

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

PROPUESTA DE UN PROCEDIMIENTO ALTERNATIVO DE CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS DE INTERÉS SOCIAL A PARTIR DE ELEMENTOS PREFABRICADOS

Presentado ante la Ilustre
Universidad Central de Venezuela

Por el Br.:

Tiapa Lobos, Juan Carlos

Para optar al Título de

Ingeniero Civil

Caracas, 2015

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

PROPUESTA DE UN PROCEDIMIENTO ALTERNATIVO DE CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS DE INTERÉS SOCIAL A PARTIR DE ELEMENTOS PREFABRICADOS

TUTOR ACADÉMICO: Prof. Iván J. Rodríguez R.

Presentado ante la Ilustre
Universidad Central de Venezuela

Por el Br.:

Tiapa Lobos, Juan Carlos

Para optar al Título de

Ingeniero Civil

Caracas, 2015

ACTA

El día 02 de Noviembre de 2015 se reunió el jurado formado por los profesores:

Prof. Iván J. Rodríguez

Prof. Cristina Echeverría

Prof. José Guerrero

Con el fin de examinar el Trabajo Especial de Grado titulado: "PROPUESTA DE UN PROCEDIMIENTO ALTERNATIVO DE CONSTRUCCION DE VIVIENDAS DE INTERÉS SOCIAL A PARTIR DE ELEMENTOS PREFABRICADOS".

Presentado ante la Ilustre Universidad Central de Venezuela para optar al Título de INGENIERO CIVIL.

Una vez oída la defensa oral que el bachiller hizo de su Trabajo Especial de Grado, este jurado decidió las siguientes calificaciones:

NOMBRE	CALIFICACIÓN	
	Números	Letras
Br. Juan Carlos Tiapa Lobos	17	Diez y Siete

Recomendaciones:

FIRMAS DEL JURADO



Caracas, 02 de Noviembre de 2015

DEDICATORIA

A Dios.

A mi Esposa Thamara Beatriz y a mi hijo Maximiliano.

A mi madre Jois

A mi tía Marisela

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Mi Padre Celestial por escuchar mis suplicas, darme la luz y el conocimiento indispensable para lograr mis objetivos.

Agradezco a mí amada esposa Thamara Beatriz Gutiérrez, quién me acompañó desde el inicio de este trayecto. Gracias por toda su paciencia, amor, conocimiento, apoyo, amistad y ánimo por estar a mi lado en los momentos más difíciles pero de gran valor, durante mis estudios y en mi vida.

A mi pequeño hijo Maximiliano, por hacer de esta etapa de la vida un momento divertido, que al venir al mundo en el transcurso de mis estudios me ha impulsado y motivado a ser mejor padre, esposo, hijo, estudiante y ciudadano.

Agradezco a mi madre Jois Marisela por su amor y apoyo incondicional. Su constancia, esfuerzo y dedicación me ayudaron en gran manera a cumplir esta meta. De la misma manera a mis hermanos Javier y Alvaro, mi suegra Aura y mi suegro Antonio Gutierrez que en numerosas oportunidades desde el inicio de la carrera me ayudaron de diversas formas.

Agradezco a mis compañeros que hicieron que el transcurso en la universidad fuera más agradable y llenas de experiencias durante el tiempo de estudio y en el desarrollo de este trabajo especial de grado, Samuel García, Ricardo González, Gustavo Pájaro, Adrián Hernández, Daniel Zurita, Miguel Cervantes, Danielita Méndez, Diana Salazar que estuvieron presentes en el transcurso de mi carrera.

Agradezco a todos los profesores que participaron en mi educación, por su tiempo y dedicación en el transcurso de la carrera. Agradezco al profesor Iván José Rodríguez por haber sido mi tutor de tesis, su asesoría y su ayuda para el cumplimiento de este logro fueron fundamentales. También al profesor Germán Lozano, por su ayuda y guía en la elaboración de este trabajo especial de grado

Agradezco a la empresa Módulos Habitacionales C.A. y al Sr. Luis Marcelino Sanz por la orientación y asesoría para el desarrollo de este trabajo especial de grado.

Tiapa L. Juan C.

**PROPUESTA DE UN PROCEDIMIENTO ALTERNATIVO DE
CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS DE INTERÉS SOCIAL A
PARTIR DE ELEMENTOS PREFABRICADOS**

Tutor Académico: Iván José Rodríguez Rojas.

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

Escuela de Ingeniería Civil. 2015, 96 pág.

Palabras Claves: Sistema Modular, cerramiento, prefabricado, columna, bovedilla, cerramiento, mampostería.

Resumen. El sistema de construcción modular prefabricado se presenta como una alternativa de producción masiva de viviendas. Por ser el tema de construcción de edificaciones de uso residencial de gran interés a nivel nacional, se ha tomado como objetivo fundamental de este trabajo especial de grado proponer un procedimiento alternativo de construcción de viviendas de interés social a partir de elementos prefabricados. Bajo este enfoque se expondrá el esquema del sistema modular de construcción con la finalidad de presentar los elementos básicos de una vivienda. Posteriormente, se adaptará el diseño arquitectónico de una vivienda existente al sistema modular con elementos prefabricados y de esta manera presentar detalladamente las nuevas dimensiones de los elementos que conforman la vivienda para luego, analizar la respuesta de la estructura ante cargas gravitacionales con el programa SAP2000. Finalmente, se realizará una aproximación del proceso de fabricación de las vigas, columnas, bovedillas de techo y cerramientos de paredes con sus diferentes dimensiones y de esta manera se estimará teóricamente los tiempos de culminación de los mismos así como las ventajas de uso.

INDICE GENERAL

INTRODUCCIÓN	1
CAPITULO I.....	3
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	3
I.1. EL PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN	3
I.2. OBJETIVOS	5
<i>II.2.1. Objetivo General:</i>	5
<i>II.2.2. Objetivos específicos:</i>	5
I.3. JUSTIFICACIÓN	5
I.4. LIMITACIONES.....	6
CAPITULO II	7
MARCO TEÓRICO.....	7
II.1. SISTEMA CONSTRUCTIVO	7
II.2. CONCEPTO DE DISEÑO ESTRUCTURAL	8
II.3. DEFINICIÓN DE MURO Y TABIQUE.....	8
II.4. MUROS CONFINADOS	9
II.5. CONCEPTOS FUNDAMENTALES	10
<i>II.5.1. Acciones permanentes</i>	10
<i>II.5.2. Acciones variables</i>	10
<i>II.5.3. Respuesta</i>	11
<i>II.5.4. Estado límite</i>	11
II.6. PROCESO CONSTRUCTIVO.....	11
II.7. CONSTRUCCIÓN MODULAR.....	11
II.8. PREFABRICACIÓN	12
II.9. ESTRUCTURA	14
II.10. SAP2000	14
II.11. AUTOCAD 2015	15
II.12. CERRAMIENTO	16

II.13. CONSIDERACIONES GENERALES DE LA NORMA 1953:2006 PARA EL ANÁLISIS Y DISEÑO.	16
II.13.1 Rigidez.....	16
II.13.2 Módulo de Elasticidad y Coeficiente de Poisson.....	16
II.14. MAMPOSTERÍA.....	16
II.15. TIPOS DE MAMPOSTERÍA.....	17
II.16. RESEÑA DE LAS CONSTRUCCIONES DE MAMPOSTERÍA	17
II.17. ZONIFICACIÓN SÍSMICA. FUNDAMENTOS	19
II.18. DISEÑO EN ESTADO LÍMITE DE AGOTAMIENTO RESISTENTE (SEGÚN NORMA COVENIN 1753:2001)	20
II.18.1. Resistencia Teórica a Flexión.....	20
II.18.2. Resistencia teórica a compresión.....	20
II.18.3. Resistencia teórica a la flexocompresión.....	20
II.18.4. Resistencia teórica a la fuerza cortante.....	21
II.18.5. Resistencia al aplastamiento.....	21
II.18.6. Apoyos de Muros.....	22
II.18.7. Espesor de Muros.....	22
II.19. CÓDIGO DE CONSTRUCCIONES UNIFORMES (UNIFORM BUILDING CODE- UBC)	22
II.20. DISEÑO DE MAMPOSTERÍA SEGÚN UBC 1997	24
II.20.1 Requerimientos generales	24
II.20.2 Mampostería No reforzada	24
II.20.3 Diseño por Esfuerzos Admisibles Criterios asumidos	24
II.21. MAMPOSTERÍA NO REFORZADA (URM). ESFUERZO A COMPRESIÓN (F´M)	25
II.23. ANÁLISIS APROXIMADO DE ESTRUCTURAS A BASE DE MUROS.....	28
II.24. PESOS DE ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS.....	28
II.25. LOSA DE FUNDACIÓN.....	29
II.26. LOSAS.....	30
II.27. TIPOS DE LOSAS MÁS USADAS	30
II.28. LOSAS NERVADAS	31

II.29. LOSAS PARA ENTRE PISOS Y TECHOS	31
II.30. ESPESORES MÍNIMOS DE LOSAS Y VIGAS	32
II.31. REVESTIMIENTO DE TECHOS.....	33
II.32. ACCIONES VARIABLES.....	33
II.33. CARGAS DE CONSTRUCCIÓN.....	33
CAPITULO III.....	35
MARCO METODOLÓGICO.....	35
III.1. FASE 1: RECOPIACIÓN BIBLIOGRÁFICA Y PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN	35
III.2. FASE 2: BÚSQUEDA Y RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN BÁSICA DE UN MODELO ARQUITECTÓNICO DE UNA VIVIENDA. EXPLICACIÓN DEL SISTEMA MODULAR Y ADAPTACIÓN DEL MODELO DE VIVIENDA.....	35
<i>III.2.1 Descripción del Sistema de Construcción Modular</i>	<i>37</i>
<i>III.2.2. Descripción de Columnas (Machones) de la vivienda.....</i>	<i>38</i>
<i>III.2.3. Descripción de la Viga de Corona.....</i>	<i>39</i>
<i>III.2.4. Descripción y Tipos de Cerramientos. Bloques de Mampostería.....</i>	<i>40</i>
<i>III.2.5. Tipos de Uniones.....</i>	<i>44</i>
<i>III.2.6. Variación de las Rejillas</i>	<i>46</i>
<i>III.2.7. Losa de Pavimento</i>	<i>46</i>
<i>III.2.8. Losa de Techo</i>	<i>47</i>
<i>III.2.9. Sistema constructivo con todos los elementos</i>	<i>49</i>
<i>III.2.10. Materiales Utilizados en la prefabricación de los elementos.....</i>	<i>50</i>
<i>III.2.11 Adaptación de un modelo arquitectónico al sistema de construcción modular.....</i>	<i>51</i>
III.3. FASE 3: ELABORACIÓN DE UN MODELO ESTRUCTURAL CON EL PROGRAMA SAP2000.	52
III.4. FASE 4: EXPLICACIÓN DEL PROCESO DE PREFABRICACIÓN DEL SISTEMA MODULAR.....	52
CAPITULO IV	53
RESULTADOS.....	53

IV.1. MODIFICACIÓN DE LA VIVIENDA.....	53
IV.2. ESTIMACIÓN DE CANTIDADES DE ELEMENTOS PREFABRICADOS.....	57
IV.3. ANÁLISIS DE CARGAS PARA LA VIVIENDA DE UN NIVEL	62
IV.4. NIVEL DE DISEÑO DE LA VIVIENDA.	63
IV.5. PROPIEDADES DE LOS MATERIALES A UTILIZAR.....	63
IV.6. PROPIEDADES DE LAS SECCIONES DE LAS COLUMNAS, VIGAS DE CARGA Y VIGAS “T” INVERTIDAS. ENVIGADO DE LA LOSA NERVADA Y DETALLE DE LOS NERVIOS	64
IV.7. CHEQUEO DE LAS ÁREAS DE ACERO LONGITUDINAL EN VIGAS CORONA Y LA COLUMNAS.....	70
IV.8. VERIFICACIÓN DE LOS REFUERZOS TRANSVERSALES DE LAS VIGAS Y LAS COLUMNAS.....	79
IV.9. DEMANDA CAPACIDAD DE LAS COLUMNAS EN CRUZ	80
IV.10. DEMANDA CAPACIDAD DE LOS NERVIOS “T” INVERTIDA.....	82
IV.11. PROCESO DE FABRICACIÓN DE LAS COLUMNAS Y NERVIOS “T” INVERTIDOS PARA LA LOSA NERVADA ASÍ COMO LOS CERRAMIENTOS. ESTIMACIÓN DEL TIEMPO DE FABRICACIÓN.	85
IV.11.1 Columnas en forma de cruz	85
IV.11.2 Nervios en forma de “T” Invertida.....	87
IV.11.3 Cerramientos de pared y Bovedillas de Techo	87
IV.11.4 Estimación General del tiempo de culminación de los elementos de la vivienda en estudio.....	88
CAPITULO V	89
ANÁLISIS DE RESULTADOS	89
V.1. ADAPTACIÓN DE LA VIVIENDA AL SISTEMA MODULAR	89
V.2. CARGAS APLICADAS A LA ESTRUCTURA	89
V.3. DISEÑO POR FLEXIÓN DE LAS VIGAS.	89
V.4. DISEÑO POR CORTE DE LA VIGA CORONA	90
V.5. DEMANDA VS CAPACIDAD DE LAS COLUMNAS EN FORMA DE CRUZ.....	90
V.6. VERIFICACIÓN DE LOS NERVIOS DE LA LOSA NERVADA.....	90

V.7. ESTIMACIÓN DEL TIEMPO DE ELABORACIÓN EN PLANTA DE LOS ELEMENTOS PREFABRICADOS	91
CAPITULO VI.....	92
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	92
VI.1. CONCLUSIONES	92
VI.2. RECOMENDACIONES.....	93
BIBLIOGRAFÍA	94

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Altura mínima de vigas o espesor mínimo de losas, a menos que se calculen las flechas. Fuente: COVENIN 1753:2006.....	32
Tabla 2. Pesos en Losa de techo. Fuente: COVENIN 2002:1988.....	34
Tabla 3. Peso por tipo de Cerramiento.....	57
Tabla 4. Área que ocupan puertas y ventanas.....	57
Tabla 5. Área y Volumen por pared.....	58
Tabla 6. Cantidad de Cerramientos por tipo.....	58
Tabla 7. Área y volumen por pared.....	59
Tabla 8. Cantidad de Cerramientos por tipo.....	60
Tabla 9. Carga Permanente. Nivel Techo.....	62
Tabla 10. Propiedades de los Materiales.....	63
Tabla 11. Propiedades de las Vigas, columnas y Vigas “T” invertidas.....	64
Tabla 12. Área de acero longitudinal en las Vigas perimetrales.....	70
Tabla 13. Dimensiones de una Viga Longitudinal.....	79
Tabla 14. Cálculo de la separación de Estribos en Viga Longitudinal.....	79
Tabla 15. Cálculo de la separación de Estribos en Viga Transversal.....	79
Tabla 16. Demanda capacidad de las Columnas.....	80
Tabla 17. Demanda capacidad de los Nervios en forma de “T” invertida.....	82

INDICE DE GRAFICOS

Gráfica 1. Momento vs Curvatura de las Columnas.....	68
Gráfica 2. Momento vs Curvatura de la Viga “T” invertida.....	69

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Muro Confinado.....	9
Figura 2. Método Empírico.....	26
Figura 3. Diseño Controlado.....	27
Figura 4. Pesos unitarios probables de elementos constructivos.....	31
Figura 5. Pesos en Losa de techo.....	33
Figura 6. Plano Arquitectura Original.....	36
Figura 7. Detalle de Columna (Machón).....	39
Figura 8. Detalle de Unión Tipo (Columna y Viga Corona).....	40
Figura 9. Detalle Cerramiento MH090.....	41
Figura 10. Detalle Cerramiento HH090.....	41
Figura 11. Detalle Cerramiento HE090.....	42
Figura 12. Detalle Cerramiento MH030.....	42
Figura 13. Detalle Cerramiento HH030.....	43
Figura 14. Detalle Cerramiento HE030.....	43
Figura 15. Detalle de Unión Machón Bloque y Machón en esquina.....	44
Figura 16. Detalle de Unión Triple y Continuación de pared.....	45
Figura 17. Detalle de Unión Cuádruple y Unión Bloque-Bloque.....	45
Figura 18. Variación de la Rejilla.....	46
Figura 19. Detalle de arranque en Fundación.....	47
Figura 20. Detalle Nervio de Techo.....	48
Figura 21. Detalle Losa de Techo.....	48

Figura 22. Bovedilla colocada en la losa de techo.....	49
Figura 23. Los elementos Bloques, Ventanas y Machones en relación con la rejilla.	49
Figura 24. Sistema Constructivo de Pórtico Típico.....	50
Figura 25. Plano Arquitectura Adaptado.....	54
Figura 26. Fachada Principal, Lateral y Posterior.....	55
Figura 27. Corte A-A: y Corte B-B.....	56
Figura 28. Distribución de Cerramientos por tipo.....	61
Figura 29. Detalle de Vigas Corona y Columnas.....	65
Figura 30. Envigado de la Losa Nervada.....	66
Figura 31. Detalle de Nervio de la Losa Nervada.....	67
Figura 32. Diagrama de Esfuerzos de la Columna.....	68
Figura 33. Diagrama de Esfuerzos de la Viga “T” invertida.....	69
Figura 34. Nomenclatura y Ubicación de Columnas Vigas y Nervios.....	76
Figura 35. Detalle de Vigas Transversales.....	77
Figura 36. Detalle de Vigas Longitudinales.....	78
Figura 37. Vista panorámica de la Planta.....	86
Figura 38. Vista de la Pista de fabricación de columnas y Vigas “T” invertidas.....	86
Figura 39. Vista de Nervios “T” Invertidas en Patio.....	87
Figura 40. Equipo utilizado para la fabricación de cerramientos y bovedillas.....	88

INTRODUCCIÓN

La calidad de vida de las personas depende en gran manera a las condiciones del lugar de vivienda, a lo largo de la historia el hombre ha buscado mejorar dichas condiciones y de esta manera obtener confort, además de cumplir la función básica de brindar refugio y seguridad frente a cambios en las condiciones climáticas.

Para nuestro país, el tema de vivienda, ha cobrado un importante tema a nivel político, social económico, y con mayor envergadura, en el ámbito de la ingeriría civil, ya que el mayor reto de los últimos años, que se ha tratado de abordar en el mundo, pero incluso sin escapar de la realidad de nuestro país, es lograr conseguir sistema o perfeccionar los existentes, para tener viviendas unifamiliares o multifamiliares cuya construcción permita aminorar los costos, sin rebajar las normas y procedimientos de construcciones establecidos, y por el contrario mejorar la calidad de las mismas.

Es así como han surgido iniciativas de infraestructura, tanto del sector privado como por parte del sector público nacional, y se han propuesto modelos concretos de construcción de viviendas de interés social, entre ellos se ha presentado el tema de industrialización de los sistemas de construcciones, entre esas tenemos, el sistema modular prefabricado, con elementos de Mampostería.

En ese sentido, a los fines de lograr el objetivo principal y los específicos del presente trabajo especial de grado, se han revisados, los conceptos técnicos que estarían involucrados en el diseño y adaptación de un modelo de construcción de una vivienda unifamiliar, bajo el esquema del sistema modular prefabricado producido por la empresa Módulos Habitacionales C.A., así también fueron revisadas y analizadas las normas que deben tomarse en cuenta, y como recursos importantes para la adaptación y desarrollo de la propuesta aquí presentada se trabajó con 2 programas cuya aplicación también está siendo implementada con mayor frecuencia que son el programa SAP2000, y AutoCAD, para finalmente en base a lo

desarrollado efectuar el análisis de cargas gravitacionales con un nivel de diseño ND1, que en definitiva pueda ratificar las investigaciones y avances realizados por la Ingeniería Civil en este campo, y pueda contribuir según el modelo propuesto y ser un agente multiplicador de los avances y gestiones positivas de ello.

CAPITULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

I.1. El Problema de la Investigación

Contar con una vivienda adecuada es uno de los aspectos más importantes en la vida de una persona. La vivienda es uno de los bienes básicos y una necesidad primaria de la población; su función principal es la de refugio y protección a las condiciones climáticas

La demanda de vivienda en América Latina y el Caribe es distinta según la zona urbana o rural donde se establece. Desde inicios del siglo pasado, la población se ha multiplicado enormemente, pasando de 60 millones de habitantes a cerca de 588 millones en el 2010. Un informe de Naciones Unidas señala que la población urbana de América Latina es una de las regiones más urbanizadas del mundo; de hecho Argentina, Chile, Uruguay y Venezuela tienen tasas de urbanización mayores al 86% y la cantidad y calidad de viviendas disponibles no es suficiente para garantizar condiciones mínimas a todos los hogares. (ONU-Habitat, 2012) En consecuencia se tendrían viviendas superpobladas lo cual ocasionaría un impacto negativo en la salud física y mental, en las relaciones con otras personas y en el desarrollo de los hijos. Aunado a lo anterior, el hacinamiento suele traducirse en un suministro inadecuado de agua y de servicios de alcantarillado

En Venezuela existen más de 8 millones de viviendas, con un promedio de 3,9 personas por vivienda (INE, Censo 2011) por otra parte hay aproximadamente 13 millones de venezolanos que no tienen hogar lo cual equivale a 3 millones de unidades habitacionales faltantes. Debido a este déficit, en los últimos años se ha iniciado la construcción de viviendas de interés social con el objetivo principal de disminuir el hacinamiento sin comprometer la calidad de la misma. Sin embargo los procesos constructivos utilizados en las mismas presentan los largos tiempos de culminación en la ejecución del proyecto, poco ahorro energético y los elevados

costos de producción los cuales hacen poco rentable el proyecto para los constructores

Por otra parte, es necesaria mano de obra calificada y no se contempla la construcción masiva de viviendas; todo esto impide de alguna manera satisfacer la demanda de viviendas.

Actualmente existen diversos tipos de sistemas de construcción para viviendas unifamiliares que pueden satisfacer las necesidades actuales en el país, entre ellos están: la construcción tradicional, los sistemas de estructuras de acero, de madera, de paneles estructurales y de construcción modular prefabricada, este último se produce en forma industrializada y está conformado por columnas, vigas, nervios y cerramientos, que ensamblados forman paredes, entrepisos y techos con las dimensiones requeridas por el diseño.

El sistema modular de elementos prefabricados producidos por la empresa Módulos Habitacionales es a diferencia de los otros de bajo costo, el tiempo de culminación es menor, el proceso constructivo es más eficiente, tiene un buen aislamiento térmico y acústico y la mano de obra requerida es menos calificada; por lo tanto, puede ser una alternativa para la construcción de viviendas de interés social.

En este trabajo especial de grado se presentará el sistema de construcción modular prefabricado y se adaptará un modelo arquitectónico existente de una vivienda unifamiliar con el modelo de vivienda prefabricado para posteriormente aplicar cargas gravitacionales en direcciones ortogonales. Finalmente, se describirá el proceso de fabricación de la vivienda.

La propuesta anterior plantea algunas interrogantes: ¿Será factible teóricamente utilizar el sistema modular prefabricado en la construcción de viviendas de interés social? De ser afirmativa la respuesta, ¿el sistema modular prefabricado proporcionará una óptima capacidad estructural al adaptarlo a un modelo de vivienda existente?

I.2. Objetivos

II.2.1. Objetivo General:

Proponer un procedimiento alternativo de construcción de viviendas de interés social a partir de elementos prefabricados.

II.2.2. Objetivos específicos:

II.1. Presentar el esquema del Sistema de Construcción Modular prefabricado de viviendas.

II.2. Adaptar una propuesta arquitectónica existente al modelo de vivienda unifamiliar con elementos prefabricados.

II.3. Formular el proceso de prefabricación.

I.3. Justificación

El sistema de construcción tradicional industrializada considera la fabricación de los elementos de una edificación. Por lo tanto, es un procedimiento alternativo para solucionar la alta demanda de viviendas de interés social en Venezuela, porque se puede prefabricar de manera masiva o en serie y en poco tiempo. En tal sentido, el sistema modular proporciona mayor eficiencia en cuanto a detalles constructivos y alto nivel en el control de calidad de fábrica.

Por otra parte, el sistema constructivo y su proceso de fabricación pueden ser un tema abierto a la investigación y difusión en la Escuela de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Central de Venezuela; por ejemplo, incluido en una asignatura en el módulo de selectivas de construcción de obras civiles, ya que es una técnica que se ha venido aplicando en Venezuela. También se podrían incluir los controles aplicados en la inspección de obras en planta así como realizar comparaciones con otros sistemas de construcción utilizados en el país.

Sumado a lo anterior, el diseño de la vivienda de interés social con dimensiones específicas que se presentará como resultado de este trabajo de grado puede servir de referencia a las empresas dedicadas al ramo de la construcción de elementos prefabricados para unidades de vivienda; por último, puede servir de modelo preliminar para personas independientes que deseen construir su vivienda y posean tanto el terreno disponible para la ejecución de la obra como el asesoramiento de empresas constructoras.

Adicionalmente, será un medio de difusión a la sociedad porque mostrará sus ventajas estructurales frente a la construcción convencional, con la posibilidad de su uso extendido en el país.

I.4.Limitaciones

En la realización de este Trabajo Especial de Grado se presentaron algunas limitaciones las cuales se mencionaran a continuación:

1. El software sap2000 no presenta de manera completa todos los cálculos de diseño.
2. En el análisis estructural no se tomó en cuenta los efectos sísmicos, porque se clasificó la vivienda con nivel de diseño “1”
3. Debido a que no existe una norma específica para construcciones con mampostería confinada se utilizaron ciertos parámetros de normas o códigos internacionales.
4. Por recomendación del jurado evaluador del presente trabajo especial de grado, se sugirió agregar dentro de los objetivos específicos el nombre de la empresa que produce los elementos del sistema modular prefabricado. Ahora bien por temas de tiempo y de índole administrativo se deja constancia de que se tomó nota de la recomendación, señalando que la empresa que prestó el apoyo técnico y fabrica los elementos es Módulos Habitacionales C.A.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

El Capítulo II correspondiente al marco teórico, se presentan los modelos, leyes, teorías, principios, criterios de diseño y conceptos relacionados a los sistemas de construcción modular prefabricado. Además se realiza una reseña histórica en el uso y diseño de estructuras basadas en la Mampostería Estructural así como las normativas internacionales relacionadas a los mismos las cuales tienen un amplio registro del comportamiento de las paredes tipificadas, como es el caso de la Agencia Federal para el Manejo de Emergencias FEMA (Federal Emergency Management Agency) y el código de construcción UBC (Uniform Building Code) en Estados Unidos, así como el Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente **NSR-10 en Colombia**. También se presentan las funciones y propiedades del software utilizado a saber SAP2000 y AutoCAD 2015.

II.1. Sistema constructivo

Se entiende por sistema constructivo según (Carrío, 2005) al “conjunto de elementos y unidades de un edificio que forman una organización funcional con una misión constructiva común, sea esta de sostén (estructura), de definición y protección de espacios habitables (cerramientos), de obtención de confort (acondicionamiento) o de expresión de imagen y aspecto (decoración)

En este sentido, cabe destacar que los sistemas suelen estar constituidos por unidades, éstas, por elementos y éstos a su vez, se construyen a partir de unos determinados materiales.

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”.

De acuerdo a (Torres, 2003) existen varios tipos de sistemas constructivos que son: Muros diafragma, Muros confinados, Muros no reforzados y Muros reforzados interiormente. A efectos del presente trabajo especial de grado y de acuerdo a las características del modelo de vivienda a presentar posteriormente se clasificará como Vivienda de mampostería con muros confinados.

II.2. Concepto de Diseño Estructural

El diseño estructural de acuerdo a (Hernandez, 2013), se caracteriza por un proceso creativo mediante el cual se le da forma a un sistema estructural para que cumpla una función determinada con un grado de seguridad razonable y que en condiciones normales de servicio tenga un comportamiento adecuado. Es importante considerar ciertas restricciones que surgen de la interacción con otros aspectos del proyecto global; las limitaciones globales en cuanto al costo y tiempo de ejecución así como de satisfacer determinadas exigencias estéticas. Entonces, la solución al problema de diseño no puede obtenerse mediante un proceso matemático rígido, donde se aplique rutinariamente un determinado conjunto de reglas y fórmulas.

II.3. Definición de Muro y Tabique

Se define tabique como una pared que no soporta cargas y que sirve como elemento ligero para la división de espacios dentro de la edificación

La definición de “muros” para el año de 1955, según la norma del Ministerio de Obras Públicas (MOP), lo refiere como un arreglo de elementos mampuestos colocados unos sobre otros, cuyo peso propio y un material aglutinante (mortero) contrarrestaban las fuerzas inerciales generadas tras un sismo, es por esta razón que estos elementos estructurales eran también denominados “Paredes de Carga”.

II.4. Muros Confinados

Son muros reforzados con dala y castillos¹ definidos en las Normas Técnicas Complementarias para Diseño y Construcción de Estructuras de Mampostería (NTCM) que se resume en la figura 1.

Existirán elementos de refuerzo (Vigas y Machones), en el perímetro de todo hueco, cuya dimensión exceda de la cuarta parte de la dimensión del muro de la misma dirección.

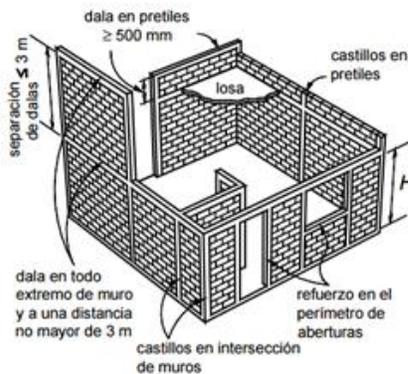


Figura 1. Muro Confinado. Fuente: Torres (2003). Pág. 78

Cuando un Muro de Mampostería rodeado por un marco de Concreto Reforzado está sujeto a cortante, el tablero del muro y el marco se separan para una carga del **50 %** al **70 %** de la capacidad máxima, y entonces el muro actúa como un puntal diagonal de compresión. La falla final ocurre de las siguientes formas:

1. Falla del Puntal Diagonal de Compresión: La capacidad máxima se determina por la resistencia máxima de compresión del puntal, que tiene una anchura de aproximadamente un cuarto de la longitud diagonal del tablero.
2. Falla Horizontal Deslizante del Tablero: Si la resistencia al deslizamiento es menor que la resistencia limitada por el puntal diagonal, el tablero de muro falla por deslizamiento horizontal.

¹ Los términos “Dalas” y “Castillos” hacen referencia en la terminología venezolana a vigas y machones

Una vez que ocurre el deslizamiento, el cortante externo se resiste solamente con las columnas, puesto que la fricción en las superficies del deslizamiento es muy pequeña. La resistencia suministrada por las columnas se determina como el menor valor de la suma de las resistencias al cortante de las columnas.

Los muros de mampostería confinados muestran una mayor ductilidad que los muros de mampostería aislados. El deterioro de la resistencia es más serio para la mampostería hueca que para la mampostería sólida., debido a la fractura y el agrietamiento de las paredes. La resistencia y la capacidad de disipación de energía de un marco con muros confinados son mucho mayores que la de un marco solo y, por consiguiente, un marco con muros confinados resulta efectivo contra los sismos, aun cuando las fuerzas introducidas se incrementen debido a la alta rigidez.

El análisis de los sistemas de mampostería es particularmente complicado, puesto que se diseñan para minimizar las aberturas. Puede obtenerse una solución aproximada mediante el análisis elástico de un marco que conste de miembros lineales que reemplazan la estructura real con muros confinados. En el análisis, los efectos de las deformaciones por cortante y las zonas rígidas alrededor de las conexiones viga-columna pueden tomarse en cuenta si es necesario.

II.5. Conceptos fundamentales

II.5.1. Acciones permanentes

Representa las cargas gravitacionales debidas al peso de todos los componentes estructurales y no estructurales, tales como muros, pisos, techos y tabiques, equipos de servicio unidos a la estructura y cualquier otra carga de servicio fija. (COVENIN, 1756:2001)

II.5.2. Acciones variables

Carga originada por el uso y ocupación del edificio, excluidas las cargas permanentes, de viento o sismo (COVENIN, 1756:2001).

II.5.3. Respuesta

Se representa por un conjunto de parámetros físicos que describen el comportamiento de la estructura ante las acciones que le son aplicadas. (Hernandez, 2013)

II.5.4. Estado límite

Es cualquier etapa en el comportamiento de la estructura a partir de la cual su respuesta se considera inaceptable.

II.6. Proceso constructivo

Es el conjunto de técnicas que se utilizan para efectuar o hacer cualquiera de los elementos (vigas, columnas, cerramientos, entre otros) que componen los sistemas constructivos. Por lo tanto, como está relacionado con la técnica de construir, la misma puede evolucionar con el transcurso del tiempo lo cual mejoraría el aspecto de innovación del sistema de construcción y por ende las viviendas que se fabrican.

II.7. Construcción modular

La construcción modular se define como un procedimiento constructivo en el cual la unidad estructural fundamental del mismo se repite, de manera regular, a lo largo de todo el proyecto. Ello implica unos procedimientos tanto en la concepción como en la planificación y construcción del mismo, claramente diferentes a los utilizados en los sistemas constructivos tradicionales. Los aspectos de planificación en la fase de proyecto de una obra cobran un peso mucho más importante en estos sistemas, aspecto que choca con la situación actual de dedicar menos recursos a estas fases de acuerdo a (Blanco Alvarez, 2003). Dentro de la construcción modular existen diversos sistemas que se han desarrollado, principalmente, en dos enclaves geográficos: Europa y Estados Unidos. La construcción modular ha estado, tradicionalmente, asociada a la construcción mediante prefabricado, en concreto a la prefabricación pesada de hormigón que se desarrolló en Europa tras la segunda guerra

mundial y, en particular, a todos los prejuicios que se crearon en torno a ella (fruto, en muchos casos, del desarrollo uniforme de los países de la Europa del este).

No obstante, la construcción modular es una modalidad constructiva que ofrece grandes posibilidades. Así, en el ámbito de los países nórdicos, la construcción modular se está imponiendo claramente como un sistema constructivo dominante (el índice de realizaciones llevadas a cabo mediante construcciones modulares prefabricadas en Suecia es aproximadamente el 90%). Un caso también destacable es el holandés, país que se sitúa a la cabeza tanto en investigación como en desarrollo de sistemas modulares.

En nuestro caso particular la estructura posee muros de carga que son aquellos sobre los que descansa la losa del techo. Este tipo de muro es de doble función, carga y resistencia sísmica en su plano.

En general se puede concluir que los muros que conforman el Sistema Constructivo, poseen arriostamiento en su base, y tienen posibilidad de desplazamiento en el acoplamiento con las vigas de corona.

Si se considera una carga de sismo diagonal, el sistema estructural que nos ocupa podría estar influido por el efecto de torsión en planta.

II.8. Prefabricación

La prefabricación según (SUMIMSE 2013) es un método industrial de producción de elementos o partes de una construcción en planta o fábrica y su posterior instalación o montaje en la obra. Es decir, el método está basado en el diseño y producción de componentes y subsistemas elaborados en serie en una fábrica fuera de su ubicación final y que en su posición definitiva, tras una fase de montaje simple, precisa y no laboriosa, conforman el todo o una parte de un edificio o construcción. La aparición masiva de este sistema recibe su gran impulso por la necesidad de construir viviendas de una forma numerosa, barata y rápida, necesidades originadas en las guerras, migraciones, centros urbanos y la explosión demográfica. Esta técnica, que ha tenido un enorme desarrollo a nivel mundial, presenta claras

ventajas cuando se requiere utilizar elementos repetitivos e industrializar las faenas de construcción y mejorar su productividad.

Entre las ventajas de la técnica de prefabricación se destacan las siguientes:

1. Reducción de plazos de construcción.
2. Organización similar a una fábrica, con mayor grado de mecanización, mano de obra estable y especializada.
3. Mayor facilidad para un adecuado control de calidad.
4. Menor formación de juntas de concreto.
5. Uso múltiple y repetitivo de encofrados.
6. Posibilidad de aplicar técnicas de pretensado, curado acelerado, etc.

La prefabricación puede llegar a ser aplicada a elementos de concreto simple, como soleras, tubos, bloques, ladrillos, etc.; a elementos sencillos de concreto armado como postes, y a sistemas más sofisticados como losas, vigas y columnas.

Las ventajas del prefabricado son:

- La construcción se convertiría en una actividad continua.
- La mano de obra que trabajaría en estas cadenas de montaje no necesitaría una formación especializada.
- La rapidez de montaje.
- Ahorro de materiales utilizados en obra.
- Reducción de los residuos de la construcción.
- Los componentes prefabricados se construirían con materiales de la misma calidad.
- También poseerían una mayor fortaleza para resistir durante el transporte y montaje.
- La prefabricación de elementos constructivos podría abrir el cambio hacia la creación de edificios.

II.9. Estructura

Se define como estructura a los cuerpos capaces de resistir cargas sin que exista una deformación excesiva de una de las partes con respecto a otra. Por ello, la función de una estructura consiste en transmitir las fuerzas de un punto a otro en el espacio, resistiendo su aplicación sin perder la estabilidad (Marshall y Nelson, 1995). La anterior definición genera diferentes tópicos tales como: fuerza, momento de una fuerza, esfuerzo, deformación etc., que buscan cumplir con la premisa expuesta anteriormente. Esta descripción cualitativa no basta para definir una estructura con todos sus detalles, hace falta conocer de estática, mecánica de materiales, análisis estructural mecánica de suelos y diseño de elementos de un material dado (acero, concreto armado, madera etc.), que permiten establecer una estructura que cumpla con la definición dada (Medina, 2004).

II.10.SAP2000

Es un programa desarrollado por la empresa CSI, Computer and Structures, Inc. En Berkeley, California, EEUU. Se presenta en varias versiones (Standard, Plus y Advanced). Desde hace más de 30 años ha estado en continuo desarrollo, para brindarle al ingeniero una herramienta confiable, sofisticada y fácil de usar sobre la base de una poderosa e intuitiva interfaz gráfica con procedimientos de modelaje, análisis y diseño estructural a la vanguardia a nivel mundial.

SAP2000 determina a través del método de elementos finitos la respuesta en términos de fuerzas, esfuerzos y deformadas en los elementos de área y sólidos, presentando una salida gráfica y por tablas, haciéndolo la herramienta versátil para ingenieros estructurales dedicados a la investigación, desarrollo de proyectos y construcción.

El programa posee un diseño en acero, concreto y aluminio completamente integrado, todos disponibles desde la misma interfaz usada para modelar y analizar el modelo. El diseño de miembros de acero y aluminio permite el predimensionado

inicial y una optimización interactiva, y el diseño de elementos de concreto incluye el cálculo de la cantidad de acero de refuerzo requerido, considerando incluso un nivel de diseño sismorresistente. El diseño en general, se realiza a través de la aplicación de códigos internacionales actualizados

En relación al análisis No Lineal podemos obtener la curva de capacidad de una estructura a través de la aplicación de un Pushover y la definición de Rótulas plásticas en los extremos de los elementos. Esta curva de Capacidad permite estudiar los mecanismos de falla que presenta un determinado modelo obteniendo la ductilidad, Capacidad última, máxima deformación inelástica, etc. Adicionalmente, la capacidad puede verificarse contra la demanda impuesta siguiendo los criterios de las Normas FEMA 356, FEMA 440, ATC 40, Esto permite validar los procedimientos normativos en el área de desempeño sismorresistente. (INESA Ingeniero estructurales asociados, 2014).

II.11. AutoCAD 2015

“AutoCAD es un software CAD utilizado para dibujo 2D y modelado 3D. Actualmente es desarrollado y comercializado por la empresa Autodesk. El nombre AutoCAD surge como creación de la compañía Autodesk, en que Auto hace referencia a la empresa creadora del software y CAD a Diseño Asistido por Computadora (por sus siglas en inglés "Computer Aided Design"), teniendo su primera aparición en 1982. AutoCAD es un software reconocido a nivel internacional por sus amplias capacidades de edición, que hacen posible el dibujo digital de planos de edificios o la recreación de imágenes en 3D; es uno de los programas más usados por arquitectos, ingenieros, diseñadores industriales y otros.

Además de acceder a comandos desde la solicitud de comando y las interfaces de menús, AutoCAD proporciona interfaces de programación de aplicaciones (API) que se pueden utilizar para determinar los dibujos y las bases de datos”. (Wikipedia, 2015)

II.12. Cerramiento

Son divisiones que se hacen con bloques o paneles (elemento que se usa para separar los espacios y normalmente no soporta cargas por sí solo). Sin embargo, al estar unido a las pequeñas columnas, juntos puede soportar cargas estructurales.

II.13. Consideraciones Generales de la Norma 1953:2006 para el Análisis y Diseño.

II.13.1 Rigidez

Para calcular las rigideces relativas en flexión y torsión de los miembros de las estructuras podrán adoptarse hipótesis razonable, las cuales deben ser consistentes en todo el análisis. Salvo que expresamente se indique lo contrario, para efectos del análisis estructural en esta Norma se considerarán las secciones como no fisuradas. Tanto en la determinación de momentos como en el diseño de los miembros se considerará el efecto de las cartelas.

II.13.2 Módulo de Elasticidad y Coeficiente de Poisson

El módulo de elasticidad para el concreto, E_c , en kgf/cm^2 , puede tomarse igual a: $0,14 w_c 1.5 c_f'$ para valores de w_c entre 1440 y 2500 kgf/m^3 . Para concretos de peso normal, puede considerarse $E_c = 15100 c_f'$. El módulo de elasticidad del acero de refuerzo E_s se considera igual a $2,1 \times 10^6 \text{ kgf/cm}^2$. Salvo que se determine experimentalmente, el coeficiente de Poisson μ para el concreto se tomará como 0,20.

II.14. Mampostería

La palabrea deriva de la palabra mampuesto o colado con la mano y esta se elabora artesanalmente con elementos naturales o artificiales (fabricados), unidos o

no con alguna sustancia aglomerante ya sea: epóxidos, morteros, etc. y constituye un caso particular de muros. Actualmente, la mampostería se ha diversificado de tal manera que existen varias formas de construir y también la manera en que se usa ya sea para construcción de viviendas de manera informal o por el contrario, aquellas cuya elaboración está basada en las normas y lineamientos generales que lo regulan. Ahora bien, tenido esto en cuenta el presente trabajo de grado se limitará al estudio de la mampostería basada en las normas que regulan dicha actividad.

II.15. Tipos de Mampostería

La norma UBC 1997 define tres sub-categorías generales de mampostería formales: reforzada (—RM \parallel), no-reforzada (—URM \parallel) y pórticos rellenos (—Infill Fram \parallel) con dichos bloques u otros materiales tales como fibras, polímeros (Mbrace) o veneer. Estas paredes de mampostería pueden ser categorizadas como elementos primarios o secundarios. Las paredes que se consideran parte del sistema resistente a fuerzas laterales, y pueden o no aportar cargas de gravedad o servicio, serán denominados elementos primarios. Las paredes que no se consideran parte del sistema de resistencia de la fuerza lateral, pero permanecen estables aportando cargas de gravedad durante la excitación sísmica, deben ser elementos secundarios. (FEMA 273,1997).

II.16. Reseña de las construcciones de mampostería

El uso de la mampostería se ha llevado a cabo desde hace siglos, con la finalidad de construir refugios para el ser humano o para la realización de estructuras y/o esculturas de adoración. Para ello utilizaban piedras colocadas unas encima de otras sin usar aglutinantes, ejemplo de ello están el anillo de Stonehenge en Inglaterra, las Pirámides Egipcias construidas hace más de 2500 años, la gran Muralla China, el Taj Mahal en India y las Pirámides de Yucatán en México.

En el siglo V, después de Roma, el avance de la tecnología de la mampostería en Europa se detiene por varios siglos ya que se dejan de fabricar ladrillos; los morteros de cemento y el concreto, desaparecen, perdiéndose su tecnología, siendo rescatada 13 siglos después por Smeaton, el fundador de la ingeniería civil moderna, quien en 1756 reconoció la necesidad de usar en Inglaterra una mezcla de cal y puzolana italiana para la reconstrucción de partes de estructuras sumergidas o expuestas a la acción del mar.

De acuerdo a (Peña, 2012) En el siglo XII se empiezan a construir arcos góticos y bóvedas que posibilitan cubrir grandes luces. Los muros se hacen más esbeltos y se les colocan contrafuertes. Más adelante en el siglo XVIII con la revolución industrial se empiezan a elaborar ladrillos de arcilla en grandes fábricas, en las cuales poco a poco se fueron perfeccionando los hornos utilizados. A partir del siglo XVIII al XXI se ha venido utilizando la mampostería como elemento primario para la construcción de edificios, haciéndolos cada vez más altos en función a los desarrollos obtenidos en la tecnología del reforzamiento.

Dicha evolución de la utilidad ha venido sujeta al desarrollo de las *tecnologías de sus materiales*, pasando por el simple apilamiento de piedras (como unidad mampuesta) con o sin aglutinante, la utilización de barro secado al sol como sustituto y la utilización de moldes para la fabricación de los mismos de forma masiva, hasta llegar a la variedad actual de materiales y formas de las unidades de mampostería; así como de las sustancias cementantes que las mantienen unidas, destacándose el cemento Portland como insumo primordial en el mejoramiento de sus propiedades mecánicas.

Antiguamente las construcciones se hacían en mampostería, pero simplemente se basaba en resultados experimentales sobre construcciones hechas anteriormente, pero al carecer completamente de estudios teóricos o ensayo alguno, se obtenían construcciones de dimensiones muy exageradas. A fines de 1800, se construyeron edificios de mampostería de 16 pisos de altura, pero el material estructural que

ocupaba en la base era del 25% del área total, por lo que no era competitivo en cuanto a costos. (Gallegos & Ramirez de Alba, 2003).

El inconveniente del dimensionamiento exagerado no era la calidad de los materiales empleados, sino en el desconocimiento de las propiedades mecánicas individuales y en el conjunto (mampostería) Por lo tanto, una vez que se desarrolló la tecnología del concreto y los ensayos correspondientes se extrapolaron a el estudio de la mampostería, iniciando de esta manera el avance en el estudio de los materiales y de los sistemas constructivos de mampostería creándose de esta forma una gama diversificada de usos y aplicaciones en la construcción de viviendas

Conforme avanzaba la tecnología del uso de la mampostería fue necesaria la creación de códigos y normas que regularan dicha actividad, como por ejemplo la norma del M.O.P de 1955 de Venezuela (no vigente en la actualidad) y que a diferencia de las Normas COVENIN 1753:2006 y 1756:-1:2001 estas indicaban las normas de diseño con mampostería. No obstante, a nivel internacional existen normas, y códigos que se encuentran vigentes tales como el Código Uniforme de la Construcción (U.B.C. “Uniform Building Code”) 1997, el Código Internacional de Construcción (I.B.C. “International Building Code”) 2000 y la FEMA las cuales regulan los aspectos referentes a métodos de análisis, calidad de los materiales, dimensionamientos entre otras cosas.

II.17. Zonificación Sísmica. Fundamentos

De acuerdo al capítulo 4 de la norma COVENIN 1756-1:2001, el país ha sido dividido en ocho zonas. Estas se indican en la tabla 4.2 de la mencionada norma. Para los efectos del presente trabajo especial de grado se limitará el análisis y diseño de la vivienda en una zona sísmica “0” y “1” lo cual significa que no se realizará un análisis sísmico, por lo tanto la futura vivienda podría estar ubicada en algunos Municipios del Estado Bolívar y algunos Municipios del Estado Anzoátegui y Apure.

II.18. Diseño en estado límite de Agotamiento Resistente (Según Norma COVENIN 1753:2001)

II.18.1. Resistencia Teórica a Flexión

El diseño de secciones transversales sometidas a flexión, debe satisfacer la condición:

$$\phi M_n \geq M_u.$$

Donde el momento resistente teórico M_n calculado es igual a:

- i) Cuando controla la tracción: $M_n = 1,33 \sqrt{f'_c} * S_e$
- ii) Cuando controla la Compresión: $M_n = 0,85 f'_c * S_e$

Donde S_e es el modulo elástico de la sección transversal.

II.18.2. Resistencia teórica a compresión

El diseño de secciones transversales sometidas a compresión, deben satisfacer la condición:

$$\phi N_n \geq U_n$$

La resistencia teórica a la compresión N_n es igual a:

$$N_n = 0,60 f'_c \left[1 - \left(\frac{L_c}{32h} \right)^2 \right] A_1$$

Donde A_1 es el área cargada y L_c es la longitud de compresión del miembro

II.18.3. Resistencia teórica a la flexocompresión

Miembros sometidos simultáneamente a flexión y fuerza axial, serán diseñados de acuerdo con los siguientes criterios:

- a. Caras con la máxima compresión:

$$\frac{N_u}{\phi N_n} + \frac{M_u}{\phi M_n} \leq 1$$

b. Caras con la máxima tracción:

$$\frac{M_u}{S_e} - \frac{N_u}{A} \leq \phi 1,33 \sqrt{f'_c}$$

Donde M_n es la resistencia teórica calculada previamente.

II.18.4. Resistencia teórica a la fuerza cortante

El diseño de secciones transversales sometidas a compresión, debe satisfacer la condición:

$$\phi V_n \geq V_u$$

Donde V_u es la fuerza cortante mayorada y la resistencia teórica al corte, se calcula de acuerdo con los siguientes criterios:

a. Cuando se trate de solicitaciones en una dirección:

$$V_n = 0,35 * \sqrt{f'_c} b h$$

b. Cuando se trate de acciones en dos direcciones:

$$V_n = \left[0,35 + \frac{0,70}{\beta_c} \right] * \sqrt{f'_c} * b_0 * h$$

Donde β_c es la relación entre la mayor y la menor dimensión del área donde actúa una carga concentrada; b_0 , es el perímetro de la sección crítica a corte en zapatas.

II.18.5. Resistencia al aplastamiento

Las áreas de soporte sometidas a la compresión deben satisfacer la siguiente condición:

$$\phi B_n \geq B_u$$

En el caso de apoyos o soportes sometidos a la compresión, la resistencia teórica al aplastamiento B_n , del área cargada A_1 , se calculará de acuerdo con:

$$B_n = 0,85 f'_c A_1$$

En caso de que en todos los lados, el área de apoyo (A_2) sea más ancha que el área que transmite la carga, $\sqrt{f'c}$, el valor de B_n se multiplicará por:

$$\sqrt{\left(\frac{A_2}{A_1}\right)} \leq 2$$

II.18.6. Apoyos de Muros

Los muros estructurales de concreto simple deben quedar apoyados en forma continua sobre: suelo, zapatas, muros de fundación, vigas de riostra u otros miembros estructurales capaces de suministrar soporte vertical.

II.18.7. Espesor de Muros

El espesor de muros de apoyo no será menor que 1/24 de la altura o de la longitud no restringida lateralmente cualquiera que sea menor, ni menor que 14 cm. El espesor de los muros exteriores y muros de fundación, no será menor que 20 cm.

II.19. Código de Construcciones Uniformes (Uniform Building Code- UBC)

UBC es el código de la edificación más utilizado en el mundo. Este código o norma proporciona a ingenieros, arquitectos, técnicos y autoridades competentes, los reglamentos más completos en las siguientes áreas de construcción: diseño arquitectónico, diseño estructural, protección de vidas humanas y protección contra incendios e inspecciones. Este incorpora avances de investigaciones de diferentes institutos en su país entre los que podemos mencionar:

- ACCA - Air Conditioning Contractors of América
- AIA - American Institute of Architects
- AISC - American Institute of Steel Construction

- AISI - American Iron and Steel Institute
- ANSI - American National Standards Institute
- ASTM - American Society for Testing & Materials
- American Wood Council - American Wood Council
- ASCE - American Society of Civil Engineers
- ASHRAE - American Society of Heating, Refrigerating, and Air-Conditioning Engineers
- ASID - American Society of Interior Designers
- BOMA - Building Owners & Managers Assoc. International
- International Code Council
- MHI - Manufactured Housing Institute
- NAHB - National Association of Home Builders
- NIBS - National Institute of Building Sciences
- NMHC - National Multi Housing Council
- NSSN - A National Resource for Global Standards
- NSPE - National Society of Professional Engineers

De acuerdo a (Peña, 2012) el código UBC o el IBC establecen en una forma explícita: (a) la utilización de los tipos de mampostería según la calidad de sus componentes (bloques, morteros y acero de refuerzo), (b) las mamposterías reforzadas para un nivel de resistencia del murete en las zonas que se requieran ante la acción sísmica, (c) forma de análisis en la incursión en el rango inelástico de la mampostería (para garantizar el buen funcionamiento de la edificación con daños estructurales controlados, en particular aplicado a zonas sísmicas 3 y 4 es decir, zonas con aceleraciones mayores a 0.15 g en roca), aplicando para su diseño métodos en estado límite elástico y agotamiento del material. (d) De igual forma, para

mamposterías cuyas componentes no presentan la resistencia apropiada mediante ensayos en sitio o en laboratorio, su utilización en zonas de baja sismicidad, aceptando únicamente métodos de análisis del estado límite elástico o método empírico.

II.20. Diseño de mampostería según UBC 1997

II.20.1 Requerimientos generales

El diseño de estructuras de mampostería debe cumplir con los requisitos dados por el diseño por esfuerzos admisibles o el diseño por resistencia dados en la sección 2107 y 2108 respectivamente, ya sea en el código UBC 1997 o IBC 2000.

Por tal motivo para efectuar el diseño de un tipo de mampostería (reforzada o no reforzada) se debe conocer los métodos de análisis y diseño de la mampostería según UBC 1997.

II.20.2 Mampostería No reforzada

La mampostería No Reforzada se usa en zonas de bajas sismicidad, aspecto que ya mencionamos anteriormente (en la cual nos limitamos a zonas sísmicas cero (0) o de muy baja sismicidad) por lo que su requerimiento en cuanto a calidad del murete se refiere, es menos exigente, y en caso de que carezcan de ensayos que den respaldo a dicha calidad, la UBC limita los esfuerzos admisibles a la mitad y propone la utilización del método de análisis basado en los esfuerzos admisibles (Working Stress Design) y el Método Empírico.

II.20.3 Diseño por Esfuerzos Admisibles Criterios asumidos

a) Calidad de los materiales

Cuando la edificación se encuentre en zonas sísmicas 3 o 4 se usaran la mitad de los valores exigidos para f_m , limitándolo a un valor máximo de 1500 psi (10

MPa) para mampostería con bloques de concreto y 2600 psi (18 MPa) para mampostería con bloques de arcilla.

b) Ancho efectivo

El ancho efectivo para columnas no rectangulares, es el espesor de la columna cuadrada con el mismo momento de inercia en torno a su eje.

c) Altura efectiva

La altura efectiva de paredes y bloques debe tomarse como la altura libre de miembros con soporte lateral, desde el tope hasta su base en una dirección normal al eje del miembro considerado.

d) Otros

- Las secciones se mantienen planas antes y después del aplastamiento.
- Los esfuerzos son proporcionales a las deformaciones.
- Los elementos de mampostería se combinan para formar un miembro homogéneo

e) Construcción compuesta

Aplica para mampostería de múltiples muretes adheridos que actúan como elemento estructural único, teniendo en cuenta las siguientes suposiciones:

- El análisis debe basarse en una sección transformada elástica en el área neta.
- El máximo esfuerzo registrado en cualquier porción de la mampostería compuesta no debe exceder los esfuerzos admisibles.

II.21. Mampostería no reforzada (URM). Esfuerzo a compresión (f'_m)

Existen 3 métodos para medir el esfuerzo a compresión de la mampostería, sin embargo, debido a que no se realizarán ensayos de laboratorio en nuestro caso no se usaran estos métodos sino que se asumirá de acuerdo a la norma de la siguiente manera:

En lugar de hacer las pruebas señaladas anteriormente la resistencia f_m de la mampostería (con bloque macizo o hueco) existente se puede asumir de la manera siguiente: no mayor de 900 psi (63,27 Kg/ cm²) para la mampostería en buenas condiciones, 600 psi (42,18 Kg/ cm²) para la mampostería en la condición media o regular, y 300 psi (21,09 Kg/ cm²) para la mampostería en la condición pobre.

Al comparar esos valores con los indicados en la Tabla 21-M y la Tabla 21-D de la UBC 1997, estos corresponden a los mejores valores o más favorables en el diseño empírico y el más desfavorable por el método de los esfuerzos admisibles, considerando que no se realizó ningún control de calidad, es decir los valores mínimos para nuestro caso de estudio que es mampostería no reforzada corresponde a 300 psi.

La tabla mencionada del Método Empírico es:

TABLE 21-M—ALLOWABLE COMPRESSIVE STRESSES FOR EMPIRICAL DESIGN OF MASONRY		
CONSTRUCTION: COMPRESSIVE STRENGTH OF UNIT, GROSS AREA × 6.89 for kPa	ALLOWABLE COMPRESSIVE STRESSES ¹ GROSS CROSS-SECTIONAL AREA (psi) × 6.89 for kPa	
	Type M or S Mortar	Type N Mortar
Solid masonry of brick and other solid units of clay or shale; sand-lime or concrete brick:		
8,000 plus, psi	350	300
4,500 psi	225	200
2,500 psi	160	140
1,500 psi	115	100
Grouted masonry, of clay or shale; sand-lime or concrete:		
4,500 plus, psi	275	200
2,500 psi	215	140
1,500 psi	175	100
Solid masonry of solid concrete masonry units:		
3,000 plus, psi	225	200
2,000 psi	160	140
1,200 psi	115	100
Masonry of hollow load-bearing units:		
2,000 plus, psi	140	120
1,500 psi	115	100
1,000 psi	75	70
700 psi	60	55
Hollow walls (cavity or masonry bonded) ² solid units:		
2,500 plus, psi	160	140
1,500 psi	115	100
Hollow units	75	70
Stone ashlar masonry:		
Granite	720	640
Limestone or marble	450	400
Sandstone or cast stone	360	320
Rubble stone masonry Coarse, rough or random	120	100
Unburned clay masonry	30	—

¹Linear interpolation may be used for determining allowable stresses for masonry units having compressive strengths which are intermediate between those given in the table.

Figura 2. Método Empírico. Fuente: UBC 1997

La tabla de Diseño Controlado es:

TABLE 21-D—SPECIFIED COMPRESSIVE STRENGTH OF MASONRY, f_m (psi) BASED ON SPECIFYING THE COMPRESSIVE STRENGTH OF MASONRY UNITS		
COMPRESSIVE STRENGTH OF CLAY MASONRY UNITS ^{1,2} (psi)	SPECIFIED COMPRESSIVE STRENGTH OF MASONRY, f_m	
	Type M or S Mortar ³ (psi)	Type N Mortar ³ (psi)
	× 6.89 for kPa	
14,000 or more	5,300	4,400
12,000	4,700	3,800
10,000	4,000	3,300
8,000	3,350	2,700
6,000	2,700	2,200
4,000	2,000	1,600
COMPRESSIVE STRENGTH OF CONCRETE MASONRY UNITS ^{2,4} (psi)	SPECIFIED COMPRESSIVE STRENGTH OF MASONRY, f_m	
	Type M or S Mortar ³ (psi)	Type N Mortar ³ (psi)
	× 6.89 for kPa	
4,800 or more	3,000	2,800
3,750	2,500	2,350
2,800	2,000	1,850
1,900	1,500	1,350
1,250	1,000	950

¹Compressive strength of solid clay masonry units is based on gross area. Compressive strength of hollow clay masonry units is based on minimum net area. Values may be interpolated. When hollow clay masonry units are grouted, the grout shall conform to the proportions in Table 21-B.
²Assumed assemblage. The specified compressive strength of masonry f'_m is based on gross area strength when using solid units or solid grouted masonry and net area strength when using ungrouted hollow units.
³Mortar for unit masonry, proportion specification, as specified in Table 21-A. These values apply to portland cement-lime mortars without added air-entraining materials.
⁴Values may be interpolated. In grouted concrete masonry, the compressive strength of grout shall be equal to or greater than the compressive strength of the concrete masonry units.

Figura 3. Diseño Controlado. Fuente: UBC 1997

II.22. Resumen de la mampostería no reforzada según UBS 1997

Esfuerzos generados por solicitaciones

- Compresión: $f_a = P/A_e$
- Tracción: No se asume
- Flexión: $f_b = M_c/I$
- Corte: $f_b = V/A_e$
- El esfuerzo de corte sobre pared debe ser:

$$F_v = 0.3 \sqrt{f'_m}, 80 \text{ psi máximo}$$

II.23. Análisis Aproximado de Estructuras a base de Muros

En lo relativo al análisis ante cargas verticales, hay que considerar que las fuerzas internas que se presentan en los muros debido a cargas verticales sobre los sistemas de piso dependen en forma importante del grado de continuidad que exista entre muros y losas. Cuando los muros son de mampostería, la continuidad es solo parcial y la magnitud de los momentos flexionantes que se presentan en los muros es mucho menor que en caso del muro monolítico.

Aunque los momentos perpendiculares al plano del muro debido a las cargas verticales no sean muy grandes, hay que considerar que también el peralte de la sección del muro es pequeño y, por tanto, la resistencia a flexión es reducida.

Para Estructuras de Muros de Carga de Mampostería, las condiciones para despreciar la flexión son las siguientes:

1. Que los extremos superior e inferior del muro se encuentren impedidos de desplazarse lateralmente (en dirección normal a su plano), porque existe un sistema de piso que los liga a otros elementos que tienen gran rigidez en esa dirección.
2. Que la carga vertical del sistema de piso se transmita mediante un apoyo directo sobre todo el espesor del muro.
3. Que no existan grandes cargas concentradas aplicadas directamente sobre el muro, ni fuerzas importantes en dirección normal a su plano.

II.24. Pesos de Elementos Constructivos

Según la Norma COVENIN (COVENIN, 2002-1988), los pesos unitarios probables de elementos constructivos que se utilizaran para el diseño estructural de la vivienda son los que aparecen en la tabla 4.3 los cuales se presentan a continuación:

TABLA 4.3 PESOS UNITARIOS PROBABLES DE ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS

1. TABIQUES Y PAREDES DE MAMPOSTERIA		Esesor cm	Sin frisar kgf/m ²	Frisados por ambas caras kgf/m ²
1.1	Bloques de arcilla	10	120	180
		15	170	230
		20	220	280
1.2	Bloques de concreto	10	150	210
		15	210	270
		20	270	330
1.3	Ladrillos macizos	12	220	280
		25	460	520
1.4	Bloques de concreto para ventilación, de varias celdas y tipo persiana		150	
	Bloques de ornamentales de arcilla		125	
	de concreto		150	
1.5	Ladrillos de arcilla obra limpia	macizos	200	
		perforados	150	

Figura 4. Pesos unitarios probables de elementos constructivos. Fuente: COVENIN 2002:1988

II.25. Losa de Fundación

Según la Norma COVENIN 2002-88 se establecen los requerimientos mínimos para las fundaciones en los edificios y/o viviendas en la que cita textualmente: “Toda edificación debe ser soportada por fundaciones apropiadas sobre terreno natural competente o rellenos artificiales que no incluyan materiales degradables y que hayan sido adecuadamente compactados. El terreno de fundación deberá protegerse contra deterioro por intemperie, sustancias químicas, arrastre de aguas superficiales o subterráneas. En ningún caso se permitirá fundar sobre capa vegetal, suelos o rellenos sueltos o de desechos. Salvo casos excepcionales debidamente justificados, se prohíbe realizar construcciones que requieran bombeo permanente del agua freática”.

En vista de que nuestra vivienda a verificar mediante el uso del sistema modular es de interés social, no se realizará un estudio de suelo a profundidad. Bajo estos términos, la norma ya mencionada indica los requisitos exigidos para estos casos, que son:

a) La realización de calicatas de una profundidad mínima de dos metros que demuestre la calidad razonable del suelo de fundación. Especial atención se prestará a la existencia y profundidad del nivel freático, presencia de cavidades o de corrientes de agua subterráneas, naturaleza, consistencia, constitución, espesor y regularidad de las capas del suelo.

b) Investigar el comportamiento de edificaciones similares en las zonas aledañas desde el punto de vista de los asentamientos y deslizamientos, demostrando que el comportamiento ha sido adecuado.

c) Salvo que la Autoridad Competente establezca un valor diferente, la capacidad portante máxima para la cual se diseña la fundación no excederá 1 kgf/cm².

II.26. Losas

Las losas son elementos estructurales cuya característica geométrica es que dos de sus dimensiones son relativamente grandes en comparación con la tercera y las características de carga a la que están sometidas tienen por lo general la dirección de la dimensión más pequeña

Su principal función es la de servir de piso o techo cubriendo la separación entre las vigas o muros que la sostienen. (OSERS, 1988).

II.27. Tipos de Losas más Usadas

Los tipos de losas más usadas dependen de los apoyos. Si el apoyo es en vigas o muros y se arman en una dirección puede ser losa maciza o losa aligerada que comúnmente se le llama losa nervada. Si esta se apoya sobre vigas o muros pero armada en dos direcciones ortogonales entonces están las losas macizas armadas en dos direcciones y las losas reticulares. Finalmente si está apoyada la losa en columnas, se le llama losa maciza fungiforme y losa reticular fungiforme

II.28. Losas Nervadas

Las losas nervadas tienen comportamiento similar al de las losas macizas con la diferencia principal de que está formada por una losa delgada, reforzada por una serie indefinida de nervios paralelos entre si y a poca separación.

Igual que las losas macizas las losa nervadas se suelen armar en la dirección de la luz más corta y las nervaduras se colocan perpendiculares a las vigas o muros que la soportan, las nervaduras se diseñan simplemente armadas y se le coloca un refuerzo secundario para repartición en el sentido perpendicular a los nervios que se coloca en la loseta.

El espacio entre los nervios puede quedar vacío aunque a veces para facilidad de su construcción se coloca para su formación bloques huecos de alfarería o concreto liviano prefabricado o cajones.

Como desventaja se tiene la dificultad en la construcción por su sección reducida debajo del eje neutro se originan elevados esfuerzos cortantes.

II.29. Losas para entre pisos y techos

Los entrepisos nervados formados por loseta superior de 5 cm de espesor, nervios de 10 cm de ancho con separación de 50 cm de eje a eje y rellenos de bloques de arcilla o de concreto de agregados livianos que cumplen las normas COVENIN, tienen los siguientes pesos:

Losas Nervadas	Espesor total cm	Peso kgf/m ²
3.3.1 Armadas en una dirección	20	270
	25	315
	30	360
	35	415
3.3.2 Armadas en dos direcciones	20	315
	25	375
	30	470
	35	510

Figura 4. Pesos de Losa Nervada. Fuente: COVENIN 2002:1988

II.30. Espesores mínimos de losas y vigas

En miembros sometidos a flexión resistentes en una dirección, que no soporten ni estén unidos a componentes no estructurales susceptibles de ser dañados por grandes flechas, se emplearán los espesores mínimos estipulados en la Tabla 9.6.1, a menos que el cálculo de las flechas, indique que puede usarse un espesor menor sin efectos adversos.

Los valores de la Tabla 9.6.1 se usarán directamente para miembros de concreto con peso unitario $w_c = 2500 \text{ kgf/m}^3$, con acero de refuerzo S-60 ó W-60. Para otras condiciones los valores se modificarán en la siguiente forma:

a) Para concreto estructural liviano con peso unitario comprendido entre 1550 y 2070 kgf/m^3 , los valores se multiplicarán por $(1,65 - 0.0003 w_c) \geq 1,09$ siendo w_c el peso unitario en kgf/m^3 .

b) Para refuerzos de acero con f_y diferente de 4200 kgf/cm^2 los valores se multiplicarán por: $0,4 + (f_y / 7030)$

MIEMBROS	ALTURA O ESPESOR MÍNIMO, h			
	Miembros que no soportan ni están unidos a componentes no estructurales susceptibles de ser dañados por grandes flechas			
	Simplemente apoyado	Un extremo continuo	Ambos extremos Continuos	Voladizo
Losas macizas	L/20	L/24	L/28	L/10
Vigas o Losas con nervios en una sola dirección	L/16	L/18.5	L/21	L/8

Tabla 1. Altura mínima de vigas o espesor mínimo de losas, a menos que se calculen las flechas. Fuente: COVENIN 1753:2006

II.31. Revestimiento de Techos

	Peso kgf/m ²
5. IMPERMEABILIZACIONES	
Acabado de gravilla.....	60
Acabado de panelas.....	80
Fielros de emulsión asfáltica: por cada capa de fieltro.....	5
Manto asfáltico en una sola capa, reforzada interiormente y con acabado exterior:	
2 mm de espesor.....	3
3 mm de espesor.....	4
4 mm de espesor.....	5
5 mm de espesor.....	6

Figura 5. Pesos en Losa de techo. Fuente: COVENIN 2002:1988

II.32. Acciones Variables

Las acciones variables son aquellas que actúan sobre la edificación con una magnitud variable en el tiempo y que se deben a su ocupación y uso habitual, como las cargas de personas, objetos, vehículos, ascensores, maquinarias, grúas móviles, sus efectos de impacto, así como las de acciones variables de temperatura y reológicas, y los empujes de líquidos y tierras que tengan un carácter variable.

II.33. Cargas de Construcción

De acuerdo con el Artículo 3.6 se deberán tomar en cuenta las cargas de construcción según se defina o no en el proyecto un procedimiento constructivo. Se deberá considerar la resistencia de los materiales y la estabilidad de los miembros en el momento de aplicación de las cargas de construcción.

En la tabla 5.1 de la norma COVENIN 2002-88 se presentan las cargas mínimas establecidas de acuerdo al uso de la estructura, para nuestro caso es de una vivienda unifamiliar.

TABLA 5.1 MÍNIMAS CARGAS DISTRIBUIDAS VARIABLES SOBRE ENTREPISOS kgf/m^2

USOS DE LA EDIFICACION	AMBIENTES														TECHOS		
	A. AREAS PUBLICAS parques, centros, centros, salas de estar	B. AREAS PRIVADAS oficinas, salas de conferencias, salas, bibliotecas, aulas y laboratorios, etc.	C. AREAS CON ASIENTOS FIJOS	D. AREAS CON ASIENTOS MOVILES, SALONES DE FERIA	E. AZOTES O TERRAZAS (2) y (3)	F. BALCONES con $l \geq 1.20$ (3) y (4)	G. BIELUTECAS, A RECEVER Y SIMILARES	H. ESCALERA Y ESCALERA DE ESCAPE (3)	I. ESCENARIOS PLATAFORMAS Y ZONAS DE EXPOSICIONES	J. ESTACIONAMIENTOS	K. INSTALACIONES: PASILLO INTERNO, CAMERINOS, VESTIBULOS, ESTUDIOS DE RADIO Y TV, CELESTAS	L. AREAS CON CARGAS LLEVADAS DE MAQUINAS	M. AREAS CON CARGAS MEDIANAS DE MAQUINAS	N. DEPOSITOS EN GENERAL			
1. VIVIENDAS UNIFAMILIARES Y MULTIFAMILIARES	300			500	100	300		300		(6)	175						
HOTELS, MOTELS, CLUBS	300	300	400	500	100	300	(5)	500	500	(6)	175	600	1200	(8y9)			
2. EDIFICACIONES EDUCACIONALES	400	300	400	500	100	300	(5)	500	500	(6)	175	600		(8)			
ESUELAS, LICIOS, UNIVERSIDADES, INSTITUTOS TECNICOS Y SIMILARES																	
3. LUGARES DE CONCENTRACION PUBLICA:	500	300	400	500	100	300	(5)	500	750	(6)	175	600		(8y9)			
TEATROS, CINEMAS, RESTAURANTES, LUGARES DE CULTO, MUSEOS, BIBLIOTECAS, ESTUDIOS, TERRENAS, GIMNASIO, ETC.																	
4. EDIFICACIONES INSTITUCIONALES:	300	250	400	500	100	300	(5)	500	500	(6)	175	600	1200	(8y9)			
IGLESIAS, ASISTENCIALES, CIARTELES, CARCELES, CONVENTOS Y MONASTERIOS, MINISTERIOS																	
5. EDIFICACIONES COMERCIALES:	300	250	400	500	100	300	(5)	500	500	(6)	175	600		(8y9)			
ALMACENES COMERCIALES, TIENDAS, SUPERMERCADOS, LOCALS, OFICINAS Y BANCOS																	
6. EDIFICACIONES PARA TRANSPORTE Y DEPOSITOS:	500	300	400	500	100	300	(5)	500		(6)	175	600		(8y9)			
ESTACIONAMIENTOS, DEPOSITOS DE MERCANCIA LIVIANA, FRIGORIFICOS, MERCADERES																	
7. EDIFICACIONES INDUSTRIALES:	500	300	400	500	100	300	(5)	500	750	(6)	175	600	1200	(8)			
TALLERES, IMPRENTAS, ESTUDIOS DE RADIO, CINEMA Y TV																	
8. CONSTRUCCIONES VARIAS:	500	300	400	500	100	300	(5)	500		(6)	175	600		(8)			
HELIPUERTOS (11), PUENTES PEATONALES, TERMINALES DE PASAJEROS																	

NOTAS:

GENERAL: Aquellos renglones que no tengan valores establecidos, podrán asimilarse a casos semejantes.

- Oficinas: 250 kgf/m^2 . Aulas, Quirófanos y Laboratorios: 300 kgf/m^2 . Cocinas, Servicios, etc.: 400 kgf/m^2 .
- La que corresponda a su uso, pero no menor de 100 kgf/m^2 .
- Para barandas, pasamanos y antepechos, véase la sección 5.3.4.
- Para balcones con $l \leq 1.20 \text{ m}$, se aplica la nota (2). Independientemente del valor de l , se aplicará en el extremo del volado una carga lineal de 150 kgf/m .
- Salas de lectura: 300 kgf/m^2 . Salas de archivo: Según ocupación y equipos, pero no menor de 500 kgf/m^2 . Zona de estanterías con libros: 250 kgf/m^2 por cada m. de altura, pero no menor de 700 kgf/m^2 . Depósitos de libros, véase nota 8.
- Para vehículos de pasajeros: 250 kgf/m^2 y además se verificará para una carga concentrada de 900 kgf distribuida sobre un cuadrado de 15 cm de lado y colocada en el punto más desfavorable. Para autobuses y camiones: 1000 kgf/m^2 y además se verificará para una carga concentrada igual a la carga máxima por rueda distribuida en un cuadrado de 15 cm de lado. Véase la Sección 5.2.5.
- Según especificaciones particulares. Para piso de sala de máquinas de ascensores: 2000 kgf/m^2 , incluyendo el impacto.
- Según especificaciones particulares, pero no menor de 250 kgf/m^2 por metro de altura del depósito; véase Tabla 4.2. Depósito de libros apilados y estanterías sobre rieles: 1100 kgf/m^2 por cada m de altura.
- Frigoríficos: según especificaciones particulares, pero no menor de 1500 kgf/m^2 . Morgue: 600 kgf/m^2 .
- Las correas deberán verificarse también para una carga concentrada de 80 kgf/m^2 ubicada en la posición más desfavorable.
- Según las características de los equipos.

Tabla 2. Pesos en Losa de techo. Fuente: COVENIN 2002:1988

CAPITULO III

MARCO METODOLÓGICO

A continuación se describen las etapas en la cual se realizó este trabajo a fin de cumplir con los objetivos formulados en esta investigación:

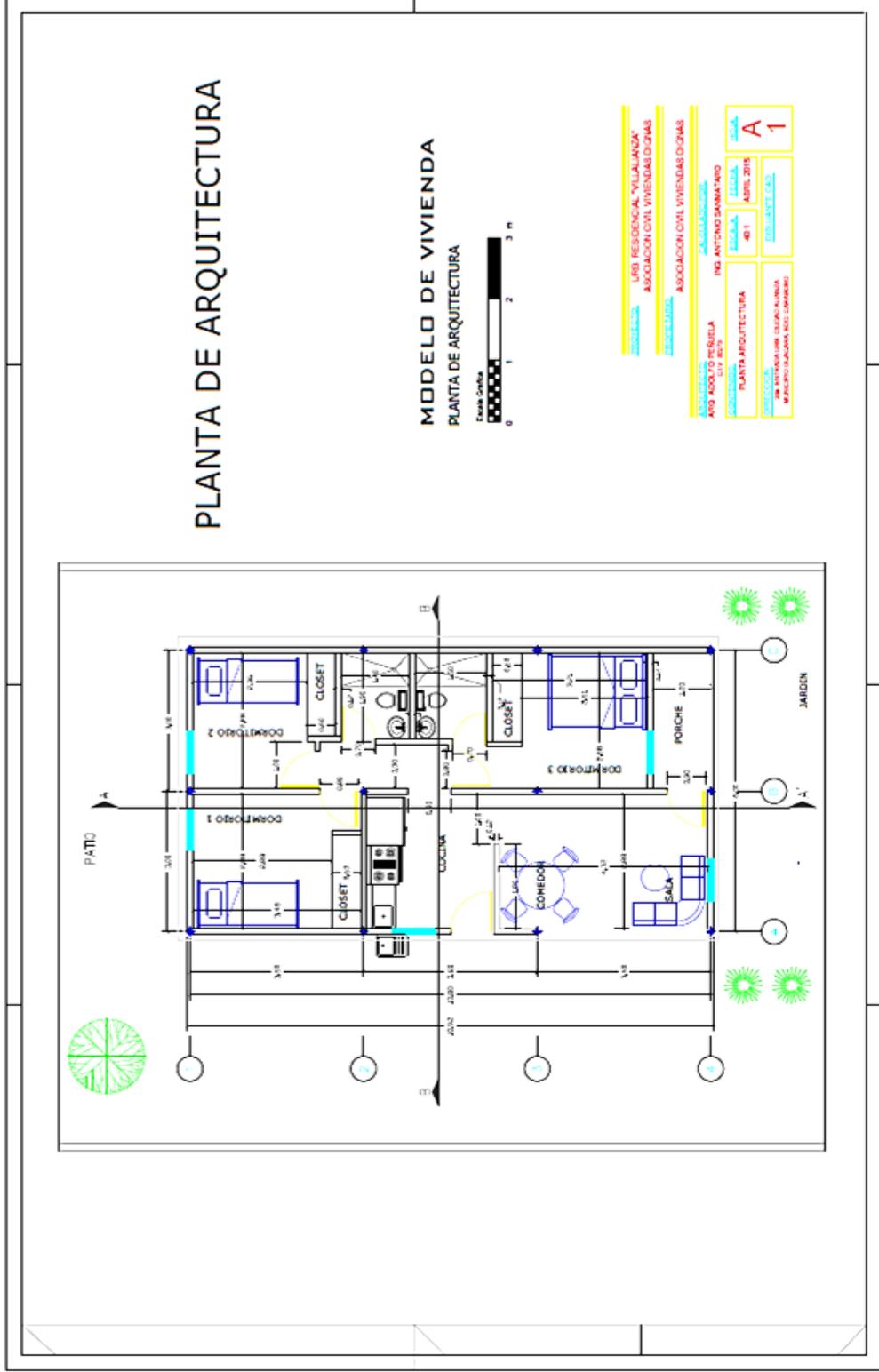
III.1. Fase 1: Recopilación bibliográfica y procesamiento de la información

Se revisó y recopiló libros, revistas, tesis anteriores, documentos web y otros que hacían referencias al tema de estudio en cuestión. Con estos se evaluó la teoría, de donde se obtuvo la información del marco teórico, planteamiento del problema, método de trabajo y en general todos los lineamientos y ámbitos necesarios para la elaboración del tomo de tesis.

III.2. Fase 2: Búsqueda y recopilación de información básica de un modelo arquitectónico de una vivienda. Explicación del sistema Modular y Adaptación del modelo de vivienda.

Consiste en la búsqueda de un plano arquitectónico que se haya utilizado en la construcción con el sistema tradicional. En dicha búsqueda se recurrió al Instituto de Desarrollo Experimental de la Construcción conocido como el I.D.E.C.- C.I.D. ubicado en el edificio de la Facultad de Arquitectura de la Universidad Central de Venezuela. En la Biblioteca de dicha institución se obtendrá información de investigaciones de años anteriores que hayan realizado diseños de viviendas de interés social.

También se obtuvo la alternativa de un plano suministrado por el Tutor Iván Rodríguez. Finalmente se tomó como mejor opción en base a la posible adaptación el plano de arquitectura obtenido del Profesor Rodríguez.



C:\Users\Juan Carlos Tapas\Documents\Trabajo de Grado\Plano Autocad\Plano de Vivienda T155.dwg, 22/10/2015 8:17:36 p. m., DWG to PDF.pc3

Figura 6. Plano Arquitectura Original. Fuente: Ing. Iván Rodríguez (2015)

III.2.1 Descripción del Sistema de Construcción Modular

Con la asesoría del Profesor Iván J. Rodríguez docente de la Universidad Central de Venezuela especialista en el área y tutor del presente trabajo de grado se describirán a continuación los elementos del sistema modular que se usan en proyectos de viviendas que diseña y construye “Corivimo C.A.”

El sistema modular es un procedimiento constructivo prefabricado, para la ejecución de edificaciones de uso unifamiliar a bajo costo. Los elementos estructurales prefabricados, son hechos en Venezuela con materiales de construcción de uso comercial.

El Sistema se adapta a las Normas Venezolanas COVENIN 1753, 1756 y 2002 para procedimientos constructivos Tradicionales.

La Estructura de cubierta de techos es una losa Nervada armada en una dirección; con nervios de concreto armado de resistencia $f'c = 370 \text{ Kg/cm}^2$, colocados a separación de 0.90 m, En forma de "T" invertida.

Los elementos de cierre para los techos, son bloques vibro compactados con espesor de 10 cm. Con cámara de aire de 6 cm. y de 20 Kg. cada uno. El acabado del techo es una loseta de concreto con espesor 4 cm. armada con malla electrosoldada de dimensiones tal que cumpla con los requerimientos estructurales. Se tiene previsto la impermeabilización de la losa cubierta de techo, con manto asfáltico o utilizando cualquier otro procedimiento efectivo que exista en la región o localidad a ejecutarse la estructura.

Las vigas de carga se apoyan sobre Columnas en forma de cruz, construidas en concreto armado ($f'c = 370 \text{ Kg. /cm}^2$), ubicadas en función a la modulación comercial que plantea el sistema constructivo (múltiplo de 0.30 m.). Las Columnas a su vez son fundadas de acuerdo al estudio de suelos efectuado en la zona a edificar.

La estructura de fundación es una losa con un espesor de 10 cm., en concreto armado con malla electrosoldada, con o sin vigas según los requerimientos de diseño.

Los elementos de crecimiento en paredes son bloques vibro compactados, de 12 cm. De espesor con cámara de aire de 8 cm.

La geometría de las Columnas, Nervios y Crecimientos, conduce a un sistema de ensamblaje con junta seca, del tipo “Machihembrado”, que permite unir los diversos elementos entre sí, formando paredes y techos con las dimensiones requeridas por el diseño.

El Sistema Modular permite construir un número muy variado de tipos de vivienda, por cuanto su concepción modular permite adecuarse a las medidas empleadas usualmente (módulos de 0.30 m). Sirve así mismo para realizar reformas y ampliaciones, pues el sistema de unión se adapta a construcciones terminadas y que deban ser ampliadas o remodeladas. Esta elasticidad de diseño, se aplica a la construcción tanto de viviendas como de aulas escolares, salas comunales, centros de salud, módulos asistenciales, campamentos militares, etc...

El sistema modular contempla el montaje de sus elementos, empleando mano de obra con poca exigencia técnica o de especialización y utilizando para ello herramientas sencillas de construcción.

El factor peso tomado en cuenta por la tecnología empleada, se aplica no solo al manejo manual en obra de los elementos, sino también a la incidencia de costos por concepto de transporte terrestre de la planta al sitio de la obra.

III.2.2. Descripción de Columnas (Machones) de la vivienda

Se designa el nombre de machones debido a sus dimensiones. Son prefabricadas, de Concreto Armado con $f'c = 370 \text{ Kg/cm}^2$, reforzadas con cuatro (4) barras de acero de diámetros $\phi 3/8"$, enterradas al menos 30 cm. por debajo de la losa de pavimento, a la cual se interceptan. La separación entre columnas, obedece a una modulación previa la cual es múltiplo de 30 cm.

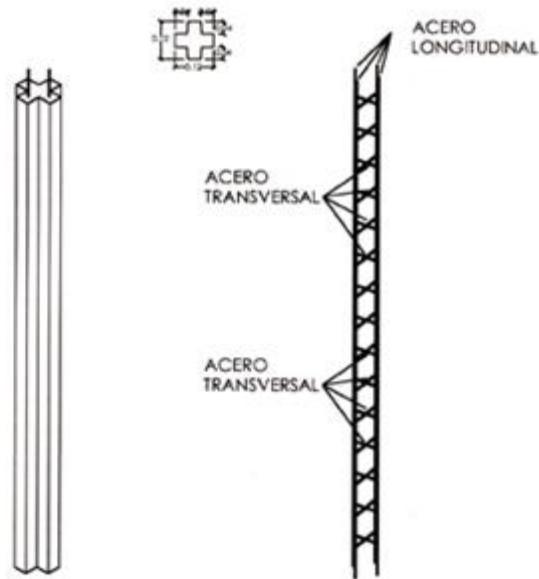


Figura 7. Detalle de Columna (Machón). Fuente Ing. Iván Rodríguez (2015)

III.2.3. Descripción de la Viga de Corona

Las vigas son de sección rectangular, vaciadas en obra con ancho mayor o igual a 12 cm., y altura mayor o igual que 18 cm. armadas con cuatro (4) barras de acero longitudinal de diámetros mínimo $\phi 3/8''$, y acero transversal de estribos a dos ramas, con diámetro $\phi 3/8''$. Las vigas de Corona acopladas a las columnas por un desarrollo de refuerzo mayor o igual a 15 cm. El concreto de las vigas con $f'c = 210$ Kg/cm², de resistencia.

A continuación se presenta en la figura 8 las características ya mencionadas de la viga corona acopladas a un machón tipo.

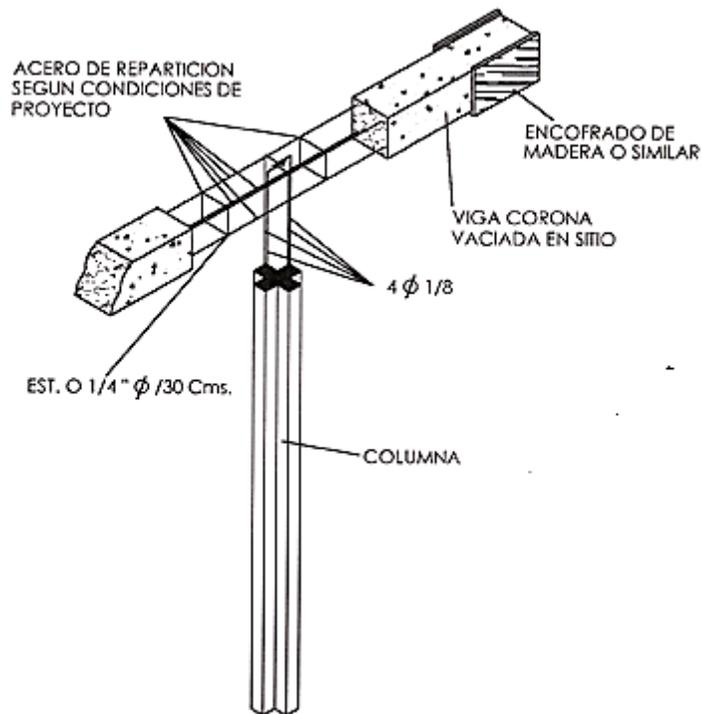


Figura 8. Detalle de Unión Tipo (Columna y Viga Corona)

Fuente Ing. Iván Rodríguez (2015)

III.2.4. Descripción y Tipos de Cerramientos. Bloques de Mampostería

En General se producen seis (6) tipos de cerramientos o bloques identificados como MH090, HH090, HE090, MH030, HH030 y HE030. Estos son de Concreto con Resistencia experimental al Esfuerzo Cortante mayor o igual a 100 Kg/cm². Acoplan a las columnas a distancias múltiplo de 30 cm., se unen a junta seca, se apoyan sobre la losa de pavimento y contribuyen a la rigidez de la Estructura.

En las siguientes figuras se presentan las características antes mencionadas de cada uno de los cerramientos.

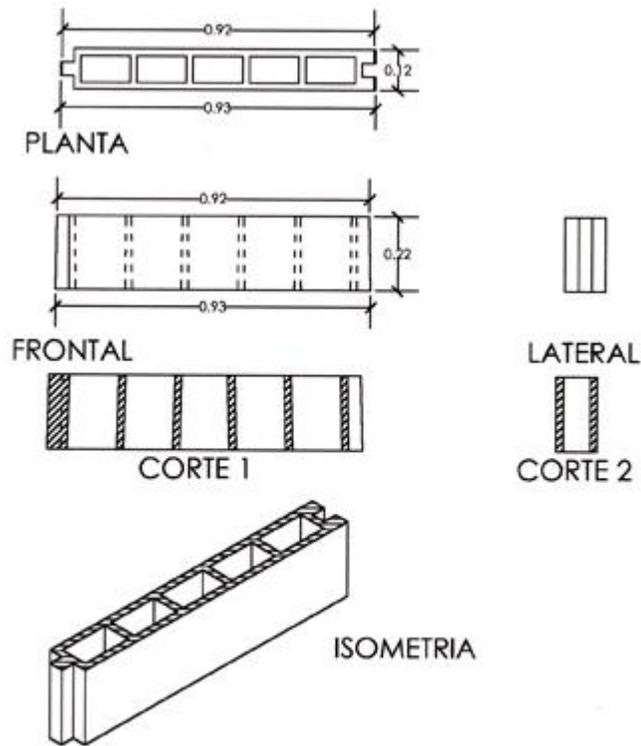


Figura 9. Detalle Cerramiento MH090

Fuente Ing. Iván Rodríguez (2015)

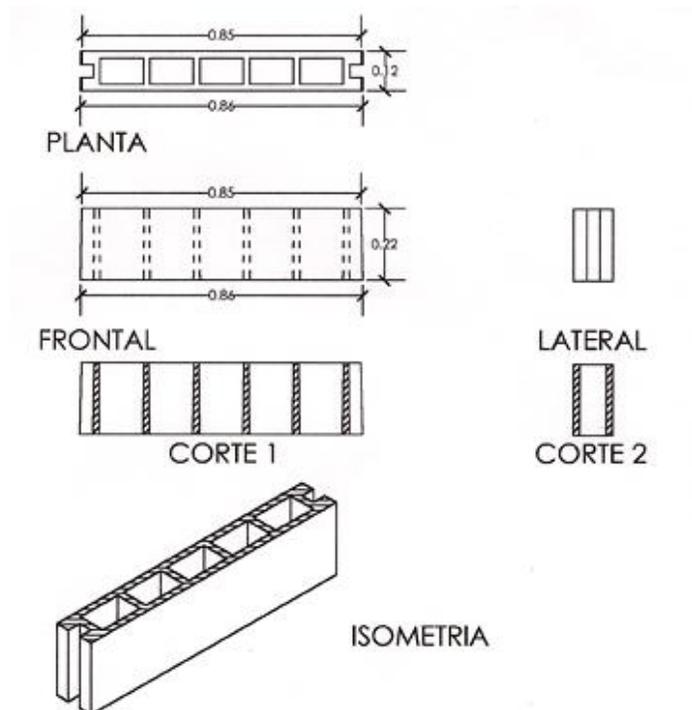


Figura 10. Detalle Cerramiento HH090

Fuente Ing. Iván Rodríguez (2015)

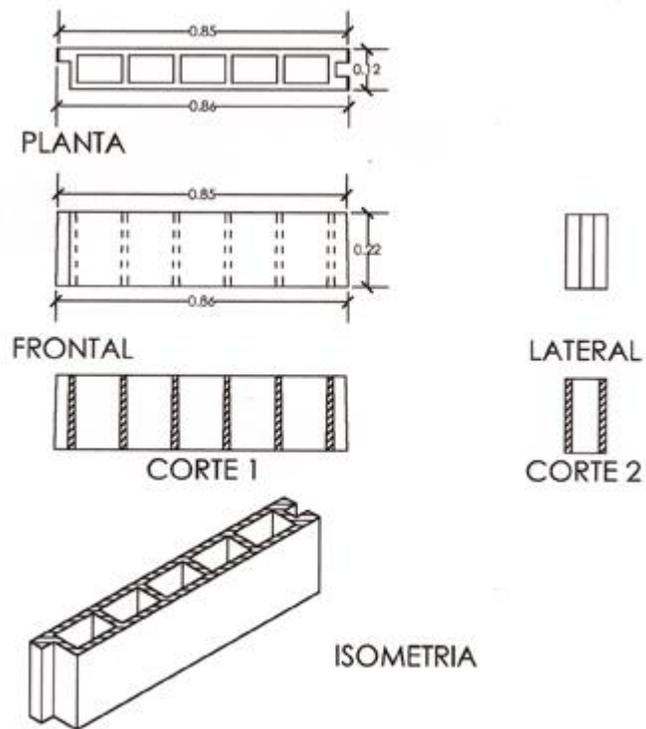


Figura 11. Detalle Cerramiento HE090

Fuente Ing. Iván Rodríguez (2015)

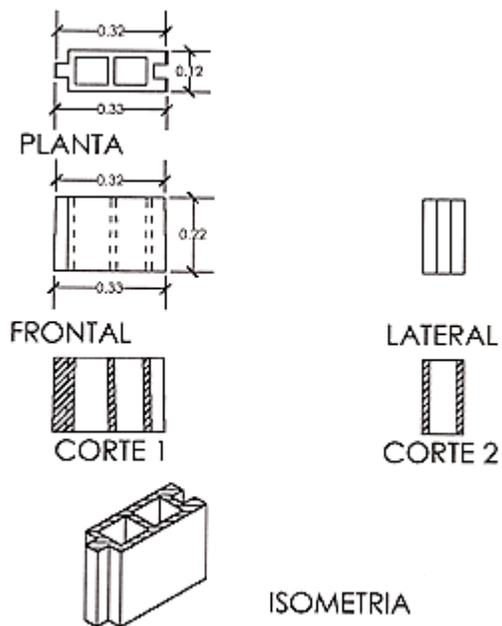


Figura 12. Detalle Cerramiento MH030

Fuente Ing. Iván Rodríguez (2015)

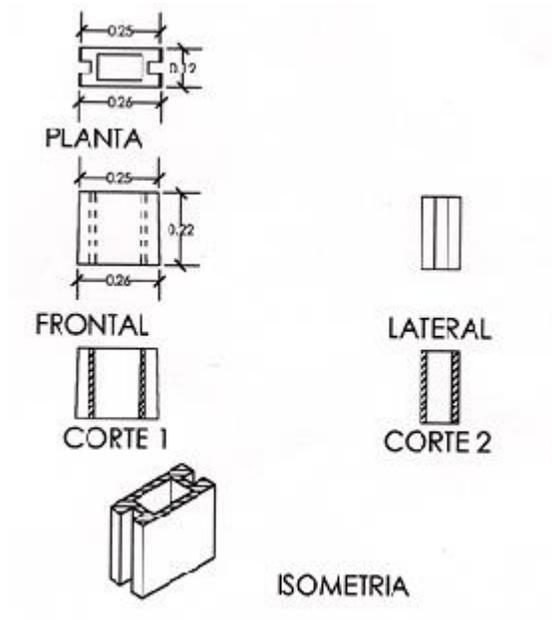


Figura 13. Detalle Cerramiento HH030

Fuente Ing. Iván Rodríguez (2015)

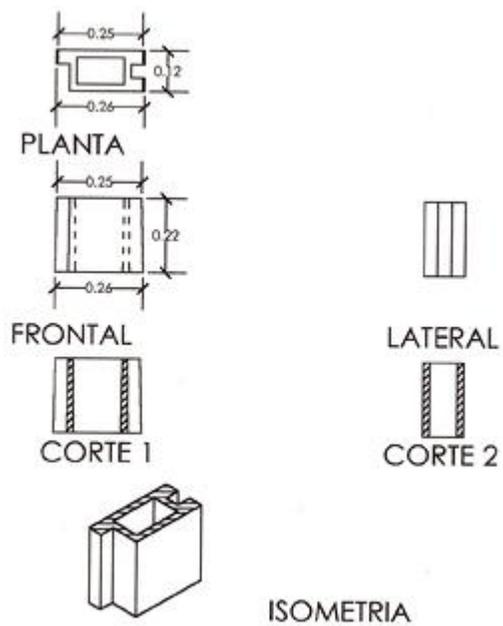


Figura 14. Detalle Cerramiento HE030

Fuente Ing. Iván Rodríguez (2015)

III.2.5. Tipos de Uniones

En la figura 15, figura 16 y figura 17, se detalla las uniones posibles que pueden presentarse en la construcción donde pueden concurrir paredes desde distintas direcciones.

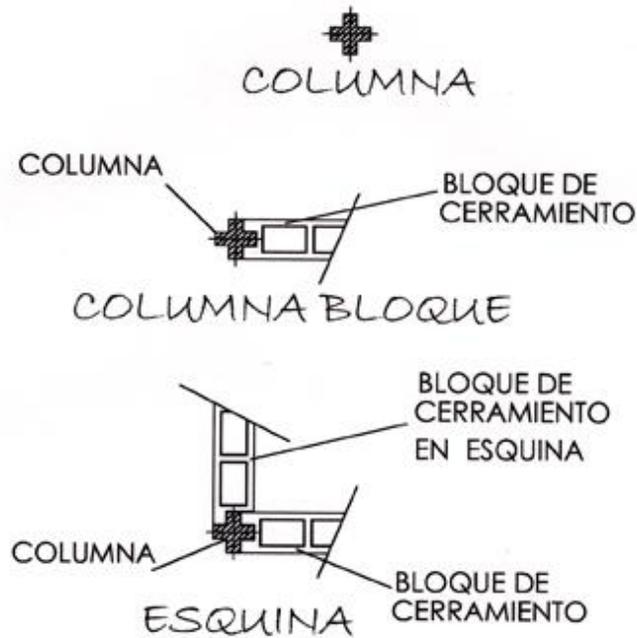


Figura 15. Detalle de Unión Machón Bloque y Machón en esquina

Fuente Ing. Iván Rodríguez (2015)

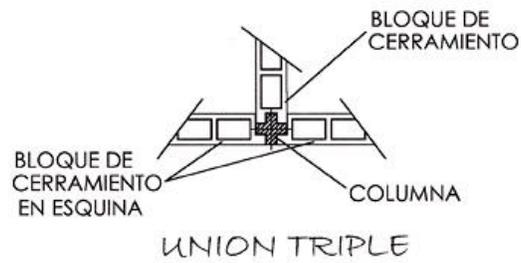
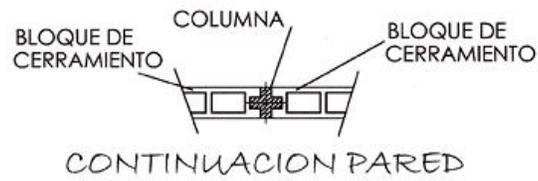


Figura 16. Detalle de Unión Triple y Continuación de pared

Fuente Ing. Iván Rodríguez (2015)

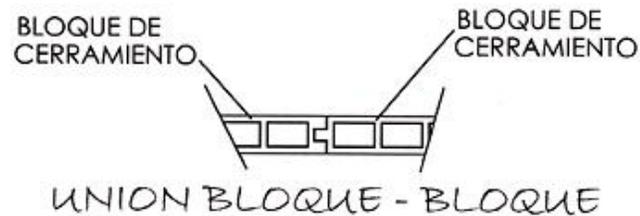
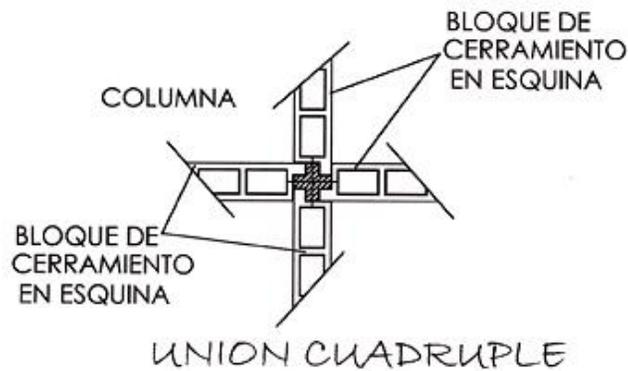


Figura 17. Detalle de Unión Cuádruple y Unión Bloque-Bloque

Fuente Ing. Iván Rodríguez (2015)

III.2.6. Variación de las Rejillas

Uno de los factores más importantes de la tecnología desarrollada por la planta de Modulo Habitacionales, y que se diferencia de casi todos los sistemas de fabricación en concreto instalados en el país, es que la maquinaria e instalaciones, con el solo cambio de moldes puede producir una gama muy extensa de elementos constructivos empleados en diferentes ramas de la industria de la construcción.

La variación de las rejillas de acuerdo a los cerramientos descritos anteriormente se pueden observar en la figura 18

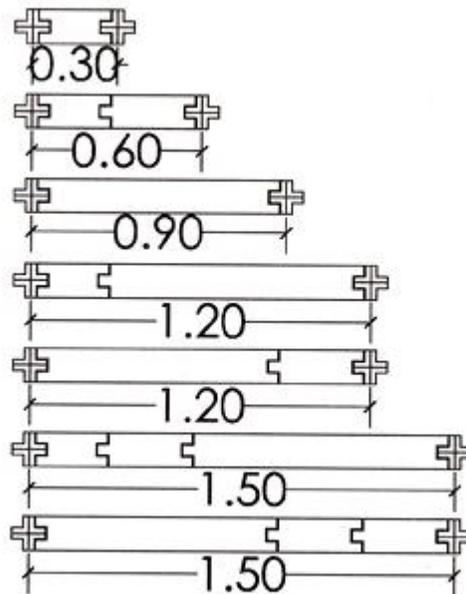


Figura 18. Variación de la Rejilla

Fuente Ing. Iván Rodríguez (2015)

III.2.7. Losa de Pavimento

Es una losa con espesor mínimo 10 cm., reforzada con malla electrosoldada 6" x 6", actúa como losa maciza, sobre el terreno. Transmite a la estructura rigidez

lateral, soporta el peso de la mampostería en paredes y las cargas de Servicio. En la misma se realizan excavaciones.

En la figura 19 a continuación se detalla cómo es el arranque en la fundación

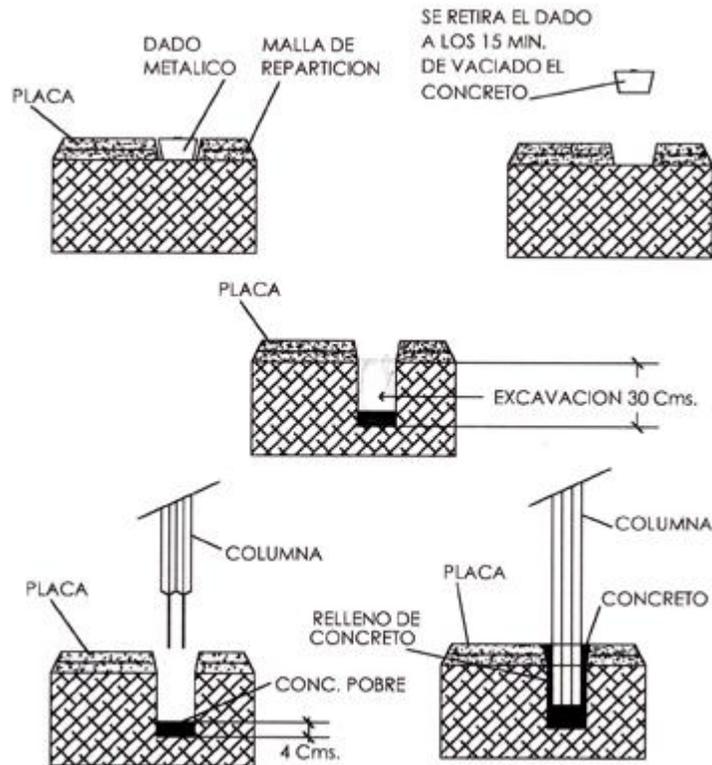


Figura 19. Detalle de arranque en Fundación

Fuente Ing. Iván Rodríguez (2015)

III.2.8. Losa de Techo

Es una losa Nervada, armada en una dirección. Los Nervios de la Losa son Vigas Prefabricadas con 12 cm. De altura, en Concreto $f'c = 370 \text{ Kg/cm}^2$, colocadas como “T” invertida, y apoyadas en forma simple a las vigas de corona, por lo tanto interactúa con ellas por fricción. Las Vigas ubicadas a separación de 90 cm, están acopladas, a junta seca con bloques o bovedillas de concreto Prefabricadas con espesor 10 cm., y resistencia experimental de 100 Kg/cm^2 al esfuerzo cortante. La

losa soporta a una loseta vaciada en obra de espesor efectivo 4 cm., reforzada con malla electrosoldada 6" x 6" que normalmente actúa como armadura de retracción.

A continuación se presenta las características de los nervios de techo en la figura 20, en la figura 21 se detalla la losa de techo y en la figura 22 las características de la bovedilla que se coloca en la losa de techo.

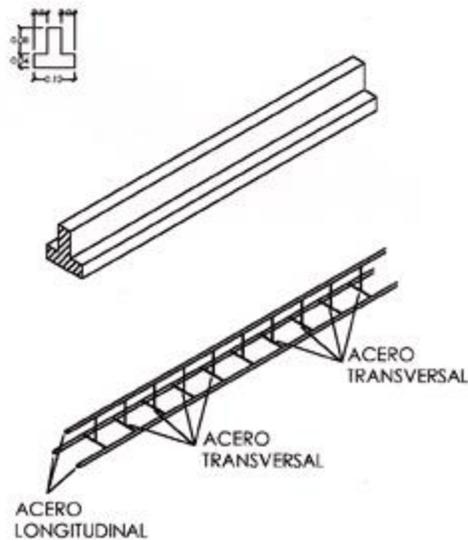


Figura 20. Detalle Nervio de Techo

Fuente Ing. Iván Rodríguez (2015)

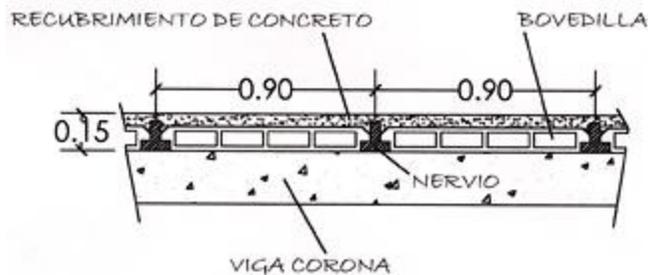


Figura 21. Detalle Losa de Techo

Fuente Ing. Iván Rodríguez (2015)

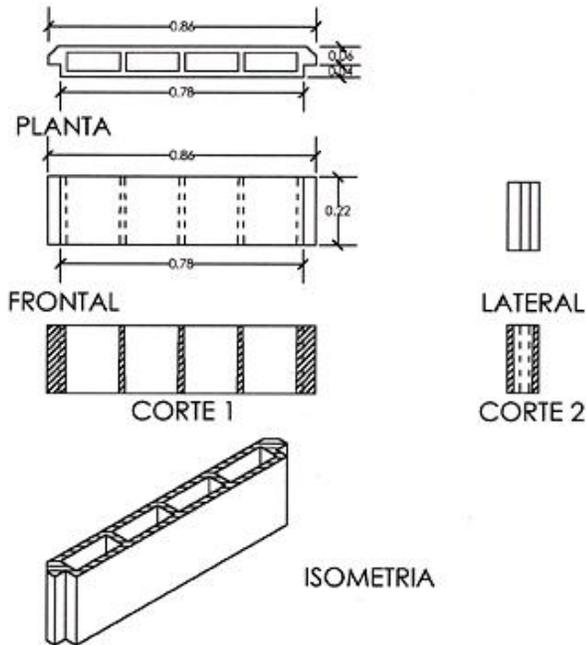


Figura 22. Bovedilla colocada en la losa de techo

Fuente Ing. Iván Rodríguez (2015)

III.2.9. Sistema constructivo con todos los elementos

Una vez detallado cada uno de los elementos a utilizar en el modelo de vivienda a diseñar así como la distribución de cada uno de ellos como un conjunto o sistema constructivo ahora se demostrará mediante la figura 23 y la figura 24 como se observan todos los elementos como un conjunto y la relación en cuanto a rejillas, bloques y ventanas.

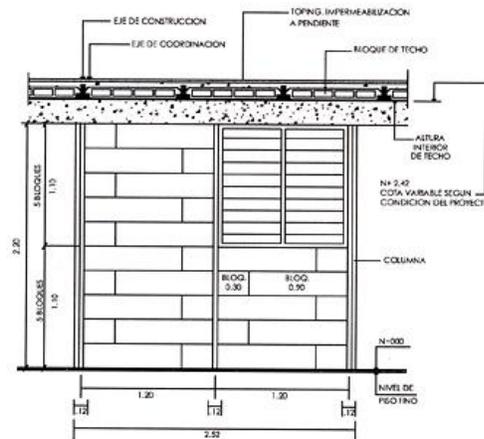


Figura 23. Los elementos Bloques, Ventanas y Machones en relación con la rejilla

Fuente Ing. Iván Rodríguez (2015)

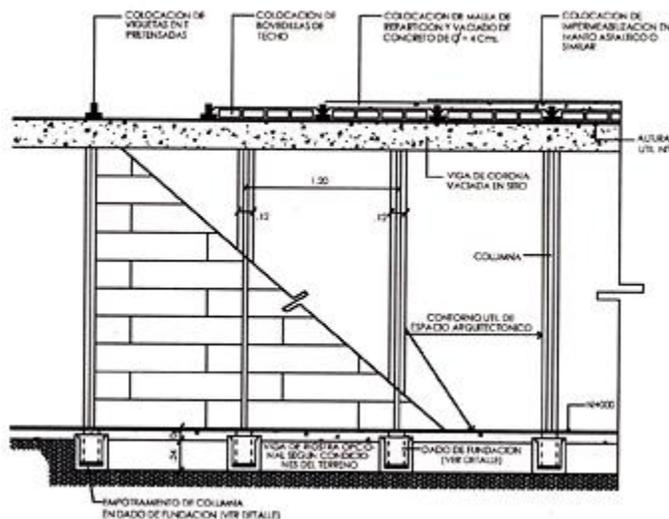


Figura 24. Sistema Constructivo de Pórtico Típico

Fuente Ing. Iván Rodríguez (2015)

III.2.10. Materiales Utilizados en la prefabricación de los elementos.

- **Cemento:** El cemento que se utiliza en la fabricación de los elementos es cemento Portland Gris tipo I a granel, suministrado por la Fábrica de Cemento Vencemos Lara, quien mensualmente nos envía los análisis de los ensayos a los cuales es sometido el cemento, pudiendo resaltar que nuestro concreto tiene una resistencia a la compresión a los 28 días de fraguado entre 360 y 400 Kg/cm²
- **Acero:** El acero utilizado como refuerzo estructural proviene de SIDETUR o SIDOR, y presenta un $F_y = 4.200 \text{ Kg. /m}^2$.
- **Aditivo:** En la elaboración del concreto se utiliza un PLASTOCRETE 160, el cual es un aditivo plastificante, reductor de agua y aumenta la resistencia, de fraguado normal. No contiene cloruros es no tóxico y no inflamable. Cumple con las especificaciones establecidas por COVENIN 356 para aditivo tipo “A” (ASTM C-494-89).

- **Arenas:** En la elaboración de los elementos en planta, se utilizan dos tipos de agregados provenientes de la quebrada del río Urachiche en el Estado Yaracuy, uno es la arena amarilla de gradación fina que posee 45 % del tamiz # 200, que se utiliza solo en la elaboración de los elementos estructurales, el otro agregado es una arena gruesa de color gris, compuesta principalmente por material retenido en los tamices # 10 y # 20. Ambas sometidas a los ensayos que se encuentran en las normas COVENIN tales como el de granulometría, de peso unitario suelto y compactado, determinación del peso específico y la absorción.

III.2.11 Adaptación de un modelo arquitectónico al sistema de construcción modular

El plano referido en la figura 20, es el utilizado como base para realizar la adaptación al sistema modular. Partiendo de esa premisa se elaboraron los siguientes planos que describen todas las modificaciones.

Con el uso del programa de diseño AutoCAD se efectuaron los cambios en el plano de arquitectura, además de la creación de planos de Corte en dos direcciones, Fachada Principal, lateral y posterior donde se muestra la modificación de la altura de la vivienda. En el Plano de Corte A-A y Corte B-B se presentan las dimensiones de las puertas y ventanas.

III.3. Fase 3: Elaboración de un modelo estructural con el programa SAP2000.

Una vez realizado los cambios en los planos originales se procedió a la elaboración del modelo estructural en el programa SAP2000 insertando un Grid Only (líneas de grid) donde se insertaron las distancias entre columnas y la altura de la vivienda bajo un sistema de coordenadas cartesianas. Posteriormente, se procedió a definir los materiales de las secciones de las columnas y las vigas perimetrales, así como las propiedades de las secciones de los nervios en forma de “T” invertida. Luego se dibujaron los elementos lineales y se le asignaron las secciones correspondientes; también se definió la losa nervada en una dirección con todas sus propiedades. Una vez culminado este proceso, se definieron los patrones de carga, los casos de cargas, las combinaciones ya definidas previamente, el nivel de diseño a modelar y se verificó la normativa a utilizar el programa. Finalmente se asignaron las cargas a los elementos y se verificaron los resultados. Cabe destacar que por las funciones en sí del programa solo se analizaron las columnas con las vigas y la losa nervada, ya que los elementos de cerramiento se les debe realizar un ensayo físico para conocer ciertas propiedades tales como la resistencia a la compresión, flexión, entre otras cosas y de esta manera modelar dichos elementos en el programa.

Es importante destacar que el objeto de modelar la estructura es con la finalidad de obtener resultados experimentales en base a los parámetros definidos previamente.

III.4. Fase 4: Explicación del proceso de prefabricación del sistema modular.

En esta la última fase del proyecto se explicará brevemente el proceso de prefabricación de los elementos (Columnas, Nervios para Losas, Cerramientos y Bovedillas) que se utilizan en la construcción de viviendas con la información proporcionada por la Empresa Módulos habitacionales y con la asesoría de su Presidente el Sr. Luis M. Sanz. Finalmente, se realizará una estimación general del tiempo de fabricación de los elementos de la vivienda en cuestión.

CAPITULO IV

RESULTADOS

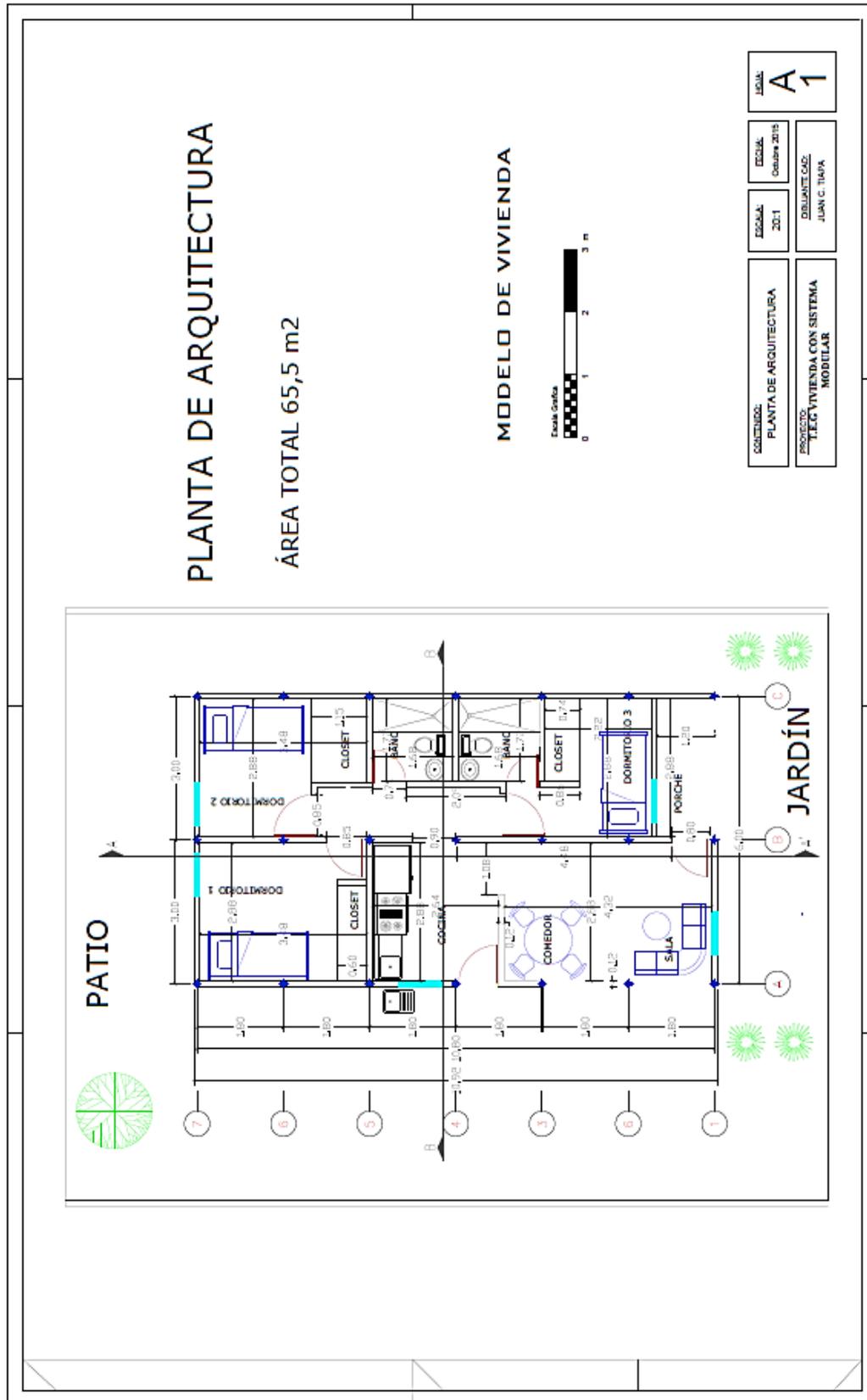
IV.1. Modificación de la Vivienda

Algunos de los cambios realizados del plano original fue la distancia entre columna o luz pasando a 1.8 m en la dirección “Y” y en la dirección del Eje “X” la distancia es de 3 m.

Se cambiaron las dimensiones de las columnas y su forma, y en consecuencia se modificó el espesor de las paredes. Otro cambio que deriva de la modificación de las columnas es el área total de la vivienda que paso a ser de 64,8 m² de construcción aproximadamente.

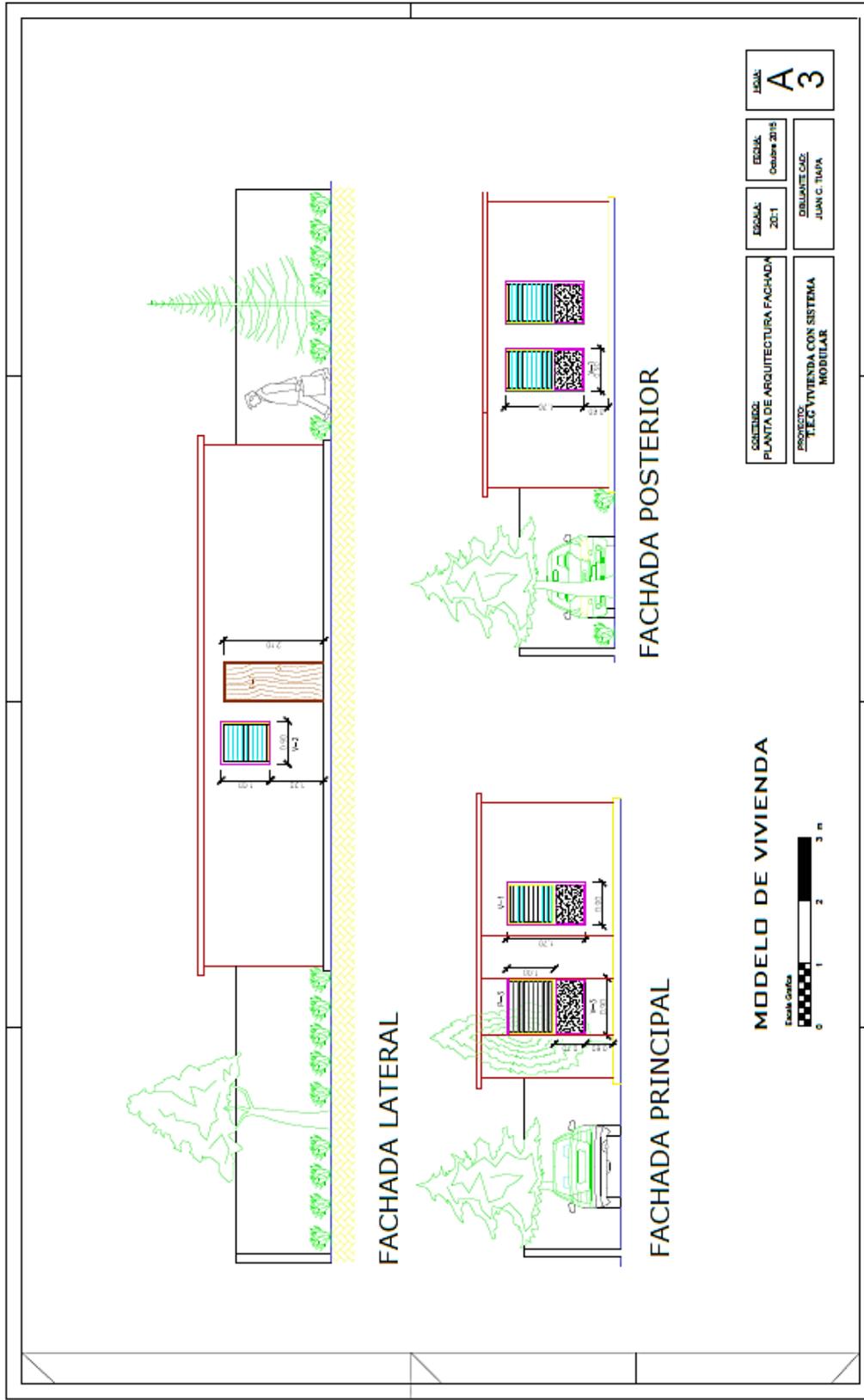
El techo que estaba tenía cierto grado de inclinación se colocó en forma horizontal para facilitar el diseño del mismo.

La altura de la edificación paso de 2,5 m a 3 metros de altura. En las siguientes figuras se muestras los planos de Arquitectura, fachada Principal, lateral, posterior y los Corte A-A y Corte B- B en dos direcciones, con los resultados de los cambios mencionados.



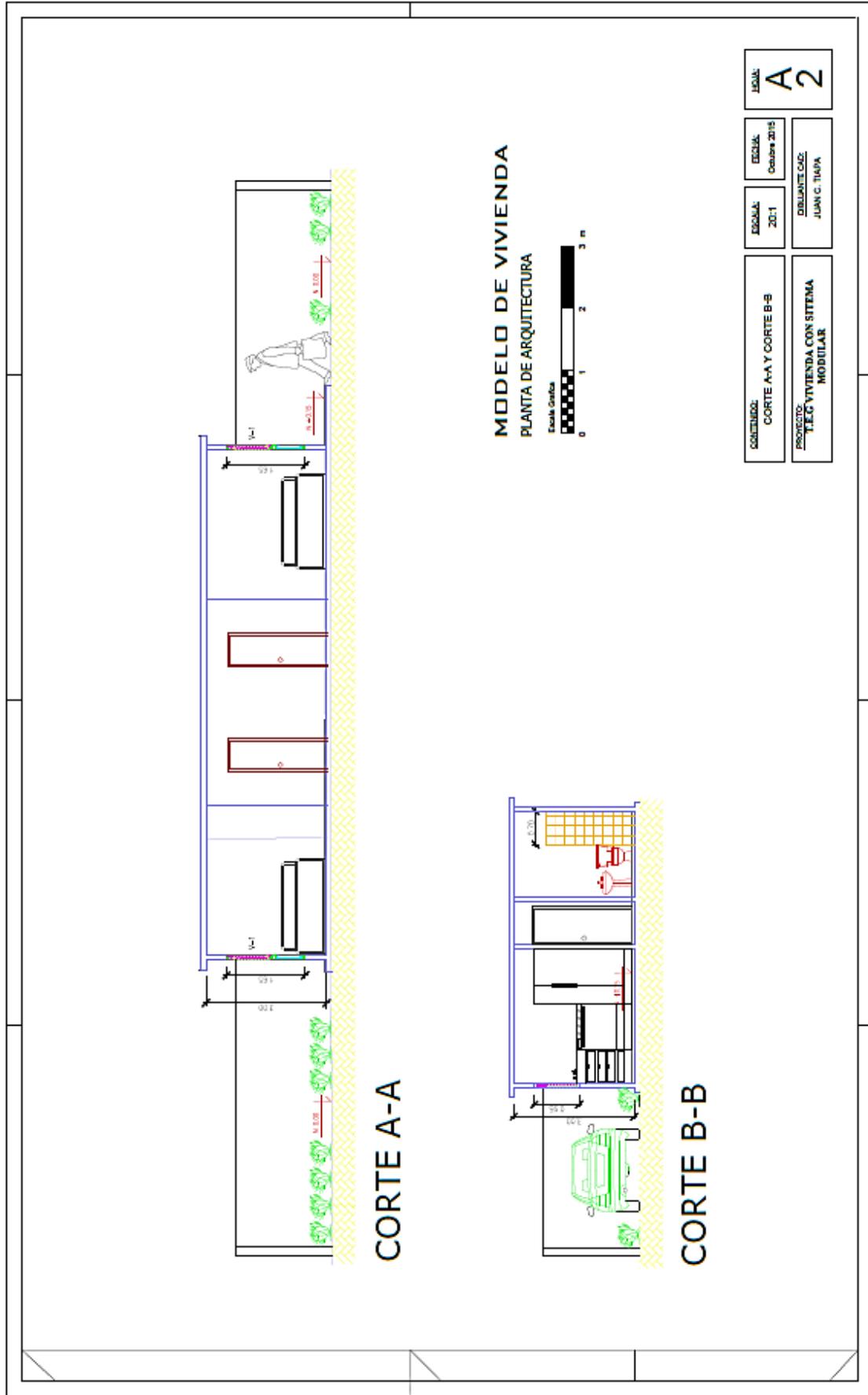
C:\Users\Juan Carlos Traya\Documents\Tesis de Grado\Plano Autocad\Planos Definitivos\Plano de arquitectura de la vivienda.TESIS.dwg, 17/11/2015 9:33:30 p. m., DWG TO PDF.pc3

Figura 25. Plano Arquitectura Adaptado. Fuente: Elaboración propia (2015)



C:\Users\Juan Carlos Tripeas\Documents\Travis de Grady\Trabajo Autocad\Planos Definitivos\Plano de arquitectura de la vivienda\13.15.dwg, 17/11/2015 9:55:48 p. m., DWG TO PDF.PDF

Figura 26. Fachada Principal, Lateral y Posterior. Fuente: Elaboración propia (2015)



C:\Users\Juan Carlos Tapia\Documents\Visus de Grados\Plano AutoCAD\Plano Definitivo\Plano de arquitectura de la vivienda.113.dwg, 1/17/2015 9:55:13 p. m., DWG to PDF.pc4

Figura 27. Corte A-A; y Corte B-B. Fuente: Elaboración propia (2015)

IV.2. Estimación de Cantidades de Elementos Prefabricados

Posteriormente se procedió a estimar la cantidad de cerramientos a utilizar para la vivienda adaptada, así como determinar la cantidad por tipo de Bloque y la distribución modular que podría obtenerse en función del plano arquitectónico ya elaborado.

En las tablas siguientes, se calcularon las dimensiones aproximadas de los tipos de cerramientos, para estimar su peso por unidad, luego con las dimensiones de puertas y ventanas se procedió a calcular la cantidad de cerramientos por pared, así como el área y el volumen a ocupar tomando en cuenta un porcentaje adicional para garantizar la disponibilidad.

Tabla 3. Peso por tipo de Cerramiento.

Cerramiento	Longitud/ Altura (cm)	Ancho (cm)	Volumen (m3)	Peso Aprox.(Kg.)
MH030 y HH030	30x20	12	0,01	17
MH090 y HH090	90x20	12	0,01	23

Tabla 4. Área que ocupan puertas y ventanas

Elemento	Longitud (m)	Altura (m)	Área (m2)
Puertas	0,9	2,1	1,89
Ventanas	0,9	1,6	1,44
			3,33

Tabla 5. Área y Volumen por pared

Muros (Paredes) Paralelas al eje X							
Ubicación	Tipo	Longitud (m)	Altura (m)	Área (m ²)	Área Puerta/Vent. (m ²)	Espesor (m)	Volumen (m ³)
XC1	Confinado	3	3	9	1,44	0,12	0,91
XC2	Confinado	3	3	9	1,44	0,12	0,91
XC3	Confinado	3	3	9	1,44	0,12	0,91
XNC4	No Confinado	2,88	3	8,64	1,44	0,12	0,86
XNC5	No Confinado	2	3	6	0	0,12	0,72
XNC6	No Confinado	2	3	6	0	0,12	0,72
XNC7	No Confinado	1,8	3	5,4	0	0,12	0,65
XN8	Confinado	3	3	9	0	0,12	1,08
XNC9	No Confinado	1,8	3	5,4	0	0,12	0,65

Tabla 6. Cantidad de Cerramientos por tipo

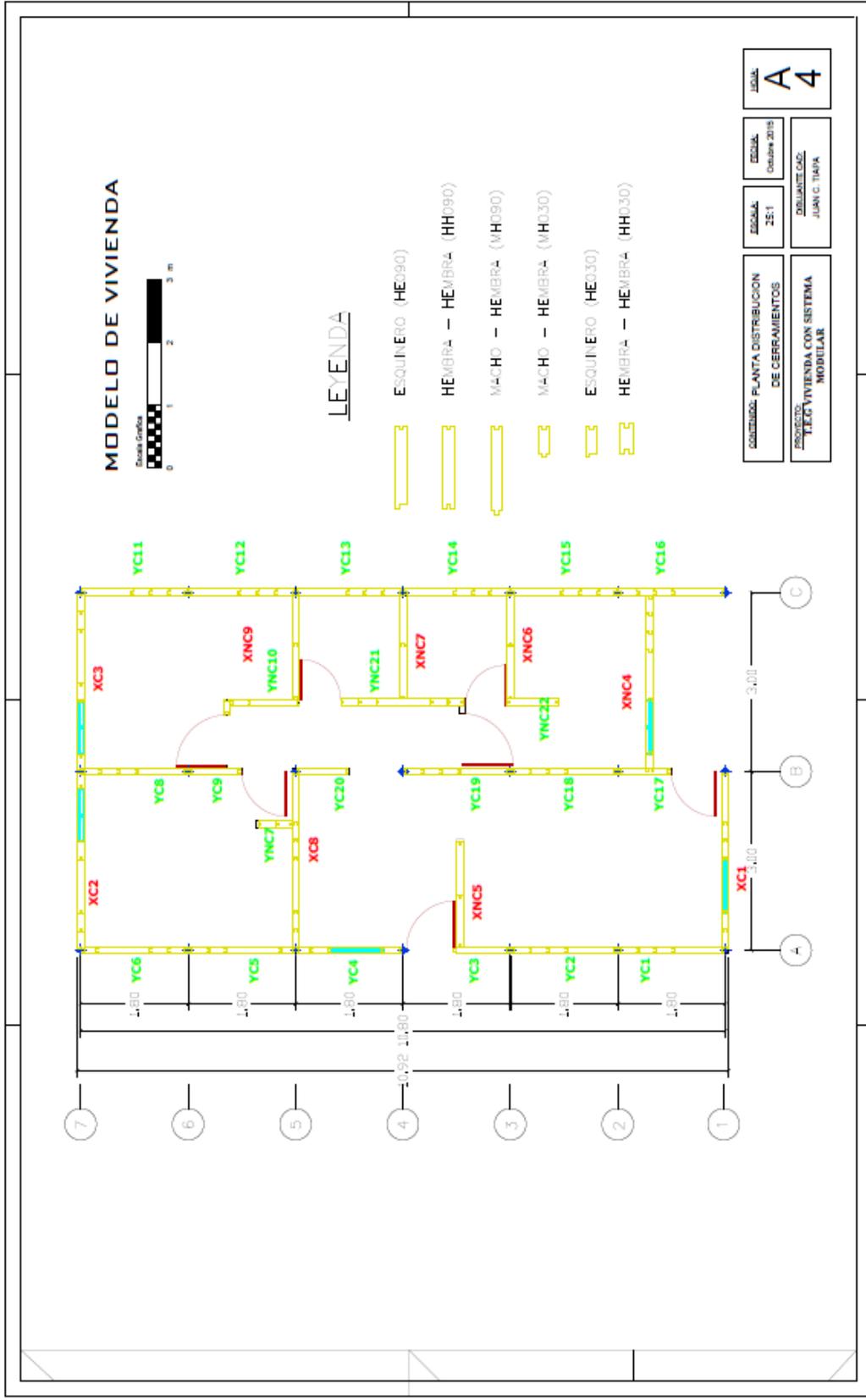
Cantidad por Tipo de Cerramiento									
Ubicación	Peso (Kg)	MH030	HH030	HE030	MH090	HE090	HH090	%	Cantidad cerramientos
XC1	2177	60			6		15	1,1	89
XC2	2177	45		15	21			1,1	89
XC3	2177	45		15	21			1,1	89
XNC4	2074	60			6		15	1,1	89
XNC5	1728				15		15	1,1	33
XNC6	1728				15	15		1,1	33
XNC7	1555				15	15		1,1	33
XN8	2592	60			15		15	1,1	99
XNC9	1555				15	15		1,1	33
TOTAL	17764	270		30	129		60		587

Tabla 7. Área y volumen por pared

Muros (Paredes) paralelos al eje Y							
Ubicación	Tipo	Longitud (m)	Altura (m)	Área (m ²)	Área Puerta/Vent. (m ²)	Espesor (m)	Volumen (m ³)
YC1	Confinado	1,8	3	5,4	0	0,12	0,65
YC2	Confinado	1,8	3	5,4	0	0,12	0,65
YC3	Confinado	1,8	3	5,4	1,89	0,12	0,42
YC4	Confinado	1,8	3	5,4	3,33	0,12	0,25
YC5	Confinado	1,8	3	5,4	0	0,12	0,65
YC6	Confinado	1,8	3	5,4	0	0,12	0,65
YNC7	No Confinado	0,6	3	1,8	0	0,12	0,22
YC8	Confinado	1,8	3	5,4	0	0,12	0,65
YC9	Confinado	1,8	3	5,4	1,89	0,12	0,42
YNC10	No Confinado	1,2	3	3,6	0	0,12	0,43
YC11	Confinado	1,8	3	5,4	0	0,12	0,65
YC12	Confinado	1,8	3	5,4	1,89	0,12	0,42
YC13	Confinado	1,8	3	5,4	0	0,12	0,65
YC14	Confinado	1,8	3	5,4	0	0,12	0,65
YC15	Confinado	1,8	3	5,4	0	0,12	0,65
YC16	Confinado	1,8	3	5,4	0	0,12	0,65
YC17	Confinado	1,8	3	5,4	1,89	0,12	0,42
YC18	Confinado	1,8	3	5,4	0	0,12	0,65
YC19	Confinado	1,8	3	5,4	0	0,12	0,65
YC20	No Confinado	1,8	3	5,4	0	0,12	0,65
YNC21	No Confinado	2,1	3	6,3	0	0,12	0,76
YNC22	No Confinado	0,9	3	2,7	0	0,12	0,32

Tabla 8. Cantidad de Cerramientos por tipo

Ubicación	Ubicación	Peso (Kg)	MH030	HH030	HE030	MH090	HE090	HH090	% Excedencia	Cantidad cerramientos
YC1	YC1	1555	45				15		1,1	66
YC2	YC2	1555	45					15	1,1	66
YC3	YC3	1011				15		4	1,1	21
YC4	YC4	596	30		15	6			1,1	56
YC5	YC5	1555	30		15	15			1,1	66
YC6	YC6	1555	30		15	15			1,1	66
YNC7	YNC7	518	15	15					1,1	33
YC8	YC8	1555	45					15	1,1	66
YC9	YC9	1011				4		15	1,1	21
YNC10	YNC10	1037	15	15				15	1,1	50
YC11	YC11	1555	45				15		1,1	66
YC12	YC12	1011	45					15	1,1	66
YC13	YC13	1555	45				15		1,1	66
YC14	YC14	1555	45				15		1,1	66
YC15	YC15	1555	45				15		1,1	66
YC16	YC16	1555	45					15	1,1	66
YC17	YC17	1011				4		15	1,1	21
YC18	YC18	1555	45					15	1,1	66
YC19	YC19	1555	45					15	1,1	66
YC20	YC20	1555					15		1,1	17
YNC21	YNC21	1814	45	15		15			1,1	83
YNC22	YNC22	778						15	1,1	17
TOTAL			660	45	45	74	90	154		1175
TOTAL GENERAL			930	45	75	203	135	214		1762



C:\Users\Juan Carlos Trapa\Documents\trapa\trapa\Autosys\Planos Definitivos\Plano de arquitectura de la vivienda.tss.dwg, 17/11/2015 9:36:14 p. m., DWG to PDF.pc

Figura 28. Distribución de Cerramientos por tipo. Fuente: Elaboración propia (2015)

En base a lo anterior podemos observar que es necesario un total de 1762 cerramientos entre todos los modelos para la vivienda de 65,5 m².

En cuanto a la cantidad de Bovedillas necesarias se estableció en función del plano de envigado que se observa en la figura 30, allí se indica que se colocarán 6 nervios en una dirección por cada vano, obteniendo un total de 12 nervios. De allí que si entre cada nervio se deben colocar tantas bovedillas de 22 cm de ancho de manera tal que lleguen a los 3 metros, entonces la cantidad total de bovedillas en cada nervio está dada por la siguiente ecuación:

$$\text{Cantidad de Bovedillas} = \frac{300 \text{ cm}}{22 \text{ cm}} = 13,63 \approx 14 \text{ unidades}$$

Ahora si tenemos 12 separaciones por cada vano, siendo un total de 24 separaciones entre nervios, entonces la cantidad Total de bovedillas para la vivienda unifamiliar es:

$$\text{Cantidad total de Bovedillas} = 14 \text{ unidades} * 24 = 336 \text{ Bovedillas}$$

Si colocamos un margen de pérdidas del 10 % por mal manejo del elemento o defecto de fábrica, la cantidad real sería:

$$\text{Cantidad Real de Bovedillas necesarias} = 1,1 * 336 = 369,6 = 370 \text{ Bovedillas}$$

IV.3. Análisis de Cargas para la Vivienda de un Nivel

Tabla 9. Carga Permanente. Nivel Techo

Carga Permanente	Kg./ m ²
Losa Nervada (Vigas "T" Invertidas)	300
Loseta de Concreto	100
Malla electrosoldada 6"x 6"	26
Manto Asfáltico (3 mm espesor)	4
Bovedillas (10 cm de espesor)	70
Total CP	500

Los valores presentados en la tabla anterior se calcularon con una resistencia del concreto de 2500 kgf/m³. Ahora bien la carga Variable para el nivel techo se estableció de acuerdo a la norma (COVENIN, 2002-1988) el cual es de 100 kg. /m²

Las combinaciones de cargas que se usaron en el análisis gravitacional son, las indicadas en la tabla 9-3 de la norma COVENIN 1753:2006, a saber son:

$$U = 1,4 CP$$

$$U = 1,2(CP) + 1,6(CV)$$

Dichas combinaciones están identificadas por el programa como Combo 1 y Combo 2

IV.4. Nivel de diseño de la Vivienda.

El caso de estudio está enmarcado para la construcción de una vivienda en una zona de baja sismicidad o zona sísmica “0” o “1” de acuerdo con la norma (COVENIN, 1756:2001), la cual establece en el capítulo 4 la zonificación Sísmica en Venezuela. Por lo tanto, la vivienda podrá construirse en Municipios del estado Amazonas, Apure y Bolívar.

La vivienda se clasifica en el grupo B2, como estructura regular y con nivel de diseño 1 (ND1), lo cual significa que no requiere la aplicación de requisitos adicionales a los establecidos para acciones gravitacionales.

IV.5. Propiedades de los materiales a utilizar.

Los materiales utilizados para el chequeo de la estructura fueron los siguientes:

Tabla 10. Propiedades de los Materiales

Material	Peso kgf/cm3	Masa Kgf- s2/cm4	M. Elasticidad Kgf/cm2	M. de Cortadura Kgf/cm2	Coef.de Poisson	Coeficiente Expansión T.	FY Kgf/cm2	FU Kgf/cm2
FC 210	0,0025	2,5E-06	218819	91174,58	0,2	0,0000099		
FC370	0,0025	2,5E-06	290454	121022,5	0,2	0,0000099		
REFUERZO	0,00785	8E-06	2100000	807692,31	0,3	0,0000117	4200	5250

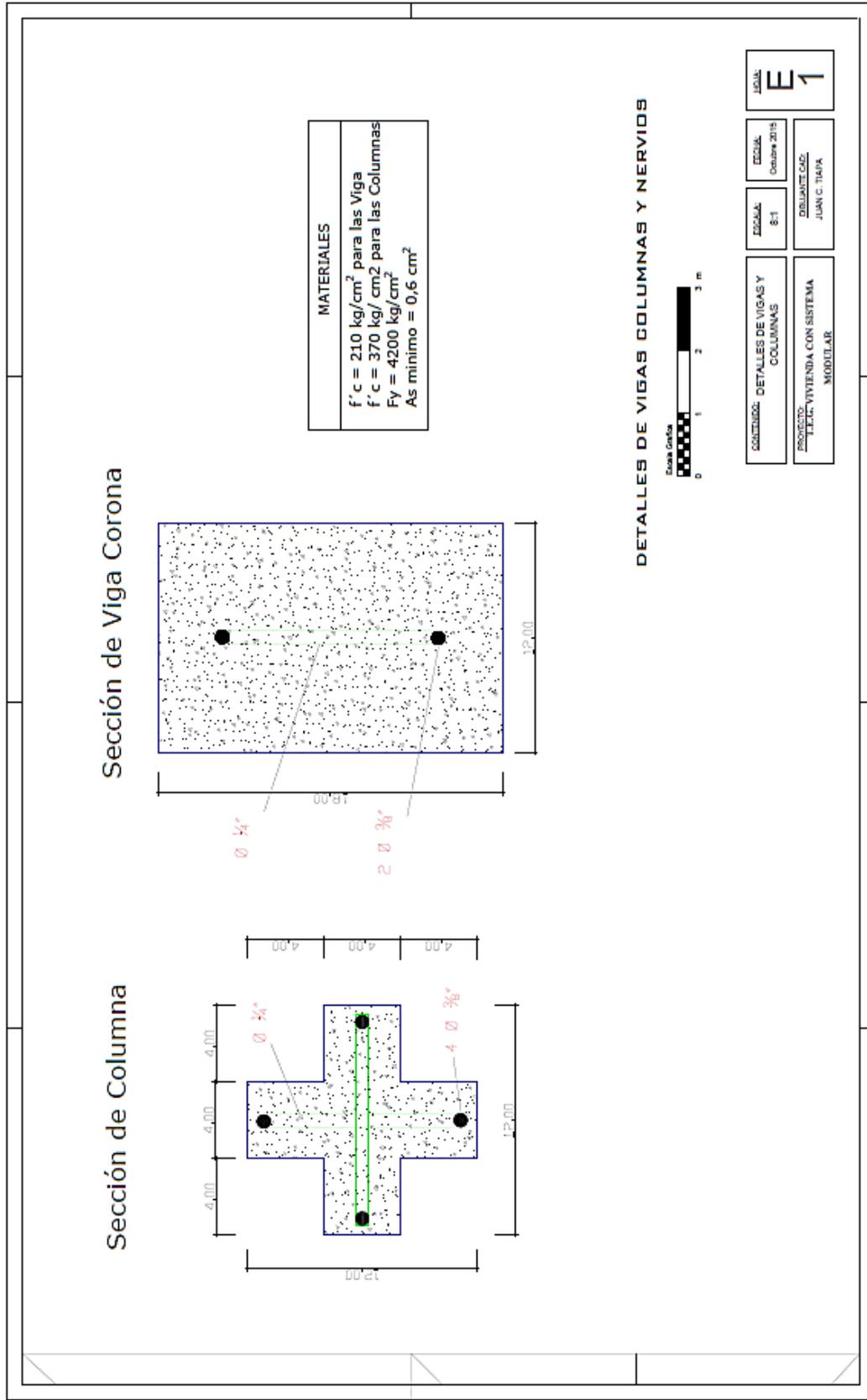
IV.6. Propiedades de las secciones de las Columnas, Vigas de carga y Vigas “T” Invertidas. Envigado de la Losa Nervada y detalle de los Nervios

En la figura 29 se puede observar las dimensiones de cada uno de los elementos estructurales así como la distribución de acero de refuerzo según las indicaciones del fabricante a excepción de las vigas corona. Las propiedades mostradas en la tabla 11, nos indica el centro de gravedad, el valor del área, módulo de torsión, momento de inercia en ambas direcciones, área de corte en ambas direcciones, el módulo de sección elástico y plástico y el radio de giro de todas las secciones de la estructura. En cuanto al envigado, podemos observar en la figura 30 la dirección de armado, las dimensiones de los nervios, como están dispuestos en el armado de la losa y el espesor de la loseta. En la figura 31 se puede visualizar el refuerzo de acero longitudinal en los nervios.

Tabla 11. Propiedades de las Vigas, columnas y Vigas “T” invertidas.
Fuente: Elaboración propia

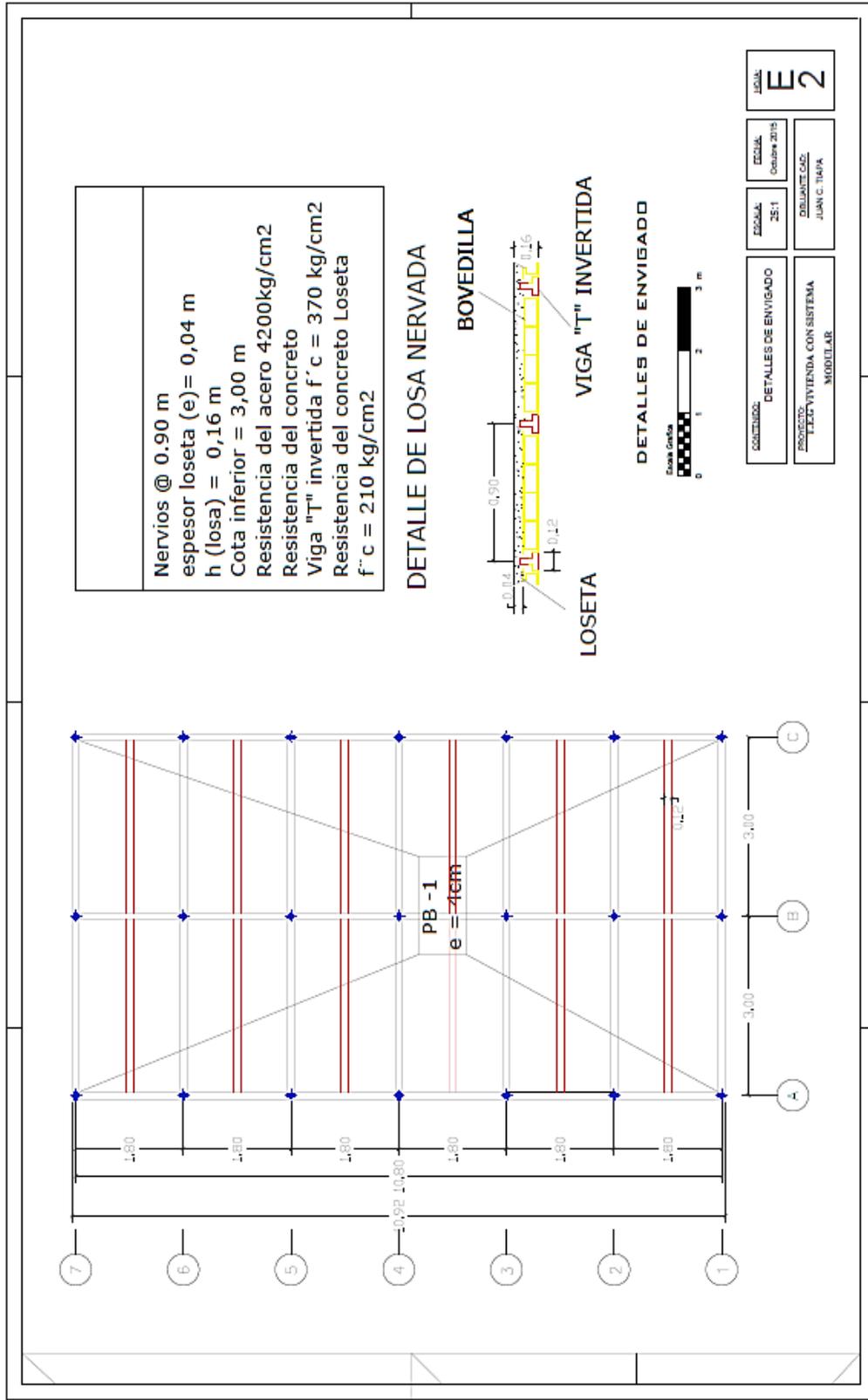
Sección	Material	Área	Torsión	I33	I22	AS2	AS3
		cm2	cm4	cm4	cm4	cm2	cm2
C12X12	FC370	80	503,15	618,67	618,67	68,29	68,29
V12X18	FC210	216	6085,12	5832	2592	180	180
V12X12	FC370	80	478,64	926,03	660,27	52,67	71,15

Sección	Material	S33	S22	Z33	Z22	R33	R22	Peso
		cm3	cm3	cm3	cm3	cm	cm	Kgf
C12X12	FC370	103,11	103,11	176	176	2,78	2,78	1260
V12X18	FC210	648	432	972	648	5,20	3,46	4018
V12X12	FC370	121,73	110,04	220,51	185,6	3,35	2,83	741,6



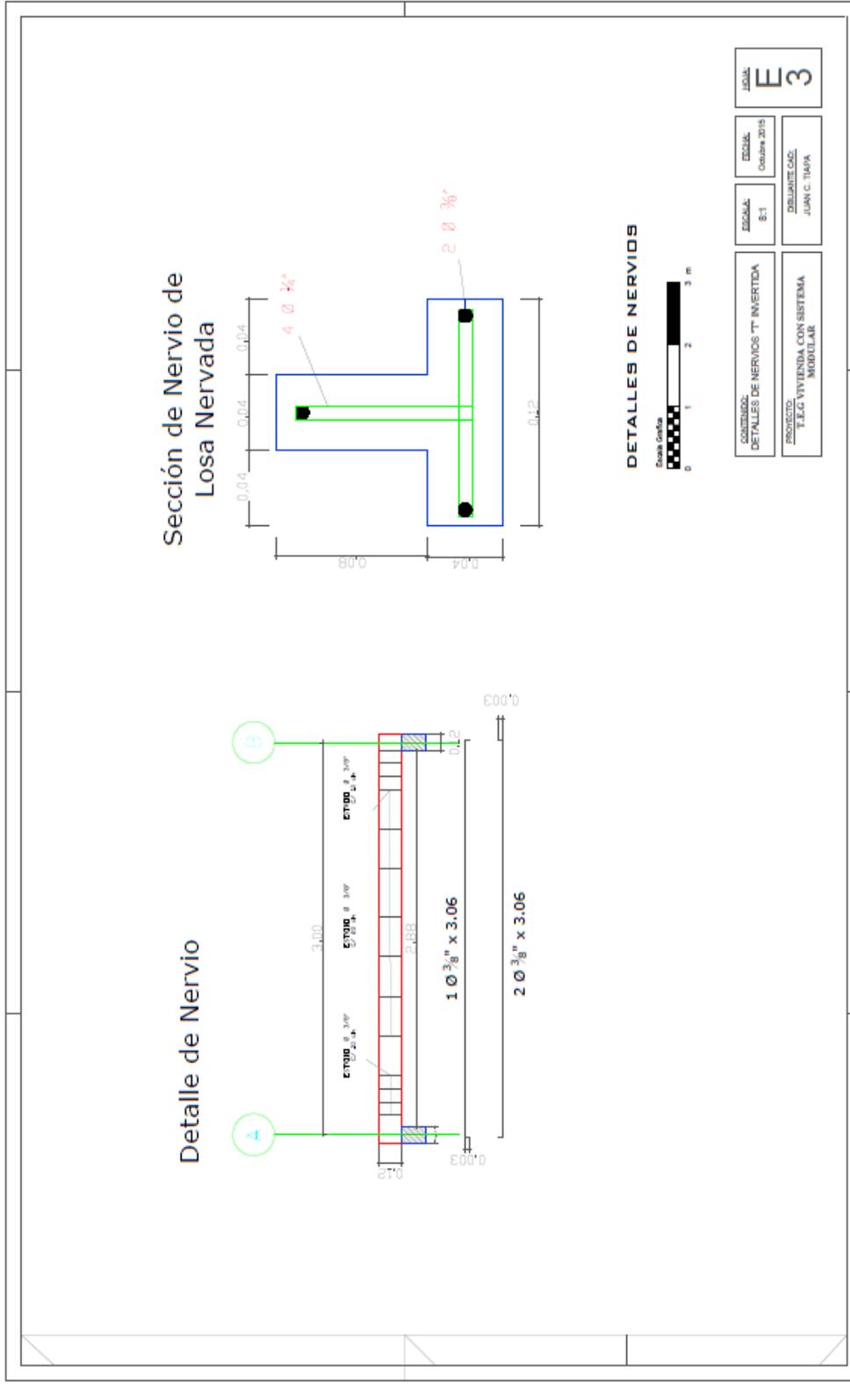
C:\Users\Juan Carlos Tarras\Documents\Trabajos de Grado\Piano Autocad\Pianos Definitivos\Piano Estructurales de la Vivienda_1255.dwg, 7/17/2015 11:56:38 p. m., DWG to PDF.pc3

Figura 29. Detalle de Vigas Corona y Columnas. Fuente: Elaboración propia (2015)



:\Users\Juan Carlos Tapia\Documents\Tesis de Grado\Piano Autocad\Pianos Definidos\Piano Estructurales de la Vivienda: Tesis.dwg: 17/11/2015 11:54:27 p. m. DWG 16704.rvt

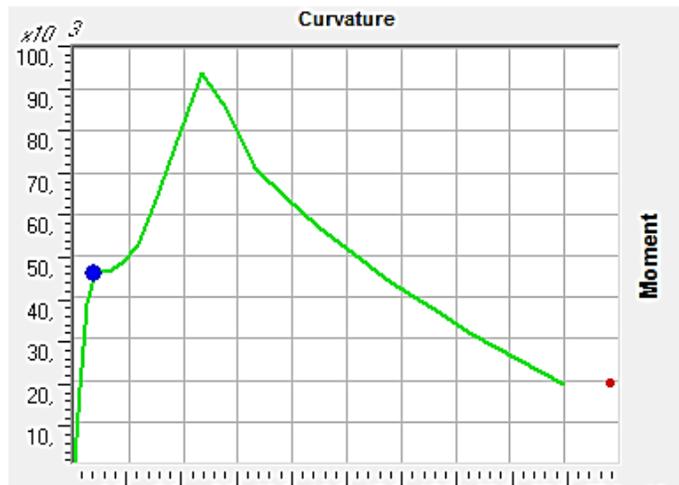
Figura 30. Envigado de la Losa Nervada. Fuente: Elaboración propia (2015)



C:\Users\Juan Carlos Traya\Documents\tesis de Grado\Piano Autocad\Pianos Definitivos\Piano Estructurales de la Vivienda. TESIS.dwg, 1/11/2015 11:46:16 p. m., DWG to PDF.pc3

Figura 31. Detalle de Nervio de la Losa Nervada. Fuente: Elaboración propia (2015)

También podemos observar los diagramas de momento vs curvatura, y los esfuerzos de las secciones tipo columna cruz y de las secciones en forma de “t” invertida.



Gráfica 1. Momento vs Curvatura de las Columnas.
Fuente: Elaboración propia

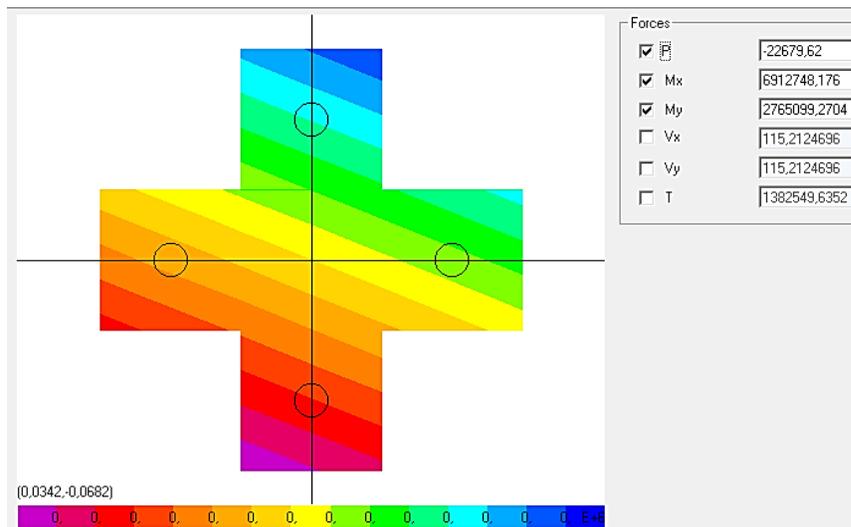
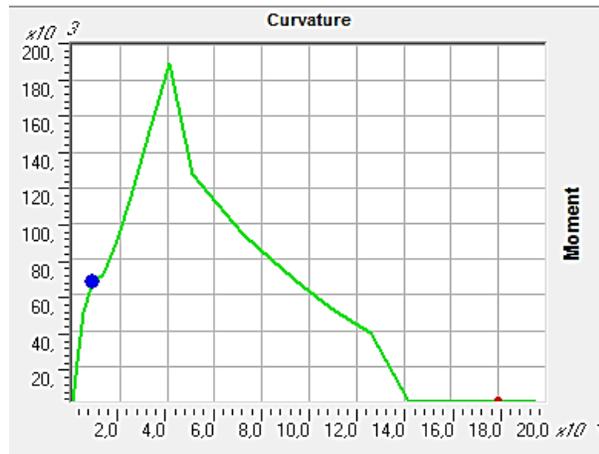


Figura 32. Diagrama de Esfuerzos de la Columna.
Fuente: Elaboración propia



Gráfica 2. Momento vs Curvatura de la Viga “T” invertida.
Fuente: Elaboración propia

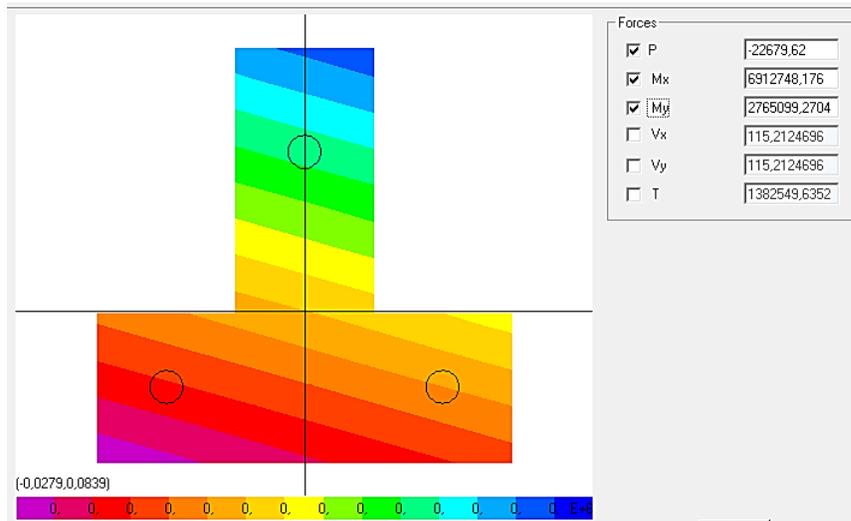


Figura 33. Diagrama de Esfuerzos de la Viga “T” invertida.
Fuente: Elaboración propia

IV.7. Chequeo de las Áreas de Acero longitudinal en vigas corona y las columnas

En base a las áreas de aceros obtenidos para cada una de las vigas, se seleccionaron las barras con diámetro mayor a los requeridos. En relación a las áreas se pudo observar que la demanda de acero de refuerzo no fue de gran magnitud ya que las cargas permanentes y variables aplicadas no son considerablemente grandes.

En cuanto a las áreas de acero longitudinal de las columnas se usaron como patrón las indicadas o colocadas normalmente en fábrica que son 4 barras de acero de 3/8" de diámetro y en efecto todas las columnas cumplen y no fallan

Para conocer el esquema de ubicación de las columnas según su código ver Figura 34.

Tabla 12. Área de acero longitudinal en las Vigas perimetrales.

Fuente: Elaboración propia

Notación	Sección	Localización (cm)	Combinación	Fibra superior (cm ²)	Combinación	Fibra Inferior (cm ²)
40	V12X18	198	COMB2	0	COMB1	0,046
40	V12X18	246	COMB1	0,039	COMB2	0
40	V12X18	294	COMB1	0,1658	COMB2	0
41	V12X18	6	COMB1	0,1658	COMB2	0
41	V12X18	54	COMB1	0,039	COMB2	0
41	V12X18	102	COMB2	0	COMB1	0,046

Notación	Sección	Localización (cm)	Combinación	Fibra superior (cm2)	Combinación	Fibra Inferior (cm2)
41	V12X18	150	COMB2	0	COMB1	0,0903
41	V12X18	198	COMB2	0	COMB1	0,0936
41	V12X18	246	COMB2	0	COMB1	0,0558
41	V12X18	294	COMB1	0,0227	COMB2	0
81	V12X18	6	COMB1	0,0429	COMB2	0
81	V12X18	54	COMB2	0	COMB1	0,0415
81	V12X18	102	COMB2	0	COMB1	0,0852
81	V12X18	150	COMB2	0	COMB1	0,0879
81	V12X18	198	COMB2	0	COMB1	0,0496
81	V12X18	246	COMB1	0,0295	COMB2	0
81	V12X18	294	COMB1	0,1502	COMB2	0
83	V12X18	6	COMB1	0,1502	COMB2	0
83	V12X18	54	COMB1	0,0295	COMB2	0
83	V12X18	102	COMB2	0	COMB1	0,0496
83	V12X18	150	COMB2	0	COMB1	0,0879
83	V12X18	198	COMB2	0	COMB1	0,0852
83	V12X18	246	COMB2	0	COMB1	0,0415
83	V12X18	294	COMB1	0,0429	COMB2	0
84	V12X18	6	COMB1	0,0429	COMB2	0
84	V12X18	54	COMB2	0	COMB1	0,0415
84	V12X18	102	COMB2	0	COMB1	0,0852
84	V12X18	150	COMB2	0	COMB1	0,0879
84	V12X18	198	COMB2	0	COMB1	0,0496
84	V12X18	246	COMB1	0,0295	COMB2	0
84	V12X18	294	COMB1	0,1502	COMB2	0
85	V12X18	6	COMB1	0,1502	COMB2	0
85	V12X18	54	COMB1	0,0295	COMB2	0
85	V12X18	102	COMB2	0	COMB1	0,0496
85	V12X18	150	COMB2	0	COMB1	0,0879
85	V12X18	198	COMB2	0	COMB1	0,0852
85	V12X18	246	COMB2	0	COMB1	0,0415
85	V12X18	294	COMB1	0,0429	COMB2	0
22	V12X18	6	COMB1	0,0406	COMB2	0
22	V12X18	54	COMB2	0	COMB1	0,0432

Notación	Sección	Localización (cm)	Combinación	Fibra superior (cm2)	Combinación	Fibra Inferior (cm2)
22	V12X18	102	COMB2	0	COMB1	0,0864
22	V12X18	150	COMB2	0	COMB1	0,0885
22	V12X18	198	COMB2	0	COMB1	0,0496
22	V12X18	246	COMB1	0,03	COMB2	0
22	V12X18	294	COMB1	0,1513	COMB2	0
23	V12X18	6	COMB1	0,1513	COMB2	0
23	V12X18	54	COMB1	0,03	COMB2	0
23	V12X18	102	COMB2	0	COMB1	0,0496
23	V12X18	150	COMB2	0	COMB1	0,0885
23	V12X18	198	COMB2	0	COMB1	0,0864
23	V12X18	246	COMB2	0	COMB1	0,0432
23	V12X18	294	COMB1	0,0406	COMB2	0
24	V12X18	6	COMB1	0,0428	COMB2	0
24	V12X18	54	COMB2	0	COMB1	0,0416
24	V12X18	102	COMB2	0	COMB1	0,0853
24	V12X18	150	COMB2	0	COMB1	0,088
24	V12X18	198	COMB2	0	COMB1	0,0496
24	V12X18	246	COMB1	0,0295	COMB2	0
24	V12X18	294	COMB1	0,1503	COMB2	0
25	V12X18	6	COMB1	0,1503	COMB2	0
25	V12X18	54	COMB1	0,0295	COMB2	0
25	V12X18	102	COMB2	0	COMB1	0,0496
25	V12X18	150	COMB2	0	COMB1	0,088
25	V12X18	198	COMB2	0	COMB1	0,0853
25	V12X18	246	COMB2	0	COMB1	0,0416
25	V12X18	294	COMB1	0,0428	COMB2	0
26	V12X18	6	COMB1	0,0406	COMB2	0
26	V12X18	54	COMB2	0	COMB1	0,0432
26	V12X18	102	COMB2	0	COMB1	0,0864
26	V12X18	150	COMB2	0	COMB1	0,0885
26	V12X18	198	COMB2	0	COMB1	0,0496
26	V12X18	246	COMB1	0,03	COMB2	0
26	V12X18	294	COMB1	0,1513	COMB2	0
27	V12X18	6	COMB1	0,1513	COMB2	0
27	V12X18	54	COMB1	0,03	COMB2	0

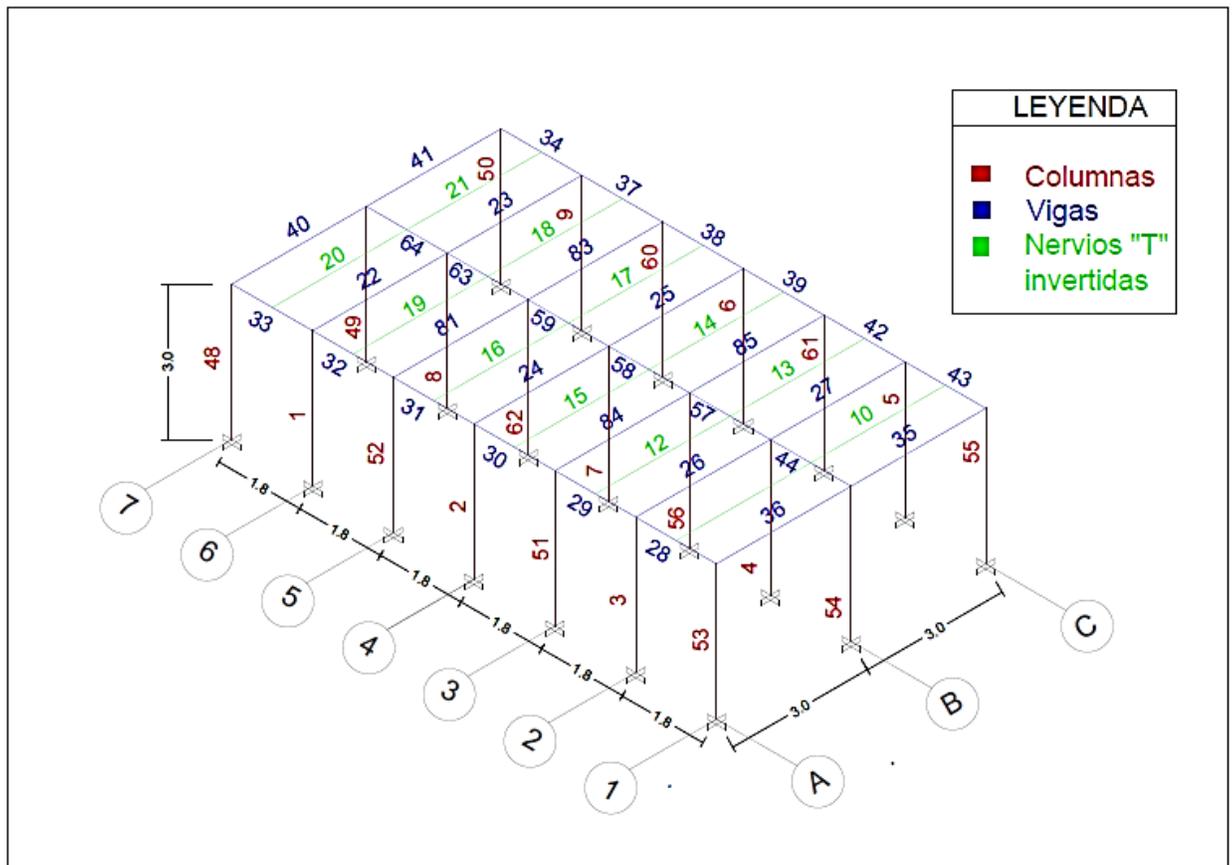
Notación	Sección	Localización (cm)	Combinación	Fibra superior (cm2)	Combinación	Fibra Inferior (cm2)
27	V12X18	102	COMB2	0	COMB1	0,0496
27	V12X18	150	COMB2	0	COMB1	0,0885
27	V12X18	198	COMB2	0	COMB1	0,0864
27	V12X18	246	COMB2	0	COMB1	0,0432
27	V12X18	294	COMB1	0,0406	COMB2	0
28	V12X18	6	COMB2	0	COMB1	0,0035
28	V12X18	48	COMB2	0	COMB1	0,0537
28	V12X18	90	COMB2	0	COMB1	0,0726
28	V12X18	90	COMB2	0	COMB1	0,0726
28	V12X18	132	COMB2	0	COMB2	0,0181
28	V12X18	174	COMB1	0,069	COMB2	0
29	V12X18	6	COMB1	0,0703	COMB2	0
29	V12X18	48	COMB2	0	COMB2	0,0033
29	V12X18	90	COMB2	0	COMB1	0,0396
29	V12X18	90	COMB2	0	COMB1	0,0396
29	V12X18	132	COMB2	0	COMB1	0,0049
29	V12X18	174	COMB1	0,0611	COMB2	0
30	V12X18	6	COMB1	0,061	COMB2	0
30	V12X18	48	COMB2	0	COMB1	0,0067
30	V12X18	90	COMB2	0	COMB1	0,0431
30	V12X18	90	COMB2	0	COMB1	0,0431
30	V12X18	132	COMB2	0	COMB1	0,0056
30	V12X18	174	COMB1	0,0633	COMB2	0
31	V12X18	6	COMB1	0,0633	COMB2	0
31	V12X18	48	COMB2	0	COMB1	0,0056
31	V12X18	90	COMB2	0	COMB1	0,0431
31	V12X18	90	COMB2	0	COMB1	0,0431
31	V12X18	132	COMB2	0	COMB1	0,0067
31	V12X18	174	COMB1	0,061	COMB2	0
32	V12X18	6	COMB1	0,0611	COMB2	0
32	V12X18	48	COMB2	0	COMB1	0,0049
32	V12X18	90	COMB2	0	COMB1	0,0396
32	V12X18	90	COMB2	0	COMB1	0,0396
32	V12X18	132	COMB2	0	COMB2	0,0033

Notación	Sección	Localización (cm)	Combinación	Fibra superior (cm2)	Combinación	Fibra Inferior (cm2)
32	V12X18	174	COMB1	0,0703	COMB2	0
33	V12X18	6	COMB1	0,069	COMB2	0
33	V12X18	48	COMB2	0	COMB2	0,0181
33	V12X18	90	COMB2	0	COMB1	0,0726
33	V12X18	90	COMB2	0	COMB1	0,0726
33	V12X18	132	COMB2	0	COMB1	0,0537
33	V12X18	174	COMB2	0	COMB1	0,0035
34	V12X18	6	COMB2	0	COMB1	0,0035
34	V12X18	48	COMB2	0	COMB1	0,0537
34	V12X18	90	COMB2	0	COMB1	0,0726
34	V12X18	90	COMB2	0	COMB1	0,0726
34	V12X18	132	COMB2	0	COMB2	0,0181
34	V12X18	174	COMB1	0,069	COMB2	0
37	V12X18	6	COMB1	0,0703	COMB2	0
37	V12X18	48	COMB2	0	COMB2	0,0033
37	V12X18	90	COMB2	0	COMB1	0,0396
37	V12X18	90	COMB2	0	COMB1	0,0396
37	V12X18	132	COMB2	0	COMB1	0,0049
37	V12X18	174	COMB1	0,0611	COMB2	0
38	V12X18	6	COMB1	0,061	COMB2	0
38	V12X18	48	COMB2	0	COMB1	0,0067
38	V12X18	90	COMB2	0	COMB1	0,0431
38	V12X18	90	COMB2	0	COMB1	0,0431
38	V12X18	132	COMB2	0	COMB1	0,0056
38	V12X18	174	COMB1	0,0633	COMB2	0
39	V12X18	6	COMB1	0,0633	COMB2	0
39	V12X18	48	COMB2	0	COMB1	0,0056
39	V12X18	90	COMB2	0	COMB1	0,0431
39	V12X18	90	COMB2	0	COMB1	0,0431
39	V12X18	132	COMB2	0	COMB1	0,0067
39	V12X18	174	COMB1	0,061	COMB2	0
42	V12X18	6	COMB1	0,0611	COMB2	0
42	V12X18	48	COMB2	0	COMB1	0,0049
42	V12X18	90	COMB2	0	COMB1	0,0396

Notación	Sección	Localización (cm)	Combinación	Fibra superior (cm2)	Combinación	Fibra Inferior (cm2)
42	V12X18	90	COMB2	0	COMB1	0,0396
42	V12X18	132	COMB2	0	COMB2	0,0033
42	V12X18	174	COMB1	0,0703	COMB2	0
43	V12X18	6	COMB1	0,069	COMB2	0
43	V12X18	48	COMB2	0	COMB2	0,0181
43	V12X18	90	COMB2	0	COMB1	0,0726
43	V12X18	90	COMB2	0	COMB1	0,0726
43	V12X18	132	COMB2	0	COMB1	0,0537
43	V12X18	174	COMB2	0	COMB1	0,0035
44	V12X18	6	COMB2	0,0066	COMB2	0
44	V12X18	48	COMB2	0	COMB1	0,0651
44	V12X18	90	COMB2	0	COMB1	0,1034
44	V12X18	90	COMB2	0	COMB1	0,1034
44	V12X18	132	COMB2	0	COMB2	0,0278
44	V12X18	174	COMB1	0,0852	COMB2	0
57	V12X18	6	COMB1	0,0879	COMB2	0
57	V12X18	48	COMB2	0	COMB2	0,0083
57	V12X18	90	COMB2	0	COMB1	0,0624
57	V12X18	90	COMB2	0	COMB1	0,0624
57	V12X18	132	COMB2	0	COMB1	0,0052
57	V12X18	174	COMB1	0,0834	COMB2	0
58	V12X18	6	COMB1	0,0832	COMB2	0
58	V12X18	48	COMB2	0	COMB1	0,0062
58	V12X18	90	COMB2	0	COMB1	0,0644
58	V12X18	90	COMB2	0	COMB1	0,0644
58	V12X18	132	COMB2	0	COMB1	0,0058
58	V12X18	174	COMB1	0,0842	COMB2	0
59	V12X18	6	COMB1	0,0842	COMB2	0
59	V12X18	48	COMB2	0	COMB1	0,0058
59	V12X18	90	COMB2	0	COMB1	0,0644
59	V12X18	90	COMB2	0	COMB1	0,0644
59	V12X18	132	COMB2	0	COMB1	0,0062
59	V12X18	174	COMB1	0,0832	COMB2	0
63	V12X18	6	COMB1	0,0834	COMB2	0

Notación	Sección	Localización (cm)	Combinación	Fibra superior (cm2)	Combinación	Fibra Inferior (cm2)
63	V12X18	48	COMB2	0	COMB1	0,0052
63	V12X18	90	COMB2	0	COMB1	0,0624
63	V12X18	90	COMB2	0	COMB1	0,0624
63	V12X18	132	COMB2	0	COMB2	0,0083
63	V12X18	174	COMB1	0,0879	COMB2	0
64	V12X18	6	COMB1	0,0852	COMB2	0
64	V12X18	48	COMB2	0	COMB2	0,0278
64	V12X18	90	COMB2	0	COMB1	0,1034
64	V12X18	90	COMB2	0	COMB1	0,1034
64	V12X18	132	COMB2	0	COMB1	0,0651
64	V12X18	174	COMB2	0,0066	COMB2	0

Figura 34. Nomenclatura y Ubicación de Columnas Vigas y Nervios. Fuente: Elaboración propia (2015)



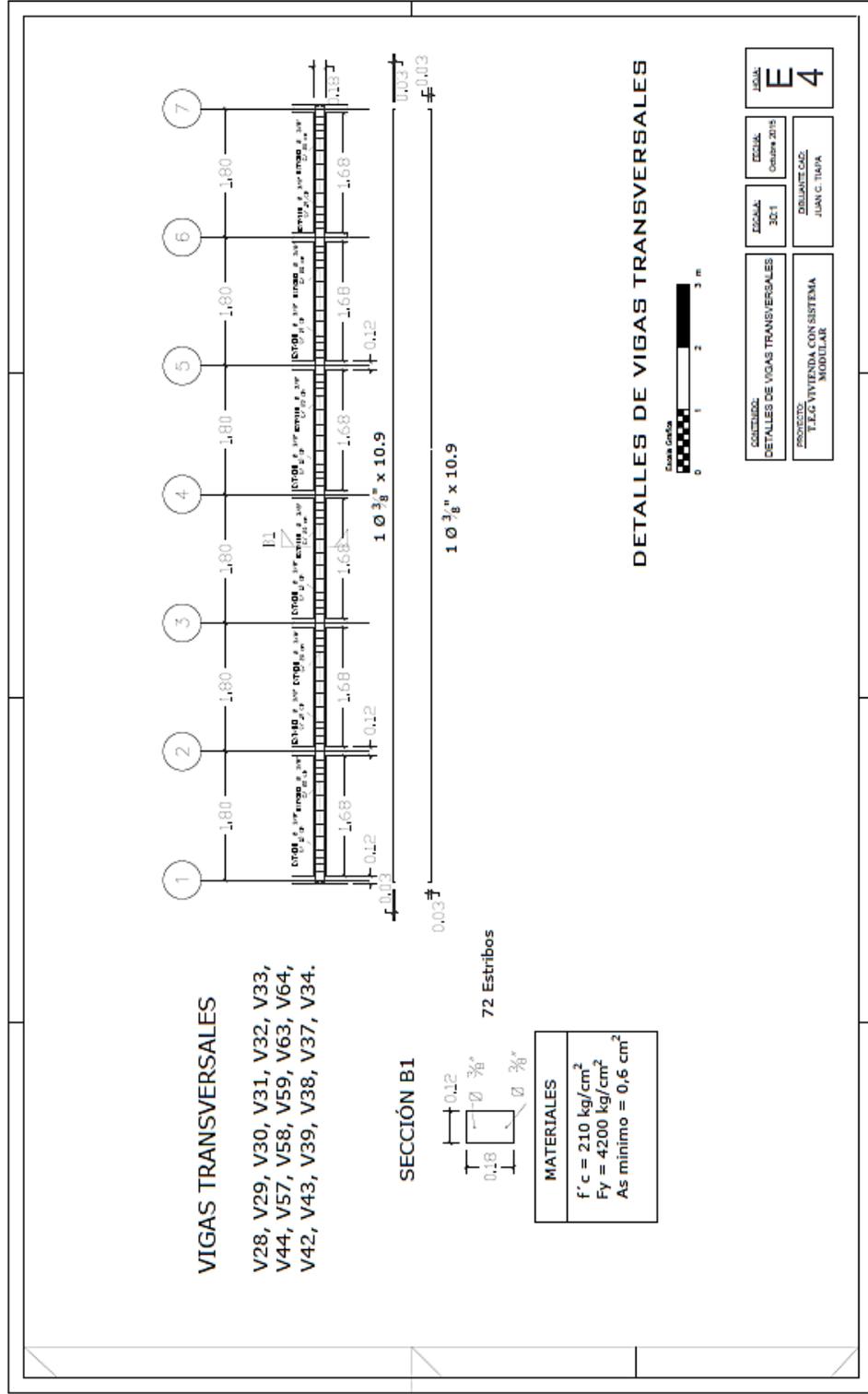
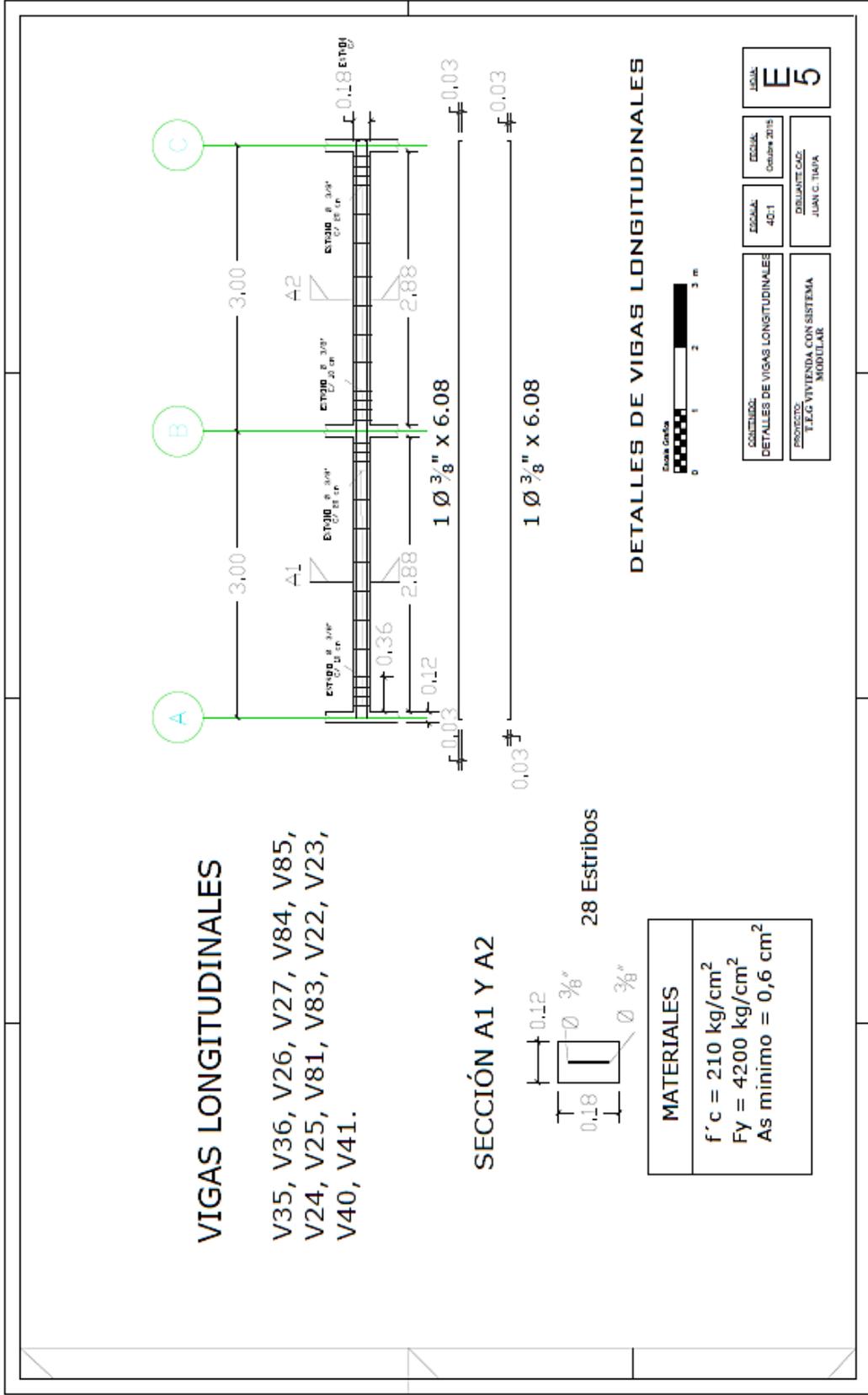


Figura 35. Detalle de Vigas Transversales. Fuente: Elaboración propia (2015)



C:\Users\Juan Carlos Traya\Documents\Traya de Grado\Plano Autocad\Planos Definitivos\Plano Estructurales de la Vivienda - TEG5.dwg, 17/10/2015 11:09:52 p. m., DWG to PDF.pc3

Figura 36. Detalle de Vigas Longitudinales. Fuente: Elaboración propia (2015)

IV.8. Verificación de los refuerzos transversales de las vigas y las columnas

Los resultados obtenidos en el análisis nos indica que no es necesario un acero de refuerzo, sin embargo para cumplir con al área de acero mínimo se realizaron los cálculos pertinentes que pueden observarse en las tabla 9 tabla 10 y tabla 11, y se pueden también detallar en los planos anteriores que son la figura 29 y la figura 30.

Tabla 13. Dimensiones de una Viga Longitudinal.
Fuente: Elaboración propia

X (m)	Q (kg/m)	Área total	Luz	b (cm)	h (cm)	d (cm)	diam. (cm2)
0,01	16416	64,8	3	12	18	15	0,71

Tabla 14. Cálculo de la separación de Estribos en Viga Longitudinal
Fuente: Elaboración propia

Notación	CORTE A	CORTE B	X (m)	Vu	Vc	Vs	S calculo	S norma	S colocar
35	110,00	-76,00	0	110,0	756	-646,0	-57,7	3,75	0,10
			0,2	-3173,2	756	-3929,2	-9,5		
			0,36	-163,6	756	-919,6	-40,5	7,50	0,20
			1,00	-923,6	756	-1679,6	-22,2		
			1,50	-2063,6	756	-2819,6	-13,2		

Tabla 15. Cálculo de la separación de Estribos en Viga Transversal
Fuente: Elaboración propia

Notación	CORTE A		X (m)	Vu	Vc	Vs	S calculo	S norma	S colocar
28	58,00	Zona Conf.	0	58,0	756	-698,0	-53,4	3,75	0,10
			0,2	58,0	756	-698,0	-53,4		
			0,36	58,0	756	-698,0	-53,4	7,50	0,15
			1,00	-	756	-	-1,3		

Los resultados de separación de los estribos así como las barras de acero seleccionada serán igual para todas las vigas transversales y longitudinales en función de lo indicado en los cálculos de las tablas mencionadas anteriormente.

En relación a los refuerzos transversales según la fabricación se debe colocar 4 barras 1/8", sin embargo se colocaron barras #3. Para las columnas se colocaron refuerzos transversales de 1/4" o lo que es lo mismo barras de acero #2.

IV.9. Relación demanda capacidad de las columnas.

Un aspecto importante a evaluar es el verificar la demanda de resistencia que tiene cada una de las columnas para conocer si llega a su máxima capacidad, pues de lo contrario se tendría que rediseñar la sección de la columna.

Tabla 16. Demanda capacidad de las Columnas.
Fuente: Elaboración propia

Columna	Localización	Demanda/ Capacidad	Porcentaje
48	0	0,06	5,84
48	150	0,07	6,93
48	300	0,07	6,69
49	0	0,21	20,71
49	150	0,20	19,83
49	300	0,17	16,77
50	0	0,07	7,37
50	150	0,06	5,58
50	300	0,05	5,36
51	0	0,11	10,80
51	150	0,13	13,12
51	300	0,13	12,77
52	0	0,11	10,80
52	150	0,13	13,01
52	300	0,13	12,66
53	0	0,06	5,84
53	150	0,07	6,99
53	300	0,07	6,73
54	0	0,21	20,71

Columna	Localización	Demanda/ Capacidad	Porcentaje
54	150	0,20	19,83
54	300	0,17	16,77
55	0	0,07	7,31
55	150	0,06	5,58
55	300	0,05	5,36
56	0	0,75	75,26
56	150	0,71	71,17
56	300	0,74	73,80
60	0	0,13	13,47
60	150	0,11	10,56
60	300	0,10	10,22
61	0	0,13	13,35
61	150	0,11	10,56
61	300	0,10	10,22
62	0	0,74	73,80
62	150	0,71	71,17
62	300	0,75	75,26
1	0	0,11	10,92
1	150	0,13	13,27
1	300	0,13	12,92
2	0	0,14	14,47
2	150	0,14	14,04
2	300	0,14	13,70
3	0	0,11	10,92
3	150	0,13	13,16
3	300	0,13	12,81
4	0	0,77	77,06
4	150	0,73	72,80
4	300	0,76	75,76
5	0	0,14	13,62
5	150	0,11	10,68
5	300	0,10	10,34
6	0	0,15	14,70
6	150	0,14	13,92

Columna	Localización	Demanda/ Capacidad	Porcentaje
6	300	0,13	13,36
7	0	0,75	75,10
7	150	0,71	71,02
7	300	0,74	73,62
8	0	0,77	77,06
8	150	0,73	72,80
8	300	0,76	75,76
9	0	0,14	13,50
9	150	0,11	10,68
9	300	0,10	10,34

IV.10. Relación emanda capacidad de los nervios “T” invertida

Tabla 17. Demanda capacidad de los Nervios en forma de “T” invertida.

Fuente: Elaboración propia

Viga	Localización	demanda/capacidad	Porcentaje
10	0,0	0,0	0,4
10	0,5	0,1	5,6
10	1,0	0,1	8,9
10	1,5	0,1	10,0
10	2,0	0,1	8,9
10	2,5	0,1	5,6
10	3,0	0,0	0,4
11	0,0	0,0	0,4
11	0,5	0,1	5,4
11	1,0	0,1	8,6
11	1,5	0,1	9,7
11	2,0	0,1	8,6
11	2,5	0,1	5,4
11	3,0	0,0	0,4
12	0,0	0,0	0,4
12	0,5	0,1	5,6
12	1,0	0,1	8,9

Viga	Localización	demanda/capacidad	Porcentaje
10	2,5	0,1	5,6
10	3,0	0,0	0,4
11	0,0	0,0	0,4
11	0,5	0,1	5,4
11	1,0	0,1	8,6
11	1,5	0,1	9,7
11	2,0	0,1	8,6
11	2,5	0,1	5,4
11	3,0	0,0	0,4
12	0,0	0,0	0,4
12	0,5	0,1	5,6
12	1,0	0,1	8,9
12	1,5	0,1	10,0
12	2,0	0,1	8,9
12	2,5	0,1	5,6
12	3,0	0,0	0,4
13	0,0	0,0	0,4
13	0,5	0,1	5,5
13	1,0	0,1	8,7
13	1,5	0,1	9,7
13	2,0	0,1	8,7
13	2,5	0,1	5,5
13	3,0	0,0	0,4
14	0,0	0,0	0,4
14	0,5	0,1	5,6
14	1,0	0,1	8,9
14	1,5	0,1	10,0
14	2,0	0,1	8,9
14	2,5	0,1	5,6
14	3,0	0,0	0,4
15	0,0	0,0	0,4
15	0,5	0,1	5,5

Viga	Localización	demanda/capacidad	Porcentaje
15	1,0	0,1	8,7
15	1,5	0,1	9,7
15	2,0	0,1	8,7
15	2,5	0,1	5,5
15	3,0	0,0	0,4
16	0,0	0,0	0,4
16	0,5	0,1	5,6
16	1,0	0,1	8,9
16	1,5	0,1	10,0
16	2,0	0,1	8,9
16	2,5	0,1	5,6
16	3,0	0,0	0,4
17	0,0	0,0	0,4
17	0,5	0,1	5,5
17	1,0	0,1	8,7
17	1,5	0,1	9,7
17	2,0	0,1	8,7
17	2,5	0,1	5,5
17	3,0	0,0	0,4
18	0,0	0,0	0,4
18	0,5	0,1	5,6
18	1,0	0,1	8,9
18	1,5	0,1	10,0
18	2,0	0,1	8,9
18	2,5	0,1	5,6
18	3,0	0,0	0,4
19	0,0	0,0	0,4
19	0,5	0,1	5,5
19	1,0	0,1	8,7
19	1,5	0,1	9,7
19	2,0	0,1	8,7
19	2,5	0,1	5,5
19	3,0	0,0	0,4
20	0,0	0,0	0,4

Viga	Localización	demanda/capacidad	Porcentaje
20	0,5	0,1	5,6
20	1,0	0,1	8,9
20	1,5	0,1	10,0
20	2,0	0,1	8,9
20	2,5	0,1	5,6
20	3,0	0,0	0,4
21	0,0	0,0	0,4
21	0,5	0,1	5,4
21	1,0	0,1	8,6
21	1,5	0,1	9,7
21	2,0	0,1	8,6
21	2,5	0,1	5,4
21	3,0	0,0	0,4

IV.11. Proceso de Fabricación de las columnas y Nervios “T” invertidos para la losa nervada así como los cerramientos. Estimación del tiempo de fabricación.

En este punto se quiere describir el proceso de fabricación de los elementos que no se vacían en sitio (columnas y nervios) y de los cerramientos.

IV.11.1 Columnas en forma de cruz

Las columnas en forma de cruz se fabrican en la Planta ubicada en Yaritagua, estado Yaracuy, bajo rigurosos procedimientos industriales de calidad, con los materiales anteriormente expuestos. Se dispone de una pista de aproximadamente 100 m lineales, donde se pretensan las barras de acero con las dimensiones requeridas, por medio de cuñas y gatos hidráulicos.

Una vez establecida por el cliente las longitudes requeridas de las columnas, el fabricante procede una vez colocado el acero y vaciado el concreto a realizar los cortes después de que el concreto haya fraguado.

En las figuras siguientes se puede observar en el siguiente orden, una vista panorámica de la ubicación de la planta y la pista donde se fabrican las columnas donde se puede observar los gatos hidráulicos empleados para la pretensión de las barras de acero.

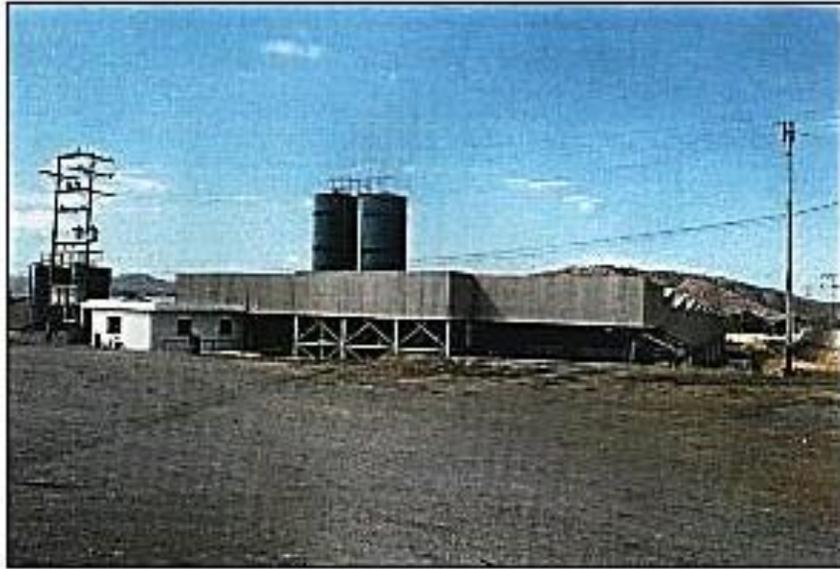


Figura 37. Vista panorámica de la Planta. Fuente: Ing. Luis M. Sanz (2015)

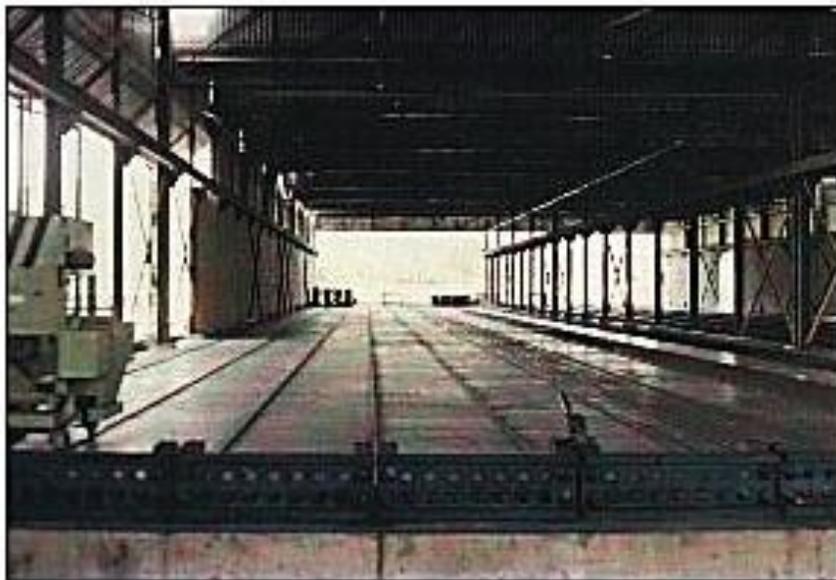


Figura 38. Vista de la Pista de fabricación de columnas y Vigas “T” invertidas. Fuente: Ing. Luis M. Sanz (2015)

IV.11.2. Nervios en forma de “T” Invertida

La fabricación de los nervios que conforman la losa nervada se hace en la misma pista donde se elaboran las columnas con procedimientos similares, luego de haber vaciada el material de concreto y acero se espera entre dos y tres días para el fraguado de cada elemento. Cabe destacar que para verificar la resistencia esperada a la flexión de ambos elementos se toman entre 3 y 4 nervios de techo y columnas y se realizan los ensayos de laboratorio ubicados en la misma planta.



Figura 39. Vista de Nervios “T” Invertidas en Patio. Fuente:
Ing. Luis M. Sanz (2015)

IV.11.3. Cerramientos de pared y Bovedillas de Techo

En la elaboración de los elementos de paredes tales como los MH030, HH030, HE030, MH090, HH090, HE090 y las bovedillas se emplea una Vibro compactadora. Con el molde deseado se vacía el material luego se libera, se espera un fraguado para luego obtener la resistencia deseada de entre 60 y 80 kg/cm² entre el quinto y sexto día.



Figura 40. Equipo utilizado para la fabricación de cerramientos y bovedillas. Fuente: Ing. Luis M. Sanz (2015)

IV.11.4 Estimación General del tiempo de culminación de los elementos de la vivienda en estudio

Actualmente la planta tiene una capacidad instalada de producción anual para ocho horas diarias de labores de 105 Toneladas por año lo que se traduce en un aproximado de 3000 viviendas. Esto quiere decir que se puede hacer 8 viviendas diarias con sus elementos prefabricados.

CAPITULO V

ANÁLISIS DE RESULTADOS

V.1. Adaptación de la vivienda al sistema modular

Por lo antes expuesto se comprobó que las modificaciones realizadas a los planos originales para que cumpla los requisitos del sistema modular presentado son viables. Adicionalmente, cumple con todos los parámetros exigidos, los cuales son:

- Los Muros deben ser múltiplo de 0,3m
- Las dimensiones del espesor de las paredes debe ser de 0,12 m
- La viga corona debe ser de 0,12 m de ancho como mínimo y 0,18 m de altura mínima.

V.2. Cargas aplicadas a la estructura

La aplicación de la magnitud de la carga variable CV fue determinante en el análisis de la estructura ya que de sobrepasar los 100kg/m^2 algunas columnas excedían su capacidad de resistencia, por lo tanto la vivienda en particular no le es posible efectuar futuras ampliaciones verticalmente.

V.3. Diseño por flexión de las Vigas.

De los resultados obtenidos en la tabla 8 se puede detallar que por cada viga bajo los efectos de las dos combinaciones de cargas, se requiere un área acero de refuerzo. De todos los valores que el programa señala, se toma para la fibra superior el mayor valor de área de acero y de la misma forma para la fibra inferior.

En base a los antes expuesto se escogieron barras de acero a criterio propio en función de los valores que señala el programa y con a los indicados en las normas mencionadas, seleccionando áreas de acero mucho mayores a los mínimos

requeridos. Cabe destacar que todas las vigas longitudinales presentan la misma configuración de barras de acero y lo mismo con las vigas transversales, esto significa que para todas las vigas longitudinales se seleccionaron 2 barras #3 una colocada en la fibra superior y una en la fibra inferior.

Para las Vigas transversales también cumplía el acero mínimo al colocar la misma configuración de las vigas longitudinales, es decir 2 barras #3, una colocada en la fibra superior y una en la fibra inferior.

V.4. Diseño por corte de la viga corona

En el cálculo de la distribución de estribos el programa no señalaba la necesidad de los mismos, sin embargo, se calculó manualmente la separación necesaria para cumplir con el acero mínimo requerido.

Los resultados fueron de barras de acero #3 colocado a cada 10 cm en la zona de confinamiento y a cada 20 cm en el resto de la distancia.

V.5. Demanda vs Capacidad de las columnas en forma de cruz

Los valores señalados anteriormente nos indican que ninguna columna supera o llega a su máxima capacidad. Las columnas que presenta mayor demanda son las que reciben son las columnas identificadas con los números 4, 56, 7, 62 y 8 o lo que es lo mismo las columnas B2, B3, B4, B5 y B6, sin embargo no exceden del 80%.

V.6. Verificación de los nervios de la Losa Nervada

Los nervios en forma de “T” invertida no presentaron gran deformación según los resultados obtenidos ya que la mayor demanda de las mismas no excede al 15% de los mismos.

V.7. Estimación del tiempo de elaboración en planta de los elementos prefabricados

Para el caso en particular solo es necesaria la fabricación de 21 columnas, 12 nervios de techo, 370 bovedillas para la losa nervada y 1762 elementos de cerramientos para las paredes. En base a lo mencionado anteriormente en cuanto a la capacidad de producción de la planta, fabricar esta pequeña cantidad de elementos sería solo cuestión de algunos días.

Si en la pista de 100 metros se fabrican las columnas de tres metros de altura se tendría un total de 33 columnas en forma de cruz. De la misma manera se fabricarían los nervios en “T” invertida. Para el caso de los cerramientos el equipo fabrica 3000 elementos para paredes diariamente lo que quiere decir que en un día se podría culminar parte del proceso de elaboración de los elementos. Después del quinto o sexto día todos los elementos estarían listos para su traslado al sitio de la ejecución de la obra.

CAPITULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

VI.1. Conclusiones

Se obtuvieron en este trabajo de investigación las conclusiones presentadas a continuación, lo cual cumplen los objetivos planteados:

- Luego de mostrar el esquema del sistema de construcción modular, se confirmó que los elementos que integran la estructura se encuentran dentro de los parámetros de las Normas COVENIN referidas. Por lo tanto, a medida que la estructura sea clasificada como una edificación regular los elementos se podrán instalar y o colocar a distancia equitativas entre ellas logrando en efecto mayor homogeneidad en la vivienda y en consecuencia otorgándole a este modelo mayores niveles de rigidez.
- Desde el punto de vista técnico, consideramos importante mencionar que, la relación “demanda capacidad”, de cada una de las columnas prefabricadas, del modelo de vivienda en estudio, se encuentran dentro de un rango aceptable no sobrepasando el 80% de la capacidad de resistencia de las columnas. Adicionalmente, la verificación del diseño por flexión de las vigas perimetrales permitió conocer el área mínima de acero longitudinal calculado según el programa utilizado, ahora bien, dicho resultado permitió que en relación al modelo propuesto se colocaran barras de acero con áreas mayores a las exigidas por las normas ya citadas y a las sugeridas por el Programa SAP 2000.
- Bajo la aplicación de cargas gravitacionales, resulta viable y factible la adaptación de un modelo de vivienda atendiendo al sistema modular, en ese sentido, resulta una buena opción para que se implemente e incluso se le dé el apoyo necesario para que sea parte de las alternativas de construcciones en los programas de unidades habitacionales que actualmente se llevan a cabo

en el país y que son de interés social; incluso con un esquema de negocio que si bien pudiera cambiar márgenes de ganancias de las inmobiliarias o constructoras, serian compensados con mayores volúmenes de viviendas, lo que a la larga fortalecería, en opinión de quien escribe, al sector industrial y a su vez la cuota de responsabilidad social hacia el país, se vería también incrementada; de allí que las soluciones, aportes de ideas y modelos ya diseñados como el de prefabricación, son sin lugar a duda, proyectos innovadores de interés social y con una buena base desde el punto de vista estructural y de ingeniería civil.

VI.2. Recomendaciones

- Se recomienda realizar un ensayo a compresión de un muro confinado con cada uno de los elementos de cerramiento y las columnas de concreto de 12x12, ya que no se conoce con exactitud la resistencia a la flexión del mismo, para luego modelarlo e incluir dichos valores.
- Sería de mucha utilidad conocer un modelo ya construido con el sistema modular para obtener detalles arquitectónicos como la máxima distancia que puede haber entre columna y columna.
- Resulta muy favorable para el caso de las columnas y nervios pretensados conocer la geometría de las guayas y otras de sus propiedades para obtener resultados más precisos en los análisis con el programa SAP2000
- Se recomienda hacer una evaluación de costo y realizar una comparación teórica de las ventajas con el sistema tradicional.
- Es recomendable hacer estudios de cargas de viento en este tipo de estructuras de mampostería ya que sus elementos se unen a junta seca y resulta importante saber su comportamiento lo cual no fue tomado en cuenta en el análisis de la vivienda
- Es recomendable aplicar una carga variable superior a los 100 kg/m^2 , para los casos en los cuales a futuro se desee ampliar la vivienda de manera vertical.

BIBLIOGRAFÍA

- Autodesk. (2012). Manual del curso AutoCAD 2D Bidimensional. Instituto ARTS. Caracas, Venezuela.
- Blanco Alvarez, J. L. (Julio de 2003). *Estudio relativo a la construcción modular*. Recuperado el 27 de Noviembre de 2014, de <https://upcommons.upc.edu/pfc/bitstream/2099.1/6198/3/02.pdf>
- Carrío, J. M. (30 de Diciembre de 2005). *La evolución de los sistemas constructivos en la edificación. Procedimientos para su industrialización*. Recuperado el Noviembre de 2014, de <http://informesdelaconstruccion.revistas.csic.es/index.php/informesdelaconstruccion/article/view/481/554>
- COVENIN. (1753-2006). *Proyecto y Construcción de obras de concreto estructural (1ra Revisión)*.
- COVENIN. (1756:2001). *Edificaciones Sismoresistentes COVENIN 1756-1:2001 (1ra Revisión)*.
- COVENIN. (2002-1988). *Criterios y acciones minimas para el proyecto de edificaciones. COVENIN 2002-1988*.
- Gallegos, H., & Ramirez de Alba, O. (2003). *Edificaciones de Mamposteria para Edificios*. D.F., México: Fundacion ICA.
- Habitaconales, M. (2015). Catálogo Fabrica Modulos Habitacionales C.A. Yaritagua, Yaracuy, Venezuela.
- Hernandez, I. E. (2013). Introducción al diseño Estructural. Caracas.
- INESA Ingeniero estructurales asociados. (2014). *Manual de Aplicación del programa SAP2000 v14. Software Integrado para el análisis y Diseño Estructural*. Caracas: CSI Venezuela.

- Instituto Nacional de Estadísticas. (Censo 2011). *XIV Censo Nacional de Población y Vivienda*. Recuperado el 13 de Noviembre de 2014, de <http://www.ine.gov.ve/documentos/Demografia/CensoPoblacionyVivienda.pdf>
- Juan, T. (Abril de 2013). *Apuntes de Clases de Concreto Armado*. Caracas, Venezuela.
- M.O.P. (1954). *Normas para el Cálculo de Edificios 1955*.
- Medina, J. (2004). *Web del Profesor Universidad de los Andes. Identificación de los Sistemas Estructurales Básicos*. Recuperado el 27 de Noviembre de 2014, de <http://webdelprofesor.ula.ve/arquitectura/jorgem/principal/guias/GuiaSEI.pdf>
- ONU-Habitat. (Agosto de 2012). *Estado de las Ciudad de América Latina y el Caribe*. Recuperado el 13 de Noviembre de 2014, de www.onuhabitat.org/index.php?option=com_docman&task.
- OSERS, I. R. (1988). *Flujogramas para el Cálculo de Concreto Armado*. Caracas: H&R&T OSERS.
- Peña, D. (2012). Evaluación del comportamiento estructural de mampostería reforzada con trabas verticales de concreto simple ante sollicitaciones sísmicas laterales (Tesis de Pregrado). *Universidad Central de Venezuela*.
- Porrero, J., Ramos, C., Grases, J., & Velazco, G. (2009). *Manual del concreto estructural conforme a la norma COVENIN 1753:03. (3ra Edición)*. Caracas: SIDETUR.
- Reglamento Colombiano de construcción sismoresistente NSR-10. (Marzo de 2000). *Comisión asesora Permanente para el regimen de construcciones Sismoresistentes*.
- SUMIMSE. (2013). *SUMIMSE, C.A*. Recuperado el 27 de Noviembre de 2014, de <http://www.sumimse.com/sistema-de-construccion-ligera-para-la-vivienda/>

Torres, O. (2003). *Edificaciones de Mampostería para Vivienda* (3ra edición ed.).
D.F., México: Fundacion ICA.

UBC-IBC. (1997-2000). *Structural Comparisons and Cross references, ICBO, 2000.*

Wikipedia. (Octubre de 2015). *Wikipedia*. Recuperado el 3 de Octubre de 2015, de
Wikipedia.org: <https://es.wikipedia.org/wiki/AutoCAD>