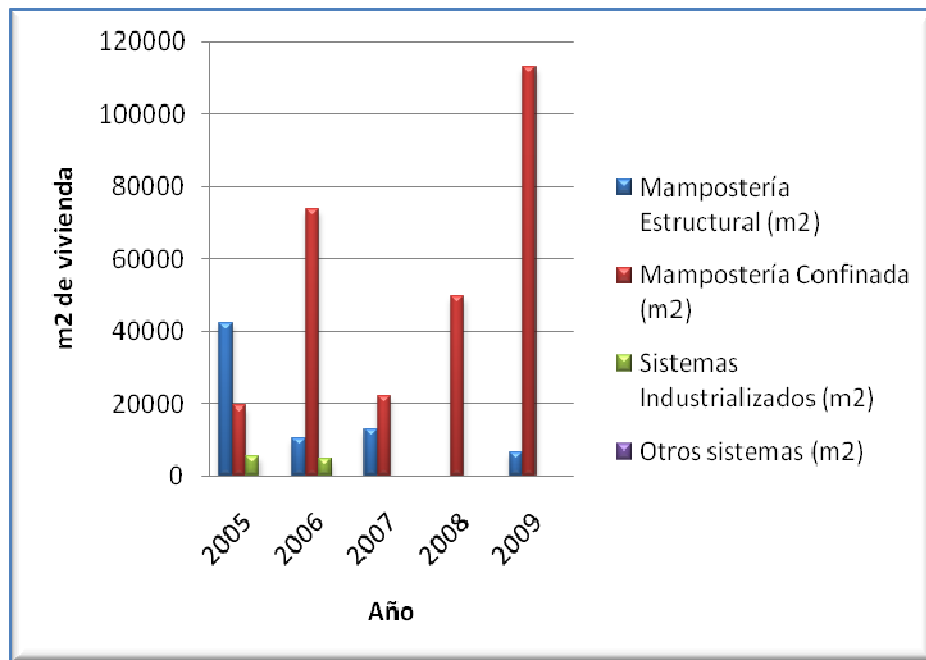
**Tabla 19. Unidades y m² producidos para vivienda de interés social en Pereira según el sistema constructivo. (DANE, 2010)**

Unidades y m² producidos de VIS según el sistema constructivo en Pereira								
Año	Mampostería Estructural		Mampostería Confinada		Sistemas Industrializados		Otros sistemas	
	un	m²	un	M²	un	m²	un	m²
2005	936	42215	243	19626	110	5564	0	0
2006	183	10549	1563	73837	127	4719	0	0
2007	305	13056	414	22158	0	0	0	0
2008	0	0	837	49766	0	0	0	0
2009	105	6825	2222	113107	0	0	0	0

**Figura 33. Unidades de VIS según el sistema constructivo en Pereira. (DANE, 2010)**



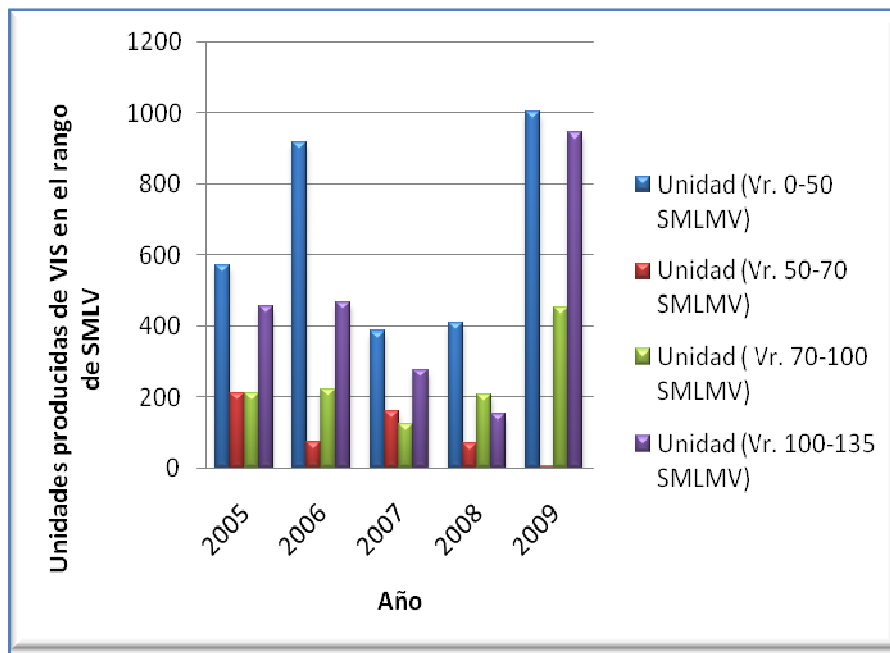
**Figura 34. Metros cuadrados de VIS según el sistema constructivo en Pereira. (DANE, 2010)**



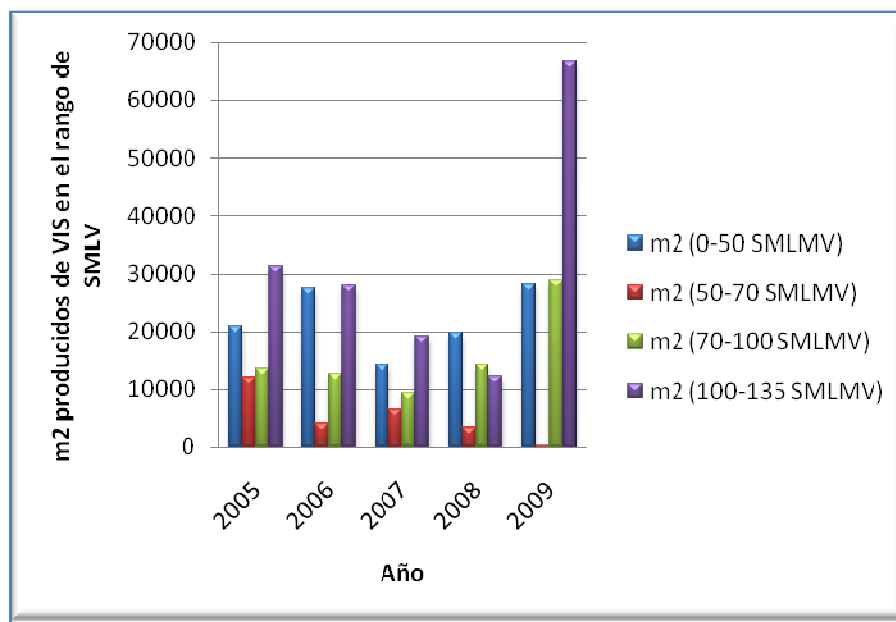
**Tabla 20. Unidades y m<sup>2</sup> producidos para vivienda de interés social en Pereira según rango en SMLV. (DANE, 2010)**

Unidades y m <sup>2</sup> producidos de VIS según los rangos de precios en SMLV en Pereira								
Año	Mampostería Estructural		Mampostería Confinada		Sistemas Industrializados		Otros sistemas	
	Unidad (Vr. 0-50 SMLMV)	m <sup>2</sup> (0-50 SMLMV)	Unidad (Vr. 50-70 SMLMV)	m <sup>2</sup> (50-70 SMLMV)	Unidad (Vr. 70-100 SMLMV)	m <sup>2</sup> (70-100 SMLMV)	Unidad (Vr. 100-135 SMLMV)	m <sup>2</sup> (100-135 SMLMV)
2005	571	20971	212	12040	209	13700	456	31343
2006	918	27487	73	4223	224	12676	466	27948
2007	384	14279	161	6424	126	9358	277	19149
2008	408	19678	69	3489	207	14423	153	12176
2009	1001	28056	5	332	453	28837	943	66586

**Figura 35. Unidades de VIS según rango de venta en SMLV en Pereira. (DANE, 2010)**



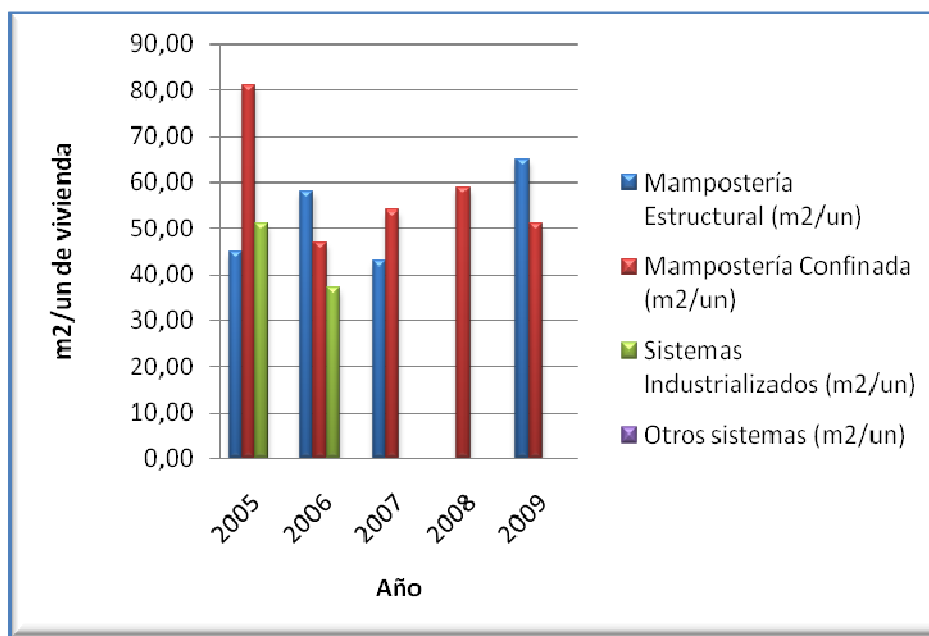
**Figura 36. Metros cuadrados de VIS según rango de venta en SMLV en Pereira. (DANE, 2010)**



**Tabla 21. Metros cuadrados producidos para VIS en Pereira por unidad de vivienda. (DANE, 2010)**

<b>(m<sup>2</sup>/un) de VIS (Aproximación sin decimales) según el sistema constructivo en Pereira</b>				
<b>Año</b>	<b>Mampostería Estructural (m<sup>2</sup>/un)</b>	<b>Mampostería Confinada (m<sup>2</sup>/un)</b>	<b>Sistemas Industrializados (m<sup>2</sup>/un)</b>	<b>Otros sistemas (m<sup>2</sup>/un)</b>
2005	45	81	51	N.A
2006	58	47	37	N.A
2007	43	54	N.A	N.A
2008	N.A	59	N.A	N.A
2009	65	51	N.A	N.A

**Figura 37. Metros cuadrados promedio por unidad de VIS en Pereira según el sistema constructivo. (DANE, 2010)**

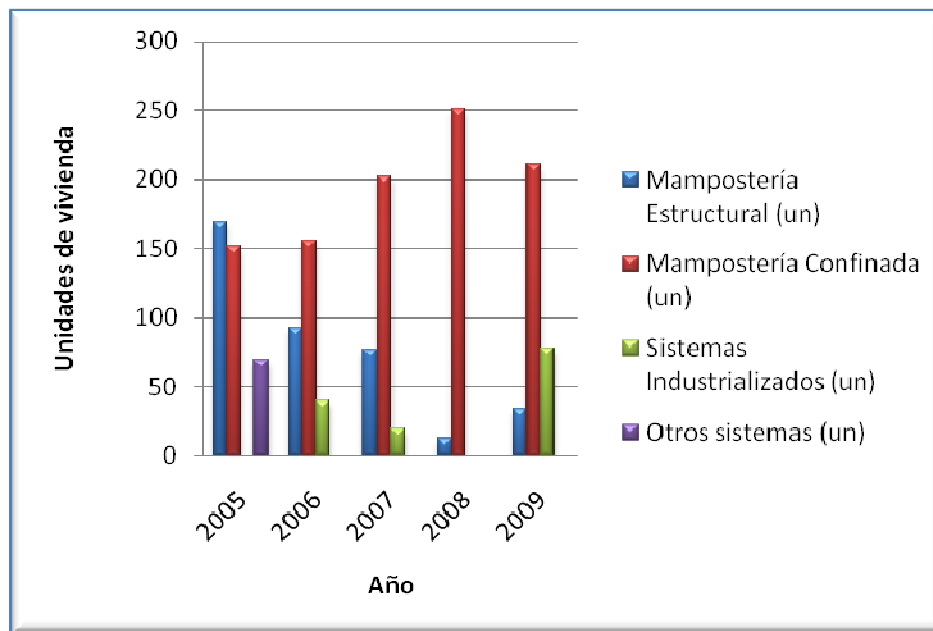


**Tabla 22. Unidades y m<sup>2</sup> producidos para vivienda de interés social en Armenia según el sistema constructivo. (DANE, 2010)**

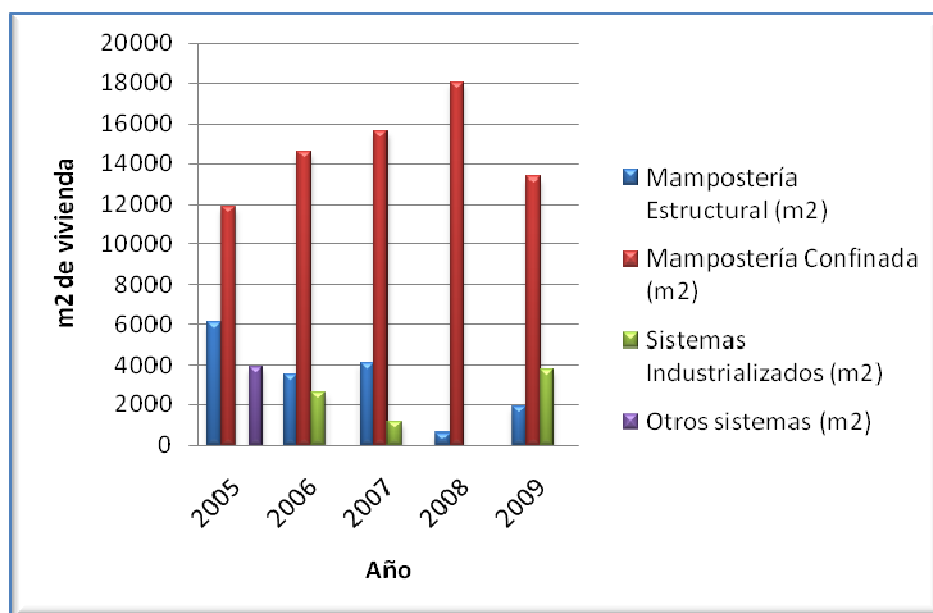
Unidades y m <sup>2</sup> producidos de VIS según el sistema constructivo en Armenia								
Año	Mampostería Estructural		Mampostería Confinada		Sistemas Industrializados		Otros sistemas	
	un	m <sup>2</sup>	un	m <sup>2</sup>	un	m <sup>2</sup>	un	m <sup>2</sup>
2005	36	114	78	134	N.A	135	57	95
2006	38	110	94	76	65	47	N.A	81
2007	53	87	77	110	57	80	N.A	73
2008	47	139	72	77	N.A	35	N.A	17
2009	56	72	63	119	48	117	N.A	21



**Figura 38. Unidades de VIS según el sistema constructivo en Armenia. (DANE, 2010)**



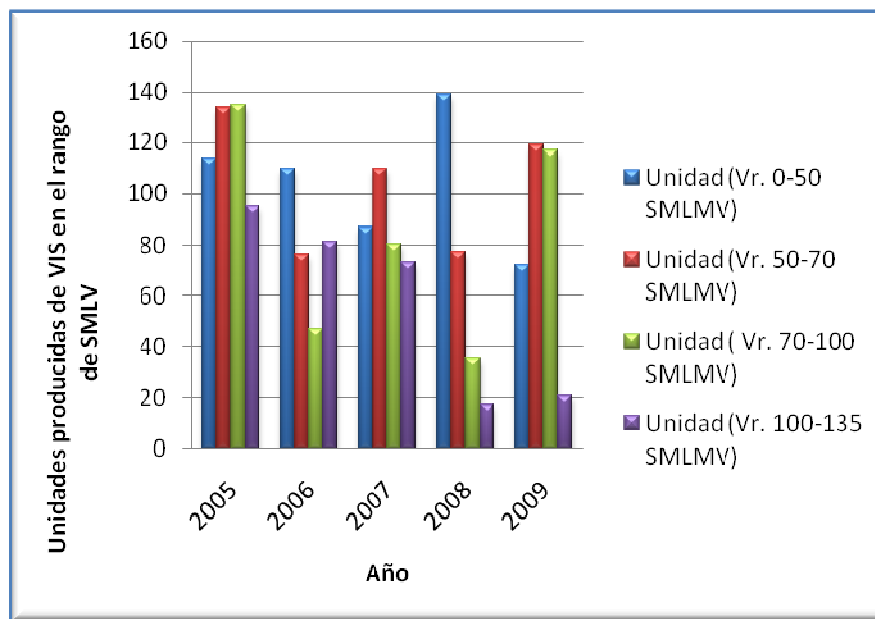
**Figura 39. Metros cuadrados de VIS según el sistema constructivo en Armenia. (DANE, 2010)**



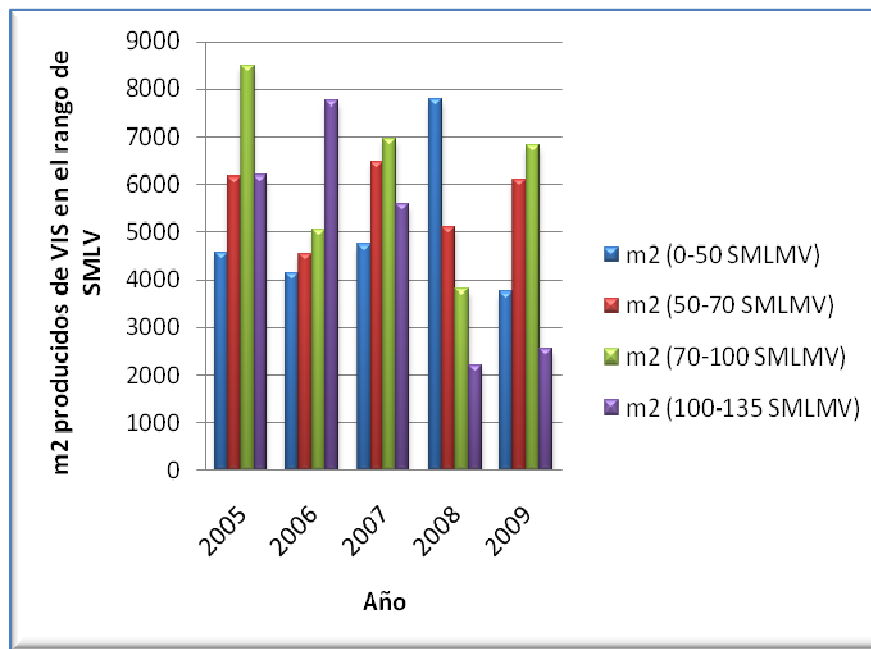
**Tabla 23. Unidades y m<sup>2</sup> producidos para vivienda de interés social en Armenia según rango en SMLV. (DANE, 2010)**

Unidades y m <sup>2</sup> producidos de VIS según los rangos de precios en SMLV en Armenia								
Año	Mampostería Estructural		Mampostería Confinada		Sistemas Industrializados		Otros sistemas	
	Unidad (Vr. 0-50 SMLMV)	m <sup>2</sup> (0-50 SMLMV)	Unidad (Vr. 50-70 SMLMV)	m <sup>2</sup> (50-70 SMLMV)	Unidad (Vr. 70-100 SMLMV)	m <sup>2</sup> (70-100 SMLMV)	Unidad (Vr. 100-135 SMLMV)	m <sup>2</sup> (100-135 SMLMV)
2005	114	4580	134	6164	135	8499	95	6195
2006	110	4159	76	4553	47	5061	81	7761
2007	87	4754	110	6482	80	6957	73	5583
2008	139	7793	77	5099	35	3816	17	2217
2009	72	3759	119	6115	117	6806	21	2543

**Figura 40. Unidades de VIS según rango de venta en SMLV en Armenia. (DANE, 2010)**



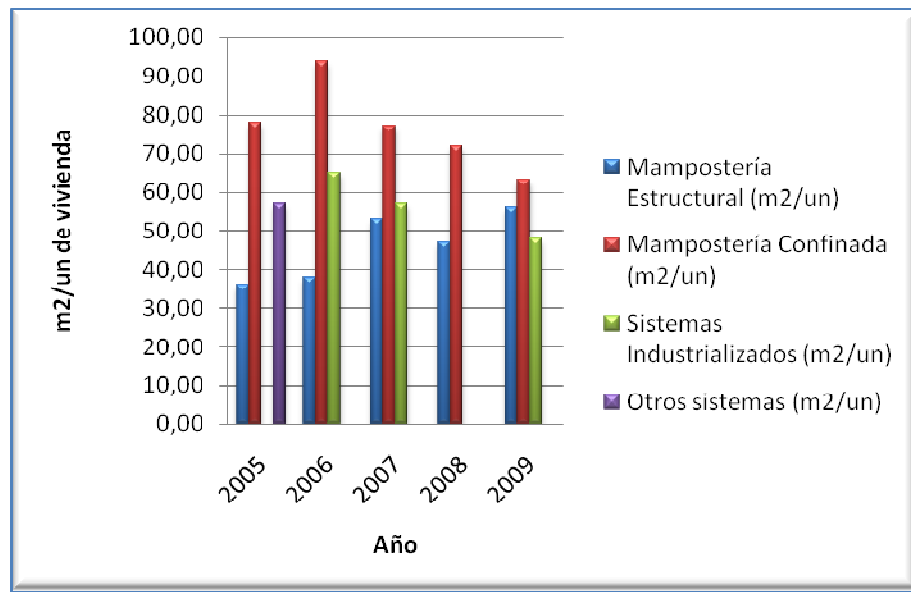
**Figura 41. Metros cuadrados de VIS según rango de venta en SMLV en Armenia. (DANE, 2010)**



**Tabla 24. Metros cuadrados producidos para VIS en Armenia por unidad de vivienda.**

<b>(m<sup>2</sup>/un) de VIS (Aproximación sin decimales) según el sistema constructivo en Armenia</b>				
<b>Año</b>	<b>Mampostería Estructural (m<sup>2</sup>/un)</b>	<b>Mampostería Confinada (m<sup>2</sup>/un)</b>	<b>Sistemas Industrializados (m<sup>2</sup>/un)</b>	<b>Otros sistemas (m<sup>2</sup>/un)</b>
2005	36	78	N.A	57
2006	38	94	65	N.A
2007	53	77	57	N.A
2008	47	72	N.A	N.A
2009	56	63	48	N.A

**Figura 42. Metros cuadrados promedio por unidad de VIS en Cali según el sistema constructivo. (DANE, 2010)**



Anexo B. Esquemas arquitectónicos y estructurales de plantas típicas para VIS.

Figura 43. Planta arquitectónica obra la Colina de Asís torre 18. (PORTICOS S.A.,2006)

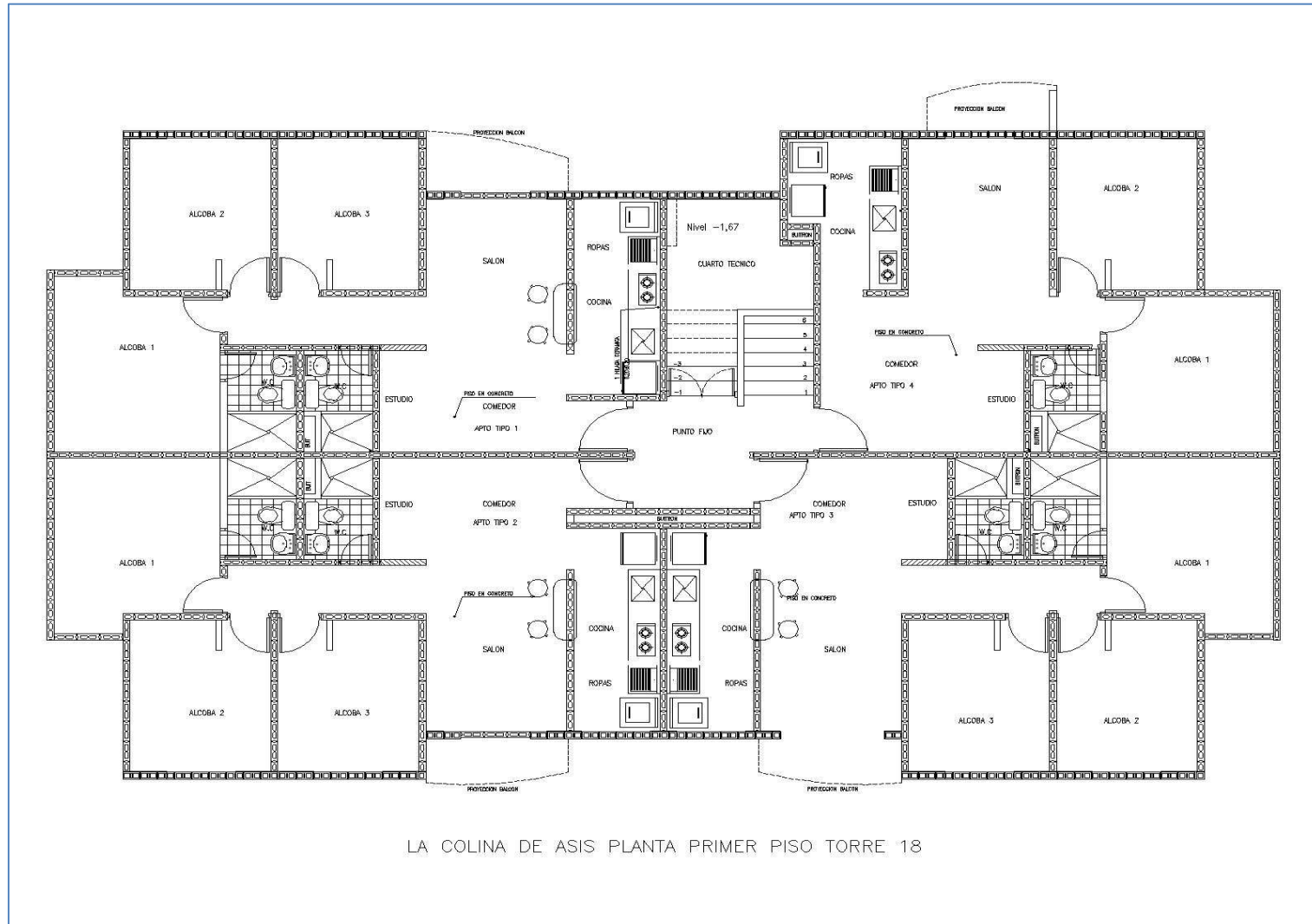


Figura 44. Planta refuerzo de cara inferior obra Colina de Asís torre 18. (PORTICOS S.A.,2006)

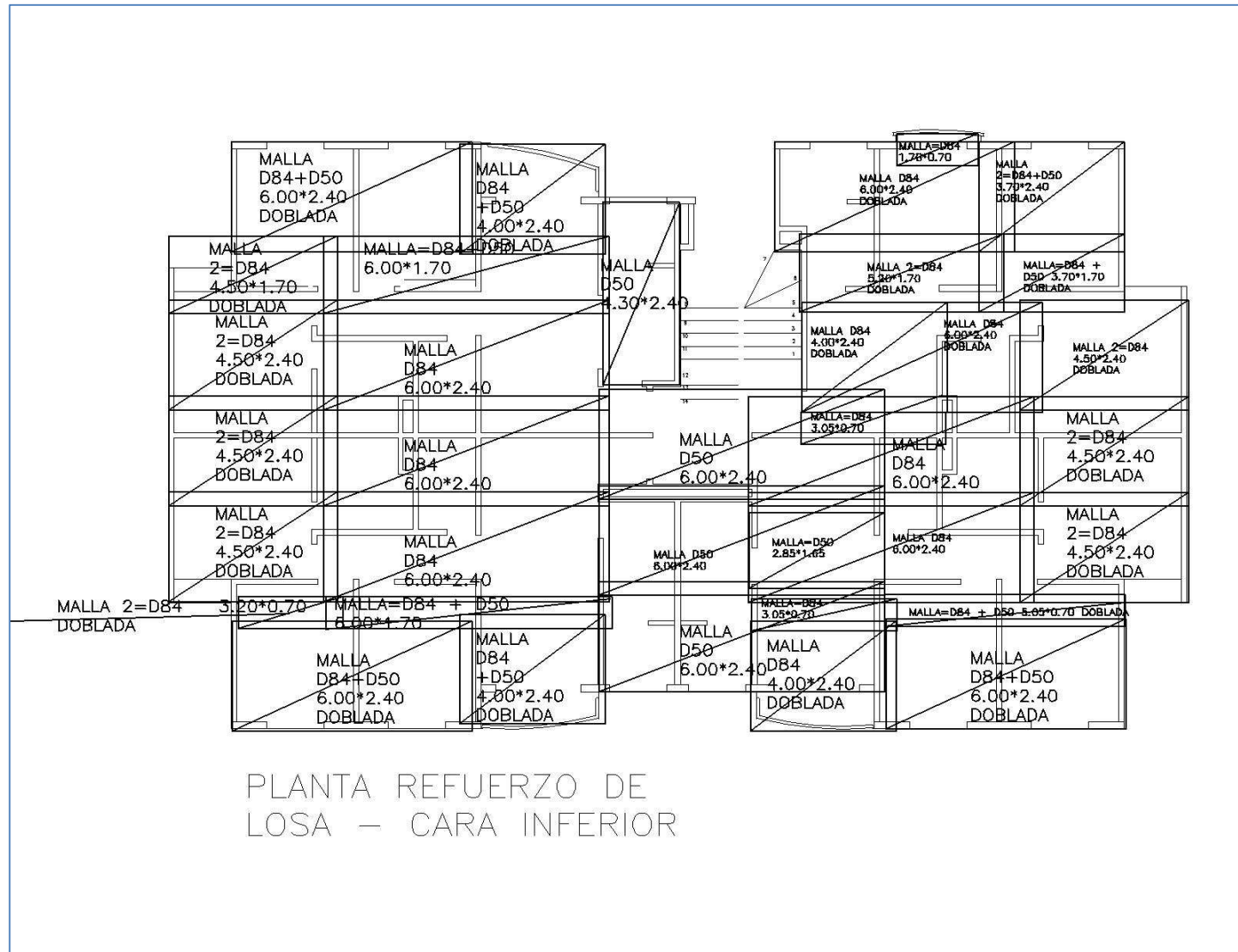


Figura 45. Planta refuerzo de cara superior obra colina de Asís torre 18. (PORTICOS S.A.,2006)

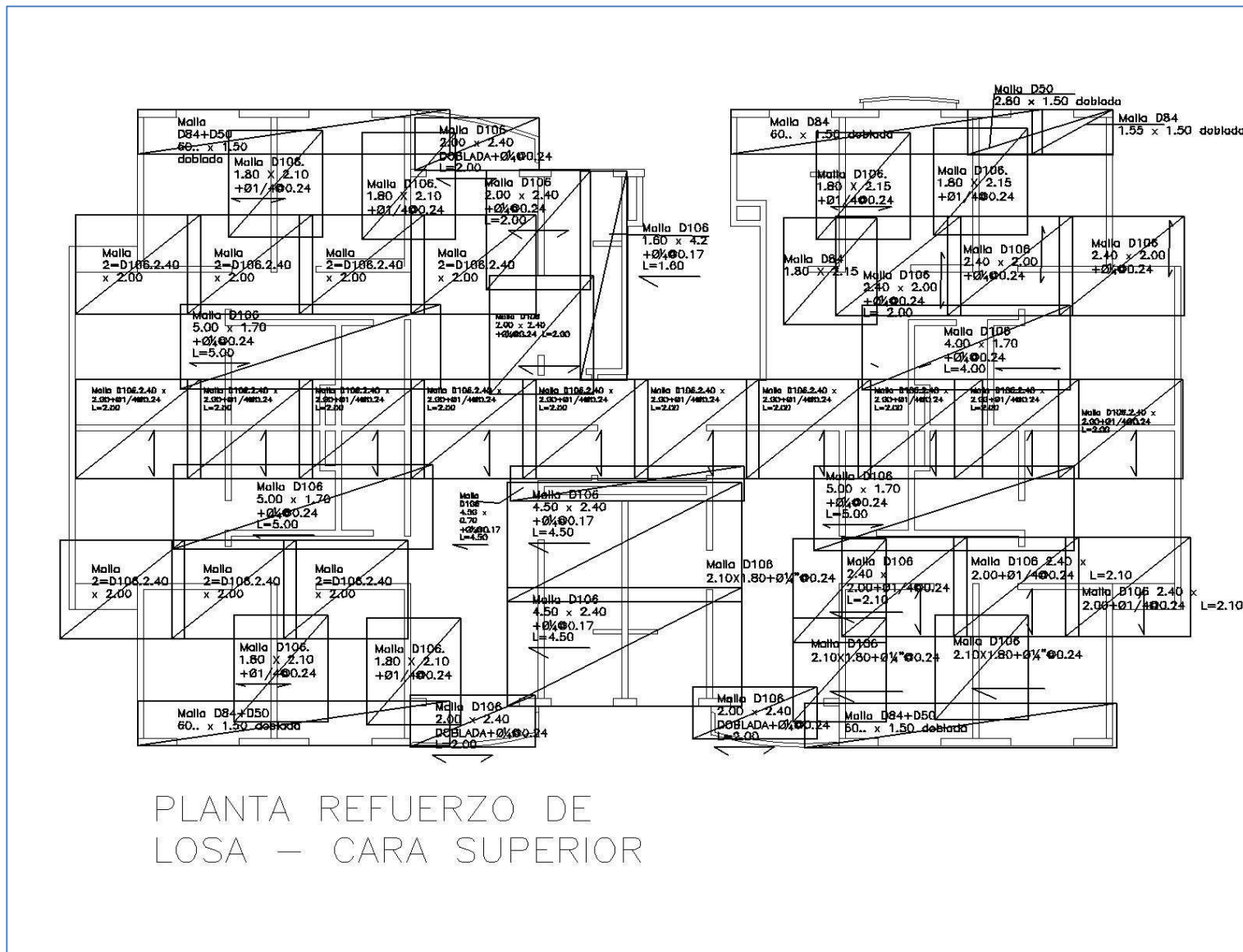


Figura 46. Planta arquitectónica obra La Herrera. (PORTICOS S.A.,2009)

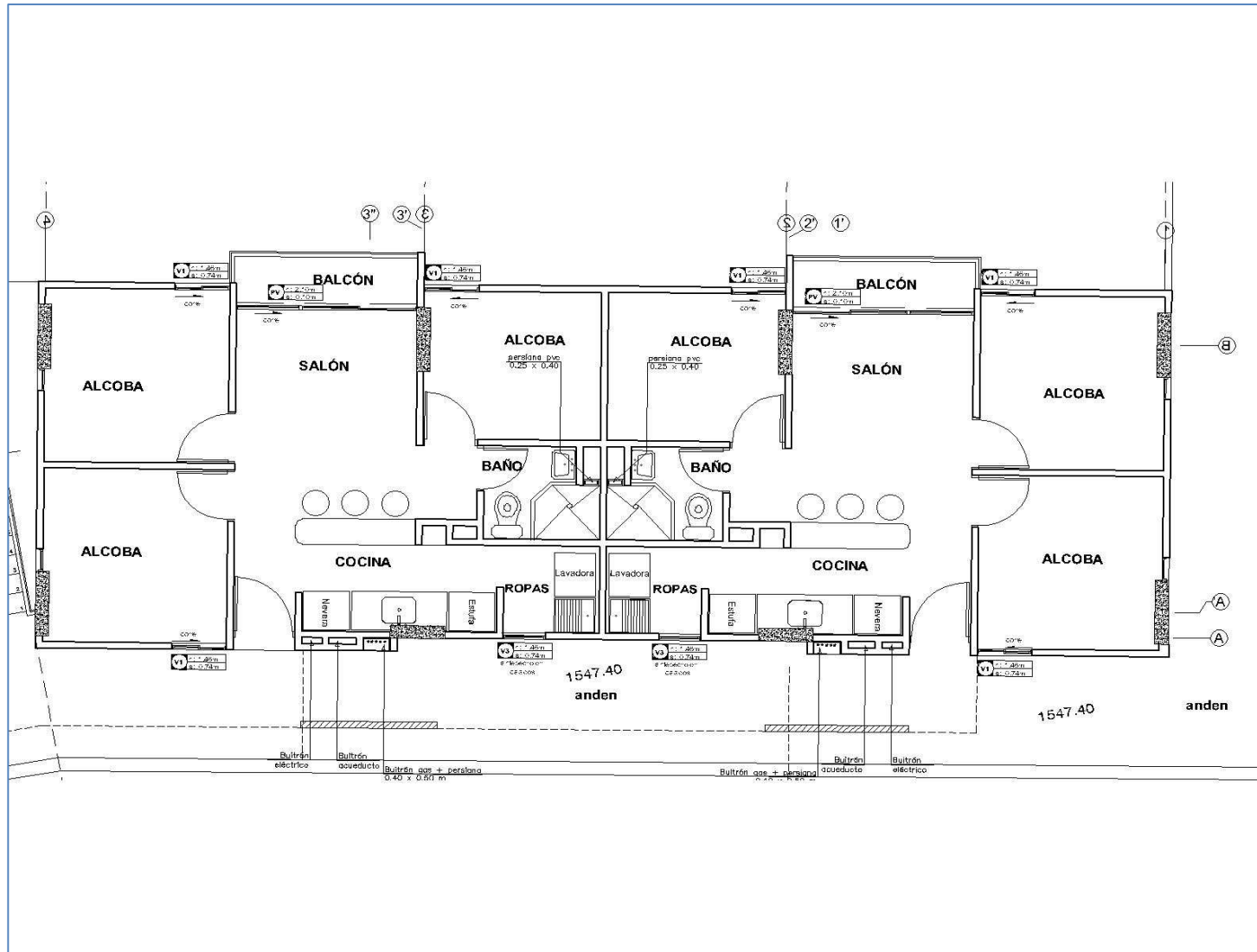




Figura 47. Planta refuerzo de cara superior obra La Herrera. (PORTICOS S.A.,2009)

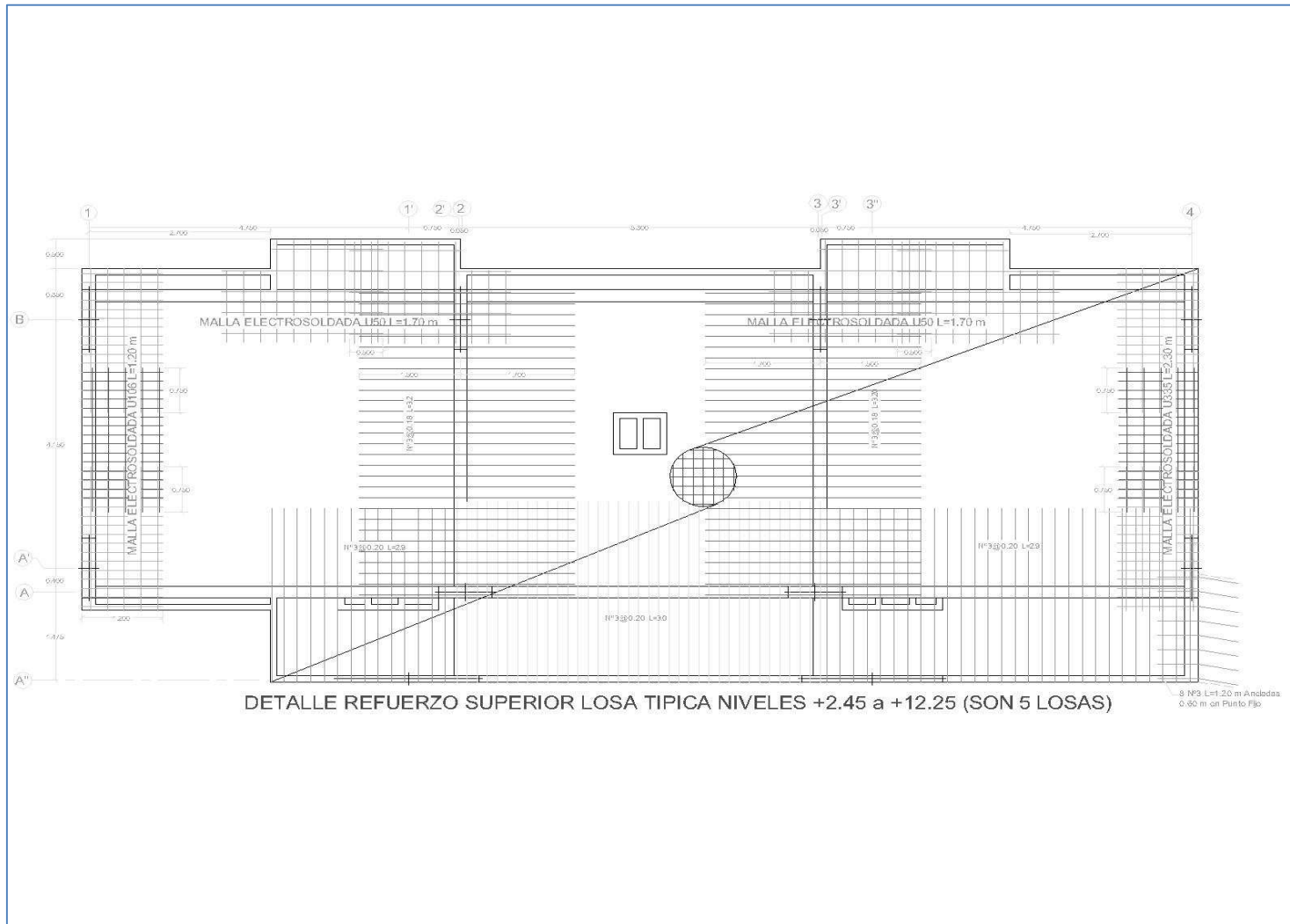


Figura 48. Planta refuerzo de cara inferior obra La Herrera. (PORTICOS S.A.,2009)

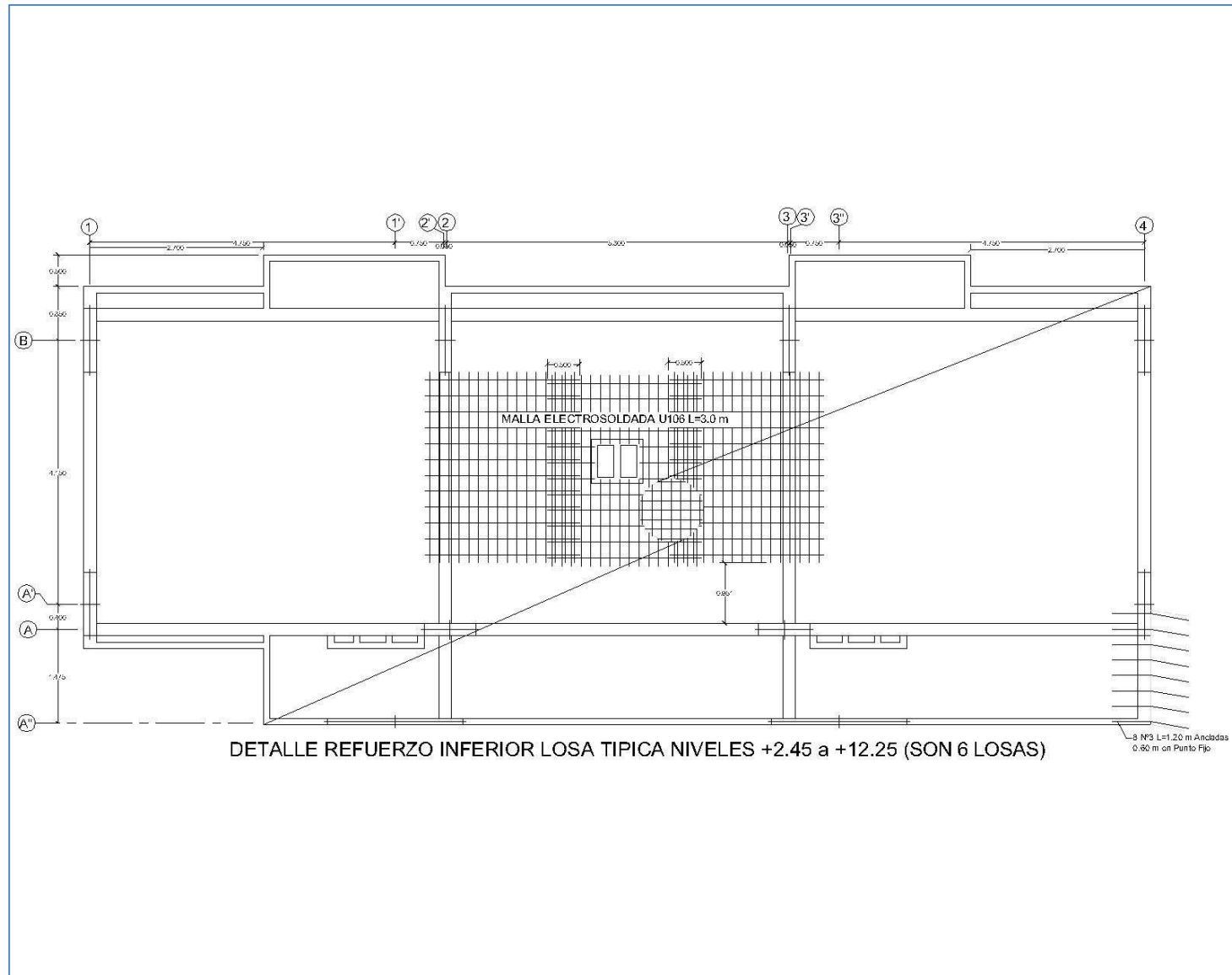
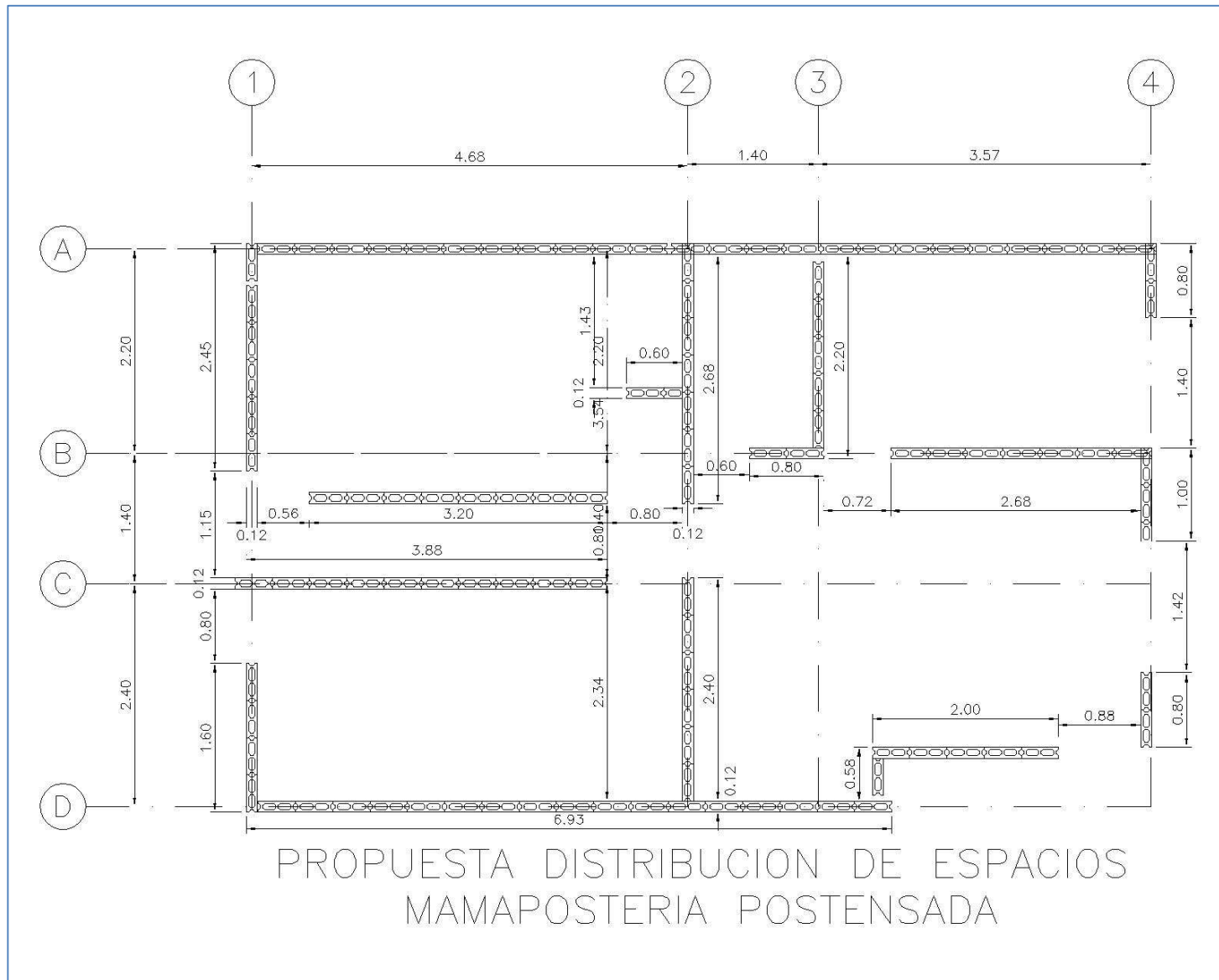
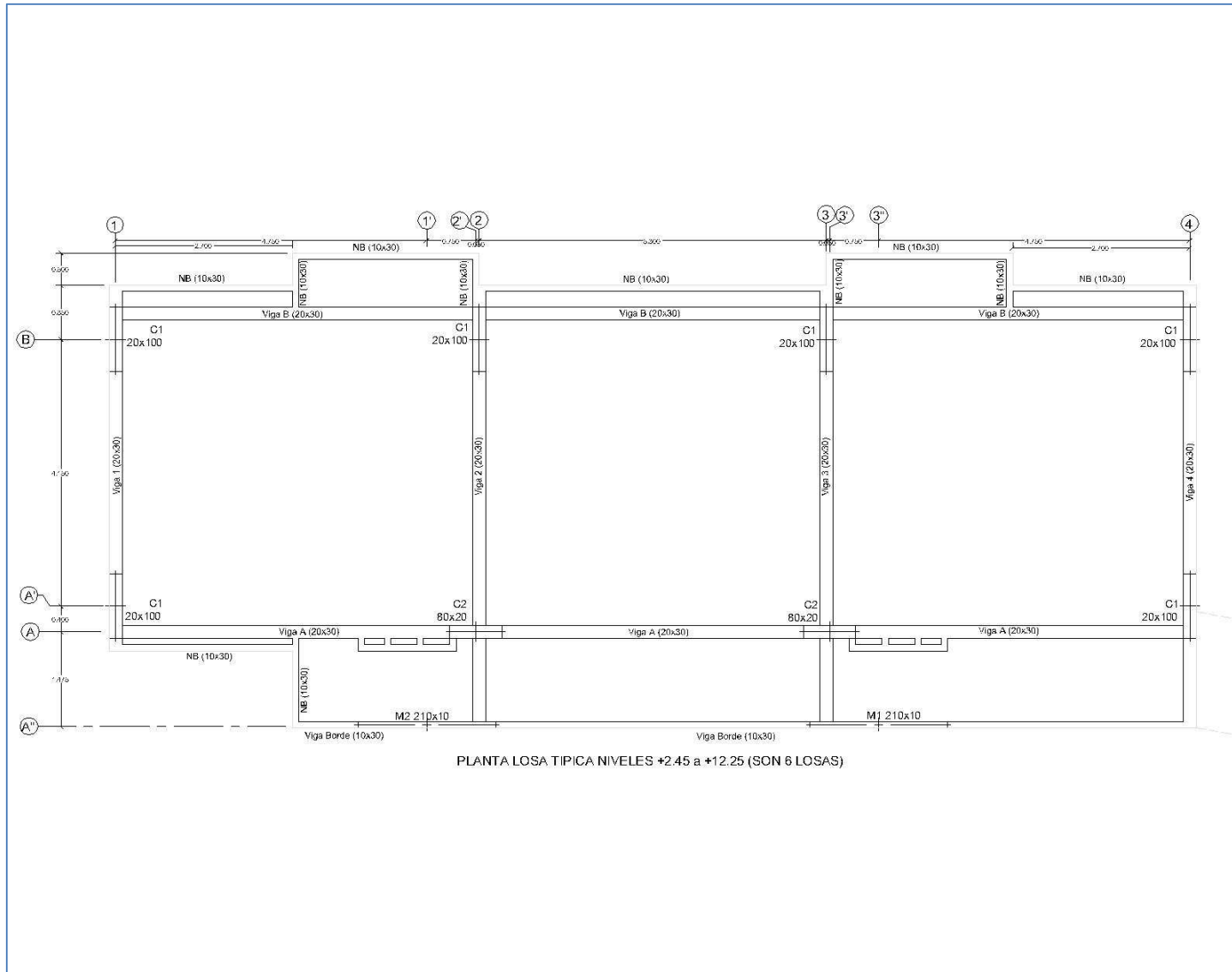


Figura 49. Planta losa típica obra La Herrera. (PORTICOS S.A.,2009)



**Figura 50. Planta de propuesta de distribución de espacios sistema mampostería postensada.**



**Anexo C. Análisis de precios unitarios y tablas de costos para VIS.**

**Tabla 25. Cantidades y tenores de la obra Colina de Asís para un nivel típico de estructura.**

<b>SISTEMA MAMPOSTERÍA REFORZADA</b>				
Elemento	Cantidad	Área construida (m2)	Tenor	Unidad
Acero de refuerzo				
losa: 283.6kg				
muros: 486.67kg				
TOTAL:770.27kg	770.27	243.00	3.17	kgf/m2
Malla electrosoldada				
D84: 402.51m2				
D50: 185.71				
D106: 280.37m2				
TOTAL: 243m2	243.00	243.00	1.00	m2/m2
Muro en bloque				
muro: 342.04m2	342.04	243.00	1.41	m2/m2
Dovelas				
dovela: 708.32m	708.32	243.00	2.91	m/m2
Losa maciza				
losa: 243m2	243.00	243.00	1.00	m2/m2

**Tabla 26. Cantidades y tenores de la obra La Herrera para un nivel típico de estructura.**

<b>SISTEMA APORTICADO</b>				
Elemento	Cantidad	Área construida (m2)	Tenor	Unidad
Acero de refuerzo:				
Columnas: 1258.25kgf				
Losa: 1092.42kgf				
TOTAL:2350.67kgf	2350.67	114.03	20.61	kgf/m2
Malla electrosoldada:				
U106: 30.25m2				
U50: 14.82m2				
U335: 16.58m2				
D131: 157.0m2				
TOTAL: 114.03m2	114.03	114.03	1.00	m2/m2

<b>SISTEMA APORTICADO</b>				
Elemento	Cantidad	Área construida (m2)	Tenor	Unidad
Columnas en concreto:				
concreto: 8.97m3	8.97	114.03	0.08	m3/m2
Losa aligerada:				
114.03m2	114.03	114.03	1.00	m2/m2

Tabla 27. APU estructura obra la Herrera.

APU ESTRUCTURA APORTICADA PROYECTO LA HERRERA AÑO 2009						
Nombre	Un	Cantidad	%	Precio	IVA	Total
<b>Acero de refuerzo de 60,000 PSI. Comprende el suministro, transporte, corte, doblaje, figuración, y colocación de barras de acero para el refuerzo de estructuras y demás obras que requieran de este elemento.</b>	kg					
alambre negro de amarrar c.18	kg	0,02	3	\$ 1.927,00	0	\$ 41,88
hierro de refuerzo 60.000 psi	kg	1,00	3	\$ 1.812,00	0	\$ 1.866,36
materiales varios	gl	0,10	0	\$ 650,00	0	\$ 65,00
mano de obra acarreo inter hierro	kg	1,00	0	\$ 150,00	26	\$ 189,00
mano de obra refuerzo en acero - colocación.	kg	1,00	0	\$ 350,00	26	\$ 441,00
			0	% de Herramienta		\$ 31,50
				<b>TOTAL</b>		<b>\$ 2.635,00</b>
<b>Malla Electrosoldada. Comprende el suministro, transporte, corte, doblaje y colocación de malla electrosoldada.</b>	m <sup>2</sup>					
Alambre negro de amarrar c.18	kg	0,050	5,0	\$ 1.927,00	0	\$ 101,17
Malla electrosoldada. U106	Un	0,018	5,0	\$ 34.707,00	0	\$ 671,40
Malla electrosoldada. U50	Un	0,009	5,0	\$ 29.777,00	0	\$ 282,19
Malla electrosoldada. U335	Un	0,010	5,0	\$ 78.676,00	0	\$ 834,28
Malla electrosoldada. D131	Un	0,096	5,0	\$ 57.779,00	0	\$ 5.799,86
Mano de obra malla electrosoldada	m <sup>2</sup>	1,000	0,0	\$ 2.100,00	26	\$ 2.646,00
Mano de obra Figuración malla	m <sup>2</sup>	0,500	0,0	\$ 1.400,00	26	\$ 882,00
			0	% de Herramienta		\$ 174,01
				<b>TOTAL</b>		<b>\$ 11.391,00</b>

<b>APU ESTRUCTURA APORTICADA PROYECTO LA HERRERA AÑO 2009</b>						
<b>Nombre</b>	<b>Un</b>	<b>Cantidad</b>	<b>%</b>	<b>Precio</b>	<b>IVA</b>	<b>Total</b>
<b>Columnas en concreto de diferentes secciones. Comprenden el suministro, armado y vaciado de columnas en la sección especificada. Las formaletas, andamios, equipos y herramientas necesarias para la ejecución de la actividad o colocación del concreto en el molde están incluidas</b>	m <sup>3</sup>					
Concr.3000 psi obra 3/4" 210 kg/cm2	m <sup>3</sup>	1,00	3	\$ 200.687,00	0	\$ 206.707,61
Vibrador	m <sup>3</sup>	1,00	0	\$ 4.536,00	0	\$ 4.536,00
formaleta madera columnas cuadradas	m <sup>2</sup>	2,00	0	\$ 8.748,00	0	\$ 17.496,00
materiales varios	gl	1,00	0	\$ 650,00	0	\$ 650,00
mano de obra acarreo inter concreto	m <sup>3</sup>	1,00	0	\$ 5.400,00		\$ 5.400,00
mano de obra columna	m <sup>3</sup>	1,00	0	\$ 45.000,00	26	\$ 56.700,00
mano de obra curado del concreto	m <sup>2</sup>	2,00	0	\$ 540,00	26	\$ 1.360,80
			0	% de Herramienta		\$ 3.173,04
				<b>TOTAL</b>		<b>\$ 296.023,00</b>
<b>Losa en concreto h=0.10m 3000 psi con vigas descolgadas. Consiste en el suministro y colocación de la formaleta de fondo, el equipo de soporte necesario (Tacos, cerchas, etc.), el suministro y colocación del concreto por medios manuales o mecánicos, el retiro de formaletas cuando el concreto haya alcanzado su curado inicial y sea apropiado y seguro su retiro, El traslado del equipo dentro de la obra.</b>	m <sup>2</sup>					
Concr.3000 psi obra 3/4" 210 kg/cm2	m <sup>3</sup>	0,10	3	\$ 200.687,00	0	\$ 20.670,76
Vibrador	m <sup>3</sup>	0,10	0	\$ 4.536,00	0	\$ 453,60
materiales varios	gl	0,10	0	\$ 650,00	0	\$



<b>APU ESTRUCTURA APORTICADA PROYECTO LA HERRERA AÑO 2009</b>						
<b>Nombre</b>	<b>Un</b>	<b>Cantidad</b>	<b>%</b>	<b>Precio</b>	<b>IVA</b>	<b>Total</b>
						65,00
mano de obra losa maciza e:10	m <sup>2</sup>	1,00	0	\$ 17.819,84	26	\$ 22.453,00
mano de obra curado del concreto	m <sup>2</sup>	1,00	0	\$ 540,00	26	\$ 680,40
formaleta de losa	m <sup>2</sup>	1,00	0	\$ 3.453,00		\$ 3.453,00
			0	% de Herramienta		\$ 1.156,67
				<b>TOTAL</b>		<b>\$ 48.932,00</b>

Tabla 28. APU estructura obra Colina de Asís.

<b>APU ESTRUCTURA DE MAMPOSTERIA REFORZADA PROYECTO COLINAS DE ASÍS AÑO 2006</b>						
<b>Nombre</b>	<b>Un</b>	<b>Cantidad</b>	<b>%</b>	<b>Precio</b>	<b>IVA</b>	<b>Total</b>
<b>Acero de refuerzo de 60,000 PSI. Comprende el suministro, transporte, corte, doblaje, figuración, y colocación de barras de acero para el refuerzo de estructuras y demás obras que requieran de este elemento.</b>	kg					
Alambre negro de amarrar c.18	kg	0,030	5	\$ 1.600,00	0	\$ 50,40
Alambrón de 4 mm	kg	0,057	2	\$ 1.100,00	0	\$ 63,95
materiales varios	gl	0,10	0	\$ 533,00	0	\$ 53,30
mo acarreo inter hierro	kg	1,00	0	\$ 123,00	26	\$ 154,98
Hierro 60.000	kg	1,000	3	\$ 1.715,00	0	\$ 1.766,45
mo refuerzo en acero + fig.	kg	1,000	0	\$ 170,00	26	\$ 214,20
			0	% de Herramienta		\$ 10,71
				<b>TOTAL</b>		<b>\$ 2.314,00</b>
<b>Malla Electrosoldada. Comprende el suministro, transporte, corte, doblaje y colocación de malla electrosoldada.</b>	m2					
Alambre negro de amarrar c.18	kg	0,030	5,0	\$ 1.600,00	0	\$ 50,40

<b>APU ESTRUCTURA DE MAMPOSTERIA REFORZADA PROYECTO COLINAS DE ASÍS AÑO 2006</b>						
<b>Nombre</b>	<b>Un</b>	<b>Cantidad</b>	<b>%</b>	<b>Precio</b>	<b>IVA</b>	<b>Total</b>
Malla electrosoldada. D- 84	un	0,115	5,0	\$ 35.053,00	0	\$ 4.233,41
Malla electrosoldada. D-50	un	0,053	5,0	\$ 21.510,00	0	\$ 1.198,61
Malla electrosoldada. D-106	un	0,080	5,0	\$ 44.516,00	0	\$ 3.741,27
mano de obra malla electrosoldada	m2	1,000	5,0	\$ 2.100,00	26	\$ 2.778,30
mano de obra Figuración malla	m2	0,500	0,0	\$ 1.400,00	26	\$ 882,00
			0	% de Herramienta		\$ 183,02
				<b>TOTAL</b>		<b>\$ 13.067,00</b>
<b>MURO-12 BLOQ. 12x20x40 REV/REV</b>	m2					
Arena de pega	m3	0,012	5	\$ 21.000,00	0	\$ 264,60
Cemento gris 50 kg	Sc	0,100	5	\$ 12.750,00	0	\$ 1.338,75
Bloque modulación 12 12x20x40	un	11,500	5	\$ 1.100,00	0	\$ 13.282,50
Bloque medio 12x20x20	un	1,000	5	\$ 755,00	0	\$ 792,75
Bloque modula. 10 10x25x40 alto	un	0,500	5	\$ 1.563,00	0	\$ 820,58
Tecnología omicrom	kg	0,036	5	\$ 2.532,00	0	\$ 95,71
materiales varios	gl	0,20	0	\$ 533,00	0	\$ 106,60
mano de obra Marcación muro de 10	m	0,440	0	\$ 1.400,00	26	\$ 776,16
mano de obra Mur-12 Bloque 12x20x40 Rev/Rev	m2	1,000	0	\$ 7.600,00	26	\$ 9.576,00
mano de obra Transporte de bloque	un	12,500	0	\$ 42,00	26	\$ 661,50
			0	% de Herramienta		\$ 550,68
				<b>TOTAL</b>		<b>\$ 28.266,00</b>
<b>COLUMNAS DE AMARRE</b>	m					
Triturado 1/2" arenón	m3	0,005	10	\$ 34.500,00	0	\$ 189,75
Arena lavada para concreto	m3	0,006	10	\$ 36.500,00	0	\$ 240,90
Cemento gris 50 kg	Sc	0,047	10	\$ 12.750,00	0	\$ 659,18
materiales varios	gl	0,20	0	\$ 533,00	0	\$ 106,60
mano de obra Columna amarre mampostería	m	1,000	0	\$ 1.600,00	26	\$ 2.016,00
				% de Herramienta		\$ 100,80
				<b>TOTAL</b>		<b>\$ 3.313,00</b>

APU ESTRUCTURA DE MAMPOSTERIA REFORZADA PROYECTO COLINAS DE ASÍS AÑO 2006						
Nombre	Un	Cantidad	%	Precio	IVA	Total
<b>LOSA MACIZA</b>	m2					
Triturado 3/4" incluye transporte	m3	0,061	5	\$ 34.500,00	0	\$ 2.209,73
Arena lavada para concreto	m3	0,054	5	\$ 36.500,00	0	\$ 2.069,55
Cemento gris 50 kg	Sc	0,660	5	\$ 12.750,00	0	\$ 8.835,75
materiales varios	gl	0,20	0	\$ 533,00	0	\$ 106,60
mano de obra acarreo inter concreto	mt3	0,10	0	\$ 4.428,00	0	\$ 442,80
mano de obra curado del concreto	mt2	1,00	0	\$ 443,00	26	\$ 558,18
mano de obra Losa maciza	m2	1,000	0	\$ 8.400,00	26	\$ 10.584,00
mano de obra Formaleta de losa	m2	1,000	0	\$ 2.831,00		\$ 2.831,00
mano de obra Preparación concreto	m3	0,090	0	\$ 6.000,00	26	\$ 680,40
			0	% de Herramienta		\$ 563,22
				<b>TOTAL</b>		<b>\$ 28.881,00</b>

Tabla 29. APU estructura sistema Mampostería Reforzada.

APU ESTRUCTURA MAMPOSTERIA POSTENSADA PROYECTO DE INVESTIGACION AÑO 2010						
Nombre	Un	Cantidad	%	Precio	IVA	Total
<b>SISTEMA POSTENSADO</b>	m					
<b>Sistema postensado adherido 1/2"</b>	m	1.00	2	\$ 5,332.00	0	\$ 5,438.64
Alambre negro de amarrar c.18	kg	0.030	3	\$ 2,300.00	0	\$ 71.07
			0	% de Herramienta		
				<b>TOTAL</b>		<b>\$ 5,510.00</b>
<b>MURO-12 BLOQ. 12x20x40</b>	m2					
Bloque modulación 12 12x20x40 alta resistencia	un	11.500	5	\$ 1,400.00	0	\$ 16,905.00
Bloque medio 12x20x20	un	1.000	5	\$ 700.00	0	\$ 735.00
Obra falsa y equipo	m2	1.000	0	\$ 4,576.00	0	\$ 4,576.00
Mano de obra Muro en bloque	m2	1.000	0	\$ 11,026.00	0	\$ 11,026.00
			0	% de Herramienta		\$ 551.30
				<b>TOTAL</b>		<b>\$ 33,793.00</b>

<b>APU ESTRUCTURA MAMPOSTERIA POSTENSADA PROYECTO DE INVESTIGACION AÑO 2010</b>						
<b>Nombre</b>	<b>Un</b>	<b>Cantidad</b>	<b>%</b>	<b>Precio</b>	<b>IVA</b>	<b>Total</b>
<b>LOSA-20 BLOQ. 20x20x40</b>	m2					
Bloque modulación 20 20x20x40 alta resistencia	un	11.500	5	\$ 1,500.00	0	\$ 18,112.50
Bloque medio 12x20x20	un	1.000	5	\$ 750.00	0	\$ 787.50
Obra falsa y equipo	m2	1.000	0	\$ 2,199.43	0	\$ 2,199.43
Mano de obra losa en bloque	m2	1.000	0	\$ 7,848.00	0	\$ 7,848.00
			0	% de Herramienta		\$ 392.40
				<b>TOTAL</b>		<b>\$ 29,340.00</b>
<b>BLOQUE DEFLECTOR 20*20*20</b>	un					
Acero de Refuerzo grado 60	kg	5.200	3	\$ 1,650.00	0	\$ 8,837.40
Alambre negro de amarrar c.18	kg	0.030	3	\$ 2,300.00	0	\$ 71.07
concreto 280 kg/cm2	m3	0.008	5	\$ 292,300.00	0	\$ 2,455.32
Tubo PVC eléctrico para pase del torón 3/4"	m	0.400	5	\$ 1,280.00	0	\$ 537.60
Formaleta en madera	un	1.000	10	\$ 482.40	0	\$ 530.64
mano de obra bloque deflector	un	1.000	0	\$ 6,356.00	0	\$ 6,356.00
				% de Herramienta		\$ 317.80
				<b>TOTAL</b>		<b>\$ 19,106.00</b>
<b>BLOQUES DE ANCLAJE T1 (perpendicular a celda con anclaje vertical)</b>	un					
Platina de anclaje para postensado	un	3.000	1	\$ 2,700.00	0	\$ 8,181.00
Cuña de anclaje para postensado	un	3.000	1	\$ 1,500.00	0	\$ 4,545.00
Alambre negro de amarrar c.18	kg	0.030	3	\$ 2,300.00	0	\$ 71.07
Acero de Refuerzo grado 60	kg	3.741	3	\$ 1,650.00	0	\$ 6,357.49
concreto 280 kg/cm2	m3	0.014	5	\$ 292,300.00	0	\$ 4,419.58
Tubo PVC eléctrico para pase del torón 3/4"	m	1.174	5	\$ 1,280.00	0	\$ 1,577.86
Formaleta en madera	un	1.000	5	\$ 755.40	0	\$ 793.17
mano de obra bloque de anclaje	un	1.000	0	\$ 8,474.67	0	\$ 8,474.67
				% de Herramienta		\$ 423.73
				<b>TOTAL</b>		<b>\$ 34,844.00</b>

<b>APU ESTRUCTURA MAMPOSTERIA POSTENSADA PROYECTO DE INVESTIGACION AÑO 2010</b>						
<b>Nombre</b>	<b>Un</b>	<b>Cantidad</b>	<b>%</b>	<b>Precio</b>	<b>IVA</b>	<b>Total</b>
<b>LOQUES DE ANCLAJE T2 (perpendicular a celda sin anclaje vertical)</b>	un					
Platina de anclaje para postensado	un	2.000	1	\$ 2,700.00	0	\$ 5,454.00
Cuña de anclaje para postensado	un	2.000	1	\$ 1,500.00	0	\$ 3,030.00
Alambre negro de amarrar c.18	kg	0.030	3	\$ 2,300.00	0	\$ 71.07
Acero de Refuerzo grado 60	kg	3.741	3	\$ 1,650.00	0	\$ 6,357.49
concreto 280 kg/cm2	m3	0.014	3	\$ 292,300.00	0	\$ 4,335.39
Tubo PVC eléctrico para pase del torón 3/4"	m	1.174	5	\$ 1,280.00	0	\$ 1,577.86
Formaleta en madera	un	1.000	5	\$ 755.40	0	\$ 793.17
mano de obra bloque de anclaje	un	1.000	0	\$ 8,474.67	0	\$ 8,474.67
				% de Herramienta		\$ 423.73
				<b>TOTAL</b>		<b>\$ 30,517.00</b>
<b>BLOQUES DE ANCLAJE T3 (paralelo a celda con anclaje vertical)</b>	un					
Platina de anclaje para postensado	un	2.000	1	\$ 2,700.00	0	\$ 5,454.00
Cuña de anclaje para postensado	un	2.000	1	\$ 1,500.00	0	\$ 3,030.00
Alambre negro de amarrar c.18	kg	0.030	3	\$ 2,300.00	0	\$ 71.07
Acero de Refuerzo grado 60	kg	3.741	3	\$ 1,650.00	0	\$ 6,357.49
concreto 280 kg/cm2	m3	0.014	5	\$ 292,300.00	0	\$ 4,419.58
Tubo PVC eléctrico para pase del torón 3/4"	m	1.054	5	\$ 1,280.00	0	\$ 1,416.58
Formaleta en madera	un	1.000	5	\$ 755.40	0	\$ 793.17
mano de obra bloque de anclaje	un	1.000	0	\$ 8,474.67	0	\$ 8,474.67
				% de Herramienta		\$ 423.73
				<b>TOTAL</b>		<b>\$ 30,440.00</b>
<b>BLOQUES DE ANCLAJE T4 (paralelo a celda sin anclaje vertical)</b>	un					
Platina de anclaje para postensado	un	1.000	1	\$ 2,700.00	0	\$ 2,727.00
Cuña de anclaje para postensado	un	1.000	1	\$ 1,500.00	0	\$ 1,515.00
Alambre negro de amarrar c.18	kg	0.030	3	\$ 2,300.00	0	\$ 71.07

<b>APU ESTRUCTURA MAMPOSTERIA POSTENSADA PROYECTO DE INVESTIGACION AÑO 2010</b>						
<b>Nombre</b>	<b>Un</b>	<b>Cantidad</b>	<b>%</b>	<b>Precio</b>	<b>IVA</b>	<b>Total</b>
Acero de Refuerzo grado 60	kg	3.741	3	\$ 1,650.00	0	\$ 6,357.49
concreto 280 kg/cm2	m3	0.014	5	\$ 292,300.00	0	\$ 4,419.58
Tubo PVC eléctrico para pase del torón 3/4"	m	1.054	5	\$ 1,280.00	0	\$ 1,416.58
Formaleta en madera	un	1.000	5	\$ 755.40	0	\$ 793.17
mano de obra bloque de anclaje	un	1.000	0	\$ 8,474.67	0	\$ 8,474.67
				% de Herramienta		\$ 423.73
				<b>TOTAL</b>		<b>\$ 26,198.00</b>
<b>BLOQUES DE ANCLAJE T5 (interior en muro)</b>	un					
Platina de anclaje para postensado	un	1.000	1	\$ 2,700.00	0	\$ 2,727.00
Cuña de anclaje para postensado	un	1.000	1	\$ 1,500.00	0	\$ 1,515.00
Alambre negro de amarrar c.18	kg	0.030	3	\$ 2,300.00	0	\$ 71.07
Acero de Refuerzo grado 60	kg	3.160	3	\$ 1,650.00	0	\$ 5,370.42
concreto 280 kg/cm2	m3	0.024	5	\$ 292,300.00	0	\$ 7,365.96
Tubo PVC eléctrico para pase del torón 3/4"	m	0.334	5	\$ 1,280.00	0	\$ 448.90
Formaleta en madera	un	1.000	5	\$ 450.00	0	\$ 472.50
mano de obra bloque de anclaje	un	1.000	0	\$ 6,356.00	0	\$ 6,356.00
				% de Herramienta		\$ 317.80
				<b>TOTAL</b>		<b>\$ 24,645.00</b>
<b>BLOQUES DE ANCLAJE T6 (interior en muro)</b>	un					
Platina de anclaje para postensado	un	0.000	1	\$ 2,700.00	0	\$ -
Cuña de anclaje para postensado	un	0.000	1	\$ 1,500.00	0	\$ -
Alambre negro de amarrar c.18	kg	0.030	3	\$ 2,300.00	0	\$ 71.07
Acero de Refuerzo grado 60	kg	3.160	3	\$ 1,650.00	0	\$ 5,370.42
concreto 280 kg/cm2	m3	0.024	5	\$ 292,300.00	0	\$ 7,365.96
Tubo PVC eléctrico para pase del torón 3/4"	m	0.334	5	\$ 1,280.00	0	\$ 448.90
Formaleta en madera	un	1.000	5	\$ 450.00	0	\$ 472.50
mano de obra bloque de anclaje	un	1.000	0	\$ 6,356.00	0	\$ 6,356.00
				% de Herramienta		\$ 317.80
				<b>TOTAL</b>		<b>\$ 20,403.00</b>

Para la elaboración de este APU (año 2010) se tuvo en cuenta entre otros: Hasta 15 usos para la formaletería en madera de losas y fabricación de bloques de anclaje y deflectores; los teres de consumo para los materiales se obtuvieron con base en la propuesta arquitectónica propuesta para los 58 m<sup>2</sup>.

**Anexo D. Tablas de costos de los sistemas más representativos de VIS.**

**Tabla 30. Costos de la estructura aporricada.**

<b>ESTRUCTURA APORTICADA PROYECTO CONSTRUIDO LA HERRERA AÑO 2009</b>						
un	Vr. Unitario	tenor - un		Área apto	Vr. Total parcial	Elementos representativos de la estructura
kg	\$ 2.635,00	20,61	kg/m2	58,00	\$ 3.149.826,30	ACERO DE REFUERZO
m2	\$ 11.391,00	1,00	m2/m2	58,00	\$ 660.678,00	MALLA ELECTROSOLDADA
m3	\$ 296.023,00	0,08	m3/m2	58,00	\$ 1.356.377,39	COLUMNAS EN CONCRETO
m2	\$ 48.932,00	1,00	m2/m2	58,00	\$ 2.838.056,00	LOSA EN CONCRETO e=0,10m
					\$ 8.004.937,69	Vr. Total
					16,11	SMLV

**Tabla 31. Costos de la estructura mampostería reforzada.**

<b>ESTRUCTURA DE MAMPOSTERIA REFORZADA PROYECTO CONSTRUIDO COLINAS DE ASÍS AÑO 2006</b>						
un	Vr. Unitario	tenor - un		Área apto	Vr. Total parcial	Elementos representativos de la estructura
kg	\$ 2.314,00	3,17	kg/m2	58,00	\$ 425.429,95	ACERO DE REFUERZO
m2	\$ 13.067,00	1,00	m2/m	58,00	\$ 757.886,00	MALLA ELECTROSOLDADA
m3	\$ 28.266,00	1,41	m2/m	58,00	\$ 2.311.593,48	MURO-12 BLOQ. 12x20x40 REV/REV
m2	\$ 3.313,00	2,91	m2/m	58,00	\$ 559.168,14	COLUMNAS DE AMARRE
m2	\$ 28.881,00	1,00	m2/m	58,00	\$ 1.675.098,00	LOSA MACIZA
					\$ 5.729.175,57	Vr. Total
					14,04	SMLV

**Tabla 32. Costos de la estructura mampostería postensada en seco.**

<b>ESTRUCTURA DE MAMPOSTERIA POSTENSADA EN SECO MODELO PROPUESTO AÑO 2010</b>						
<b>un</b>	<b>Vr. Unitario</b>	<b>tenor - un</b>		<b>Área apto</b>	<b>Vr. Total parcial</b>	<b>Elementos representativos de la estructura</b>
m	\$ 5.510,00	6,38	m/m2	58,00	\$ 2.039.857,10	SISTEMA POSTENSADO
m2	\$ 33.793,00	0,75	m2/m2	58,00	\$ 1.476.754,10	MUROS EN BLOQUE 0.12m
m2	\$ 29.340,00	1,00	m2/m2	58,00	\$ 1.701.720,00	LOSA EN BLOQUE 0.20m
un	\$ 19.106,00	1,00	un/m2	58,00	\$ 1.108.148,00	BLOQUE DEFLECTOR 0,20m
un	\$ 34.844,00	0,06	un/m2	58,00	\$ 119.236,17	BLOQUES DE ANCLAJE T1 (perpendicular a celda con anclaje vertical)
un	\$ 30.517,00	0,29	un/m2	58,00	\$ 504.446,01	BLOQUES DE ANCLAJE T2 (perpendicular a celda sin anclaje vertical)
un	\$ 30.440,00	0,16	un/m2	58,00	\$ 278.952,16	BLOQUES DE ANCLAJE T3 (paralelo a celda con anclaje vertical)
un	\$ 26.198,00	0,39	un/m2	58,00	\$ 598.676,70	BLOQUES DE ANCLAJE T4 (paralelo a celda sin anclaje vertical)
un	\$ 24.645,00	0,15	un/m2	58,00	\$ 211.552,68	BLOQUES DE ANCLAJE T5 (interior en muro)
un	\$ 20.403,00	0,11	un/m3	59,00	\$ 132.415,47	BLOQUES DE ANCLAJE T6 (interior en muro)
					\$ 8.171.758,38	Vr. Total
					15,87	SMLV