

# **ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**

## **ESCUELA DE FORMACIÓN DE TECNÓLOGOS**

**Análisis técnico económico de dos alternativas de construcción para una vivienda unifamiliar del Conjunto Habitacional Villa Florida.**

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE TECNÓLOGO EN ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS DE LA CONSTRUCCIÓN**

**AUTOR: FAUSTO RAMIRO MARCALLA QUISAGUANO**

faustomarc@gmail.com

**DIRECTOR: ING. CARLOS JENRY CORDOVA MESA.**

jenny.cordova@epn.edu.ec

**Quito, Agosto 2019**

## **DECLARACIÓN**

Yo, Fausto Ramiro Marcalla Quisaguano, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentada para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondiente a este trabajo, a la Escuela Politécnica Nacional, según lo establecido por la ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normativa institucional vigente.

---

Fausto Ramiro Marcalla Quisaguano

## CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Fausto Ramiro Marcalla Quisaguano, bajo mi supervisión.

---

Ing. Carlos Jenry Cordova Mesa.

Director del Proyecto

## **AGRADECIMIENTOS**

En primer lugar, quiero agradecer mis padres por su inmenso amor, paciencia, quienes, a través de su lucha constante, han sido un ejemplo a seguir, y a todos quienes me brindaron su apoyo incondicional, a través de sus consejos, motivación, lo cual me ha permitido alcanzar mis metas.

Al Ing. Jenry Cordova, por haberme colaborado con el desarrollo del presente proyecto.

## **DEDICATORIA**

Dedico este proyecto a mis Padres, Hermanos que me brindaron su apoyo incondicional para poder terminar mi carrera profesional, también a todas las personas y amigos que han estado presentes a lo largo de mi carrera estudiantil.

## CONTENIDOS

1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	2
1.3. OBJETIVOS.....	3
1.3.1. OBJETIVO GENERAL.....	3
1.3.2. OBJETIVO ESPECÌFICO.....	3
1.4. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO.....	3
1.5. FUNDAMENTO TEÓRICO.....	4
1.5.1. CONCEPTOS BÁSICOS DE MAMPOSTERÍA TRADICIONAL Y HORMI2.....	5
1.5.1.1. MAMPOSTERÍA TRADICIONAL.....	5
1.5.1.2. BLOQUE.....	5
1.5.1.3. MORTERO.....	6
1.5.1.4. SISTEMA HORMI2.....	7
1.5.1.5. PANEL POLIESTIRENO.....	8
1.5.1.6. MALLA DE REFUERZO.....	9
1.5.2. PROPIEDADES DE MAMPOSTERÍA TRADICIONAL Y HORMI2 ..	10
1.5.2.1. DENSIDAD DEL BLOQUE.....	10
1.5.2.2. ABSORCIÓN DEL BLOQUE.....	11
1.5.2.3. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL BLOQUE.....	11
1.5.2.4. PROPIEDADES DEL POLIESTIRENO.....	11
1.5.3. ELABORACIÓN DE BLOQUE.....	12
1.5.4. CLASIFICACIÓN DE BLOQUES.....	12
1.5.5. CLASIFICACIÓN DEL MORTERO.....	13
1.5.6. ELABORACIÓN DEL MORTERO.....	13
1.5.7. COMPONENTES PRINCIPALES DE UNA ESTRUCTURA DE VIVIENDA UNIFAMILIAR.....	15
1.5.7.1. CIMENTACIÓN.....	15
1.5.7.2. COLUMNAS.....	15
1.5.7.3. VIGAS.....	16
1.5.7.4. LOSA.....	17
1.5.7.5. PAREDES DE MAMPOSTERÍA TRADICIONAL.....	18
2. METODOLOGÍA.....	20
3. TRABAJOS DE CAMPO Y ENSAYOS DE LABORATORIO.....	21

3.1.	LEVANTAMIENTO TOPOGRÀFICO.....	21
3.2.	ENSAYOS DE MAMPOSTERÍA DEL SISTEMA TRADICIONAL Y HORMI2 .....	23
3.2.1.	MUESTREO DE BLOQUES .....	23
3.2.2.	ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE BLOQUES .....	24
3.2.3.	ENSAYO DE ABSORCIÓN DE BLOQUES .....	25
3.2.4.	MUESTREO DE MORTERO. ....	25
3.2.5.	ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE MORTERO .....	27
3.2.6.	ENSAYO DE GRANULOMETRÍA DE ARENA.....	28
3.2.7.	ENSAYO DE COMPRESIÓN EXCÉNTRICA DE MUROS HORMI2 .....	29
3.2.8.	ENSAYO DE FLEXIÓN DE PANELES PARA LOSA HORMI2 .....	30
4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	32
4.1.	RESULTADO DE LEVANTAMIENTO TOPOGRÀFICO.....	32
4.2.	RESULTADO DE ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE BLOQUES.....	34
4.3.	RESULTADO DE ENSAYO DE ABSORCIÓN DE BLOQUES.....	34
4.4.	RESULTADO DE ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE MORTERO.....	35
4.5.	RESULTADO DE ENSAYO DE GRANULOMETRÍA DE ARENA.....	35
4.6.	RESULTADO DE ENSAYO DE COMPRESIÓN EXCÉNTRICA DE MUROS HORMI2.....	36
4.7.	RESULTADO DE ENSAYO DE FLEXIÓN DE PANELES PARA LOSA HORMI2.....	37
5.	CALCULO DE CARGAS EN LA ESTRUCTURA DE VIVIENDA UNIFAMILIAR CON MAMPOSTERÍA TRADICIONAL Y HORMI2.....	38
5.1.	ANÁLISIS DE CARGAS .....	38
5.2.	CARGA MUERTA(D) EN EL SISTEMA TRADICIONAL .....	38
5.3.	CARGA VIVA(L) EN EL SISTEMA TRADICIONAL.....	43
5.4.	CARGA SÍSMICA(E) EN EL SISTEMA TRADICIONAL .....	44
5.5.	CARGA MUERTA(D) EN EL SISTEMA HORMI2 .....	45
5.6.	CARGA VIVA(L) EN EL SISTEMA HORMI2 .....	46
6.	ELABORACIÓN DE PLANOS ESTRUCTURALES .....	47
6.1.	DISEÑO ESTRUCTURAL .....	55
6.1.1.	DISEÑO DE CIMENTACIÓN .....	55
6.1.2.	DISEÑO DE COLUMNAS .....	58

6.1.3. DISEÑO DE VIGAS .....	61
6.1.4. DISEÑO DE LOSA.....	63
7. CÁLCULO DE CANTIDADES Y VOLÚMENES DE OBRA.....	72
7.1. PRESUPUESTOS.....	73
8. COMPARACIÓN DE LOS SISTEMAS CONSTRUCTIVOS EN LA EJECUCIÓN DEL PROYECTO .....	75
8.1. COMPARACIÓN DE COSTOS .....	75
8.2. COMPARACIÓN DE TIEMPOS Y MANO DE OBRA.....	77
8.3. COMPARACIÓN DE MATERIALES.....	78
9. ANÁLISIS TÉCNICO ECONÓMICO DE LAS DOS ALTERNATIVAS CONSTRUCTIVAS. ....	80
9.1. ANÁLISIS DE CARGAS .....	80
9.2. ANÁLISIS DE SECCIONES .....	80
9.3. ANÁLISIS DE PRESUPUESTOS .....	82
10 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	83
10.1. CONCLUSIONES .....	83
10.2. RECOMENDACIONES .....	84
BIBLIOGRAFÍA: .....	85
ANEXO N°1: INFORMES DE LABORATORIO .....	86
ANEXO N°2: REQUISITOS MÍNIMOS PARA ZAPATAS AISLADAS (NEC- SE-VIVIENDA-2015).....	92
ANEXO N°3: PÓRTICOS DE HORMIGÓN ARMADO CON SECCIONES DE DIMENSIONES MENORES A ESPECIFICADA EN LA NEC-SE-HM.....	94
ANEXO N°4: LEVANTAMIENTO PLANIMÉTRICO Y ALTIMÉTRICO DEL CONJUNTO HABITACIONAL VILLA FLORIDA.....	96
ANEXO N°5: PLANOS ESTRUCTURALES .....	99

## INDICE DE TABLAS

TABLA 1. MALLA ELECTROSOLDADA (HIERRO PRINCIPAL) .....	10
TABLA 2. PROPIEDADES DEL POLIESTIRENO .....	12
TABLA 3. TIPOS DE PANEL Y RESISTENCIA DE MORTERO REQUERIDA	27
TABLA 4. LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO .....	32
TABLA 5. COMPRESIÓN DE MAMPOSTERIA .....	34
TABLA 6. ABSORCIÓN DE MAPOSTERIA .....	34
TABLA 7. COMPRESIÓN CÚBICA DE MORTERO .....	35
TABLA 8. COMPRESIÓN EN CILINDROS DE HORMIGÓN .....	35
TABLA 9. GRANULOMETRÍA MUESTRA 1 .....	36
TABLA 10 GRANULOMETRÍA MUESTRA 2 .....	36
TABLA 11 PRUEBA DE CARGA EN EL MODULO .....	37
TABLA 12 PUNTOS IMPORTANTES EN EL ENSAYO DE FLEXIÓN DE PANELES PARA TECHO .....	37
TABLA 13. PESO POR METRO CUADRADO DE PARED DE MAMPOSTERÍA .....	39
TABLA 14. CALCULO DE CARGA MUERTA (D) EN EL SISTEMA TRADICIONAL .....	42
TABLA 15. CORTANTE BASAL SÍSMICO .....	45
TABLA 16. CALCULO DE CARGA MUERTA (D) EN EL SISTEMA HORMI2	45
TABLA 17. DISEÑO DE ZAPATA AISLADA .....	57
TABLA 18. DISEÑO DE CADENA .....	58
TABLA 19. DISEÑO DE COLUMNAS .....	60
TABLA 20. DISEÑO DE VIGAS .....	62
TABLA 21. CARGA ULTIMA EN LOSA .....	64
TABLA 22. ALTURA EQUIVALENTE .....	66
TABLA 23. RELACIÓN DE RIGIDEZ A FLEXIÓN DE VIGA Y LOSA .....	68
TABLA 24. PERALTE DE MÍNIMO DE LOSA .....	68
TABLA 25. COEFICIENTES PARA EL DISEÑO DE LOSAS NERVADAS RECTANGULARES SUSTENTADAS PERIMETRALMENTE, SOMETIDAS A CARGAS DISTRIBUIDAS .....	69
TABLA 26. MOMENTOS ÚLTIMOS DE DISEÑO. ....	70
TABLA 27. DISTANCIA DEL ALA SUPERIOR DE LA VIGA AL EJE NEUTRO .....	70
TABLA 28. ACERO DE LOSA .....	71
TABLA 29. CANTIDADES Y VOLÚMENES DE OBRA DEL SISTEMA TRADICIONAL .....	72
TABLA 30. CANTIDADES Y VOLÚMENES DE OBRA DEL HORMI2 .....	72
TABLA 31. PRESUPUESTO REFERENCIAL APLICANDO EL SISTEMA TRADICIONAL .....	73
TABLA 32. PRESUPUESTO REFERENCIAL APLICANDO EL SISTEMA HORMI2 .....	74
TABLA 33. COSTO APLICANDO EL SISTEMA TRADICIONAL .....	76
TABLA 34. COSTO APLICANDO EL SISTEMA HORMI2 .....	76
TABLA 35. RENDIMIENTO APLICANDO EL SISTEMA TRADICIONAL SUSTENTADAS PERIMETRALMENTE, SOMETIDAS A CARGAS DISTRIBUIDAS .....	77
TABLA 36. RENDIMIENTO APLICANDO EL SISTEMA HORMI2. ....	78
TABLA 37. MATERIALES APLICANDO EL SISTEMA TRADICIONAL .....	78

TABLA 38. MATERIALES APLICANDO EL SISTEMA HORMI2.....	79
TABLA 39. CARGA MUERTA SISTEMA TRADICIONAL Y HORMI2 .....	80
TABLA 40. CORTANTE BASAL SÍSMICO SISTEMA TRADICIONAL .....	80
TABLA 41. RESUMEN DE PRESUPUESTO REFERENCIAL APLICADO AL SISTEMA TRADICIONAL	
.....	82
TABLA 42. RESUMEN DE PRESUPUESTO REFERENCIAL APLICADO AL SISTEMA HORMI2 .....	82

## INDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. MAMPOSTERÍA TRADICIONAL .....	5
FIGURA 2. BLOQUES .....	6
FIGURA 3. SISTEMA HORMI2 .....	8
FIGURA 4. PANEL DE POLIESTIRENO .....	9
FIGURA 5. MALLA ELECTROSOLDADA .....	9
FIGURA 6. DOSIFICACIÓN DE MORTERO .....	14
FIGURA 7. CIMENTACIÓN .....	15
FIGURA 8. COLUMNAS .....	16
FIGURA 9. VIGAS .....	17
FIGURA 10. LOSAS .....	18
FIGURA 11. PAREDES DE MAMPOSTERÍA TRADICIONAL .....	19
FIGURA 12. PUNTO DE ESTACIÓN SOBRE EL TERRENO .....	23
FIGURA 13. MUESTREO DE BLOQUES .....	24
FIGURA 14. ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE BLOQUES .	25
FIGURA 15. TOMA DE MUESTRAS DE MORTERO EN CAMPO .....	26
FIGURA 16. ENSAYO DE GRANULOMETRÍA DE ARENA .....	28
FIGURA 17. ENSAYO DE COMPRESIÓN EXCÉNTRICA .....	30
FIGURA 18. ENSAYO DE FLEXIÓN DE PANELES .....	31
FIGURA 19: LOSA ALIVIANADA CON BLOQUE .....	39
FIGURA 20. REPRESENTACIÓN DEL ÁREA DE CONSTRUCCIÓN .....	40
FIGURA 21. PLANTA ARQUITECTÓNICA PLANTA BAJA .....	48
FIGURA 22. PLANTA ARQUITECTÓNICA PLANTA ALTA .....	49
FIGURA 23. PLANTA ARQUITECTÓNICA DE TERRAZA .....	50
FIGURA 24. FACHADA FRONTAL .....	51
FIGURA 25. FACHADA POSTERIOR .....	52
FIGURA 26. CORTE A´-A .....	53
FIGURA 27. CORTES B´-B .....	54
FIGURA 28. DISEÑO DE CIMENTACIÓN (ZAPATA AISLADA 120X30 CM) .	57
FIGURA 29. DISEÑO DE COLUMNAS 25X25CM PRIMER Y SEGUNDO PISO .....	60
FIGURA 30. DISEÑO DE VIGAS 20X20CM PRIMER Y SEGUNDO PISO ....	63
FIGURA 31. COMPONENTES DE UN METRO DE LOSA TIPO .....	64
FIGURA 32. SECCIÓN REAL Y EQUIVALENTE .....	66
FIGURA 33. ANCHO COLABORANTE LOZA EJE 1 .....	67
FIGURA 34. ANCHO COLABORANTE LOZA EJE A .....	67
FIGURA 35. ANCHO COLABORANTE LOZA EJE 2 .....	67
FIGURA 36. ANCHO COLABORANTE LOZA EJE B .....	67
FIGURA 37. DISTANCIA DEL ALA SUPERIOR DE LA VIGA AL EJE NEUTRO .....	69

## RESUMEN

Tomando en consideración que, en nuestro medio, la mayor parte de edificaciones se construyen con bloques como divisores de ambientes arquitectónicos y losas como componentes estructurales. Este sistema es pesado lo cual da una posibilidad para poder realizar un estudio con un sistema alternativo. Este sistema alternativo es conocido como Hormi2.

Los sistemas constructivos deben estar dentro de las tolerancias que la normativa permite, a la vez es importante reducir el mismo.

Para nuestro estudio es muy importante presentar el Diseño arquitectónico sobre el cual se plantea las dos alternativas constructivas. Este diseño arquitectónico ayuda a obtener los planos estructurales, volúmenes de obra y presupuestos para las dos alternativas planteadas.

El análisis técnico se puede realizar con el análisis de cargas y diseño estructural, mientras que el análisis económico se realiza a base de los precios unitarios.

## **PRESENTACIÓN**

Para poder desarrollar el trabajo de manera ordenada, se presenta un resumen de trabajo de investigación, el mismo que inicia con una introducción, conceptos básicos de los dos sistemas constructivos, propiedades de los dos sistemas constructivos, análisis de carga y diseño. El trabajo finaliza con la comparación de los dos sistemas constructivos y análisis técnico económico de las dos alternativas.

En la presentación de la introducción se describe, el desarrollo de la mampostería alrededor del tiempo, el uso actual de sistemas computacionales y técnicas que han dado paso a nuevos sistemas constructivos.

Se presenta las propiedades de los dos sistemas constructivos. Esto se realiza con uso del laboratorio propio de la institución. Es muy importante realizar los ensayos de laboratorio para poder conocer las características de cada uno de los materiales que intervienen en la construcción de los mismos.

Se realiza un estudio de carga para los dos sistemas constructivos para poder realizar el diseño estructural de cada uno de los elementos. El diseño estructural se pone énfasis en el sistema tradicional y haciendo uso de normativa nacional e internacional.

La comparación de los dos sistemas constructivos y análisis técnico económico de las dos alternativas se realiza poniendo énfasis en cargas, volúmenes de obra presupuestos y otros que permitan dar claridad al estudio mencionado.

# 1. INTRODUCCIÓN

En un breve recuento de la historia podemos citar las grandes edificaciones de romanos, egipcios y mayas que utilizaban piedras para soportar sus estructuras y mamposterías o paredes para dividir ambientes, elemento vital en la construcción que evita la exposición a la intemperie de personas que habitan en ella.

Se estima que la mampostería pudo ser inventada unos quince mil años atrás al descubrir los primeros asentamientos del barro que sirve como pegante o ligante de las piedras, cerrar sus aberturas y evitar el paso del agua y el viento. (Corril, 2015)

La unidad de una masa de barro secada al viento y expuesta al sol pudo darse en los lugares donde no se podía encontrar con facilidad la piedra, son los indicios encontrados en la ciudad de Jericó en Medio Oriente. (Corril, 2015)

El primer molde de unidad de mampostería fue inventado por los Sumerios un cuarto de milenio antes de Cristo, es un avance significativo en el desarrollo de la construcción, pues posibilita la producción rápida de unidades prácticamente iguales en forma, tamaño y textura. (Corril, 2015)

En América podemos citar el uso de adobe o tapial, que no es más que la mezcla homogénea de chocoto o lodo y paja de los páramos, la misma que sirve para construir sus viviendas.

Para la obtención de un tapial capaz de resistir cargas de compresión y el paso del tiempo es fundamental que la tierra no contenga materia orgánica, por lo que se debe escoger cuidadosamente y prepararla. (Ecointeligencia, 2012)

Después del avance de la tecnología en mampostería en Europa, esta se detiene y hasta retrocede varios siglos, hasta que es rescatada varios siglos después por Smeaton, el fundador de la ingeniería civil quien en el año 1756 reconoce la necesidad de utilizar cal y puzolana para la reconstrucción del faro de Eddy Stone en Inglaterra. (Comunicación, 2015)

El continuo proceso de desarrollo en el campo de la construcción consigue el uso de nuevos paquetes computacionales y novedosas técnicas tanto para el

análisis y cálculo como para el proceso constructivo y la utilización de nuevos materiales de construcción. Esta es la mampostería con paneles Hormi2

## **1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.**

La fabricación artesanal de bloques sin control de calidad genera mampostería de mala calidad (El Diario, 2016). “Nosotros golpeamos los bloques para medir su resistencia, obviamente no nos conviene fabricar bloques de mala calidad. Aquellos que no tienen la resistencia son disueltos y vueltos a mezclar con los materiales para volverlos a fabricar”

Un informe del Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional dice: “La historia sísmica del Ecuador está llena de dolorosas experiencias, producto de grandes catástrofes que dejaron a su paso muerte y destrucción a lo largo y ancho de todo el territorio nacional”. En términos generales, si tomamos en cuenta los temblores de pequeña magnitud que no son sentidos por las personas y son detectados únicamente por sismógrafos, el número de sismos que se registran en nuestro territorio pueden sumar decenas de miles por año.

Dentro de esta gran cantidad de actividad sísmica, de tiempo en tiempo ocurren grandes terremotos, cuya historia se inicia en 1541. Hasta la actualidad, en un lapso de 458 años, han ocurrido en nuestro territorio 37 terremotos. (Instituto Geofísico, 2004). Estos están cuantificados hasta el año 1999 en la escala MSK.

Existen gran cantidad de micro terremotos que no son percibidos por los seres humanos, hasta que no llegue al grado 2 en la escala de Richter no se suele hablar de terremotos. A partir del grado 4 se considera terremotos pequeños y suelen grabarse en el sismógrafo. El grado 5 es considerado moderado. Los terremotos de grado 6 pueden provocar destrucción en un área de 160 kilómetros (EcuREd, 2018)

Los sismos sufridos en Haití, Pedernales en la provincia de Manabí de 5.9 y 7.8 en la escala de Richter, con similares características constructivas produjeron derrumbes en mamposterías y como consecuencia un alto índice de pérdidas humanas.

Por simple inspección podemos establecer que el mayor porcentaje de las construcciones de clase media, en la ciudad de Quito tienen como parte de su estructura las mamposterías de bloque o ladrillo quemado.

Por lo cual se establece como un problema la falta de información y difusión de nuevas tecnologías constructivas sismo resistentes en la industria de la construcción.

### **1.3. OBJETIVOS.**

#### **1.3.1. OBJETIVO GENERAL**

Analizar técnica y económicamente dos alternativas de construcción para una vivienda unifamiliar del Conjunto Habitacional Villa Florida.

#### **1.3.2. OBJETIVO ESPECÍFICO**

Describir características de materiales, equipo, y herramientas utilizados en la construcción de mamposterías.

Describir la metodología constructiva aplicada para la construcción de la vivienda unifamiliar con el sistema hormi2.

Elaborar planos detallados de los elementos estructurales, a partir de los manuales del sistema Hormi2 y de la norma NEC-11 para el sistema tradicional.

Cuantificar la cantidad de material, mano de obra y equipo necesario para la construcción de una vivienda unifamiliar en el Conjunto Habitacional Villa Florida.

Desarrollar el análisis técnico económico de las dos alternativas constructivas.

### **1.4. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO**

La problemática que presenta el sistema tradicional de mampostería es que no optimiza los recursos y materiales, razón por la cual se plantea la necesidad de realizar un estudio comparativo que busca incentivar a la utilización de materiales alternativos, más ecológicos, reduciendo notablemente la producción de escombros.

Se tiene un especial interés por fomentar conocimientos a profesionales y obreros en el área de la construcción con herramienta metodológica acerca de nuevos sistemas que garanticen una obra sismo resistente.

La información comparativa de una vivienda utilizando mampostería tradicional y el sistema Hormi2 se presenta como un estudio innovador que contribuirá el desarrollo económico y evitará la pérdida de vidas humanas.

Los municipios y demás entes gubernamentales podrían tomar como referencia los diferentes sistemas constructivos y emplearlos para reducir en algo el alto déficit de vivienda que afecta al país.

La industria de la construcción busca incorporar en su producción a personas debidamente capacitadas y que contribuyan en la solución de problemas ambientales, técnicos y económicos, de una manera científica y no intuitiva que se basa en la tradición, costumbres y experiencia personal o importada.

Existe la necesidad de difundir, informar y documentar la constante actividad de investigación de las nuevas técnicas constructivas en la industria de la construcción ecuatoriana.

## **1.5. FUNDAMENTO TEÓRICO**

La industria de la construcción representa el cambio y transformación de la sociedad, además es un factor estratégico indispensable para alcanzar el progreso y conseguir un mejor nivel de vida.

La vivienda es un derecho fundamental reconocido en la Declaración Universal de los Derechos Humanos en sus artículos 22 y 27 de la carta de las Naciones Unidas de 1942.

De lo mencionado anteriormente hay que tomar en consideración que la industria es un proceso evolutivo y constante que va modificando sus materiales, metodologías constructivas, aplicaciones de herramientas informáticas.

Teóricamente el uso de nuevos materiales se debe a que algunos materiales fabricados actualmente son de bajos costos, rápida instalación y mano de obra barata.

Para saber, si en la práctica la información teórica cumple con lo que menciona es necesario realizar un análisis técnico económico. La comparación se realiza entre dos tipos de materiales.

### **1.5.1. CONCEPTOS BÁSICOS DE MAMPOSTERÍA TRADICIONAL Y HORMI2**

Para dar inicio al análisis técnico y económico de dos alternativas de construcción para una vivienda unifamiliar del Conjunto Habitacional Villa Florida. Las alternativas constructivas que se mencionan son: mampostería tradicional y es sistema Hormi2.

Es importante detallar algunos conceptos básicos relacionados a mamposterías y Hormi2 para su comprensión. Las mamposterías pueden ser: tradicional, reforzada, encadenada o confinada, entre otras. Para nuestro estudio consideramos el sistema tradicional.

#### **1.5.1.1. MAMPOSTERÍA TRADICIONAL**

En su definición más general es la construcción de muros verticales continuos contruidos con diferentes tipos de materiales como ladrillo, piedra, bloques, o similares unidos mediante morteros o concreto fluido, y su principal función es la de dividir y dar privacidad a los ambientes. Ver figura 1.



Figura 1. Mampostería tradicional

Fuente: [www.arkiplus.com/mamposteria/](http://www.arkiplus.com/mamposteria/)

#### **1.5.1.2. BLOQUE**

En nuestro medio la mayor parte de bloques se fabrican de manera artesanal esto se debe a bajo costo, disponibilidad, facilidad de fabricación y durabilidad.

El cemento es la materia prima indispensable, los cuales se encuentran en el mercado ya sea en sacos o al granel. Otro de los materiales usados es la arena, las mismas que son entregados de las canteras. El agua que es parte de la mezcla se lo agrega de acuerdo al requerimiento de la misma.

La dosificación se la realiza de acuerdo al pedido de resistencia del bloque.

Un buen estudio de los áridos permite conocer las características físicas y químicas que deben ser aplicadas en una buena dosificación del hormigón o mortero, para garantizar su permanencia o durabilidad en el tiempo. Es así que la densidad, absorción, y resistencia son parámetros útiles a ser considerados en el diseño de la mampostería, así como el comportamiento del árido ante ciertos agentes químicos, provenientes de pasta cementicia.

Uno de los aspectos relacionados con la durabilidad del mortero es la reacción del álcali cemento con el material silicio reactivo presente en los agregados

Los bloques tienen dimensiones normalizadas, por lo general son de forma prismática con huecos. Las dimensiones habituales en centímetros son: 10\*20\*40,15\*20\*40,20\*20\*40. Ver figura 2.



Figura 2. Bloques

Fuente: [www.bvsde.paho.org/bvsade/e/fulltext/uni/proy8.pdf](http://www.bvsde.paho.org/bvsade/e/fulltext/uni/proy8.pdf)

### 1.5.1.3. MORTERO

El mortero está compuesto por cemento portland, polvo azul y/o arena de enlucido y agua, necesarios para la hidratación del aglutinante, consiguiendo

plasticidad necesaria, para adherirse a la superficie, de tal manera que al endurecerse resulte un conjunto monolítico.

Las arenas estarán libres de sustancias que impidan la adherencia o influyan desfavorablemente en el proceso de endurecimiento como ácidos, grasas o restos vegetales, cantidades perjudiciales de arcilla y sales minerales.

Para dosificar necesitamos conocer, la resistencia específica, trabajabilidad requerida, calidad y granulometría de los áridos, equipos de fabricación y colocación en condiciones ambientales que afectan a la obra, además cuenta mucho la experiencia del constructor.

La resistencia media que puede alcanzar un hormigón depende principalmente de la relación Agua /cemento.

Sabemos que, al aumentar la cantidad de agua, reducimos la resistencia del hormigón,

Tiene características importantes como son: La trabajabilidad, que es la facilidad para poner en obra, no necesita de agua fuera de dosificación para poder manipular por un determinado tiempo. Tiene buena adherencia y resistencia a las fisuras, resistencia mecánica apropiada y resistencia a condiciones extremas del medio ambiente.

Todos estos parámetros son necesarios para que mantenga su integridad estructural, buena apariencia externa y se mantenga en el tiempo como fue prevista.

En algunos casos algunos morteros pueden estar compuestos por yeso y cal. Estos deben ser limpios y el agua libre de partículas orgánicas.

#### **1.5.1.4. SISTEMA HORMI2**

El Hormi2 es un sistema constructivo moderno, innovador compuesto de paneles de poliestireno expandido y mallas de acero electrosoldado, tuvo su origen en Italia. El sistema también es conocido como EMEDUE M2.

Es un sistema sismo resistente y aislante que se coloca en obra para formar paredes, tabiques, losas entre otros. Para que sea un sistema monolítico se le aplica mortero u hormigón proyectado con la ayuda de equipos de impulsión

neumática. El mortero cumple la función de dar rigidez y resistencia a cada uno de los paneles y la malla proporciona ductilidad.

Son fáciles de manipular lo cual permite su agilidad de ejecución de cualquier tipo de edificación. Ver figura 3.



Figura 3. Sistema Hormi2

Fuente: Conjunto Habitacional Villa Florida.

#### **1.5.1.5. PANEL POLIESTIRENO**

Son paneles aptos para colocar en obra, de acuerdo a la necesidad se puede construir muros, tabiques, losas. Estos elementos se pueden moldear "in situ". El poliestireno es un plástico versátil que se usa para fabricar una amplia variedad de productos.

El panel de poliestireno al ser unidas con mallas electrosoldadas y hormigón proyectado u mortero se vuelven un conjunto de paneles portantes, aportan con propiedades como aislante térmico y acústico.

El espesor del panel va a depender mucho del elemento que se vaya a construir en la vivienda. Ver figura 4.



Figura 4. Panel de Poliestireno

Fuente: Conjunto Habitacional Villa Florida

#### 1.5.1.6. MALLA DE REFUERZO

Son productos que están conformados por barras de acero, estas pueden ser lisas o corrugadas. El armado se lo realiza con una barra longitudinal y otra transversal, se cruzan ente si de manera perpendicular. Los puntos de contacto entre barras están electrosoldados en fábrica. Ver figura 5.



Figura 5. Malla electrosoldada

Fuente: [https://i.ytimg.com/vi/NNd7X\\_RvVSgmaxresdefault.jpg](https://i.ytimg.com/vi/NNd7X_RvVSgmaxresdefault.jpg)

La malla electrosoldada tiene un límite de fluencia de 5500 kg /cm<sup>2</sup>. Los diámetros de la malla dependen del tipo de panel. Ver tabla 1.

Tabla 1. Malla electrosoldada (Hierro principal)

TIPO DE PANEL	ARMADURAS	HIERRO PRINCIPAL	HIERRO SECUNDARIO	CONECTORES
PSN	Panel Simple	Φ2,5mm	Φ2,5mm	Φ3mm
PSR	Panel Simple Reforzado	Φ3,5mm	Φ2,5mm	Φ3mm
	Espacio o Distribución	Cada 70 mm promedio	Cada 65 mm	44 Φ/m <sup>2</sup>

Fuente: FRIDULSA (octubre 2009) Publicación: Sistema Constructivo M2  
Manual del Constructor

## 1.5.2. PROPIEDADES DE MAMPOSTERÍA TRADICIONAL Y HORMI2

Las propiedades de mampostería tradicional son consideradas las que corresponden a bloques comunes usados en nuestro medio, mientras que el Hormi2 está representado por los paneles de poliestireno.

### 1.5.2.1. DENSIDAD DEL BLOQUE

La densidad es una medida que indica la cantidad de masa por unidad de volumen, por lo que la densidad de los materiales de construcción es una propiedad importante. En el caso de la mampostería que es un conjunto de muros divisorios de ambientes de una vivienda tienen cargas permanentes que se deben evaluar para el respectivo diseño estructural, las mismas que proporciona la masa de la estructura.

La densidad de la mampostería se lo obtiene por la suma de cada uno de sus componentes: bloques, ladrillo, piedras talladas a su medida. Estas densidades dependen del espaciamiento del ambiente, tamaño del bloque y configuración, la ecuación que se emplea para calcular la densidad es:

$$\rho = \frac{m}{V}$$

Dónde:

ρ= Densidad

m= Masa (Kg)

V= Volumen(m<sup>3</sup>)

### 1.5.2.2. ABSORCIÓN DEL BLOQUE

La absorción es el aumento de masa de un cuerpo sólido poroso. Esto se debe al ingreso de un líquido en sus poros permeables, la ecuación que se emplea para calcular la absorción es:

$$\text{Absorción}(\%) = \frac{A - B}{B} \cdot 100$$

Dónde:

A= Masa de la muestra saturada (g)

B= Masa de la muestra seca (g)

### 1.5.2.3. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL BLOQUE

Al esfuerzo máximo que puede soportar un material bajo una carga de aplastamiento se le conoce como resistencia a la compresión. La resistencia se mide fracturando una probeta en una máquina de ensayos de compresión la ecuación que se emplea para calcular la compresión es:

$$\sigma = \frac{P_{\text{máx}}}{A}$$

Dónde:

$\sigma$ = Resistencia a la compresión (Kg/cm<sup>2</sup>)

P<sub>máx</sub>= Carga máxima a compresión (Kg)

A= Área transversal. (cm<sup>2</sup>)

### 1.5.2.4. PROPIEDADES DEL POLIESTIRENO

El panel ondulado de poliestireno expandido conocido como EPS es un buen transmisor de calor, aislante térmico y acústico. Además de lo mencionado anteriormente en la siguiente tabla se muestra todas las propiedades correspondientes al mismo. Ver tabla 2.

Tabla 2. Propiedades del Poliestireno

PROPIEDADES	UNIDADES	TIPOS DE EPS
Densidad Nominal	Kg/m <sup>3</sup>	25
Densidad mínima	Kg/m <sup>3</sup>	22,5
Espesor mínimo	mm	20
Conductividad térmica (A+10°C)	mW/mK	35
Resistencia permanente a la compresión (deformación 2%)	KPa	35 - 50
Resistencia a la Flexión	KPa	200
Resistencia a la tracción	KPa	320 – 410
Módulo de elasticidad	KPa	5,9 – 7,2
Absorción del agua en condiciones de inmersión al cabo de 7 días	%(Vol)	0,5 – 1,5
Absorción del agua en condiciones de inmersión al cabo de 28 días	%(Vol)	3 - jan

Fuente: Tesis de Grado Factibilidad del uso del sistema constructivo M-2 aplicado en viviendas en la ciudad de Loja, Universidad de Loja 2010.

### 1.5.3. ELABORACIÓN DE BLOQUE

La elaboración del bloque consiste en verter una mezcla de cemento, arena, agregados pétreos y agua en moldes metálicos. Estos moldes metálicos son vibrados para compactar el material. Luego de este proceso se traslada a la bloquera o maquina fabricadora de bloques. Finalmente, se lo coloca en moldes consistentes con placas de separación.

Si se requiere modificar propiedades, textura o color es necesario colocar aditivos especiales existentes en el mercado.

### 1.5.4. CLASIFICACIÓN DE BLOQUES

En el mercado existen algunos modelos de bloque, sin embargo, aquí se menciona tres tipos de bloques que se mencionan a continuación: Bloques Armados, Bloques de Carga, Bloque de Cara Vista, Bloque no Soportantes, Bloque Soportantes.

Los Bloques Armados son usados para apoyar las armaduras de acero y son diseñados como un encofrado perdido de muros macizos.

Los Bloques de Carga son más macizos, usados cuando el muro cumple funciones estructurales.

Los Bloques de Cara Vista son aquellos al menos una de sus caras no lleva revestimiento.

Los Bloques no soportantes son bloques huecos con Resistencias a la Compresión de 3.50 Mpa. Estas resistencias son medidas individualmente.

Los Bloques soportantes son bloques huecos con Resistencias a la Compresión de 5,0 Mpa. Estas resistencias son medidas individualmente.

### **1.5.5. CLASIFICACIÓN DEL MORTERO**

Los morteros se clasifican de acuerdo a sus conglomerantes, podemos describir algunos de ellos de la siguiente manera: Morteros de cal, Morteros ligeros, Morteros ignífugos.

Los Morteros de cal como su nombre lo indica, son fabricados de cal, arena y agua. Se caracterizan por su color, plasticidad y trabajabilidad. La cal agregada puede ser aérea o hidráulica.

Los Morteros ligeros son aquellos que utilizan áridos ligeros. Los mismos se emplean en cubiertas planas para dar pendiente a los faldones.

Los morteros ignífugos son aquellos que ofrecen resistencia al fuego, cumple una buena función en revestimiento de estructuras metálicas o elementos de acero.

### **1.5.6. ELABORACIÓN DEL MORTERO**

La elaboración del mortero se lo realiza de manera manual o mecánica. Cuando se aplica el método manual es importante que se realice en una superficie impermeable, así se evita el ingreso de impurezas orgánicas y pérdida de lechada.

Para el mezclado mecánico hay que considerar un tiempo de 1 a 1/2 minutos. Hay que tomar en consideración lo siguiente: Evitar usar morteros preparados en seco con más de 4 horas de anticipación, desechar los morteros que hayan sido humedecido por más de una hora, no usar arena humedecida. Ver figura 6.



Figura 6. Dosificación de mortero

Fuente: Conjunto Habitacional Villa Florida.

La dosificación de mortero en obra se realiza de acuerdo a la relación 1:4, corresponde a 1 saco de cemento, 4 parihuelas de arena y 18 litros de agua. Para realizar la mezcla se agrega de manera directa los materiales a la olla de la concretara

La cantidad de agua depende de la trabajabilidad de la muestra. Además, el agua debe ser de buena calidad que no estén contaminadas con desechos de ningún tipo de sustancias toxicas.

Las parihuelas son cilíndricas y sus dimensiones son: Diámetro =33cm y Altura =33cm

Es necesario no agregar el agua fuera de lo recomendado para evitar perdida de resistencia de la muestra.

Para mantener la muestra en estado plástico y trabajable se agrega aditivo plastificante. Se le agrega a ala mescla 500 cc de acuerdo a la recomendación del fabricante.

## 1.5.7. COMPONENTES PRINCIPALES DE UNA ESTRUCTURA DE VIVIENDA UNIFAMILIAR

### 1.5.7.1. CIMENTACIÓN

La cimentación es una estructura que permite el paso de las fuerzas actuantes hacia el suelo.

Cuando los suelos reciben estas cargas estas se comprimen en mayor o menor grado, esto dependerá mucho del diseño estructural para evitar futuros asentamientos de la estructura los cuales se presentan con grietas en las paredes. Existen varios tipos de cimentación que depende del diseño estructural. Ver figura 7.

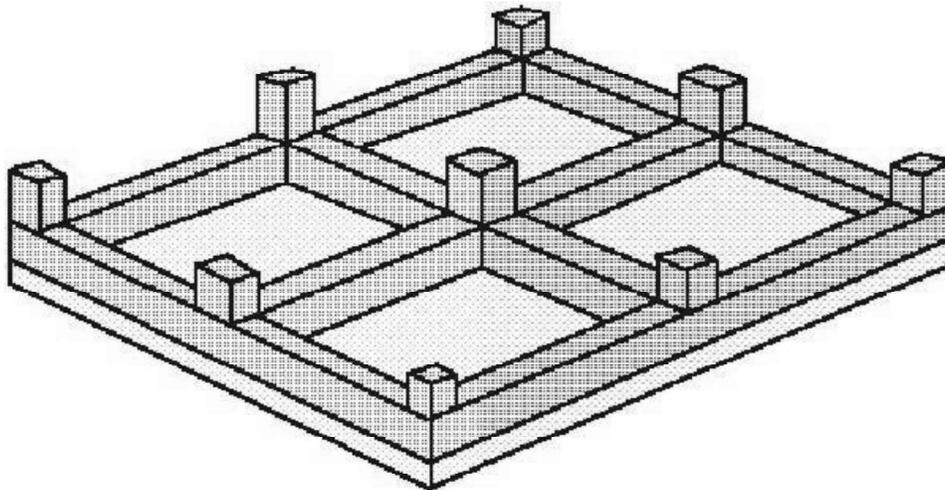


Figura 7. Cimentación

Fuente: <https://es.scribd.com/document/132925946/hormigon10-pdf>

### 1.5.7.2. COLUMNAS

Las columnas son elementos estructurales verticales que soportan la losa y por ende la carga viva y muerta de la estructura, trabajan a compresión y flexión. Según el uso actual de la columna como elemento de un pórtico, no necesariamente es un elemento recto vertical, puede ser un elemento donde la compresión es el principal factor que determina el comportamiento del elemento.

Se considera que es una columna si su longitud es más de diez veces su dimensión transversal menor.

La conexión viga columna será diseñada a manera de una rotula plástica que garantice flexibilidad ante un movimiento sísmico. Ver figura 8.



Figura 8. Columnas

Fuente: [www.eldiario.ec/noticias-manabi-ecuador/405115-necesario-calculo-de-hormigon/](http://www.eldiario.ec/noticias-manabi-ecuador/405115-necesario-calculo-de-hormigon/)

### 1.5.7.3. VIGAS

Las vigas son elementos estructurales que transmiten la carga, de la losa a las columnas, las vigas son de gran participación ante la presencia de un sismo, tanto en resistencia como en rigidez.

Las vigas son elementos fundamentales en la construcción, pensada para soportar carga vertical, lo que determinara las medidas, materiales y sobre todo su capacidad de sostener y contener pesos y tensiones.

Una viga está diseñada para soportar no solo carga vertical sino también flexión y tensión, según cual finalidad predomine será el concepto de viga.

La viga es una estructura horizontal que puede sostener carga entre dos apoyos sin crear empuje lateral entre estos.

Las vigas pueden ser de mayor peralte que la losa las cuales les llamamos vigas colgadas o embebidas, las cuales se les llama vigas banda. Ver figura 9.



Figura 9. Vigas

Fuente: [www.cuevadelcivil.com/2015/10/construccion-de-vigas-de-hormigon-armado.html](http://www.cuevadelcivil.com/2015/10/construccion-de-vigas-de-hormigon-armado.html)

#### **1.5.7.4. LOSA**

Las losas son elementos estructurales horizontales bidimensionales, en donde el espesor es pequeño comparado con el largo y ancho de la misma.

Las cargas son perpendiculares al plano por lo que su comportamiento estará dominado por flexión.

Las losas pueden apoyarse sobre vigas o columnas presentando solicitaciones de sismo y carga vertical, o sobre las paredes presentando solicitaciones solo de tipo vertical, en este caso son paredes portantes.

También depende del armado estructural, hay las losas que trabajan unidireccional o bidireccionalmente. Esta configuración es la que se considera en el sistema HORMI 2

Cuando el espesor de la losa es ocupado solo por hormigón la llamamos losa maciza, de lo contrario cuando la conformamos de bloque, o cualquier otro material más liviano o por espacios vacíos se la conoce como losa alivianada o

nervada, siendo de este tipo la más utilizada en el campo de la construcción. Ver figura 10.

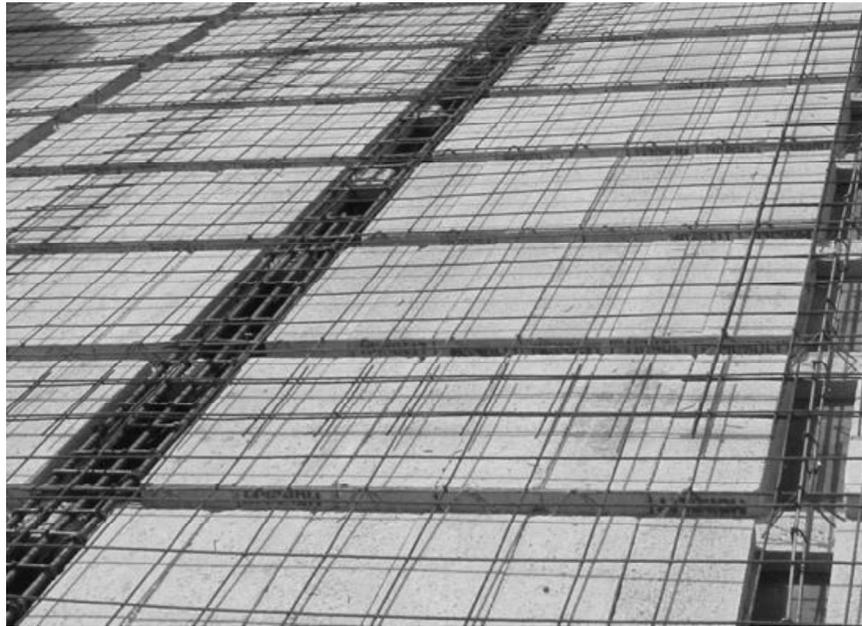


Figura 10. Losas

Fuente: [www.arkiplus.com/losa-maciza/](http://www.arkiplus.com/losa-maciza/)

#### **1.5.7.5. PAREDES DE MAMPOSTERÍA TRADICIONAL**

Las paredes de mampostería tradicional son elementos estructurales compuestos básicamente por bloques y morteros. Por lo tanto, es un material de unidades débilmente unidas y pegadas, este hecho es confirmado por experiencia de ensayos en algunos laboratorios, lo que permite clasificarlo como un material heterogéneo.

Es muy eficiente a aplicaciones de carga de compresión. Esto se debe a sus características, la resistencia a la tracción está dada por la dosificación del mortero en este caso es muy reducida. Ver figura 11.

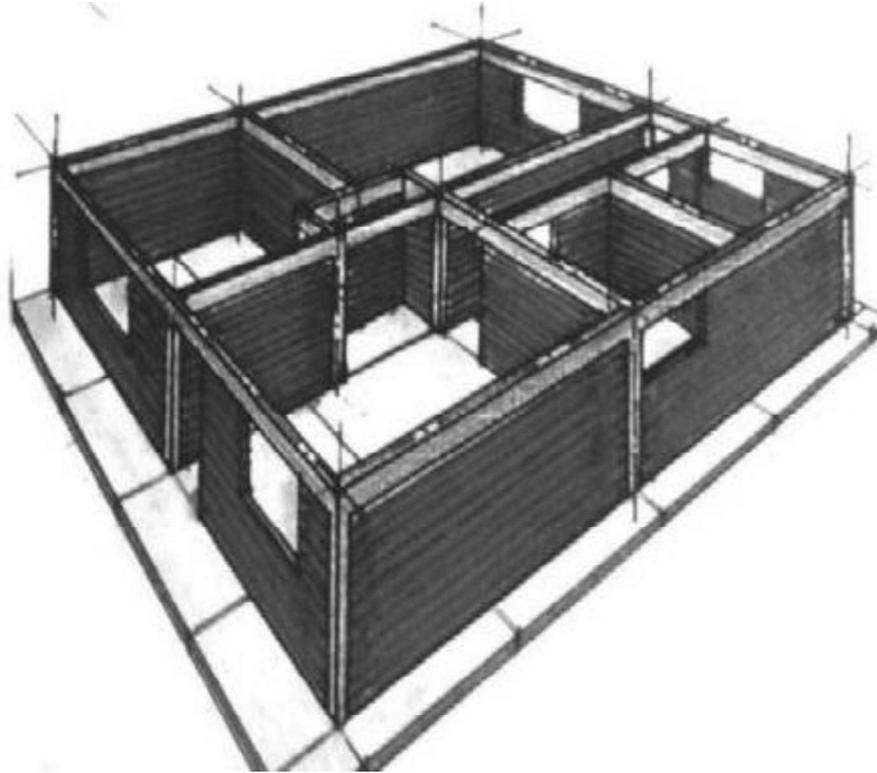


Figura 11. Paredes de mampostería tradicional

Fuente: [www.arqhys.com/arquitectura/quees-mamposteria.html](http://www.arqhys.com/arquitectura/quees-mamposteria.html)

## **2. METODOLOGÍA**

Se realiza un levantamiento topográfico del predio para obtener información de vías de acceso, puntos de servicio básicos, señalización del terreno a edificar.

Se procede a obtener muestras de campo de mampostería tradicional y de hormi2 para poder realizar un análisis de laboratorio conocer las características y propiedades de los materiales y sus resistencias tanto de la mampostería tradicional y el hormi2.

De acuerdo a los planos arquitectónicos e información entregada por la Representante Legal del Conjunto Habitacional Villa Florida, se procede a revisar la misma para poder obtener información de los principales elementos estructurales de la vivienda unifamiliar, se realizará mediciones del número de paneles que son usados en cada uno de las viviendas para poder cuantificar el peso aportante en la misma. Con esta información, levantamiento topográfico, informes de laboratorio, información bibliografía, se procederá a la elaboración de planos detallados de los elementos estructurales aplicando la norma NEC-SE-VIVIENDA-2015. Cabe aclarar que la norma es aplicable para Viviendas de Hormigón Armado.

Los planos detallados de las dos alternativas, permite determinar las cantidades de obra, equipo y todo lo necesario para la elaboración del presupuesto de esta vivienda unifamiliar, el cual será desarrollado con rubros y los precios referenciales de la cámara de la construcción. Este presupuesto dará una valoración económica de los dos sistemas constructivos y el beneficio de cada uno de ellos.

Finalmente se realizará el respectivo análisis de: cargas y presupuestos. En función de los planos arquitectónicos y de elementos estructurales, información de laboratorio, peso aportante de los paneles que se mencionó anteriormente y en conformidad con el capítulo 1 de la norma NEC-SE-VIVIENDA-2015, facilitará el análisis de cargas, además estos planos me ayudaran a determinar el presupuesto. El análisis se realizará para el sistema tradicional como para el Hormi2, con los cuales se podrá comparar los dos sistemas constructivos y saber el beneficio económico.

### **3. TRABAJOS DE CAMPO Y ENSAYOS DE LABORATORIO**

#### **3.1. LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO**

##### **3.1.1. INTRODUCCIÓN**

La topografía es muy antigua, se desconoce su origen. Se cree que en Egipto se realizaron los primeros trabajos topográficos ya que se tiene referencias representadas en muros y tablillas. (Eliarosa, 2018)

Las técnicas más importantes utilizadas en la historia han sido los levantamientos topográficos. Ha sido utilizada para construir edificios, elaborar mapas. En sus orígenes los arquitectos de las grandes pirámides de Egipto ya las usaban de manera rudimentaria. Anterior a esta técnica la cuerda era el instrumento de medida. Esto se perfeccionó durante la Grecia Clásica. (Eliarosa, 2018)

El uso de la cuerda se popularizó en el Imperio Romano, con este instrumento se podía medir distancias y superficies. Ya en la edad media los levantamientos topográficos adquieren una precisión y alcance mayor, esto se debe a descubrimientos en el campo de la astronomía, invención de la brújula que ayudaría notablemente. (Pingulo, 2011)

De la Edad Media se pasa a la Revolución Científica del siglo XVII da un gran impacto en el área de levantamientos topográficos. El telescopio permite pulir aún más las técnicas de medición. (Villareal, 2016)

El gran progreso del siglo XIX y todo el XX, hace que se inventen nuevos instrumentos de medición y gran precisión. (Villareal, 2016)

Hoy en la actualidad se habla de levantamientos con estaciones totales de gran alcance, distanciómetros, fotografías aéreas, satélites artificiales entre otros.

##### **3.1.2. MARCO TEÓRICO**

Se denomina estación total aun aparato electro-óptico que se usa en topografía Su historia se remonta a 1971 con la primera estación de Trimble modelo GEODIMETER, en 1976 aparece la estación de Topcon modelo GGUPY, para

1990 estuvo en el mercado la E.T. Robótica, en 1993 suma la recepción GPS y en el 2003 ingresa la tecnología R-track para el rastreo LC2. (Gomez, 2017)

En sus inicios la información se leía del display para poder transcribir a una libreta de campo, en la actualidad se traslada a un ordenador con un programa específico para cada marca. (Gomez, 2017)

Las estaciones actuales tienen iluminación independiente de la luz solar, calculadora, distanciómetro. Los ordenadores y programas permiten el cálculo de coordenadas en campo, replanteo de puntos de manera sencilla, cálculos de distancias. (Gomez, 2017)

### **3.1.3. PASOS APLICADOS PARA REALIZAR EL LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO**

Trasladamos los equipos a la calle Abdón Calderón y Marquesa de Solanda Parroquia Conocoto de la ciudad de Quito. El área del terreno a ser levantado se encuentra dentro del área del Conjunto Habitacional Villa Florida.

Los equipos a ser usados son: una estación total Sokkia Set630RK, un trípode, dos prismas, flexómetro y cinta.

El personal este compuesto de lo siguiente: un topógrafo, dos cadeneros.

Con el equipo y personal en el sitio procedemos a ubicar en el sitio. Marcamos un punto sobre el terreno (primera estación). Este punto debe estar colocado en un sitio que se pueda visualizar la mayor cantidad de puntos del levantamiento. Le identificamos con una estaca, clavo y pintura para evitar su pérdida.

Colocamos una nueva estación (segunda) en un sitio de nuestra conveniencia. Esta estación nos sirve para poder alinear el uno respecto al otro y medir puntos que no logramos ver desde la primera estación.

En cada estación se toman el mayor número de puntos necesarios. Para el cambio de estaciones aplicamos las sugerencias de los fabricantes de equipos, los mismos recomiendan, no trasladar el equipo con el trípode armado.

El momento de operación de la estación se consideró que es necesario visar al centro del prisma. En este caso es muy importante que el cadenero tenga el soporte del prisma bien aplomado (conservar el equipo vertical). Ver figura12



Figura 12. Punto de estación sobre el terreno

Fuente: Conjunto Habitacional Villa Florida.

El chequeo de la correcta orientación se realiza con una lectura sobre el punto en el cual está colocando el prisma. Es necesario comparar las coordenadas del punto sobre el cual se coloca la estaca en la estación uno. Si la orientación es la correcta se continua el levantamiento.

### **3.2. ENSAYOS DE MAMPOSTERÍA DEL SISTEMA TRADICIONAL Y HORMI2**

#### **3.2.1. MUESTREO DE BLOQUES**

La fabricación del bloque y mortero se mencionó anteriormente por lo que para nuestro estudio se considera que ya cumplieron con el proceso de fabricación.

Las muestras tomadas son fabricadas fuera del sitio de la construcción El muestreo se realiza de acuerdo a NTE INEN 639. Bloques Huecos de Hormigón (Muestreo y Ensayos)

La práctica cubre la evaluación de bloques de hormigón que se emplean en la construcción de mamposterías, muros portantes, losas alivianadas. Ver figura 13.



Figura 13. Muestreo de Bloques

Fuente: Laboratorio de Ensayo de Materiales, Mecánica de Suelos y Rocas, Escuela Politécnica Nacional 2018

Las muestras se trasladaron al Laboratorio de Ingeniería Civil de la Escuela Politécnica Nacional.

### **3.2.2. ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE BLOQUES**

El ensayo de compresión se realiza de acuerdo a ASTM C140. Método de Prueba Estándar para el Muestreo y la Prueba de Unidades de Concreto de Albañilería.

La normativa nacional (NTE INEN 3066-2016) cumple con los requisitos relacionados al ensayo.

Estas prácticas cubren varios procedimientos de pruebas utilizados comúnmente para evaluar las características de las unidades de mampostería de concreto y unidades relacionadas. Ver figura 14.



Figura 14. Ensayo de Resistencia a Compresión de Bloques

Fuente: Laboratorio de Ensayo de Materiales, Mecánica de Suelos y Rocas, Escuela Politécnica Nacional 2018

### **3.2.3. ENSAYO DE ABSORCIÓN DE BLOQUES**

El ensayo de absorción se realiza de acuerdo a ASTM C1403. Método de Prueba Estándar para la Tasa de Absorción de Agua de los Morteros de Mampostería.

La práctica cubre varios procedimientos de pruebas utilizados para determinar las propiedades de absorción de agua relativas a lo largo del tiempo

### **3.2.4. MUESTREO DE MORTERO.**

En nuestro caso se consideró un mortero semifluido y trabajable. Esto se debe a que el traslado de equipos de laboratorio a campo es difícil para una sola prueba.

Para nuestro estudio consideramos que el mortero en campo ya tenemos diseñado para poder muestrear.

La toma de muestras se lo realizo de acuerdo a ASTM C305. La práctica cubre la elaboración y el curado de especímenes para ensayos en el laboratorio. Los concretos pueden consolidarse por varillado o vibración dependiendo del tamaño máximo nominal del agregado. Ver figura 15



Figura 15. Toma de muestras de mortero en campo

Fuente: Laboratorio de Ensayo de Materiales, Mecánica de Suelos y Rocas, Escuela Politécnica Nacional 2018

Es importante poder determinar la consistencia de los morteros con la ayuda norma ASTM C230. Método de Prueba Estándar para Flujo de Morteros.

La práctica cubre la determinación de la fluidez del mortero de cemento hidráulico utilizando la mesa de flujo.

Para el curado se trasladó al Laboratorio de Ingeniería Civil de la Escuela Politécnica Nacional.

El curado de los especímenes se lo realiza de acuerdo a ASTM C192. Práctica Estándar para Preparación y Curado de Especímenes de Concreto en Laboratorio.

Se tomaron seis probetas cúbicas de 50 x50mm en total, las cuales son ensayadas a siete, y más de catorce días. En nuestro caso se ensayan dos en cada fecha.

### 3.2.5. ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE MORTERO

Dependiendo del tipo y características del panel se recomienda la resistencia del mortero requerido. En la construcción de vivienda unifamiliar del Conjunto

Habitacional Villa Florida al tratarse de construcción integral de Elementos como: mamposterías, losas de cubiertas, losas de entrepiso y gradas se sugiere el mortero de 210 Kg/cm<sup>2</sup> de resistencia. Ver tabla 3

Tabla 3. Tipos de panel y resistencia de mortero requerida

TIPO	APLICACIÓN	Ø DEL ALAMBRE	TRAMADO	RESISTENCIA DEL MORTERO REQUERIDA
<b>PSME</b> (Panel Simple Modular Estructural)	Construcción integral de mamposterías	Longitudinal: 2.5 Transversal: 2.5	Longitudinal: 7.5 Transversal: 7.5	210 kg/cm <sup>2</sup>
<b>PSMC</b> (Panel Simple Modular de Cerramiento)	Aplicaciones en estructuras mixtas Cerramientos	Longitudinal: 2.5 Transversal: 2.5	Longitudinal: 7.5 Transversal: 15	Entre 90 kg/cm <sup>2</sup> y 110 kg/cm <sup>2</sup>
<b>PSMR</b> (Panel Simple Modular Reforzado)	Losas de cubierta Conformación de gradas	Longitudinal: 3 Transversal: 2.5	Longitudinal: 7.5 Transversal: 7.5	210 kg/cm <sup>2</sup> para la carpeta superior de compresión o la que resulte del cálculo estructural. 210 kg/cm <sup>2</sup> para la carpeta inferior.
<b>PSM2R</b> (Panel Simple Modular Doblemente Reforzado)	Losas de entrepiso Conformación de gradas	Longitudinal: 3 Transversal: 3	Longitudinal: 7.5 Transversal: 7.5	210 kg/cm <sup>2</sup> para la carpeta superior o la que proponga el Calculista. 210 kg/cm <sup>2</sup> para la carpeta inferior.

Fuente: Manual de construcción integral Hormi2 PANECONS

En el laboratorio hay que considerar que para el diseño de mortero se aplica la norma ASTM C 305. Practica Estandarizada para Mezcla Mecánica de Pastas de Cemento y Mortero.

La práctica cubre la mezcla mecánica de pastas de cemento y mortero para realizar los ensayos de resistencia a la compresión

Los cubos no ensayados a las veinte y cuatro horas se sumergen en agua dentro de un tanque de almacenamiento. El agua debe renovarse frecuente.

Las probetas son ensayadas de acuerdo a ASTM C109. Método normalizado para Ensayo de Resistencia de Morteros.

Este método cubre la determinación del esfuerzo a compresión de morteros de cemento usando especímenes cúbicos de 50x50mm. Ver tabla 6

### **3.2.6. ENSAYO DE GRANULOMETRÍA DE ARENA**

La arena que se usa para la fabricación del mortero, en nuestro medio es conocido como arena azul. Para el análisis granulométrico se tomaron dos muestras de arena de diferentes lotes.

El material se trasladó al Laboratorio de Ingeniería Civil de la Escuela Politécnica Nacional para su preparación y ensayo. Ver figura 16



Figura 16. Ensayo de granulometría de arena

Fuente: Laboratorio de Ensayo de Materiales, Mecánica de Suelos y Rocas, Escuela Politécnica Nacional 2018

La arena debe ser de buena graduación y ensayar de acuerdo a la norma ASTM C117. Esta práctica cubre el análisis granulométrico por tamices de los agregados fino y grueso.

### **3.2.7. ENSAYO DE COMPRESIÓN EXCÉNTRICA DE MUROS HORMI2**

En nuestro medio no existe normativa para realizar el ensayo de compresión excéntrica de muros de Hormi2 o M2. Para la evaluación experimental del sistema constructivo M2, se realizará un resumen del informe técnico presentado por el Laboratorio de Estructuras de la Pontificia Universidad Católica del Perú en marzo del 2009.

La prueba se realizó con tres muros (C1, C2, C3). Cada muro está compuesto de un panel.

Las dimensiones son: 119cm de longitud, 244cm de altura y 10cm de espesor.

Los tres muros se ensayaron a compresión axial excéntrica. La velocidad de ensayo fue de 0.8mm/min. La carga se distribuyó en toda la superficie de su longitud. Ver figura 17.

Se usaron 6 LVDT (Sensores de desplazamiento). Los LVDT D1, D2, D5 y LVDT D3, D4, D6 midieron la deformación axial, estabilidad lateral del panel respectivamente.

Luego del ensayo se destaca que ninguno de los tres muros tiene falla por pandeo, ni separación de capas de mortero, pero tuvieron una fuerte inclinación respecto de la vertical.

Los tres muros tienen comportamiento elástico hasta que se presenta una falla local.

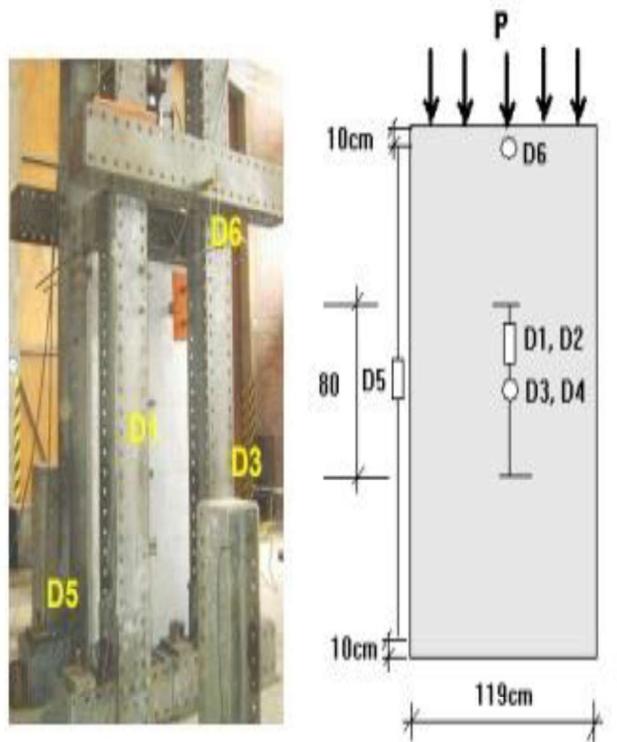


Figura 17. Ensayo de compresión excéntrica

Fuente: PANECONS SA -PUCE-PERÚ (marzo 2009) Publicación: Informe Técnico

### 3.2.8. ENSAYO DE FLEXIÓN DE PANELES PARA LOSA HORMI2

En nuestro medio no existe normativa para realizar el ensayo de flexión de paneles para losa Hormi2 o M2. Para la evaluación experimental del sistema constructivo M2, se realizará un resumen del informe técnico presentado por el Laboratorio de Estructuras de la Pontificia Universidad Católica del Perú en marzo del 2009.

La prueba se realizó con tres losas (F1, F2 y F3). Cada una de las losas tiene un panel para techo, Las dimensiones son de 254cm de longitud y 20cm de espesor incluido 3cm de mortero en su base y 5cm de espesor en la capa correspondiente a capa de compresión.

Las tres losas se ensayaron aplicando una carga (P) en el centro de la luz y repartida en el ancho del panel. Se aplicó una velocidad de ensayo de 1mm/min. Ver figura 18.

Se usaron 2 LVDT (Sensores de desplazamiento). Los LVDT D1, D2 midieron la deformación vertical, desplazamiento horizontal relativo entre dos puntos respectivamente.

La carga (P) fue medida con una celda de carga.

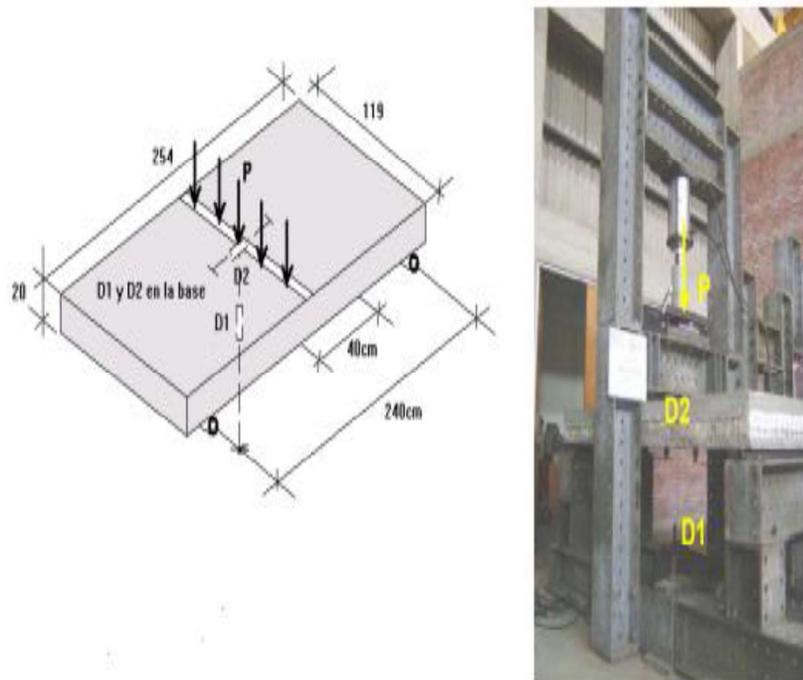


Figura 18. Ensayo de flexión de paneles

Fuente: PANECONS SA -PUCE-PERÚ (marzo 2009) Publicación: Informe Técnico

Los tres paneles ensayados presentaron fisuras en la zona central, no se presentan fallas en los apoyos ni falla por compresión del concreto superior y las fisuras no se concentraron en un solo plano. El instante en que se incrementaba la carga (P), surgieron nuevas fisuras.

## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la construcción del Conjunto Habitacional Villa Florida no se ve como prioritario construir viviendas unifamiliares con el sistema tradicional ya que consideran de muy alto costo, tiempos de construcción largos entre otros factores, sin embargo, para poder determinar la veracidad de lo mencionado, aplicaremos la metodología que se ha considerado en este trabajo de investigación. Para esto es necesario realizar el respectivo levantamiento topográfico, ensayos de laboratorio, calcular cargas, elaborar planos, calcular cantidades y volúmenes de obra, presupuestar, comparar y analizar los dos sistemas.

### 4.1. RESULTADO DE LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO

Una vez terminado el levantamiento usando las técnicas mencionadas para nuestro estudio, se descargó el mismo a una PC, con la ayuda del programa Prolink.

El conjunto de puntos obtenidos en este levantamiento dan como resultado: Ciento noventa y seis puntos con sus respectivas coordenadas x,y. Ver tabla 4

Tabla 4. Levantamiento topográfico.

Nº	X	Y	Nº	X	Y	Nº	X	Y	Nº	X	Y
1	780411	9965719	50	780370	9965635	99	780379	9965574	148	780410	9965582
2	780411	9965719	51	780369	9965633	100	780380	9965573	149	780411	9965583
3	780409	9965717	52	780369	9965632	101	780382	9965571	150	780412	9965584
4	780408	9965716	53	780368	9965630	102	780382	9965571	151	780413	9965586
5	780407	9965714	54	780367	9965628	103	780383	9965570	152	780413	9965587
6	780406	9965713	55	780366	9965627	104	780384	9965569	153	780413	9965588
7	780405	9965712	56	780365	9965626	105	780385	9965568	154	780414	9965590
8	780404	9965710	57	780365	9965624	106	780385	9965567	155	780414	9965591
9	780403	9965707	58	780364	9965623	107	780386	9965566	156	780414	9965592
10	780402	9965705	59	780364	9965621	108	780387	9965565	157	780414	9965593
11	780401	9965705	60	780363	9965620	109	780388	9965564	158	780415	9965594
12	780401	9965703	61	780363	9965619	110	780388	9965563	159	780416	9965596
13	780400	9965701	62	780362	9965618	111	780389	9965561	160	780416	9965597
14	780398	9965698	63	780362	9965616	112	780389	9965561	161	780417	9965598
15	780397	9965696	64	780361	9965614	113	780391	9965561	162	780417	9965600
16	780396	9965694	65	780361	9965613	114	780391	9965559	163	780418	9965601

17	780395	9965693	66	780361	9965612	115	780392	9965558	164	780419	9965603
18	780394	9965691	67	780360	9965609	116	780392	9965557	165	780419	9965604
19	780391	9965685	68	780359	9965607	117	780393	9965556	166	780420	9965606
20	780390	9965683	69	780359	9965606	118	780394	9965555	167	780421	9965607
21	780390	9965683	70	780359	9965605	119	780395	9965554	168	780422	9965609
22	780389	9965681	71	780358	9965604	120	780396	9965553	169	780423	9965610
23	780388	9965678	72	780357	9965603	121	780396	9965551	170	780423	9965611
24	780388	9965677	73	780358	9965602	122	780397	9965551	171	780424	9965613
25	780387	9965676	74	780358	9965601	123	780398	9965551	172	780425	9965615
26	780386	9965673	75	780359	9965600	124	780398	9965553	173	780425	9965617
27	780386	9965672	76	780360	9965599	125	780399	9965553	174	780426	9965619
28	780385	9965671	77	780361	9965598	126	780399	9965554	175	780427	9965620
29	780385	9965669	78	780363	9965597	127	780400	9965556	176	780428	9965622
30	780384	9965667	79	780364	9965596	128	780400	9965557	177	780429	9965625
31	780384	9965666	80	780365	9965596	129	780401	9965558	178	780430	9965626
32	780383	9965665	81	780365	9965595	130	780401	9965559	179	780431	9965628
33	780382	9965663	82	780367	9965593	131	780401	9965560	180	780432	9965630
34	780382	9965661	83	780367	9965591	132	780402	9965562	181	780434	9965634
35	780381	9965659	84	780368	9965590	133	780402	9965563	182	780436	9965636
36	780380	9965657	85	780369	9965589	134	780403	9965564	183	780436	9965638
37	780379	9965655	86	780369	9965588	135	780403	9965566	184	780437	9965638
38	780378	9965653	87	780369	9965586	136	780404	9965567	185	780438	9965640
39	780378	9965651	88	780370	9965585	137	780405	9965569	186	780438	9965641
40	780377	9965650	89	780371	9965584	138	780405	9965570	187	780439	9965643
41	780376	9965648	90	780371	9965583	139	780406	9965571	188	780440	9965645
42	780376	9965647	91	780373	9965582	140	780406	9965573	189	780441	9965647
43	780375	9965646	92	780373	9965581	141	780407	9965573	190	780443	9965649
44	780374	9965643	93	780374	9965580	142	780407	9965575	191	780443	9965649
45	780374	9965643	94	780375	9965579	143	780408	9965576	192	780445	9965651
46	780373	9965641	95	780376	9965578	144	780408	9965577	193	780445	9965652
47	780373	9965640	96	780377	9965577	145	780409	9965578	194	780446	9965654
48	780371	9965638	97	780377	9965575	146	780409	9965580	195	780447	9965656
49	780371	9965636	98	780378	9965574	147	780410	9965581	196	780448	9965657

Fuente: Conjunto Habitacional Villa Florida.

El archivo se trasladó al programa CAD para su respectivo procesamiento y revisión. Los respectivos planos de topografía obtenida se presentan en el Anexo 3: Levantamiento planimétrico y altimétrico

#### 4.2. RESULTADO DE ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE BLOQUES

Los ensayos realizados en el laboratorio de acuerdo al protocolo, dieron como resultado la carga y esfuerzo que soporta cada bloque a una edad determinada.

Ver tabla 5

Tabla 5. Compresión de mampostería

N°	FECHA DE FÁBRICA	DESCRIPCIÓN	FECHA DE ROTURA	EDAD	ANCHO	LARGO	ALTO	ÁREA		CARGA ROTURA	ESFUERZO		CLASIFICACIÓN SEGÚN RESISTENCIA
								NETA	BRUTA		NETA	BRUTO	
								Días	(cm)		(cm)	(cm)	
1	.....	BLOQUE N°1	18-abr-18	>28días	11.40	38.03	18.00	187.5	433.6	3.68	1.93	0.83	CLASE B
2	.....	BLOQUE N°2	18-abr-18	>28días	11.37	37.87	17.60	187.3	430.4	5.61	2.93	1.28	
3	.....	BLOQUE N°3	18-abr-18	>28días	11.37	37.93	17.77	185.8	431.2	4.36	2.30	0.99	
PROMEDIO BLOQUE					11.38	37.94	17.79	186.88	431.72	4.55	2.39	1.03	

Fuente: Laboratorio de Ensayo de Materiales, Mecánica de Suelos y Rocas, Escuela Politécnica Nacional 2018

El respectivo informe de este ensayo se presenta en el Anexo1: Presentación de informes.

#### 4.3. RESULTADO DE ENSAYO DE ABSORCIÓN DE BLOQUES

Los ensayos realizados en el laboratorio de acuerdo al protocolo, dieron como resultado: valores de densidad y absorción de cada espécimen. Ver tabla 6

Tabla 6. Absorción de mampostería

N°	FECHA DE FÁBRICA	DESCRIPCIÓN	FECHA DE ROTURA	EDAD	ANCHO	LARGO	ALTO	MASA SATURADA	MASA SUMERGIDA	MASA SECA	ABSORCIÓN	DENSIDAD	VOLUMEN NETO	ÁREA NETA
1	.....	BLOQUE N°1	25-oct-18	.....	11.50	38.13	17.80	6.69	2.42	5.51	21.28	1292.17	4267000	23971.91
2	.....	BLOQUE N°2	25-oct-18	.....	11.50	38.00	17.67	6.76	2.52	5.58	21.12	1314.94	4244000	24022.64
3	.....	BLOQUE N°3	25-oct-18	.....	11.60	38.00	17.77	7.29	2.88	6.04	20.60	1369.70	4412060	24833.36
PROMEDIO							17.79	6.91	2.60	5.71	21.00	1325.60	4307687	24275.97

Fuente: Laboratorio de Ensayo de Materiales, Mecánica de Suelos y Rocas, Escuela Politécnica Nacional 2018

El respectivo informe de este ensayo se presenta en el Anexo1: Presentación de informes.

#### 4.4. RESULTADO DE ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE MORTERO

Los ensayos realizados en el laboratorio de acuerdo al protocolo, dieron como

Resultado: valores de carga y esfuerzo a una edad determinada. Ver tabla 7

Tabla 7. Compresión cúbica de mortero

N°	FECHA DE FÁBRICA	DESCRIPCIÓN	FECHA DE ROTURA	EDAD	PESO	CARGA	P.ESPECIFICO	ESFUERZO	ESFUERZO
				Días	(gr)	(Ton)	(gr/cm2)	(Kg/cm2)	(Mpa)
1	13-nov-17	HORMI2	20-nov-17	7	276.2	2461	2,10	93.34	9.15
2	13-nov-17	HORMI2	20-nov-17	7	276.3	2694	2,11	105.65	10.36
3	13-nov-17	HORMI2	01-dic-17	18	274.2	4735	2,10	185.69	18.21
4	13-nov-17	HORMI2	01-dic-17	18	285.80	4616	2,11	176.11	17.27

Fuente: Laboratorio de Ensayo de Materiales, Mecánica de Suelos y Rocas, Escuela Politécnica Nacional 2018

Como una extensión al método de ensayo aplicado a esfuerzo a compresión de morteros se toma probetas cilíndricas de mortero aplicando la Norma ASTM C39. Ver tabla 8.

Tabla 8. Compresión en Cilindros de Hormigón

N°	FECHA DE FÁBRICA	DESCRIPCIÓN	FECHA DE ROTURA	EDAD	DIÁMETRO	ÁREA TRANSV.	P.ESPEC.	CARGA MAX.	RESISTENCIA	TIPO DE FALLA	DEFECTOS
				Días	(mm)	(mm2)	(Kg/m2)	(KN)	(Mpa)		
1	31-oct-17	Pared Portant	06-nov-17	6	101.00	8012	2230	140.6	17.5	TIPO I	A
2	31-oct-17	Pared Portant	06-nov-17	6	102.00	8171	2210	124.0	15.2	TIPO 2	A
3	31-oct-17	Hormi2	01-dic-17	31	103.00	8332	2170	195.5	23.5	TIPO I	A
4	31-oct-17	Hormi2	01-dic-17	31	101.25	8052	2220	180.7	22.4	TIPO I	A

Fuente: Laboratorio de Ensayo de Materiales, Mecánica de Suelos y Rocas, Escuela Politécnica Nacional 2018

Los respectivos informes de este ensayo se presentan en el Anexo1: Presentación de informes.

#### 4.5. RESULTADO DE ENSAYO DE GRANULOMETRÍA DE ARENA

Los ensayos realizados en el laboratorio de acuerdo al protocolo, dieron como resultado: material que es retenido, pasa el tamiz y la finura de las muestras.

Ver tabla 9 y 10

Tabla 9 y 10. Granulometría Muestra 1 y 2

TAMIZ N°	TAMAÑO ABERTURA	PESO RETENIDO	PORCENTAJE RETENIDO	PORCENTAJE ACUMULADO	PORCENTAJE QUE PASA
	(mm)	(g)	(%)	(%)	(%)
3/8	9.5	0.0	0.0	0.0	100.0
4	4.75	57.50	5.8	5.8	94.2
8	2.36	188.4	19.1	25.0	75.0
16	1.18	176.4	17.9	42.9	57.1
30	0.60	143.0	14.5	57.4	42.6
50	0.30	135.4	13.7	71.1	28.9
100	0.15	102.2	10.4	81.5	18.5
BANDEJA		182.0	18.5	100.0	0.0
	TOTAL	984.9	FINURA	7.01	

TAMIZ N°	TAMAÑO ABERTURA	PESO RETENIDO	PORCENTAJE RETENIDO	PORCENTAJE ACUMULADO	PORCENTAJE QUE PASA
	(mm)	(g)	(%)	(%)	(%)
3/8	9.5	0.0	0.0	0.0	100.0
4	4.75	1.7	0.3	0.3	99.7
8	2.36	186.4	30.5	30.8	69.2
16	1.18	165.8	27.1	57.9	42.1
30	0.60	86.9	14.2	72.1	27.9
50	0.30	55.7	9.1	81.2	18.8
100	0.15	35.4	5.8	87.0	13.0
BANDEJA		79.6	13.0	100.0	0.0
	TOTAL	611.5	FINURA	7.26	

Fuente: Laboratorio de Ensayo de Materiales, Mecánica de Suelos y Rocas, Escuela Politécnica Nacional 2018

Los respectivos informes de este ensayo se presentan en el Anexo1: Presentación de informes.

#### **4.6. RESULTADO DE ENSAYO DE COMPRESIÓN EXCÉNTRICA DE MUROS HORMI2**

De acuerdo a la fuente consideran que: Existe deflexiones máximas y deflexiones permanentes, cuyos valores son: 3.475,3.664 y 1,152, 0.710 mm para el primero y segundo piso respectivamente. Las mismas son consideradas de gran importancia para su comparación con el Reglamento Nacional de Edificaciones (Norma E.60 -Concreto Armado -Lima -Perú 2009). Ver tabla 11.

Tabla 11. Prueba de Carga Vertical en el Módulo

W1 (kg/m <sup>2</sup> )	W2 (kg/m <sup>2</sup> )	D1 (mm)	D2 (mm)	D3 (mm)	Acción
0	0	0	0	0	Inicio
137.75	0	0.552	-0.046	0.047	Carga en piso 1
275.50	0	1.233	-0.180	0.073	Carga en piso 1
413.25	0	2.036	-0.404	0.107	Carga en piso 1
505.10	0	2.699	-0.250	0.111	Carga en piso 1
505.10	95.66	2.736	0.513	0.119	Carga en piso 2
505.10	191.32	2.755	1.279	0.128	Carga en piso 2
505.10	286.98	2.779	2.027	0.140	Carga en piso 2
505.10	363.50	2.827	3.156	0.144	Carga en piso 2
505.10	363.50	3.475	3.664	0.120	24 horas después
505.10	286.98	3.496	3.480	0.115	Descarga del piso 2
505.10	191.32	3.501	2.601	0.123	Descarga del piso 2
505.10	95.66	3.498	1.821	0.133	Descarga del piso 2
505.10	0	3.496	0.967	0.145	Descarga del piso 2
413.25	0	3.204	0.870	0.133	Descarga del piso 1
275.50	0	2.593	0.836	0.104	Descarga del piso 1
137.75	0	1.953	0.797	0.066	Descarga del piso 1
0	0	1.247	0.906	0.053	Descarga del piso 1
0	0	1.152	0.710	0.003	24 horas después

Fuente: PANECONS SA -PUCE-PERÚ (marzo 2009) Publicación: Informe Técnico

#### 4.7. RESULTADO DE ENSAYO DE FLEXIÓN DE PANELES PARA LOSA HORMI2

De acuerdo a la fuente consideran que: El comportamiento de flexiones y deflexiones de los paneles F1 y F2 fue similar, mientras que el panel F3 se caracterizó por ser más rígido. Ver tabla 12

Tabla 12. Puntos importantes en el ensayo de flexión de paneles para techo

Panel	Primera fisura		Carga máxima		Desp. máximo		Desp. permanente	
	P (kg)	D1 (mm)	P (kg)	D1 (mm)	P (kg)	D1 (mm)	P (kg)	D1 (mm)
F1	803	4.60	2731	45.34	2627	49.13	0	19.00
F2	707	4.63	2758	43.13	2479	47.32	0	19.92
F3	1073	3.43	2600	25.42	1918	49.38	0	24.33
Promedio	860	4.22	2700	38	2340	49	0	21

Fuente: PANECONS SA -PUCE-PERÚ (marzo 2009) Publicación: Informe Técnico

## **5. CALCULO DE CARGAS EN LA ESTRUCTURA DE VIVIENDA UNIFAMILIAR CON MAMPOSTERÍA TRADICIONAL Y HORMI2**

El sistema tradicional está compuesto de losas, vigas, columnas, zapatas los mismos que se diseñan de acuerdo a códigos nacionales e internacionales.

En el análisis estructural empieza por cuantificar la carga muerta, la carga viva y la carga sísmica presente en la edificación.

El sistema Hormi2 por su forma es semejante a las construcciones con sistemas de paredes portantes, el mismo no tiene vigas, columnas y plintos. Se puede decir que la loza de entrepiso y loza de cimentación tiene semejanza con el sistema tradicional.

La cuantificación de carga cada uno de los sistemas se realiza con planos arquitectónicos proporcionados por el Conjunto Habitacional Villa Florida y planos de elementos estructurales realizados por nuestra autoría

### **5.1. ANÁLISIS DE CARGAS**

Para analizar apropiadamente una estructura, se debe realizar ciertas idealizaciones sobre su comportamiento. El cuantificar carga es de suma importancia, tanto en su determinación, como en el tipo de carga que actúa en cada uno de los análisis.

### **5.2. CARGA MUERTA(D) EN EL SISTEMA TRADICIONAL**

La carga muerta se cuantifica en un metro cuadrado de edificación, la misma que está compuesta de un número especificado de bloques, nervios, carpeta de compresión, recubrimiento, acabados e instalaciones.

La carga muerta de la estructura corresponde al peso propio de los componentes y elementos de una edificación. Se mantienen constantes en magnitud y fijas en posición durante la vida útil de la estructura.

En la losa se toma un metro cuadrado con bloque alivianado. Las dimensiones del bloque alivianado son: 0.40x0.20x0.15 m. En un metro cuadrado de losa se

estima un total de 8 bloques de las dimensiones mencionadas, además tenemos nervios y loseta de 0.10m y 0.05m respectivamente. Ver figura 19

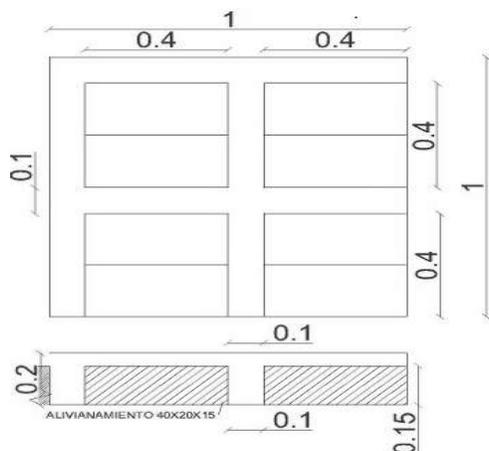


Figura 19. Losa alivianada con bloque

Fuente: NEC-SE-VIVIENDA-2015

El peso de los bloques se obtiene de la siguiente tabla. Ver tabla 13

Tabla 13. Peso por metro cuadrado de pared de mampostería.

			Bloque prensado			Bloque alivianado	
Ancho de bloque (cm)			10	15	20	10	15
Número de bloques			11,2573	11,2573	11,2573	12,7885	12,7885
Peso de bloques (kg)			8,68	10,38	13,73	4,18	6,02
Mortero de unión (m <sup>3</sup> )			0,0139	0,0208	0,0281	0,0123	0,0202
Mortero de enlucido (m <sup>3</sup> )			0,0200	0,0200	0,0200	0,0200	0,0200
Espesor de pared (m)			0,120	0,170	0,222	0,103	0,156
Mortero	Dosificación	Densidad (kg/m <sup>3</sup> )	Peso por m <sup>2</sup> de pared de mampostería (kg/m <sup>2</sup> )				
Arena de río	1:3	1809,85	158,37	189,94	240,96	111,17	149,03
	1:4	1774,61					
Arena fina	1:3	1743,53	155,35	186,47	237,00	108,26	145,60
	1:4	1670,06					
Polvo amarillo	1:3	1681,67	153,32	184,00	234,09	106,33	143,17
	1:4	1611,17					
Valor máximo de peso por m <sup>2</sup> (kg/m <sup>2</sup> )			158,37	189,94	240,96	111,17	149,03

Fuente: Tesis para Determinación de Carga Permanente de Mampostería de Bloque en Edificaciones de Vivienda. Pontificia Universidad Católica del Ecuador.

Para obtener la carga muerta presente en la estructura de la edificación del Conjunto Habitacional Villa Florida, se calcula cada uno de los pesos de acuerdo al siguiente orden: Peso propio de la losa, peso propio de vigas, peso de mampostería y peso propio de otros (recubrimiento, acabados, instalaciones).

La losa tiene las características que muestra la siguiente figura. Ver figura 20



Figura 20. Representación del área de construcción

Fuente: NEC-SE-VIVIENDA-2015

El cálculo de peso propio de la losa se realiza con las ecuaciones siguientes:

$$Wn(x,y) = \frac{L * a * e * Y}{Al} \quad Wl = \frac{L * a * e * Y}{Al}$$

Dónde:

$Wn(x,y)$ = Peso de nervios en los ejes (x,y) (Kg)

$Wl$ = Peso de loseta (Kg)

$L$ = Largo(m)

$a$ = Ancho(m)

e= Espesor(m)

Y= Peso específico del Hormigón (Kg/m<sup>3</sup>)

Al= Área de losa. (m<sup>2</sup>)

El peso del bloque se calcula de manera directa de acuerdo a datos de tablas y bibliografía existente.

El cálculo de peso propio de vigas, se realiza con la ecuación siguiente:

$$Wv(x + y) = \frac{L * a * e * Y}{Av}$$

Dónde:

Wv (x+y) = Peso de vigas

L= Largo(m)

a= Ancho(m)

e= Espesor(m)

Y= Peso específico del Hormigón (Kg/m<sup>3</sup>)

Av= Área de vigas (m<sup>2</sup>)

El peso por metro cuadrado de pared de mampostería se estima de acuerdo a la tabla x cuyo valor es de 186.47Kg /m<sup>2</sup> (0.186 Ton/m<sup>2</sup>) (presentada anteriormente)

El cálculo de peso propio de otros no considerados anteriormente se lo realiza con las ecuaciones siguientes:

$$Wr = \frac{L * a * e * Ys}{Al} \quad Wac = \frac{L * a * e * Ys}{Al}$$

Dónde:

Wr= Peso del recubrimiento (Kg)

Wac= Peso de acabados (Kg)

L= Largo(m)

a= Ancho(m)

e= Espesor(m)

$\gamma_s$ = Peso específico del Hormigón simple (Kg/m<sup>3</sup>)

AI= Área de losa (m<sup>2</sup>)

El peso de las instalaciones se cuantifica de manera directa de acuerdo a datos de tablas y bibliografía existente. Finalmente se realiza un resumen de todos los pesos calculados para obtener la carga muerta. Ver tabla 14

Tabla 14. Cálculo de Carga muerta (D) en el Sistema Tradicional

PESO PROPIO DE LOSA								
Elemento	Nº	W (kg)	Largo (m)	Ancho (m)	Espesor (m)	$\gamma$ Hormigón (Ton/m <sup>3</sup> )	Área de Losa (m <sup>2</sup> )	W Propio de Losa (Ton/m <sup>2</sup> )
Bloques	8	6,02	.....	.....	.....	.....	.....	0,05
Nervio(x)	2	.....	1	0,1	0,2	2,4	1	0,1
Nervio(y)	2	.....	0,8	0,1	0,2	2,4	1	0,08
Loseta	1	.....	1	1	0,05	2,4	1	0,12
								<b>0,35</b>

PESO PROPIO DE VIGAS							
Elemento	Nº	Largo (m)	Ancho (m)	Espesor (m)	$\gamma$ Hormigón (Ton/m <sup>3</sup> )	Área de Vigas(m <sup>2</sup> )	W Propio de Vigas (Ton/m <sup>2</sup> )
Vigas(x)	3	12,13	0,2	0,2	2,4	96,24	0,07
Vigas(y)	5	6,73	.....	.....	.....	.....	.....
Vigas(x+y)	.....	70,04	.....	.....	.....	.....	.....
							<b>0,07</b>

PESO POR METRO CUADRADO DE PAREDES DE MAMPOSTERIA							
Elemento	Nº	Largo (m)	Ancho (m)	Espesor (m)	$\gamma$ Mortero (Ton/m <sup>3</sup> )	Área de Pared (m <sup>2</sup> )	W Propio de Paredes (Ton/m <sup>2</sup> )
Pared	1	0,4	0,2	0,15	1,67	1	0,186
							<b>0,19</b>

PESO PROPIO OTROS								
Elemento	Nº	W (kg)	Largo (m)	Ancho (m)	Espesor (m)	Y Hormigón Simple (Ton/m <sup>3</sup> )	Área de Losa(m <sup>2</sup> )	W Propio Otros (Ton/m <sup>2</sup> )
Recubrimiento	2		1	1	0,02	2,2	1	0,09
Acabados	1		1	1	0,01	2,2	1	0,02
Instalaciones		10						0,01
								<b>0,12</b>

CARGA MUERTA(D)	
W Propio de Losa (Ton/m <sup>2</sup> )	0,35
W Propio de Vigas (Ton/m <sup>2</sup> )	0,07
W Propio de Paredes (Ton/m <sup>2</sup> )	0,19
W Propio Otros (Ton/m <sup>2</sup> )	0,12
<b>D ( Ton/m<sup>2</sup>)</b>	<b>0,73</b>

Fuente: NEC-SE-VIVIENDA-2015

La carga muerta se puede calcular con gran aproximación a partir de la configuración de diseño, de las dimensiones de la estructura y de la densidad el material.

### 5.3. CARGA VIVA(L) EN EL SISTEMA TRADICIONAL

Se considera carga viva a las fuerzas gravitacionales que actúan en una edificación y no tiene el carácter de permanente, incluye personas, objetos móviles o divisiones que puedan cambiar de sitio.

Generalmente actúa durante periodos cortos de vida de la estructura, también incluyen el impacto. Usualmente se considera que ocupa toda el área del piso como cargas uniformes.

Para el caso de vivienda la carga viva tiene el valor de 0.20ton /m<sup>2</sup>. Valor que está dentro de la normativa NEC-SE-VIVIENDA-2015. Este valor exceptúa a estacionamientos y espacios de reuniones públicas.

#### 5.4. CARGA SÍSMICA(E) EN EL SISTEMA TRADICIONAL

El efecto producido por los efectos sísmicos en las estructuras depende de la situación de la edificación con respecto a las zonas de actividad sísmica. Los movimientos del terreno transmiten a las construcciones aceleraciones que producen en la estructura reacciones, según la masa y su distribución en la estructura. La fuerza que produce es conocido como cortante de base o cortante basal sísmico, el mismo que es porcentaje del peso de la construcción. Este es el producto de las fuerzas laterales de la estructura.

Se calcula de acuerdo a la zona donde se encuentra la estructura (costa, sierra, oriente), tipo de material usado para construir la misma, carga muerta presente en la estructura con su respectivo porcentaje de carga viva. En el caso de carga viva depende del uso para el que está considerado la vivienda.

El caso particular de nuestro proyecto cumple con lo siguiente: Localizado en la sierra, es de hormigón armado, la edificación es para vivienda unifamiliar.

Para el cálculo se aplica la ecuación siguiente:

$$V_{base} = \frac{ZCW}{R}$$

Dónde:

V base = Cortante basal sísmico (Ton/m<sup>2</sup>)

Z= Factor de zona(u)

C= Coeficiente de respuesta sísmica(u)

W= Peso sísmico efectivo de la estructura (Ton/m<sup>2</sup>)

R= Factor de resistencia de reducción sísmica(u)

En resumen, se obtiene los siguientes resultados. Ver tabla 15

Tabla 15. Cortante Basal Sísmico

CORTANTE BASAL SISMICO				
Factor De Zona(Z)	Coefficiente de Respuesta Sísmica ( C )	Peso Sísmico Efectivo (W)=(D+25%L) (Ton/m2)	Factor de Reducción Sísmica ( R )	Cortante Basal Sísmico(Vb) (Ton/m2)
0,35	3	0,78	3	0,27

Fuente: NEC-SE-VIVIENDA-2015

La respuesta de una edificación a los sismos depende de varios factores, como la rigidez de la estructura, distribución de la masa tanto en planta como en altura, el tipo de suelo sobre el que está apoyada.

### 5.5. CARGA MUERTA(D) EN EL SISTEMA HORMI2

El cálculo de carga muerta en el sistema hormi2 se cuantifica por metro cuadrado. Los elementos que son parte de esta carga son: paneles de poliestireno, peso de pared, peso losa y otros. Las áreas, volúmenes y peso específico se obtienen de planos y tablas de constantes físicas de materiales. Ver tabla 16

Tabla 16. Cálculo de carga muerta (D) en el sistema Hormi2

Elemento	Área (m <sup>2</sup> )	Espesor (m)	Volumen (m3)	Cuantía (Kg/m <sup>2</sup> )	Y Panel (Ton/m <sup>3</sup> )	W Propio (Ton/m <sup>2</sup> )
Paredes	147	0,06	8,82	.....	0,015	0,13
Malla Paredes	147	.....	.....	0,293	.....	0,04
Losa	94,2	0,12	11,304	.....	0,015	0,17
Malla Losa	94,2	.....	.....	0,507	.....	0,05
						0,39

PESO PROPIO PARED						
Elemento	Largo (m)	Área (m <sup>2</sup> )	Espesor (m)	Volumen (m3)	Y Mortero (Ton/m <sup>3</sup> )	W Propio (Ton/m <sup>2</sup> )
Paredes	1	1	0,06	0,06	2,2	0,13

PESO PROPIO LOSA						
Elemento	Largo (m)	Área (m <sup>2</sup> )	Espesor (m)	Volumen (m <sup>3</sup> )	Hormigón (Ton/m <sup>3</sup> )	W Propio (Ton/m <sup>2</sup> )
Losa	1	1	0,05	0,05	2,4	0,12

PESO PROPIO OTROS							
Elemento	Nº	W (kg)	Largo (m)	Ancho (m)	Espesor (m)	Y Hormigón Simple (Ton/m <sup>3</sup> )	W Propio Otros (Ton/m <sup>2</sup> )
Acabados	1		1	1	0,01	2,2	0,02
Instalaciones		0,01	.....	.....	.....	.....	0,01
							<b>0,03</b>

CARGA MUERTA(D)	
W Propio de Paneles (Ton/m <sup>2</sup> )	0,39
W Propio Pared y Losa (Ton/m <sup>2</sup> )	0,25
W Propio Otros (Ton/m <sup>2</sup> )	0,03
<b>D ( Ton/m<sup>2</sup>)</b>	<b>0,67</b>

Fuente: <https://es.scribd.com/document/113264403/ESPECIFICACIONES>

## 5.6. CARGA VIVA(L) EN EL SISTEMA HORMI2

La NEC-SE-VIVIENDA-2015 considera una carga viva de 0.20 ton/m<sup>2</sup> para edificaciones destinados a vivienda. Exceptúa a estacionamientos y espacios de reuniones públicas.

Al no existir un valor propio de este sistema constructivo, tomamos el valor que considera la norma.

## **6. ELABORACIÓN DE PLANOS ESTRUCTURALES**

La elaboración de planos estructurales que conforman la estructura, inicia con conocer la distribución arquitectónica en planta, elevación fachadas entre otros del respectivo plano arquitectónico. Con estos planos podemos realizar el respectivo diseño de cimentación, columnas, vigas y losas. Los planos arquitectónicos son los parámetros generales y partida de nuestro estudio.

En la planta tipo destinadas a vivienda, las dos casas cuentan con un ambiente social compuesto por dos departamentos dotados de sala, comedor, cocina, baño social, lavado y bodega.

Las casas cuentan con su respectivo parqueadero y patio.

En la planta baja N+2.70 destinada a vivienda, las dos casas cuentan con un ambiente íntimo compuesto por dos departamentos dotados de dos dormitorios, un dormitorio master, un vestidor master, dos baños y un pasillo

La altura de entepiso de ambiente social y loza accesible es de 2.70m y 5.20m respectivamente.

Las casas cuentan con sus gradas de ascenso hasta la terraza accesible y tiene su tapagrada dando a la casa una altura total de 7.70m.

La distribución de cada una de las plantas arquitectónicas, terraza nivel+0.00+2.70 +5.20 y fachadas nivel+7.70 con sus respectivos cortes de dos casas del Conjunto Habitacional Villa Florida adoptado para el estudio se esquematiza en las siguientes figuras. Ver figuras 21,22,23,24,25,26 y 27.

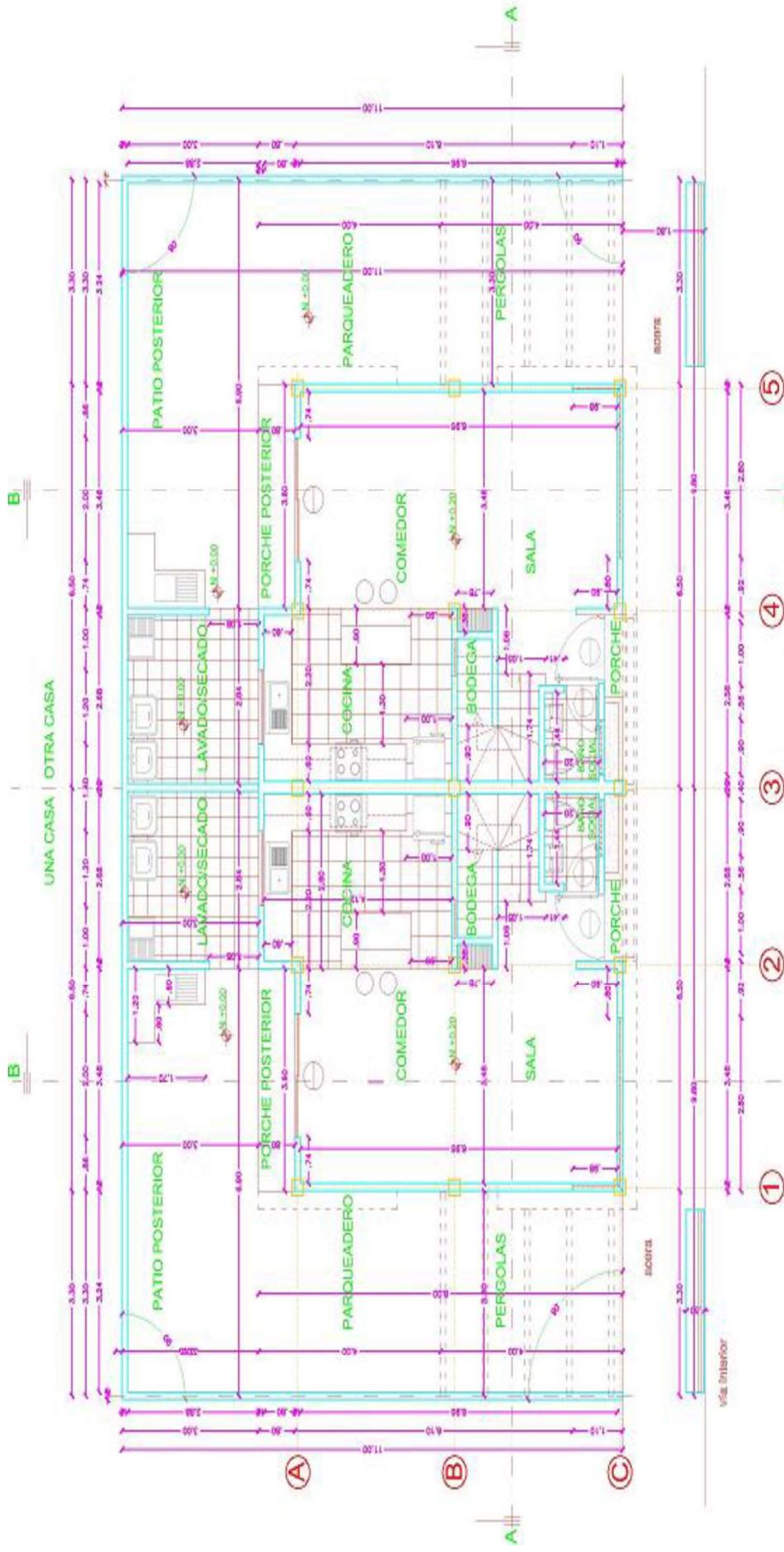


Figura 21. Planta Arquitectónica Planta Baja

Fuente: Información Conjunto Habitacional Villa Florida

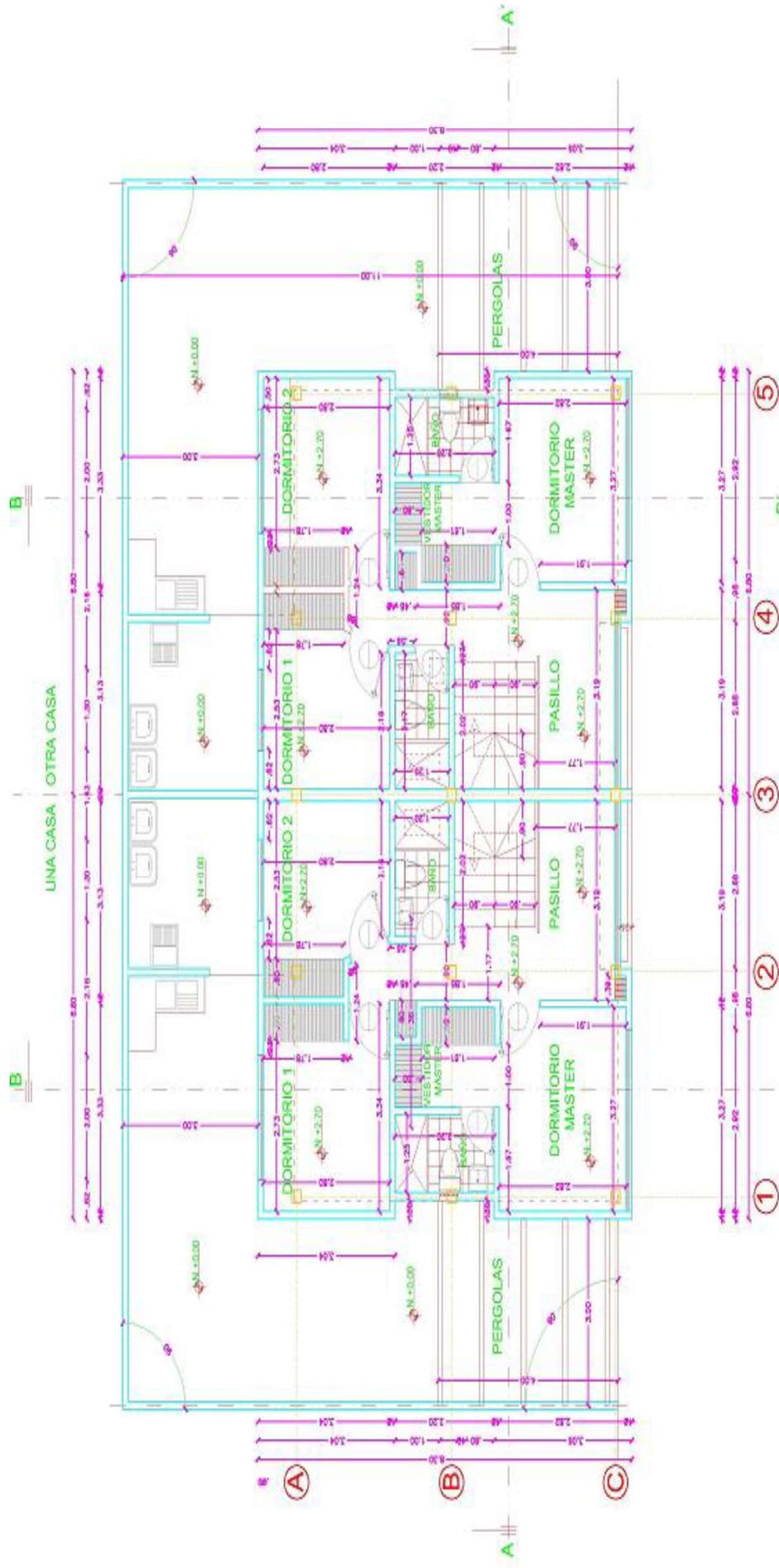


Figura 22. Planta Arquitectónica Planta Alta

Fuente: Información Conjunto Habitacional Villa Florida

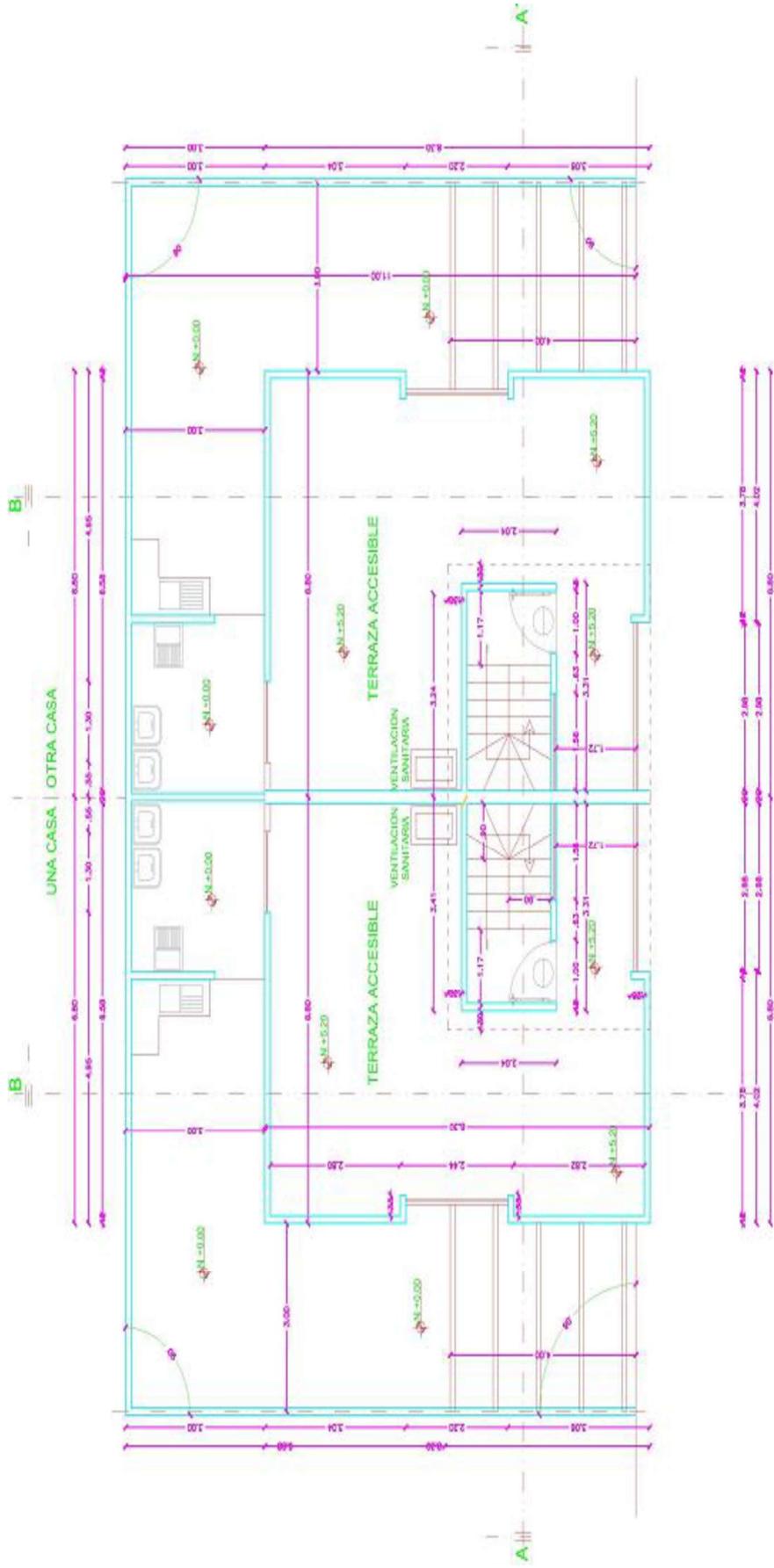


Figura 23. Planta Arquitectónica de Terraza  
Fuente: Información Conjunto Habitacional Villa Florida

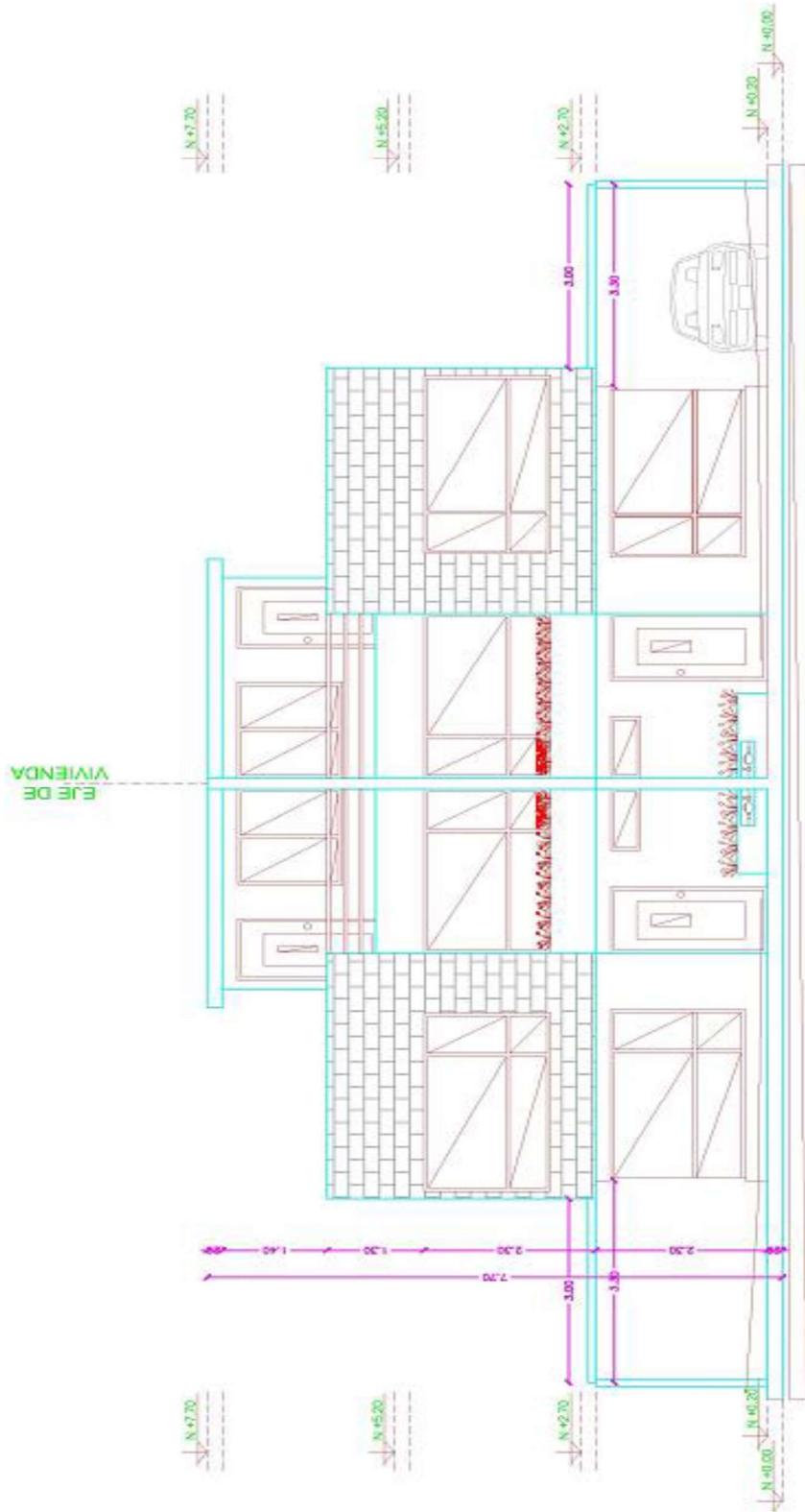


Figura 24. Fachada Frontal

Fuente: Información Conjunto Habitacional Villa Florida

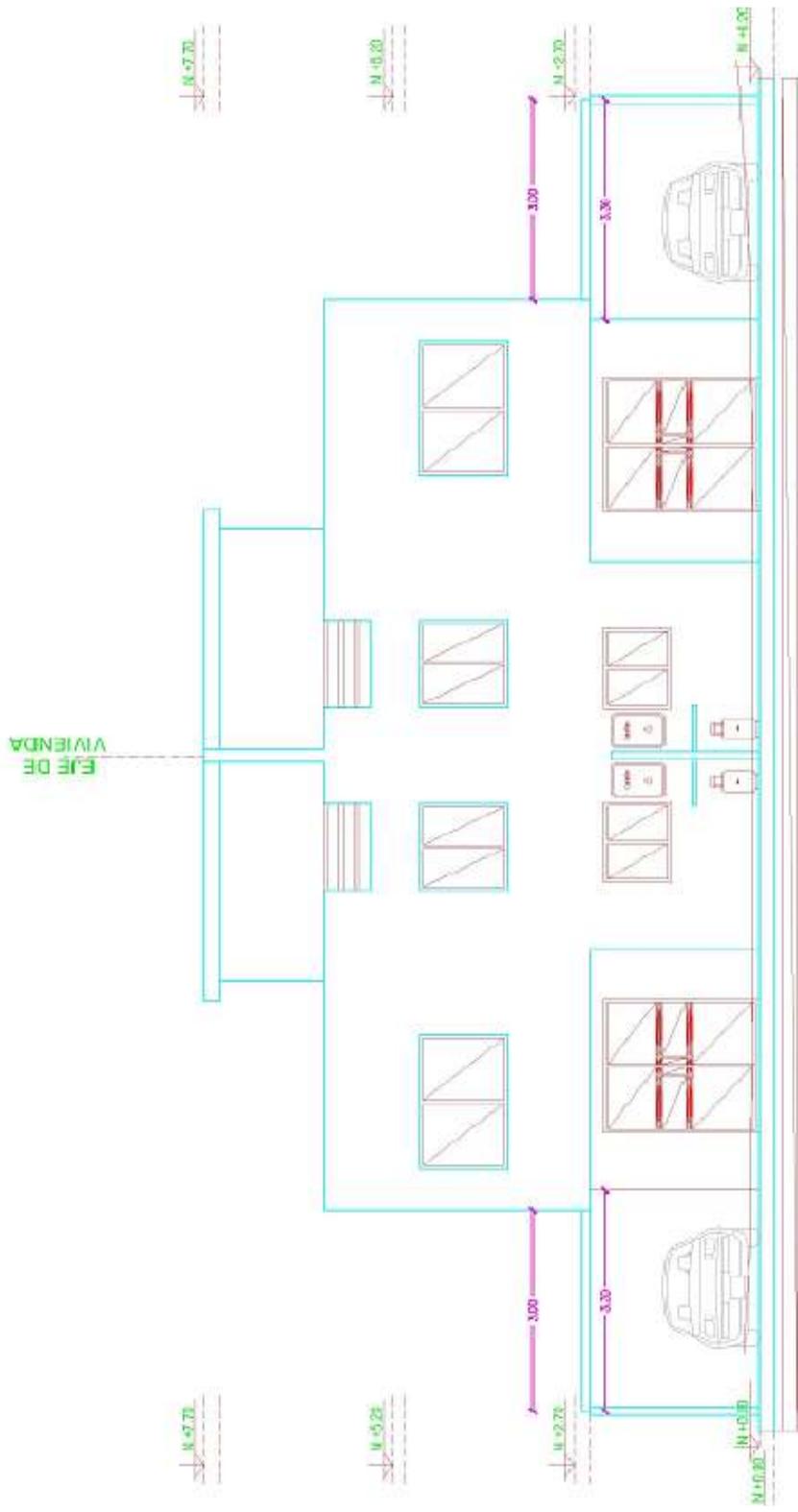


Figura 25. Fachada Posterior

Fuente: Información Conjunto Habitacional Villa Florida

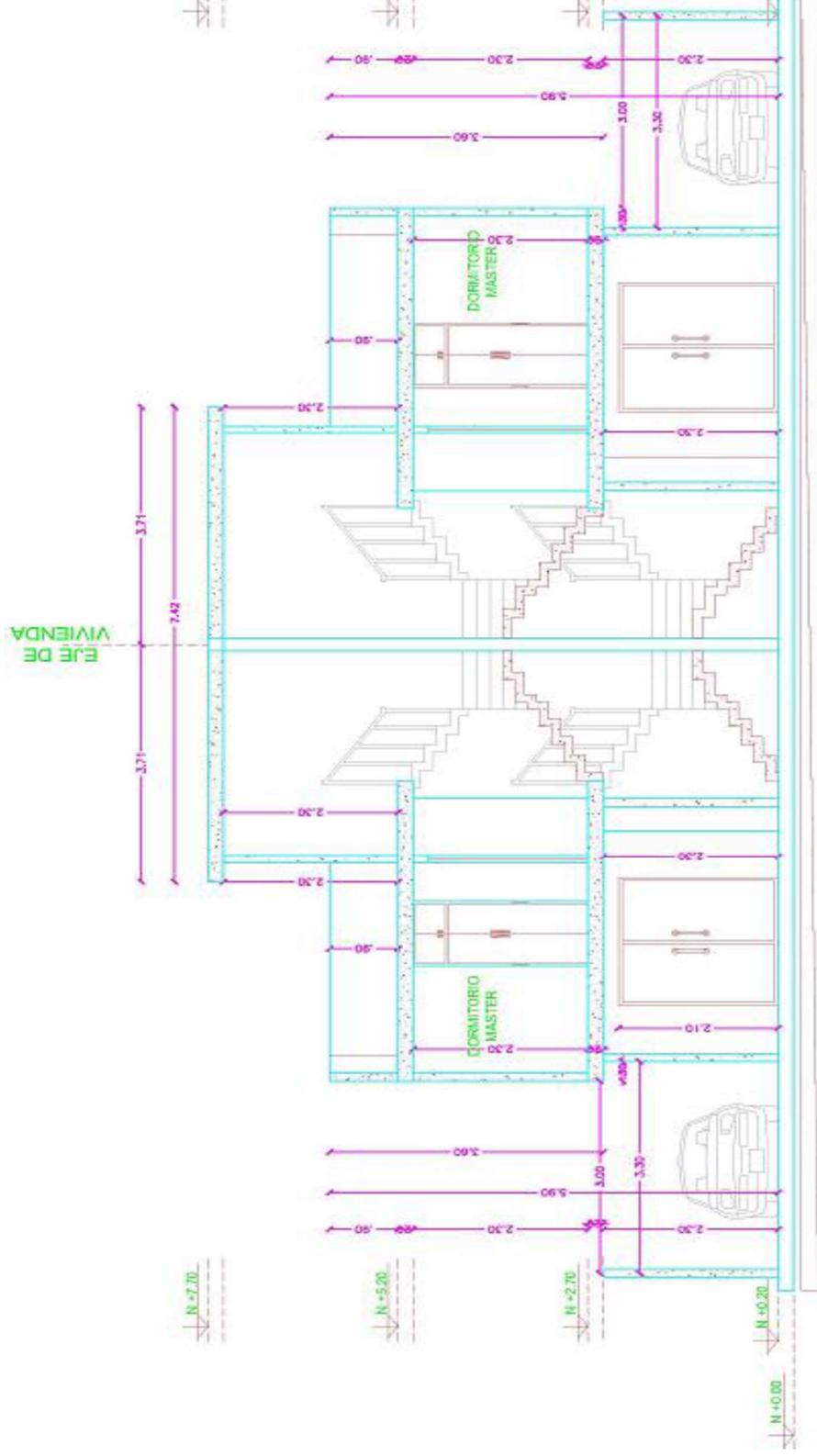


Figura 26. Corte A'-A

Fuente: Información Conjunto Habitacional Villa Florida

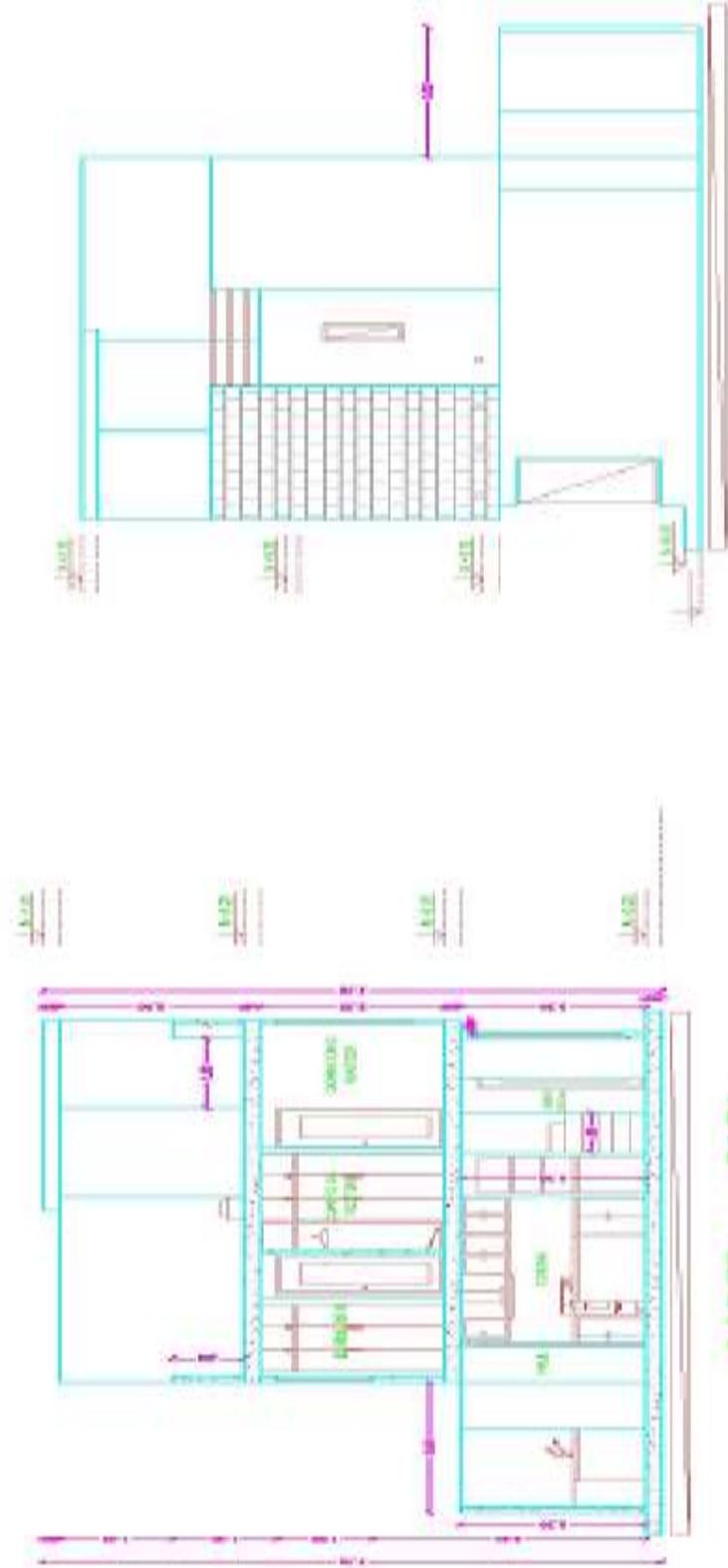


Figura 27. Cortes B'-B

Fuente: Información Conjunto Habitacional Villa Florida

## **6.1. DISEÑO ESTRUCTURAL**

Para crear la estructura y proporciones correctas se requiere de planos estructurales. Para nuestro estudio los planos estructurales se elaboran con referencia a la Norma Ecuatoriana de la Construcción código NEC-SE-VIVIENDA-2015

El alcance de la norma es para viviendas de hasta dos pisos con luces de hasta cinco metros con pórticos de hormigón armado.

Hay que considerar que el terreno tiene que ser plano. Si el terreno no cumple con lo mencionado, debe tener un diseño especial.

### **6.1.1. DISEÑO DE CIMENTACIÓN**

El diseño de cimentación puede ser directas o indirectas. La cimentación directa está conformada por: zapatas aisladas, centrales excéntricas

Como cimentación indirecta se puede encontrar: pilotes, pilotines.

Para el estudio se plantea diseñar Zapatas Asiladas. Esto se puede realizar tomando en consideración que se encuentra suficientemente distanciadas. La forma puede ser rectangular, cuadrada, piramidal.

Las consideraciones adoptadas para el diseño son las siguientes: Deben ser cuadrangulares o rectangulares en planta.

Siempre que sea posible, deben estar colocadas tal que su centroide coincida con el centroide de la columna. (NEC-SE-VIVIENDA-2015), ver Anexo 2

La cuantía mínima en cualquier dirección debe ser de 0.0018 (Nec-Se-Vivienda-2015), ver Anexo 2

La distancia mínima libre mínima entre barras paralelas debe ser igual al diámetro de la barra, pero no menor a 25mm (NEC-SE-VIVIENDA-2015) Ver Anexo 2

Las columnas de pórtico como las de confinamiento deben conectarse a nivel de cimentación entre si a través de cadenas de amarre. (NEC-SE-VIVIENDA-2015).

Para las conexiones entre columnas y pedestales construidos en sitio y la cimentación,  $A_s$  a través de la interfaz debe ser al menos  $0.005A_g$ . Donde  $A_g$  se obtiene del producto del ancho y altura de cadena (ACI 16.3.4.1). Ver anexo 2

Tomando en consideración los códigos tanto del ACI como la NEC-SE-VIVIENDA-2015 y planos arquitectónicos se procede a diseñar zapatas aisladas y cadenas.

La cuantía longitudinal mínima del acero para el eje X y Y (Dos direcciones) se calcula con la siguiente ecuación.

$$\rho = \frac{A_s}{A_g} \quad (A_g = b \cdot h)$$

Dónde:

$\rho$ = Cuantía de acero

$A_s$ = Área del acero( $\text{cm}^2$ )

$b$ = Ancho de zapata( $\text{cm}$ )

$h$ = Altura de la sección( $\text{cm}$ )

Como se puede observar en los cálculos realizados las zapatas aisladas se diseñan con 6 barras de acero de 12mm de diámetro para los ejes X y Y respectivamente. En este caso tenemos una zapata aislada tipo para la cimentación. Ver tabla 17

En el caso de acero de cadenas de amarre se calcula con la misma fórmula presentada para las zapatas aisladas. En los cálculos realizados se diseñan con 1 barras de acero de 12mm de diámetro para la parte superior e inferior respectivamente. Ver tabla 18

Los aceros correspondientes a estribos son de 8mm de diámetro, los mismos que son colocados a 10 cm cada uno de estos. El diseño realizado cumple con la normativa tanto ACI como NEC-SE-VIVIENDA-2015. Ver figura 28

El armado se presenta en el Anexo N°4: Planos Estructurales

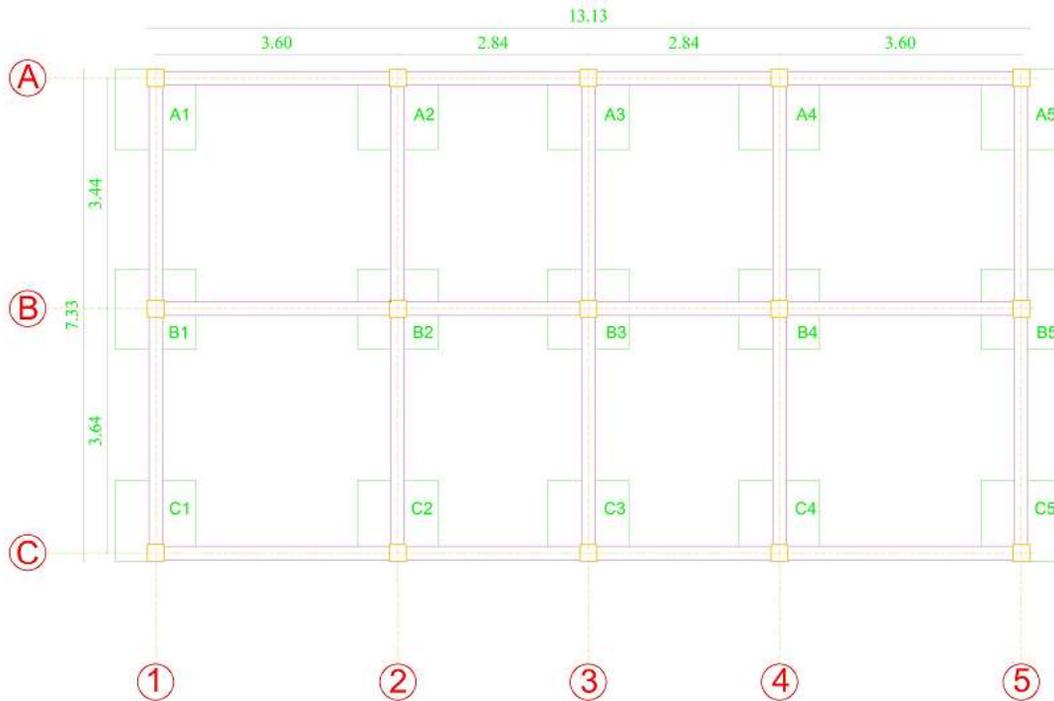


Figura 28. Diseño de cimentación (Zapata Aislada 120x30 cm)

Fuente: NEC-SE-VIVIENDA-2015

Tabla 17. Diseño de zapata aislada

Zapatas	Dimensiones (Diseño)		Área Geométrica $A_g=(b \cdot h)$	Cuantía Mínima ( $\rho$ )	Área de Acero ( $A_s$ )	Área de Acero ( $\Phi$ 12mm)	Nº de Aceros ( $\Phi$ 12mm)
	b	h					
	cm	cm	cm <sup>2</sup>	u	cm <sup>2</sup>	cm <sup>2</sup>	u
A1	120	30	3600	0,0018	6,48	1,13	6
A2	120	30	3600	0,0018	6,48	1,13	6
A3	120	30	3600	0,0018	6,48	1,13	6
A4	120	30	3600	0,0018	6,48	1,13	6
A5	120	30	3600	0,0018	6,48	1,13	6
B1	120	30	3600	0,0018	6,48	1,13	6
B2	120	30	3600	0,0018	6,48	1,13	6
B3	120	30	3600	0,0018	6,48	1,13	6
B4	120	30	3600	0,0018	6,48	1,13	6
B5	120	30	3600	0,0018	6,48	1,13	6
C1	120	30	3600	0,0018	6,48	1,13	6
C2	120	30	3600	0,0018	6,48	1,13	6
C3	120	30	3600	0,0018	6,48	1,13	6
C4	120	30	3600	0,0018	6,48	1,13	6
C5	120	30	3600	0,0018	6,48	1,13	6

Fuente: NEC-SE-VIVIENDA-2015

Tabla 18. Diseño de cadena

Cadenas	Dimensiones (Diseño)		Área Geométrica $Ag=(b*h)$	Cuantía Mínima $(\rho)$	Área de Acero (As)	Área de Acero ( $\Phi$ 12mm)	Nº de Aceros ( $\Phi$ 12mm)	
	b	h						
	cm	cm	cm2	u	cm2	cm2	u	
A	Tramo 1-2	20	15	300	0,005	1,5	1,13	1
	Tramo 2-3	20	15	300	0,005	1,5	1,13	1
	Tramo 3-4	20	15	300	0,005	1,5	1,13	1
	Tramo 4-5	20	15	300	0,005	1,5	1,13	1
B	Tramo 1-2	20	15	300	0,005	1,5	1,13	1
	Tramo 2-3	20	15	300	0,005	1,5	1,13	1
	Tramo 3-4	20	15	300	0,005	1,5	1,13	1
	Tramo 4-5	20	15	300	0,005	1,5	1,13	1
C	Tramo 1-2	20	15	300	0,005	1,5	1,13	1
	Tramo 2-3	20	15	300	0,005	1,5	1,13	1
	Tramo 3-4	20	15	300	0,005	1,5	1,13	1
	Tramo 4-5	20	15	300	0,005	1,5	1,13	1
1	Tramo A-B	20	15	300	0,005	1,5	1,13	1
	Tramo B-C	20	15	300	0,005	1,5	1,13	1
2	Tramo A-B	20	15	300	0,005	1,5	1,13	1
	Tramo B-C	20	15	300	0,005	1,5	1,13	1
3	Tramo A-B	20	15	300	0,005	1,5	1,13	1
	Tramo B-C	20	15	300	0,005	1,5	1,13	1
4	Tramo A-B	20	15	300	0,005	1,5	1,13	1
	Tramo B-C	20	15	300	0,005	1,5	1,13	1
5	Tramo A-B	20	15	300	0,005	1,5	1,13	1
	Tramo B-C	20	15	300	0,005	1,5	1,13	1

Fuente: NEC-SE-VIVIENDA-2015

### 6.1.2. DISEÑO DE COLUMNAS

Para el diseño se considera una conexión entre viga y columna, los cuales forma un pórtico, en este caso pórtico de hormigón armado.

Hay que considerar que las cargas que interviene son de compresión axial, las mismas pueden ser concéntrica u excéntricas. De acuerdo a su sección transversal cada una de estas pueden ser: cuadradas, rectangulares, tipo L, entre otras.

Las consideraciones adoptadas para el diseño son:

El refuerzo longitudinal, As, no debe ser menor que  $0.01A_g$  ni mayor que  $0.06A_g$ , donde  $A_g$  es el área geométrica de la columna (ACI.21.4.3.1).

Proporcionar refuerzo transversal en las cantidades que se especifican (ACI.21.4.4.1).

Ninguna barra longitudinal debe estar separada a más de 15 cm libres de una barra apoyada lateralmente (ACI.7.10.5.3).

Los empalmes por traslapo, se permiten solo dentro de la mitad central de longitud del elemento, deben diseñarse como empalme por traslapo de tracción y deben estar rodeados por refuerzo transversal (ACI.21.4.3.2).

La Norma Ecuatoriana de la Construcción código NEC-SE-VIVIENDA-2015, también hace un resumen semejante al ACI. Ver anexo 3

Tomando en consideración los códigos tanto del ACI como la NEC-SE-VIVIENDA-2015 y planos arquitectónicos se procede a diseñar columnas para dos pisos cuyas luces y altura máxima de entrepiso.

La cuantía longitudinal mínima del acero se calcula con la siguiente ecuación.

$$\rho = \frac{A_s}{A_g} \quad (A_g = b \cdot h)$$

Dónde:

$\rho$ = Cuantía de acero

$A_s$ = Área del acero(cm<sup>2</sup>)

$A_g$ = Área geométrica(cm<sup>2</sup>)

$b$ = Ancho de la columna(cm)

$h$ = Altura efectiva(cm)

Para el primer piso se considera como parte del diseño columnas de 25x25 cm y el segundo de 20x20 cm respectivamente. En cada piso se considera una columna tipo, las mismas que no cambia de sección sean estas centrales u laterales. Por metodología constructiva se descarta tener dos tipos de columnas para cada piso. Ver figura 29



Figura 29. Diseño de columnas 25x25cm Primer Piso

Fuente: NEC-SE-VIVIENDA-2015

Como se puede observar en los cálculos realizados las columnas del primer piso se diseñan con 6 barras de acero de 12mm de diámetro. Ver tabla 19

Los aceros correspondientes a estribos son de 8mm de diámetro, los mismos que son colocados a 10 cm cada uno de estos. El diseño realizado cumple con la normativa tanto ACI y NEC-SE-VIVIENDA-2015.

El armado se presenta en el Anexo N°4: Planos Estructurales

Tabla 19. Diseño de columnas

Columnas	Dimensiones (Diseño)		Área Geométrica $A_g=(b*h)$	Cuantía Mínima ( $\rho$ )	Área de Acero ( $A_s$ )	Área de Acero ( $\Phi$ 12mm)	Nº de Aceros ( $\Phi$ 12mm)
	b	h					
	cm	cm	cm <sup>2</sup>	%	cm <sup>2</sup>	cm <sup>2</sup>	u
<b>A1</b>	25	25	625	1%	6,25	1,13	6
<b>A2</b>	25	25	625	1%	6,25	1,13	6
<b>A3</b>	25	25	625	1%	6,25	1,13	6
<b>A4</b>	25	25	625	1%	6,25	1,13	6
<b>A5</b>	25	25	625	1%	6,25	1,13	6
<b>B1</b>	25	25	625	1%	6,25	1,13	6

<b>B2</b>	25	25	625	1%	6,25	1,13	6
<b>B3</b>	25	25	625	1%	6,25	1,13	6
<b>B4</b>	25	25	625	1%	6,25	1,13	6
<b>B5</b>	25	25	625	1%	6,25	1,13	6
<b>C1</b>	25	25	625	1%	6,25	1,13	6
<b>C2</b>	25	25	625	1%	6,25	1,13	6
<b>C3</b>	25	25	625	1%	6,25	1,13	6
<b>C4</b>	25	25	625	1%	6,25	1,13	6
<b>C5</b>	25	25	625	1%	6,25	1,13	6

Fuente: NEC-SE-VIVIENDA-2015

### 6.1.3. DISEÑO DE VIGAS

Para el diseño consideramos que las vigas trabajan a flexión. Existen varios tipos de vigas como son: rectangulares, placas en T o L.

Las cargas presentes en una viga pueden ser distribuida o concentrada. Estas cargas se transmiten a través de los apoyos que pueden ser: simplemente apoyadas, empotradas, parcialmente empotradas, en voladizo y continuas.

Las consideraciones adoptadas para el diseño son:

El refuerzo longitudinal,  $A_s$ , no debe ser menor que  $14/f_y (b*d)$  (ACI.21.3.2.1).

La estimación de refuerzo es para la sección superior e inferior

El refuerzo longitudinal,  $A_s$ , no debe ser mayor que  $0.5\rho*b*d$  (ACI.21.3.2.2).

Proporcionar refuerzo transversal con estribos cerrados de confinamiento, en una longitud igual a dos veces la altura del elemento, medida desde la cara del elemento de apoyo hacia el centro de la luz, en ambos extremos del elemento en flexión (ACI.21.3.3.1).

La Norma Ecuatoriana de la Construcción código NEC-SE-VIVIENDA-2015, también hace un resumen semejante al ACI. Ver anexo 3

La cuantía longitudinal mínima del acero se calcula con la siguiente ecuación.

$$\rho = \frac{A_s}{b \cdot d}$$

Dónde:

$\rho$ = Cuantía de acero

As= Área del acero(cm2)

b= Ancho (cm)

d= Peralte (cm)

Para el primer y segundo piso se considera como parte del diseño vigas de 20x20 cm. Las mismas no cambia de sección sean estas centrales u laterales. Ver tabla 20

Como se puede observar en los cálculos realizados para las vigas del primer y segundo piso se diseñan con 1 barras de acero de 12mm de diámetro para la parte superior e inferior respectivamente. Ver figura 30

Tabla 20. Diseño de Vigas

Vigas	Dimensiones (Diseño)		Área Seccion (b*d)	Fy	Cuantía Mínima (ρ)	Área de Acero (As)	Área de Acero (Φ 12mm)	Nº de Aceros (Φ 12mm)	
	b	d							
	cm	cm	cm2	u	u	cm2	cm2	u	
A	Tramo 1-2	20	16	320	4200	0,003	0,96	1,13	1
	Tramo 2-3	20	16	320	4200	0,003	0,96	1,13	1
	Tramo 3-4	20	16	320	4200	0,003	0,96	1,13	1
	Tramo 4-5	20	16	320	4200	0,003	0,96	1,13	1
B	Tramo 1-2	20	16	320	4200	0,003	0,96	1,13	1
	Tramo 2-3	20	16	320	4200	0,003	0,96	1,13	1
	Tramo 3-4	20	16	320	4200	0,003	0,96	1,13	1
	Tramo 4-5	20	16	320	4200	0,003	0,96	1,13	1
C	Tramo 1-2	20	16	320	4200	0,003	0,96	1,13	1
	Tramo 2-3	20	16	320	4200	0,003	0,96	1,13	1
	Tramo 3-4	20	16	320	4200	0,003	0,96	1,13	1
	Tramo 4-5	20	16	320	4200	0,003	0,96	1,13	1
1	Tramo A-B	20	16	320	4200	0,003	0,96	1,13	1
	Tramo B-C	20	16	320	4200	0,003	0,96	1,13	1
2	Tramo A-B	20	16	320	4200	0,003	0,96	1,13	1
	Tramo B-C	20	16	320	4200	0,003	0,96	1,13	1
3	Tramo A-B	20	16	320	4200	0,003	0,96	1,13	1
	Tramo B-C	20	16	320	4200	0,003	0,96	1,13	1
4	Tramo A-B	20	16	320	4200	0,003	0,96	1,13	1
	Tramo B-C	20	16	320	4200	0,003	0,96	1,13	1
5	Tramo A-B	20	16	320	4200	0,003	0,96	1,13	1
	Tramo B-C	20	16	320	4200	0,003	0,96	1,13	1

Fuente: NEC-SE-VIVIENDA-2015



Figura 30. Diseño de vigas 20x20cm primero y segundo piso

Fuente: NEC-SE-VIVIENDA-2015

El diseño realizado cumple con la normativa tanto ACI como NEC-SE-VIVIENDA-2015.

El armado se presenta en el Anexo N°4: Planos Estructurales

#### 6.1.4. DISEÑO DE LOSA

El estudio del proyecto se considera que por el tipo de apoyo está colocado sobre vigas. Por su dirección de trabajo es bidireccional y por la distribución interna del hormigón se le conoce como alivianada.

El diseño de losas se considera que cumpla con las condiciones de equilibrio y compatibilidad geométrica. En este caso se realiza por el método de pórtico equivalente descrito por el ACI.

Las consideraciones adoptadas para el diseño son:

El ancho de los nervios no debe ser menor de 10cm (ACI.8.11.2).

El espaciamiento libre entre nervios no debe exceder los 75cm (ACI.8.11.3).

Para poder realizar el estudio de la losa, se considera una franja de un metro de losa, la misma que forma una viga tipo T. Esta sección está formada por una loseta de compresión, aliviamiento y nervio, Ver figura 31



Figura 31. Componentes de un metro de losa tipo

Fuente: Marcelo Romo Proaño M.Sc.

Se propone diseñar una losa de 20cm de espesor. El análisis de cargas se realiza para una losa de un metro cuadrado. Este análisis permite obtener la carga muerta.

La carga viva se obtiene de tablas aplicadas para este estudio. Para nuestro caso la misma es de 0.20Ton/m<sup>2</sup>.

En el caso de cubierta no tenemos exposición directa a este tipo de cargas.

Para poder aplicar cualquier modelo matemático, ábacos, tablas de referencia para el estudio de una losa es necesario mayorar cargas (Combinación de cargas). Ver tabla 21

Tabla 21. Carga última en losa

Elemento	Nº	W (kg)	Largo (m)	Ancho (m)	Espesor (m)	Y Hormigón (Ton/m <sup>3</sup> )	Área de Losa (m <sup>2</sup> )	W Propio de Losa (Ton/m <sup>2</sup> )
Bloques	8	6,02						0,05
Nervio(x)	2		1	0,1	0,2	2,4	1	0,1
Nervio(y)	2		0,8	0,1	0,2	2,4	1	0,08
Loseta	1		1	1	0,05	2,4	1	0,12
								0,35

PESO POR METRO CUADRADO DE PAREDES DE MAMPOSTERÍA							
Elemento	Nº	Largo (m)	Ancho (m)	Espesor (m)	Y Mortero (Ton/m <sup>3</sup> )	Área de Pared (m <sup>2</sup> )	W Propio de Paredes (Ton/m <sup>2</sup> )
Pared	1	0,4	0,2	0,15	1,74	1	0,02
							0,02

PESO POR METRO CUADRADO DE PAREDES DE MAMPOSTERÍA							
Elemento	Nº	Largo (m)	Ancho (m)	Espesor (m)	Y Mortero (Ton/m³)	Área de Pared (m²)	W Propio de Paredes (Ton/m²)
Pared	1	0,4	0,2	0,15	1,74	1	0,02
							0,02

PESO PROPIO OTROS								
Elemento	Nº	W (kg)	Largo (m)	Ancho (m)	Espesor (m)	Y Hormigón Simple (Ton/m³)	Área de Losa(m²)	W Propio Otros (Ton/m²)
Recubrimiento piso	2		1	1	0,02	2,2	1	0,09
Masillado	1		1	1	0,04	2,2	1	0,09
Instalaciones		10						0,01
								0,19

CARGA MUERTA(D)	
W Propio de Losa (Ton/m²)	0,35
W Propio de Paredes (Ton/m²)	0,02
W Propio Otros (Ton/m²)	0,19
<b>D ( Ton/m²)</b>	<b>0,56</b>

CARGA VIVA(L)	
L( Ton/m²)	0,2

CARGA DE CUBIERTA(Lr)	
L( Ton/m²)	0

COMBINACIÓN DE CARGAS			
Factores (D , L y Lr)		Cargas De Servicio (Ton/m2)	Carga última(U) (Ton/m2)
D	1,4	0,56	0,78
L	1,7	0,2	0,34
Lr	0,5	0	0
			<b>1,12</b>

Fuente: NEC-SE-VIVIENDA-2015

Un método para poder relacionar la sección real y equivalente consiste en obtener inercias de las secciones T, rectangular y obtener la altura equivalente respectiva. Ver figura 32.

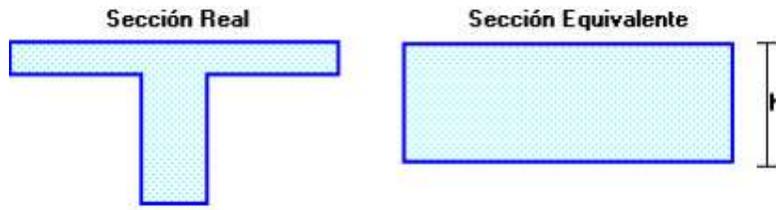


Figura 32. Sección real y equivalente

Fuente: Marcelo Romo Proaño M.Sc.

El Cálculo de las inercias de las vigas T se realiza dividiendo la respectiva sección en dos áreas, las mismas tienen sus propias distancias (Y) con respecto a su base y distancias al centro de gravedad (Y<sub>G</sub>).

La igualación de ecuaciones de una sección T y rectangular permite obtener la altura equivalente. Ver tabla 22

Tabla 22. Altura equivalente

Viga	Dimensiones de Sección T				Área 1	Área 2	Y <sub>1</sub>	Y <sub>2</sub>	Momento	Y <sub>G</sub>	Y <sub>G1</sub>	Y <sub>G2</sub>	I <sub>1</sub>	I <sub>2</sub>	I	h eq
	b	h	b	h												
T	50	5	15	10	250	150	17,5	10	5875	14,69	2,81	4,69	2494,9	4549,4	7044,3	-
□	50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7044,3	11,9

Fuente: Marcelo Romo Proaño M.Sc

Es importante considerar el peralte mínimo de diseño en dos direcciones. En este caso se aplica la siguiente ecuación.

$$h_{min} = \frac{Ln(800 + 0.0712F_y)}{36000 + 5000\beta(am - 0.2)}$$

Dónde:

h<sub>min</sub> = Altura mínima(cm)

L<sub>n</sub> = Luz natural(cm)

F<sub>y</sub> = Resistencia del acero a fluencia (Kg/cm<sup>2</sup>)

B = Relación de la dimensión larga a corta

$\alpha_m$  = relación entre la rigidez a flexión de una viga y rigidez a flexión de una franja de losa.

La relación de rigidez a flexión de viga y losa se realiza en los ejes 1, A,2, B. Las inercias correspondientes a vigas tienen sección rectangular, mientras que las losas se forman por los anchos colaborantes en cada uno de los ejes mencionados. Ver Figuras 33,34,35 y 36.

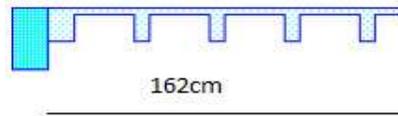


Figura 33. Ancho colaborante losa eje 1

Fuente: Marcelo Romo Proaño M.Sc

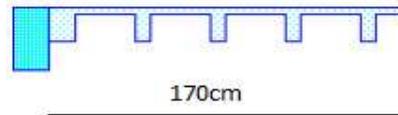


Figura 34. Ancho colaborante losa eje A

Fuente: Marcelo Romo Proaño M.Sc

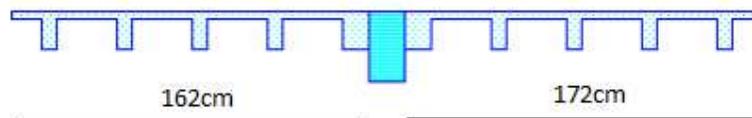


Figura 35. Ancho colaborante losa eje 2

Fuente: Marcelo Romo Proaño M.Sc

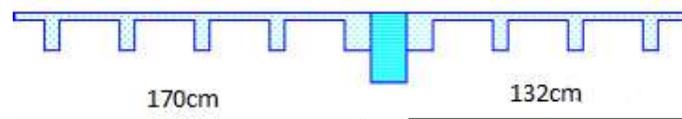


Figura 36. Ancho colaborante losa eje B

Fuente: Marcelo Romo Proaño M.Sc

El cálculo de la relación de rigidez a flexión de viga y losa se presenta en la siguiente tabla. Ver tabla 23

Tabla 23. Relación de rigidez a flexión de viga y losa

Viga	Dimensiones		I	Losa	Dimensiones		I	αm
	b	h			b	h		
	cm	cm	cm <sup>4</sup>		cm	cm	cm <sup>4</sup>	u
<b>1</b>	20	20	13333,3	<b>1</b>	162	11,9	22749,6	0,6
<b>A</b>	20	20	13333,3	<b>A</b>	170	11,9	23873,1	0,6
<b>2</b>	20	20	13333,3	<b>2</b>	334	11,9	46903,6	0,3
<b>B</b>	20	20	13333,3	<b>B</b>	302	11,9	42409,8	0,3
								0,45

Fuente: Marcelo Romo Proaño M.Sc

El análisis de rigideces, es un paso importante que me ayuda a determinar el valor de peralte mínimo para el diseño de losa. Ver tabla 24

Tabla 24. Peralte de mínimo de losa

Dimensiones		β	Fy	αm	hmin
Ln(x)	Ln(y)				
cm	cm	u	Kg/cm <sup>2</sup>	u	cm
364	360	1	4200	0,45	10,7

Fuente: Marcelo Romo Proaño M.Sc

La altura equivalente es mayor al peralte mínimo de diseño.

Es importante determinar si el eje neutro está localizado dentro o fuera del ala de la viga. Si el eje neutro se ubica dentro del ala, la viga se comporta como de sección rectangular, mientras que, si el eje neutro está localizado en el alma de la viga entonces trabaja como una viga T. Ver figura 37

Para el cálculo de la distancia al eje neutro(a) sea esta viga rectangular o viga T se aplica la siguiente ecuación.

$$a = d - \sqrt{d^2 - \frac{2Mu}{\Phi * 0.85 * f'c * bw}}$$

Dónde:

a = Distancia del ala superior de la viga al eje neutro(cm)

$d$  = Espesor de la losa(cm)

$\Phi$  = Factor de reducción de resistencia

$M_u$  = Momento último (Kg-m)

$f'_c$  =Resistencia a la compresión (Kg/cm<sup>2</sup>)

$b_w$  = Ancho efectivo del alma. (cm)

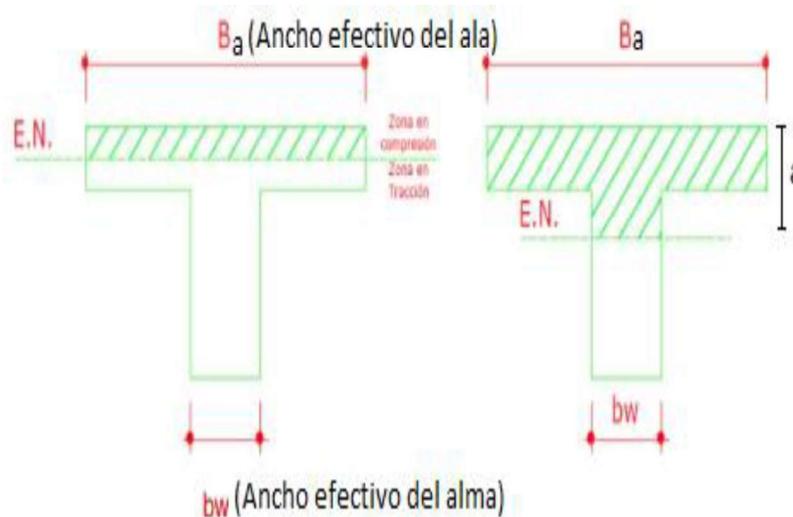


Figura 37. Distancia del ala superior de la viga al eje neutro

Fuente: <https://www.slideshare.net/JhimyQuispe1/anlisis-y-diseo-de-vigas-t>

Los Momentos de diseño de losas se obtiene de un conjunto de tablas con coeficientes para diseño de losas nervadas(alivianadas). Ver tabla 25

Tabla 25. Coeficientes para el diseño de losas nervadas rectangulares sustentadas perimetralmente, sometidas a cargas distribuidas

Losas	Fórmula	Coef	Lx / Ly					
			1.00	0.90	0.80	0.70	0.60	0.50
	$\Delta = 0.0001 q \cdot \delta \cdot L_x^4 / (E \cdot h^3)$	$\delta$	265	347	443	545	635	691
	$M_{y-} = 0.0001 q \cdot m_{y-} \cdot L_x^2$	$m_{y-}$	597	736	899	1071	1222	1317
	$M_{y+} = 0.0001 q \cdot m_{y+} \cdot L_x^2$	$m_{y+}$	269	362	473	590	694	759
	$M_{x-} = 0.0001 q \cdot m_{x-} \cdot L_x^2$	$m_{x-}$	718	779	819	829	808	773
	$M_{x+} = 0.0001 q \cdot m_{x+} \cdot L_x^2$	$m_{x+}$	354	368	359	318	239	179

	$\Delta = 0.0001 q \cdot \delta \cdot L_x^4 / (E \cdot h^3)$	$\delta$	406	489	572	644	693	712
	$M_{y-} = 0.0001 q \cdot m_{y-} \cdot L_x^2$	$m_{y-}$	839	980	1120	1240	1323	1353
	$M_{y+} = 0.0001 q \cdot m_{y+} \cdot L_x^2$	$m_{y+}$	428	525	621	704	761	782
	$M_{x-} = 0.0001 q \cdot m_{x-} \cdot L_x^2$	$m_{x-}$	839	857	852	827	793	764
	$M_{x+} = 0.0001 q \cdot m_{x+} \cdot L_x^2$	$m_{x+}$	428	409	369	310	271	238

Fuente: Marcelo Romo Proaño M.Sc.

Los Momentos últimos de diseño de losas se resume de acuerdo a un conjunto de tablas con coeficientes para diseño de losas nervadas(alivianadas) y se aplica factores para su cálculo. Ver tabla 26

Tabla 26. Momentos últimos de diseño.

Losa	Losa Tipo	Lx	Ly	Lx/Ly	my(-)	my(+)	mx(-)	mx(+)	Muy(-) Kg-m	Muy(+) Kg-m	Mux(-) Kg-m	Mux(+) Kg-m
1-2-B-C	6	3,64	3,6	1,01	839	428	839	428	1963,26	1001,52	1963,26	1001,52
2-3-B-C	2	3,64	2,84	1,28	718	354	597	269	1680,12	828,36	1396,98	629,46
1-2-A-B	6	3,44	3,6	0,96	839	428	839	428	1963,26	1001,52	1963,26	1001,52
2-3-A-B	2	3,44	2,84	1,21	718	354	597	269	1680,12	828,36	1396,98	629,46

Fuente: Marcelo Romo Proaño M.Sc

El cálculo de la distancia del ala superior de la viga al eje neutro se realiza tomando en consideración el momento ultimo máximo(1963.26Kg-cm). Ver tabla 27

Tabla 27. Distancia del ala superior de la viga al eje neutro

d	$\Phi$	Mu	f'c	bw	a
cm	u	Kg-cm	K/cm2	cm	cm
17	0,9	196326	210	10	10,3

Fuente: Marcelo Romo Proaño M.Sc

Se observa que la altura de la loseta de compresión es menor que la distancia del ala superior de la viga al eje neutro (loseta de compresión=5cm y a=10.3cm). De acuerdo a esta información se considera que la viga trabaja como una viga T

Una vez identificado la forma de trabajo de la viga con relación al eje neutro, se realiza el cálculo del área de acero. Para el cálculo de esta área se aplica la siguiente ecuación.

$$A_s = \frac{M_u}{\Phi * F_y(d - a/2)}$$

Dónde:

Mu = Momento último (Kg-m)

Φ = Factor de reducción de resistencia

Fy = Resistencia del acero a fluencia (Kg/cm<sup>2</sup>)

d = Espesor de la losa(cm)

a = Distancia del ala superior de la viga al eje neutro(cm)

Para el cálculo de la armadura mínima requerida se aplica la siguiente ecuación.

$$\rho_{min} = \frac{14}{F_y}$$

Dónde:

Fy = Resistencia del acero a fluencia (Kg/cm<sup>2</sup>)

El área de acero de diseño no debe ser menor que el área de acero mínimo para cumplir con la normativa. Ver tabla 28

Tabla 28. Acero de losa

Losa	As y(-) cm <sup>2</sup>	Nº de Aceros Φ14mm	As y(+) cm <sup>2</sup>	Nº de Aceros Φ12mm	As x(-) cm <sup>2</sup>	Nº de Aceros Φ14mm	As x(+) cm <sup>2</sup>	Nº de Aceros Φ12mm	ρ min u	As min cm <sup>2</sup>
1-2-B-C	2,19	1,4	1,12	1	2,19	1,4	1,12	1	0,0033	0,34
2-3-B-C	1,88	1,2	0,92	0,8	1,56	1	0,7	0,6	0,0033	0,34
1-2-A-B	2,19	1,4	1,12	1	2,19	1,4	1,12	1	0,0033	0,34
2-3-A-B	1,88	1,2	0,92	0,8	1,56	1	0,7	0,6	0,0033	0,34

Fuente: Marcelo Romo Proaño M.Sc

El armado se presenta en el Anexo N°4: Planos Estructurales

## 7. CÁLCULO DE CANTIDADES Y VOLÚMENES DE OBRA

Los volúmenes y cantidades de obra, se calcula con base en planos arquitectónicos y estructurales. Existen diferencias entre cada una de las alternativas constructivas (sistema tradicional y Hormi2). Ver tablas 29 y 30

Tabla 29. Cantidades y volúmenes de obra del sistema tradicional

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD
<b>PRELIMINARES</b>		
Replanteo y nivelación	m2	37,38
<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>		
Excavación manual de plintos y cimientos	m3	36,90
<b>ESTRUCTURA</b>		
Hormigón simple(Replanteo) f'c=180Kg/cm2	m3	1,50
Hormigón en Zapatas f'c=210Kg/cm2	m3	6,50
Hormigón en cadenas f'c=210Kg/cm2	m3	2,70
Hormigón en columnas f'c=210Kg/cm2	m3	5,70
Hormigón en vigas f'c=210Kg/cm2	m3	5,40
Hormigón en losas f'c=210Kg/cm2	m3	4,00
Acero de refuerzo f'y=4200Kg/cm2	Kg	4.391,00
Bloques de alivianamiento 40x20x15cm	u	976,00
<b>MAMPOSTERÍA</b>		
Mampostería de bloque 20 cm	m2	36,94
Mampostería de bloque 12cm	m2	329,41
<b>ENLUCIDO Y RECUBRIMIENTO</b>		
Enlucido Vertical Interior	m2	199,03
Enlucido Vertical Exterior	m2	167,32
Filos interiores y exteriores	m	54,16
Masillado de piso	m2	80,09

Fuente: Cámara de la Industria de la Construcción de Quito

Tabla 30. Cantidades y volúmenes de obra del Hormi2

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD
<b>PRELIMINARES</b>		
Replanteo sobre cimientos	m2	16,84
<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>		
Excavación manual de cimientos	m3	4,73
<b>ESTRUCTURA</b>		
Acero de refuerzo	Kg	83,09
Cimentación e=10cm fc =210 kg/cm2 +encofrado	m3	9,62

Colocación de microhormigón en paneles de muros	m3	21,98
Colocación de hormigón en capa de compresión	m2	9,62
Colocación de microhormigón en capa inferior de losa	m3	5,77
Colocación de refuerzos tipo U	m2	27,78
Colocación de refuerzos angulares	m2	105,91
Colocación de refuerzos planos	m2	114,86
<b>CORTE Y MONTAJE DE PANELES</b>		
Corte de paneles	m2	12,82
Montaje de paneles de muro (PSME 60mm)	m2	366,00
Montaje de paneles de losa(PS2R 120mm)	m2	188,39
Apuntalamiento en capa inferior de losa	m2	192,49

Fuente: Cámara de la Industria de la Construcción de Quito

## 7.1. PRESUPUESTOS

El instante en que obtenemos los volúmenes de obra de las dos alternativas y ayuda de un software se realiza el respectivo presupuesto. Las mismas se presentan en las tablas. Ver tablas 31 y 32

Tabla 31. Presupuesto referencial aplicando el sistema tradicional

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P.UNITARIO	TOTAL
<b>PRELIMINARES</b>				
Replanteo y nivelación	m2	37,38	0,94	35,13
<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>				
Excavación manual de plintos y cimientos	m3	36,90	9,77	360,51
<b>ESTRUCTURA</b>				
Hormigón simple(Replanteo) f'c=180Kg/cm2	m3	1,50	117,66	176,49
Hormigón en Zapatas f'c=210Kg/cm2	m3	6,50	194,3	1.262,95
Hormigón en cadenas f'c=210Kg/cm2	m3	2,70	194,3	524,61
Hormigón en columnas f'c=210Kg/cm2	m3	5,70	194,3	1.107,51
Hormigón en vigas f'c=210Kg/cm2	m3	5,40	194,3	1.049,22
Hormigón en losas f'c=210Kg/cm2	m3	4,00	194,3	777,20
Acero de refuerzo f'y=4200Kg/cm2	Kg	4.391,00	1,98	8.694,18
Bloques de alivianamiento 40x20x15cm	u	976,00	0,36	351,36
<b>MAMPOSTERÍA</b>				
Mampostería de bloque 20 cm	m2	36,94	14,94	551,85
Mampostería de bloque 12cm	m2	329,41	13,84	4.559,03

<b>ENLUCIDO Y RECUBRIMIENTO</b>				
Enlucido Vertical Interior	m2	199,03	6,86	1.365,35
Enlucido Vertical Exterior	m2	167,32	9,17	1.534,31
Filos interiores y exteriores	m	54,16	6,86	371,54
Masillado de piso	m2	80,09	7,79	623,94
				23.345,18

**SON:** VEINTE Y TRES MIL TRECIENTOS CUARENTA Y CINCO CON 18/CENTAVOS

**NOTAS:**

LOS PRECIOS NO INCLUYEN EL COSTO INDIRECTO

LOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA

Fuente: Cámara de la Industria de la Construcción de Quito

Tabla 32. Presupuesto referencial aplicando el sistema Hormi2

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P.UNITARIO	TOTAL
<b>PRELIMINARES</b>				
Replanteo sobre cimientos	m2	16,84	0,23	3,87
<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>				
Excavación manual de cimientos	m3	4,73	9,77	46,24
<b>ESTRUCTURA</b>				
Acero de refuerzo	Kg	83,09	1,98	164,52
Cimentación e=10cm fc =210 kg/cm2 +encofrado	m3	9,62	228,93	2203,29
Colocación de microhormigón en paneles de muros	m3	21,98	92,07	2023,78
Colocación de hormigón en capa de compresión	m2	9,62	101,1	973,02
Colocación de microhormigón en capa inferior de losa	m3	5,77	90,14	520,52
Colocación de refuerzos tipo U	m2	27,78	1,27	35,28
Colocación de refuerzos angulares	m2	105,91	1,05	111,21
Colocación de refuerzos planos	m2	114,86	1,02	117,16
<b>CORTE Y MONTAJE DE PANELES</b>				
Corte de paneles	m2	12,82	0,4	5,13
Montaje de paneles de muro (PSME 60mm)	m2	366,00	12,19	4461,54
Montaje de paneles de losa(PS2R 120mm)	m2	188,39	12,25	2307,82
Apuntalamiento en capa inferior de losa	m2	192,49	4,83	929,71
				13903,1

**SON:** TRECE MIL NOVECIENTOS TRES Y TRES CON 10/CENTAVOS

**NOTAS:**

LOS PRECIOS NO INCLUYEN EL COSTO INDIRECTO

LOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA

Fuente: Archivo personal e información del Ing. Ramiro Jiménez

## **8. COMPARACIÓN DE LOS SISTEMAS CONSTRUCTIVOS EN LA EJECUCIÓN DEL PROYECTO**

### **8.1. COMPARACIÓN DE COSTOS**

Para poder realizar la comparación de los dos sistemas es importante definir los conceptos como: costo de obra y costos indirectos.

El costo de una obra es el valor de la inversión realizada para obtener la terminación de la misma.

El instante en el que obtenemos los presupuestos se puede decir que tenemos el valor de los costos directos. Estos costos son aquellos que se generan por gastos en mano de obra, materiales, equipo y transporte en la ejecución de un trabajo.

La comparación se realiza en aquellos rubros que son semejantes. Esta relación se realiza para el sistema Hormi2 y sistema tradicional (sistema Hormi2/ sistema tradicional) en porcentaje

El replanteo representa el once por ciento con respecto al sistema tradicional

La excavación manual representa el ocho por ciento con respecto al sistema tradicional

El microhormigón y hormigón de los dos sistemas no se puede comparar, esto se debe a que por definición estos tienen diferente tamaño nominal. Si se pudiera comparar de acuerdo al volumen usado se puede observar fácilmente que el sistema tradicional requiere mayor cantidad. Esto daría como resultado mayor costo.

El bloque alivianado de 40x20x15 cm no se puede comparar. Esto se debe a que el sistema tradicional considera bloques de alivianamiento para la fundición de losa. La mampostería, enlucido y filos es propio de un sistema tradicional por lo que no es objeto de comparación. En el caso de sistema Hormi2 se usan paneles de poliestireno que usa otro sistema constructivo para su terminado.

El masillado de piso no se considera en el sistema Hormi2. El mismo está considerado dentro de la cimentación, por esta razón es difícil comparar.

Para la comparación de cada uno de los rubros se considera el volumen dentro de la tabla de cantidades, previo a la elaboración del presupuesto. Ver tablas 33 y 34

Tabla 33. Costo aplicando el sistema tradicional

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	TOTAL
<b>PRELIMINARES</b>			
Replanteo y nivelación	m2	37,38	35,13
<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>			
Excavación manual de plintos y cimientos	m3	36,90	360,51
<b>ESTRUCTURA</b>			
Hormigón simple(Replanteo) f'c=180Kg/cm2	m3	1,50	176,49
Hormigón en Zapatas f'c=210Kg/cm2	m3	6,50	1.262,95
Hormigón en cadenas f'c=210Kg/cm2	m3	2,70	524,61
Hormigón en columnas f'c=210Kg/cm2	m3	5,70	1.107,51
Hormigón en vigas f'c=210Kg/cm2	m3	5,40	1.049,22
Hormigón en losas f'c=210Kg/cm2	m3	4,00	777,20
Acero de refuerzo f'y=4200Kg/cm2	Kg	4.391,00	8.694,18
Bloques de alivianamiento 40x20x15cm	u	976,00	351,36
<b>MAMPOSTERÍA</b>			
Mampostería de bloque 20 cm	m2	36,94	551,85
Mampostería de bloque 12cm	m2	329,41	4.559,03
<b>ENLUCIDO Y RECUBRIMIENTO</b>			
Enlucido Vertical Interior	m2	199,03	1.365,35
Enlucido Vertical Exterior	m2	167,32	1.534,31
Filos interiores y exteriores	m	54,16	371,54
Masillado de piso	m2	80,09	623,94

Fuente: Cámara de la Industria de la Construcción de Quito

Tabla 34. Costo aplicando el sistema Hormi2

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	TOTAL
<b>PRELIMINARES</b>			
Replanteo sobre cimientos	m2	16,84	3,87
<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>			
Excavación manual de cimientos	m3	4,73	46,24
<b>ESTRUCTURA</b>			
Acero de refuerzo	Kg	83,09	164,52
Cimentación e=10cm fc =210 kg/cm2 +encofrado	m3	9,62	2203,29

Colocación de microhormigón en paneles de muros	m3	21,98	2023,78
Colocación de hormigón en capa de compresión	m2	9,62	973,02
Colocación de microhormigón en capa inferior de losa	m3	5,77	520,52
Colocación de refuerzos tipo U	m2	27,78	35,28
Colocación de refuerzos angulares	m2	105,91	111,21
Colocación de refuerzos planos	m2	114,86	117,16
<b>CORTE Y MONTAJE DE PANELES</b>			
Corte de paneles	m2	12,82	5,13
Montaje de paneles de muro (PSME 60mm)	m2	366,00	4461,54
Montaje de paneles de losa(PS2R 120mm)	m2	188,39	2307,82
Apuntalamiento en capa inferior de losa	m2	192,49	929,71
			13903,1

Fuente: Archivo personal e información del Ing. Ramiro Jiménez

## 8.2. COMPARACIÓN DE TIEMPOS Y MANO DE OBRA

El tiempo que tarda un trabajador o una cuadrilla de trabajadores en elaborar una tarea se conoce como rendimiento.

Los rendimientos, son de mucha utilidad para poder analizar el precio unitario de cada rubro. La mayor parte de trabajos necesitan de la intervención de mano de obra.

De acuerdo a la Cámara de la Industria de la Construcción la medida se lo realiza para un jornal.

En las siguientes tablas se puede observar el rendimiento realizado para dos sistemas constructivos (Sistema Tradicional y Hormi2). Su unidad de medida es en función de una hora. Las mismas esta realizados para algunos rubros importantes. Ver tablas 35 y 36

Tabla 35. Rendimiento aplicando el sistema tradicional

RUBRO	RENDIMIENTO (R)	UNIDAD	1/R	UNIDAD	CUADRILLA TIPO(H)	Nº HORAS (DIA)	RENDIMIENTO JORNADA	UNIDAD
Replanteo sobre cimientos	0,1	hH/m2	10	m2/Hh	6	8	480	m2/h
Corte de paneles	0,11	hH/m2	9,09	m2/Hh	6	8	436,32	m2/h
Montaje de paneles de muro	0,43	hH/m2	2,33	m2/Hh	6	8	111,84	m2/h
Montaje de paneles de losa	0,15	hH/m2	6,67	m2/Hh	6	8	320,16	m2/h

Colocación de refuerzos	0,1	hH/m2	10	m2/Hh	6	8	480	m2/h
Colocación de microhormigón en paneles de muros	0,98	hH/m3	1,02	m3/Hh	6	8	48,96	m3/h
Colocación de microhormigón en capa inferior de losa	0,05	hH/m3	20	m3/Hh	6	8	960	m3/h
Apuntalamiento en capa inferior de losa	0,06	hH/m2	16,67	m2/Hh	6	8	800,16	m2/h
Colocación de hormigón en capa de compresión	0,09	hH/m3	11,11	m3/Hh	6	8	533,28	m3/h

Fuente: Cámara de la Industria de la Construcción de Quito

Tabla 36. Rendimiento aplicando el sistema Hormi2

RUBRO	RENDIMIENTO (R)	UNIDAD	1/R	UNIDAD	CUADRILLA TIPO(H)	Nº HORAS (DIA)	RENDIMIENTO JORNADA	UNIDAD
Excavación manual de plintos y cimientos	2,5	hH/m3	0,4	m2/Hh	1	8	3,2	m3/h
Acero de refuerzo	0,09	hH/Kg	11,11	m2/Hh	3	8	266,64	Kg/h
Hormigón simple(Replantillo) f'c=180Kg/cm2	10	hH/m3	0,1	m2/Hh	10	8	8	m3/h
Hormigón en Zapatas f'c=210Kg/cm2	17	hH/m3	0,06	m2/Hh	17	8	8,16	m3/h
Hormigón en columnas f'c=210Kg/cm2	8	hH/m3	0,13	m2/Hh	8	8	8,32	m3/h
Hormigón en losas f'c=210Kg/cm2	26	hH/m3	0,04	m3/Hh	26	8	8,32	m3/h
Enlucido Vertical Interior	2	hH/m2	0,5	m3/Hh	2	8	8	m2/h
Enlucido Vertical Exterior	1,78	hH/m2	0,56	m2/Hh	2	8	8,96	m2/h

Fuente: Archivo personal e información del Ing. Ramiro Jiménez

### 8.3. COMPARACIÓN DE MATERIALES

Los materiales más incidentes usados en los dos sistemas constructivos (Sistema Tradicional y Hormi2) pueden variar por su volumen, rapidez de instalación. Lo mencionado es un factor determinante en el costo de la edificación.

Los materiales deben cumplir con las especificaciones técnicas de cada fabricante. Esto asegura la calidad del producto. En las siguientes tablas se presentan los materiales más incidentes usados en los sistemas mencionados. Ver tablas 37 y 38

Tabla 37. Materiales aplicando el sistema tradicional

MATERIALES	UNIDAD	CANTIDAD
Hormigón simple(Replantillo) f'c=180Kg/cm2	m3	1,5
Hormigón en Zapatas f'c=210Kg/cm2	m3	6,5

Hormigón en cadenas $f'c=210\text{Kg/cm}^2$	m3	2,7
Hormigón en columnas $f'c=210\text{Kg/cm}^2$	m3	5,7
Hormigón en vigas $f'c=210\text{Kg/cm}^2$	m3	5,4
Hormigón en losas $f'c=210\text{Kg/cm}^2$	m3	4
Acero de refuerzo $f'y=4200\text{Kg/cm}^2$	Kg	4391
Bloques de alivianamiento 40x20x15cm	u	976
Mampostería de bloque 20 cm	m2	36,938
Mampostería de bloque 12cm	m2	329,41

Fuente: Archivo personal e información de planos del Conjunto Habitacional Villa Florida.

Tabla 38. Materiales aplicando el sistema Hormi2

<b>MATERIALES</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>
Acero de refuerzo	Kg	83,09
Refuerzos tipo u	m2	27,78
Refuerzos angulares	m2	105,91
Refuerzos planos	m2	114,86
Paneles	m2	12,82
Paneles de muro (PSME 60mm)	m2	366,00
Paneles de losa(PS2R 120mm)	m2	188,39
Microhormigón en paneles de muros	m3	21,98
Hormigón en capa de compresion	m2	9,62
Microhormigón en capa inferior de losa	m3	5,77

Fuente: Archivo personal e información de planos del Conjunto Habitacional Villa Florida.

## 9. ANÁLISIS TÉCNICO ECONÓMICO DE LAS DOS ALTERNATIVAS CONSTRUCTIVAS.

### 9.1. ANÁLISIS DE CARGAS

Una vez realizado el cálculo de cargas de las dos alternativas, se presenta los cuadros obtenidos. Ver tabla 39

Tabla 39. Carga muerta Sistema tradicional y Hormi2

CARGA MUERTA(D)		CARGA MUERTA(D)	
W Propio de Losa (Ton/m <sup>2</sup> )	0,38	W Propio de Paneles (Ton/m <sup>2</sup> )	0,3
W Propio de Vigas (Ton/m <sup>2</sup> )	0,07	W Propio Pared y Losa (Ton/m <sup>2</sup> )	0,25
W Propio de Paredes (Ton/m <sup>2</sup> )	0,19	W Propio Otros (Ton/m <sup>2</sup> )	0,03
W Propio Otros (Ton/m <sup>2</sup> )	0,12	<b>D ( Ton/m<sup>2</sup>)</b>	<b>0,58</b>
<b>D ( Ton/m<sup>2</sup>)</b>	<b>0,76</b>		

Fuente: Nec-Se-Vivienda-2015

Los métodos de cálculo aplicado para los dos sistemas son diferentes. La carga muerta del sistema tradicional es mayor que el sistema Hormi2.

La carga viva se considera de 0.20 Ton /m2 para los dos sistemas constructivos.

La carga sísmica no se realiza un análisis profundo de los dos sistemas. Si se detalla el cálculo del corte basal para el sistema tradicional, previa mayoración de carga muerta, viva y condiciones propias de la ciudad de Quito. Ver tabla 40

Tabla 40. Cortante Basal Sísmico sistema tradicional

CORTANTE BASAL SISMICO				
Factor De Zona(Z)	Coefficiente de Respuesta Sísmica ( C )	Peso Sísmico Efectivo (W)=(D+25%L) (Ton/m2)	Factor de Reducción Sísmica ( R )	Cortante Basal Sísmico(Vb) (Ton/m2)
0,35	3	0,78	3	0,27

Fuente: NEC-SE-VIVIENDA-2015

### 9.2. ANÁLISIS DE SECCIONES

Aplicando la normativa nacional e internacional y documentos técnicos tanto del sistema tradicional y Hormi2 se obtiene lo siguiente:

La cimentación del sistema tradicional construida a base de plintos aislados tiene una sección típica de una edificación de dos plantas, mientras que el sistema Hormi2 considera una losa de cimentación. La losa de cimentación de este sistema es construida en toda el área a construirse. De acuerdo al manual técnico de construcción del sistema Hormi2 se coloca malla electrosoldada y vigas prefabricadas con acero de 8mm.

El diseño de columnas del sistema tradicional hace referencia a la NEC-SE-VIVIENDA-2015, la misma que considera una cuantía de acero mínima para una vivienda de dos plantas. En el estudio se considera un solo tipo de sección de columna. Esto facilita la aplicación de la metodología constructiva en la ejecución del proyecto. El sistema Hormi2 carece de columnas. De acuerdo al manual técnico, el poliestireno, malla y colocación de mortero cubre todos los requerimientos estructurales.

El diseño de vigas del sistema tradicional hace referencia a la NEC-SE-VIVIENDA-2015, la misma que considera una cuantía de acero mínima para una vivienda de dos plantas. Por lo expuesto en el diseño se considera las sugerencias expuestas por la norma, mientras que el sistema Hormi2 carece de vigas. De acuerdo al manual técnico el poliestireno, malla y colocación de mortero cubre todos los requerimientos estructurales.

El diseño de losas del sistema tradicional cumple con manuales, el código ACI318, ábacos propuestos por investigadores nacionales y teoría de hormigón Armado dos. Los mismos sugieren realizar una losa alivianada, colocar nervios a una distancia específica, colocar acero de refuerzo, colocar hormigón de acuerdo al cronograma de función previo encofrado y finalmente curar. En el momento de diseño es muy importante considerar los diagramas de momentos para de acuerdo a esto se tiene su respectiva cuantía de acero. El sistema Hormi2 considera un conjunto de paneles PS2R 120mm para su montaje, un conjunto de nervios de acuerdo al diseño estructural y una capa de hormigón. De acuerdo al manual técnico el poliestireno, malla y colocación de mortero cubre todos los requerimientos estructurales.

En el caso del sistema tradicional en donde requiera se coloca los respectivos estribos de sección específica para cada elemento estructural de acuerdo al ACI318.

### 9.3. ANÁLISIS DE PRESUPUESTOS

El análisis de presupuestos de dos alternativas que consiste en un resumen de un conjunto de rubros por capítulos. Estos pueden ser de mayor o menor influencia en el presupuesto final. Ver tabla 41 y 42

Tabla 41. Resumen de presupuesto referencial aplicado al sistema Tradicional

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	TOTAL
PRELIMINARES	Glob	35,13
MOVIMIENTO DE TIERRAS	Glob	360,51
ESTRUCTURA	Glob	13943,52
MAMPOSTERÍA	Glob	5110,89
ENLUCIDO Y RECUBRIMIENTO	Glob	3895,12
		23345,18

Fuente: Archivo personal e información del Conjunto Habitacional Villa Florida.

Tabla 42. Resumen de presupuesto referencial aplicado al sistema Hormi2

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	TOTAL
PRELIMINARES	Glob	3,87
MOVIMIENTO DE TIERRAS	Glob	46,24
ESTRUCTURA	Glob	6148,78
CORTE Y MONTAJE DE PANELES	Glob	7704,2
		13903,09

Fuente: Archivo personal e información del Conjunto Habitacional Villa Florida.

Estos presupuestos representan el valor de dos edificaciones considerando el costo directo. No se considera costos indirectos y costos financieros.

Los costos directos de la vivienda construida con el sistema Hormi2 es menor que la de Sistema Tradicional

## 10 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 10.1. CONCLUSIONES

- Partiendo de la premisa de que toda edificación, su mampostería debe estar compuesto de bloque unidos y cubiertos de enlucido con mortero, se puede afirmar que: En la actualidad existen sistemas constructivos que pueden remplazar a los conocidos actualmente.
- En nuestro país no existe procedimientos para poder realizar los ensayos de calidad que garanticen los materiales que componen el sistema Hormi2.
- El bloque muestreado y ensayado a compresión, pertenece a la clase B.
- El bloque muestreado y ensayado para la determinación de absorción, presenta valores de densidades correspondientes a bloques livianos.
- Las arenas muestreadas y ensayadas para fabricación de mortero, indica que el material dos es de mejor calidad para uso en el sistema Hormi2
- El mortero para cubrir paneles de paredes muestreado y ensayado cumple con las especificaciones propuestas para construcción de viviendas unifamiliares con sistema Hormi2
- De acuerdo al análisis de cargas propuesto para los dos sistemas. Se determina que el sistema constructivo Hormi2 es más liviano.
- Una vez realizado el diseño estructural del sistema tradicional, revisado el manual técnico de construcción publicado en enero del 2015 y cuantificado la cantidad de acero en los dos sistemas constructivos, se observa que la cantidad de acero es mayor. Esto se debe a que el sistema Hormi2 remplaza el acero de diseño tradicional por mallas electrosoldadas dadas por el fabricante, a su vez garantizan el comportamiento estructural. El uso de acero es mínimo, los mismos se usan en colocación de varillas de anclaje en la cimentación.
- Para la construcción del sistema constructivo Hormi2, parte de la materia prima (paneles) es industrializada. Este proceso da como resultado la rapidez en poder edificar las viviendas unifamiliares. La rapidez está dada por el tiempo, el mismo que hemos presentado en el análisis técnico económico de nuestro estudio.
- Los costos directos representan la mano de obra, materiales y rendimientos de cada rubro presente en el presupuesto referencial

- La vivienda unifamiliar propuesta para el estudio con el sistema constructivo Hormi2, es más barata que el sistema tradicional.
- La presentación del análisis técnico económico de los dos sistemas, permite tomar decisiones rápidas en opciones de vivienda unifamiliar, para satisfacer su demanda en nuestro país.

## **10.2. RECOMENDACIONES**

- Para el estudio presentado se consideró normativa relacionada con viviendas unifamiliares de dos pisos (NEC-SE-VIVIENDA-2015). Si se requiere la ampliación del número de pisos, se debe considerar normativa relacionada con este tema.
- El mortero que cubre los paneles de paredes y losa debe ser de consistencia no fluida. Esto evita la segregación del material
- Los dos sistemas constructivos analizados deben construirse con materiales que cumplan con las especificaciones técnicas dadas por el fabricante y comprobadas en el laboratorio
- El sistema Hormi2 por ser nuevo en el mercado, en comparación con el tradicional que está establecido por muchos años, debe ser fomentado y repotenciado su uso.
- El sistema Hormi2 al no tener normativa de los materiales que conforman el mismo, retrasa su uso, por lo que es necesario plantear la necesidad de generar una normativa para el mismo.
- Es muy importante considerar el presupuesto con costos directos y libres de iva.
- Si existe la necesidad de presentar una oferta económica para la construcción de cualquier sistema constructivo. Es muy importante conocer y negociar los costos indirectos.

## **BIBLIOGRAFÍA:**

- Tapia, Christian. (2010). Propuesta de Mejoramiento del Proceso Constructivo para viviendas unifamiliares con el Sistema Horni-2 (M2), en la empresa J.VW. Tesis de Ingeniería en Procesos, Escuela Politécnica Nacional.
- Leticia García Maraver (2014). Fundamentos de Ingeniería Geotécnica (Tomo I). México: Art.
- NEC-SE-VIVIENDA -2015. Norma Ecuatoriana de la Construcción. Quito.
- PANECONS S.A. (2009). Manual Práctico del Constructor. Construcciones Integrales con el Sistema Portante EMMEDUE – M2 de paneles de Hormigón Armado con núcleo de Poliestireno expandido.
- Laboratorio de Estructuras del Departamento de Ingeniería PUCE (Perú). Evaluación del Sistema Constructivo M2.

## **ANEXO N°1: INFORMES DE LABORATORIO**



# ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES, MECÁNICA DE SUELOS Y ROCAS



## COMPRESIÓN DE MAMPOSTERÍA

NF. No. 18-02001

Quito, 15 de noviembre de 2018

Hoja 1 de 1

SOLICITA: FAUSTO MARGALLA

Atención: Fausto Margalla

Dirección: Ladrón de Guevara E11-253 y Andalucía (IPN)

PROYECTO: ANÁLISIS TÉCNICO ECONÓMICO DE DOS ALTERNATIVAS DE CONSTRUCCIÓN PARA UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR DEL CONJUNTO HABITACIONAL VILLA FLORIDA

CONTRATISTA: \*\*\*

FISCALIZADOR: \*\*\*

FÁBRICA: \*\*\*

NORMA: NTE INEN 3066:2016

### UNIDADES PARA ENSAYO A COMPRESIÓN

No.	FECHA FÁBRICA	DESCRIPCIÓN	FECHA DE ROTURA	EDAD (días)	ANCHO (cm)	LARGO (cm)	ALTO (cm)	ÁREA		CARGA ROTURA (ton.)	ESFUERZO		CLASIFICACIÓN SEGÚN RESISTENCIA
								NETA (cm <sup>2</sup> )	BRUTA (cm <sup>2</sup> )		NETO (MPa)	BRUTO (MPa)	
1	***	BLOQUE N° 1	18-abr-18	>28 días	11.40	38.03	18.00	187.5	433.6	3.88	1.83	0.83	CLASE B
2	***	BLOQUE N° 2	18-abr-18	>28 días	11.37	37.87	17.60	187.3	430.4	5.61	2.83	1.28	
3	***	BLOQUE N° 3	18-abr-18	>28 días	11.37	37.93	17.77	185.6	431.2	4.36	2.30	0.99	
PROMEDIO BLOQUE					11.38	37.94	17.79	186.83	431.72	4.59	2.39	1.03	

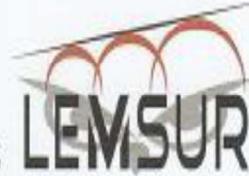
OBSERVACIONES: \* El muestreo es responsabilidad del cliente  
\* La clasificación se realizó en base a la tabla 6 de la norma INEN 3066.

ING. MERCEDES VILLACIS  
JEFE DE LABORATORIO





**ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**  
 LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES, MECÁNICA DE SUELOS Y ROCAS



**ABSORCIÓN DE MAMPOSTERÍA**

INF. No. 18-0281-I

Quito, 15 de noviembre de 2018

Hoja 01 de 01

**SOLICITA:** FAUSTO MARCALLA

**Atención:** Fausto Marcalla

**Dirección:** Ladrón de Guevara E11-253 y Andalucía - EPN

**PROYECTO:** ANÁLISIS TÉCNICO ECONÓMICO DE DOS ALTERNATIVAS DE CONSTRUCCIÓN PARA UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR DEL CONJUNTO HABITACIONAL VILLA FLORIDA

**CONTRATISTA:** ---

**FISCALIZADOR:** ---

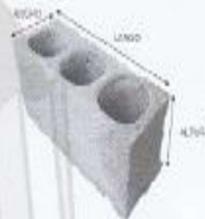
**MUESTRA:** \*\*\*\*

**NORMA:** INEN 3088:2016

**UNIDADES PARA ENSAYO DE ABSORCIÓN Y DIMENSIONES**

No.	FECHA FABRICA	DESCRIPCIÓN	FECHA DE ENSAYO	EDAD (días)	ANCHO (cm)	LARGO (cm)	ALTO (cm)	MASA SATURADA (kg)	MASA SUMERGIDA (kg)	MASA SECA (kg)	ABSORCIÓN (%)	DENSIDAD (kg/m <sup>3</sup> )	VOLUMEN NETO (mm <sup>3</sup> )	ÁREA NETA (mm <sup>2</sup> )
1	---	Bloque #1	25/10/2018	---	11.50	38.13	17.80	6.69	2.42	5.51	21.28	1292.17	4267000	33971.91
2	---	Bloque #2	25/10/2018	---	11.50	30.00	17.07	6.70	2.02	5.98	21.12	1314.94	4244000	34022.64
3	---	Bloque #3	25/10/2018	---	11.60	20.03	17.77	7.29	2.68	6.04	20.60	1380.70	4412000	34833.38
<b>PROMEDIO</b>								6.91	2.60	5.71	21.00	1325.60	4307687	34275.97

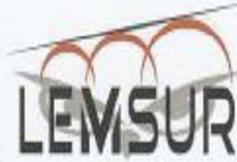
- OBSERVACIONES:**
- El muestreo es responsabilidad del cliente.
  - La fabricación fue realizada por los solicitantes.



*[Handwritten Signature]*

ING. MERCEDES VILLACIS  
JEFE DE LABORATORIO





COMPRESIÓN EN CILINDROS DE HORMIGÓN

Quito, 21 de noviembre de 2018

INF. No. 18 - 0284-I  
Hoja 01 de 01

**SOLICITA:** FAUSTO RAMIRO MARCALLA QUISAGUANO  
**Atención:** Fausto Ramiro Marcalla Quisaguano  
**Dirección:** Ladrón De Guevara E11-255 Y Andalucía  
**PROYECTO:** ANÁLISIS TÉCNICO ECONÓMICO DE DOS ALTERNATIVAS DE CONSTRUCCIÓN PARA UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR DEL CONJUNTO HABITACIONAL VILLA FLORIDA

**CONTRATISTA:** \*\*\*\*  
**FISCALIZADOR:** \*\*\*\*  
**ELEMENTO:** INDICADOS  
**NORMA:** ASTM C39/C39M - 18

No.	FECHA FABRICACIÓN	DESCRIPCIÓN	FECHA ROTURA	EDAD (días)	DIÁMETRO (mm)	ÁREA TRANSV. (mm <sup>2</sup> )	P. ESPEC. (kg/cm <sup>2</sup> )	CARGA MAX. (kN)	RESISTENCIA (MPa)	TIPO DE FALLA	DEFECTOS
1	31-oct-17	Pared Portante	06-nov-17	6	101.00	8012	2230	140.0	17.5	TIPO 1	A
2	31-oct-17	Pared Portante	06-nov-17	6	102.00	8171	2210	124.0	15.2	TIPO 2	A
3	31-oct-17	Horno 2	01-dic-17	31	103.00	8332	2170	195.5	23.5	TIPO 1	A
4	31-oct-17	Horno 2	01-dic-17	31	101.25	8052	2220	190.7	22.4	TIPO 1	A



DESCRIPCIÓN DE DEFECTOS: A = NINGUNO; B = SEGREGADO; C = POROSIDAD; D = FIBRAS PREENISTENTES; E = OTRA

Observación: Las procedencias y fechas de fabricación son responsabilidad del cliente.

ING. MERCEDES VILLACÍS  
JEFE DEL LABORATORIO





ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO AGREGADO GRUESO

INF. No. 18-279-I

Quito, 14 de noviembre de 2018

Hoja 01 de 02

SOLICITA: FAUSTO MARCALLA

Atención: Fausto Marcalla

Dirección: Ladrón de Guevara E11-253 y Andalucía -EPN

ANÁLISIS TÉCNICO ECONÓMICO DE DOS ALTERNATIVAS DE

PROYECTO: CONSTRUCCIÓN PARA UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR DEL  
CONJUNTO HABITACIONAL VILLA FLORIDA

CONTRATISTA: \*\*\*

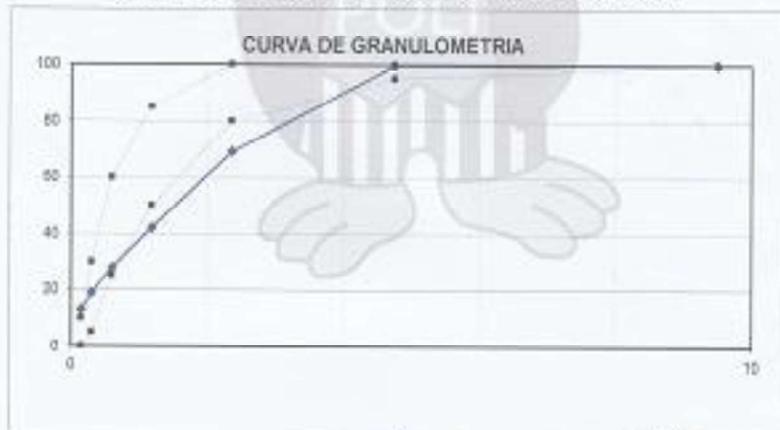
FISCALIZADOR: \*\*\*

MINA: MUESTRA 1

NORMA: ENEN 696, ASTM C 33

TAMIZ No.	TAMAÑO ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (g)	PORCENTAJE RETENIDO (%)	PORCENTAJE ACUMULADO (%)	PORCENTAJE QUE PASA (%)
3/8"	9.50	0.0	0.0	0.0	100.0
4	4.75	1.7	0.3	0.3	99.7
8	2.36	186.4	30.5	30.8	69.2
16	1.18	165.8	27.1	57.9	42.1
30	0.60	86.9	14.2	72.1	27.9
50	0.30	55.7	9.1	81.2	18.8
100	0.15	35.4	5.8	87.0	13.0
BANDEJA		79.6	13.0	100.0	0.0
TOTAL		611.5	FINURA	7.28	

OBSERVACIONES: Los datos de procedencia son responsabilidad del cliente.



Ing. Mercedes Villacis  
JEFE DEL LABORATORIO





**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO AGREGADO GRUESO**

INF. No. 18-279-I  
Hoja 02 de 02

Quito, 14 de noviembre de 2018

**SOLICITA:** FAUSTO MARCALLA

**Atención:** Fausto Marcalla

**Dirección:** Ladrón de Guevara E11-253 y Andalucía -EPN

ANÁLISIS TÉCNICO ECONÓMICO DE DOS ALTERNATIVAS DE

**PROYECTO:** CONSTRUCCIÓN PARA UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR DEL  
CONJUNTO HABITACIONAL VILLA FLORIDA

**CONTRATISTA:** \*\*\*

**FISCALIZADOR:** \*\*\*

**MINA:** MUESTRA 2

**NORMA:** INEN 696, ASTM C 33

TAMIZ No.	TAMAÑO ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (g)	PORCENTAJE RETENIDO (%)	PORCENTAJE ACUMULADO (%)	PORCENTAJE QUE PASA (%)
3/8 "	9.50	0.0	0.0	0.0	100.0
4	4.75	57.5	5.8	5.8	94.2
8	2.36	188.4	19.1	25.0	75.0
16	1.18	176.4	17.9	42.9	57.1
30	0.60	143.0	14.5	57.4	42.6
50	0.30	135.4	13.7	71.1	28.9
100	0.15	102.2	10.4	81.5	18.5
BANDEJA		182.0	18.5	100.0	0.0
<b>TOTAL</b>		<b>984.9</b>	<b>FINURA</b>	<b>7.01</b>	

OBSERVACIONES: Los datos de procedencia son responsabilidad del cliente.



Ing. Mercedes Villacis  
JEFE DEL LABORATORIO



**ANEXO N°2: REQUISITOS MÍNIMOS PARA  
ZAPATAS AISLADAS (NEC-SE-VIVIENDA-2015)**

## Zapatas Aisladas

Los requisitos mínimos para zapatas aisladas son los siguientes:

- Las zapatas aisladas deben ser cuadrangulares ó rectangulares en planta. Siempre que sea posible, deben estar colocadas tal que su centroide coincida con el centroide de la columna ó muro que recibe.
- La profundidad entre la superficie del contrapiso y el fondo de la zapata debe ser de 1.0 m. La menor dimensión de la zapata debe ser de 1.0 m ó lo que se sustente con un diseño de cimentación y el espesor mínimo de la zapata debe ser de 15 cm.
- El refuerzo a flexión de las zapatas aisladas debe colocarse en la parte inferior de la misma y en ambas direcciones, de manera uniforme en todo el ancho de la zapata.
- La cuantía mínima en cualquier dirección debe ser de 0.0018.
- La distancia libre mínima entre barras paralelas debe ser igual al diámetro de la barra pero no menor a 25 mm.
- La distancia máxima entre barras paralelas debe ser menor ó igual que 3 veces el espesor de la zapata pero no mayor que 30 cm ó lo que indique el diseño de la cimentación.

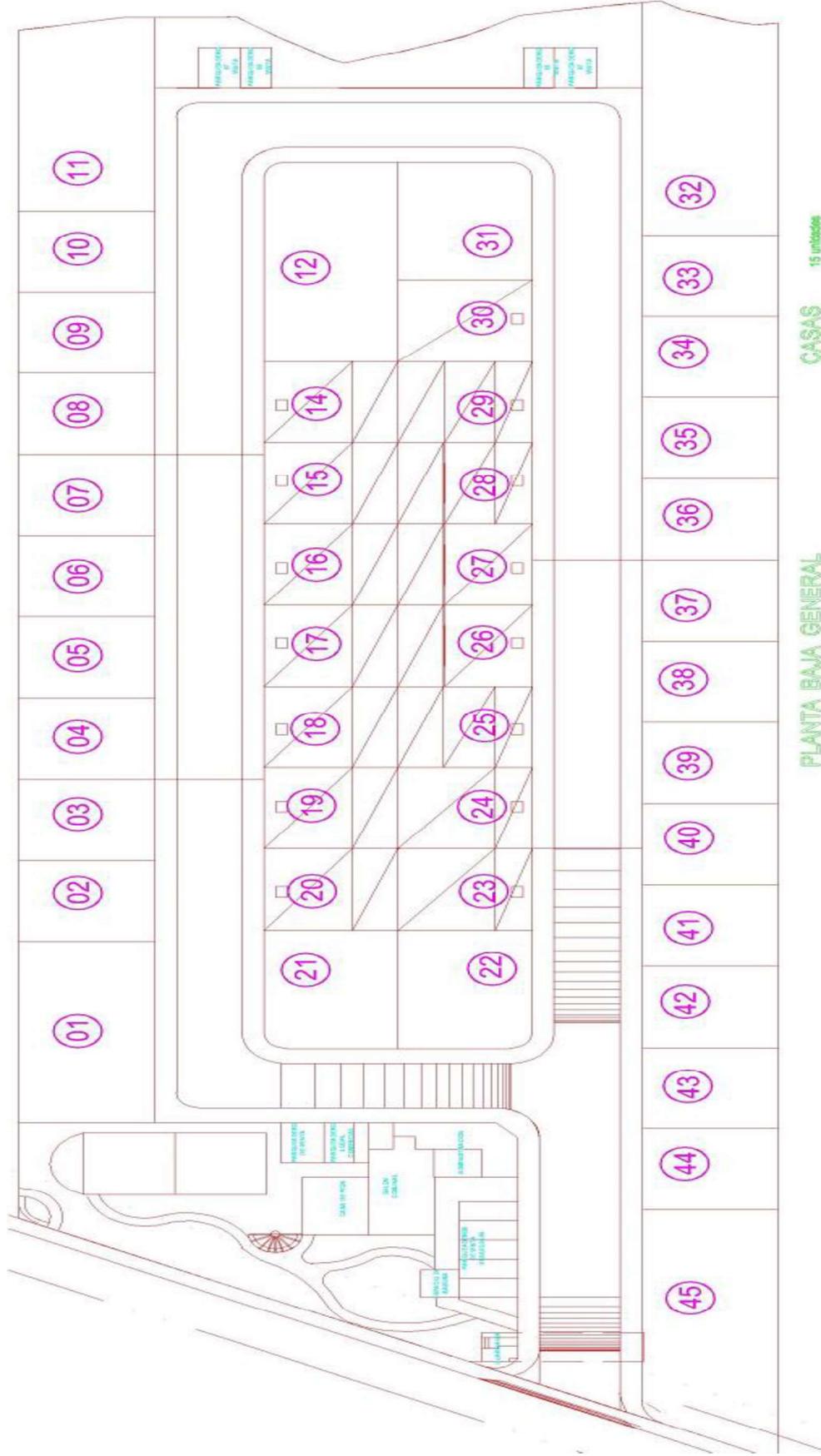
**ANEXO N°3: PÓRTICOS DE HORMIGÓN ARMADO  
CON SECCIONES DE DIMENSIONES MENORES A  
ESPECIFICADA EN LA NEC-SE-HM**

### Pórticos de Hormigón Armado

Número de pisos de la vivienda	Elemento	Luz máxima (m)	altura total de entrepiso máxima (m)	Sección mínima base x altura (cm x cm)	Cuántia Longitudinal Mínima de acero laminado en caliente	Refuerzo de acero laminado Transversal Mínimo (estribos)
1	Columnas	4.0	2.50	20x20(a)	1%	Diámetro 8 mm @ 10 cm
	Vigas			15x20(b)	14/fy sup. 14/fy inf.	Diámetro 8 mm @ 5 en L/4 (extremos) y 10 cm (centro)
2	Columnas	4.0	2.50	Piso 1: 25x25  Piso 2: 20x20	1%	Diámetro 8 mm @ 10 cm
	Vigas			20x20 (b)	14/fy sup. 14/fy inf.	Diámetro 8 mm @ 5 en L/4 (extremos) y 10 cm (centro)

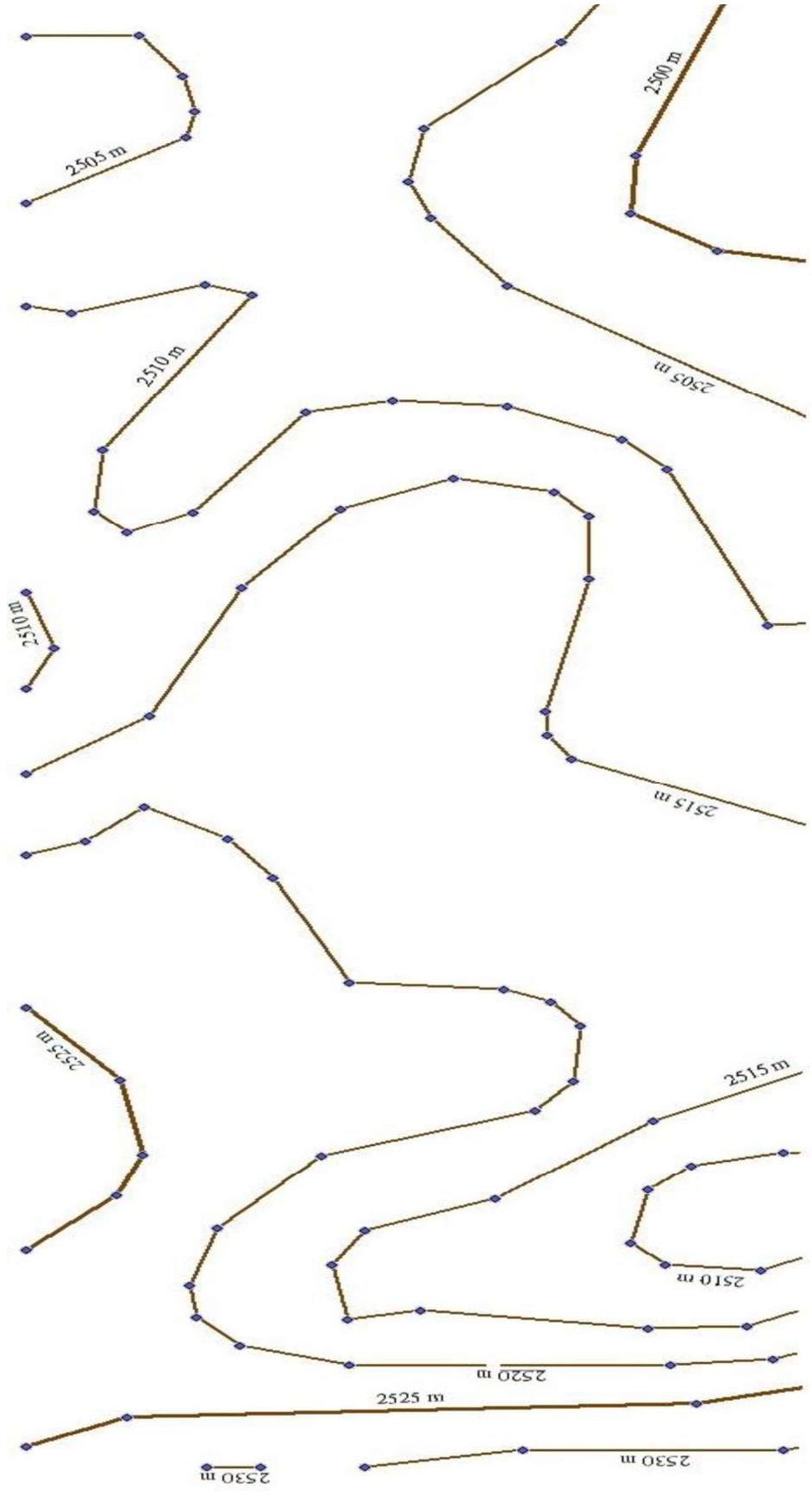
**ANEXO N°4: LEVANTAMIENTO PLANIMÉTRICO Y  
ALTIMÉTRICO DEL CONJUNTO HABITACIONAL  
VILLA FLORIDA.**

# Levantamiento planimétrico del Conjunto Habitacional Villa Florida

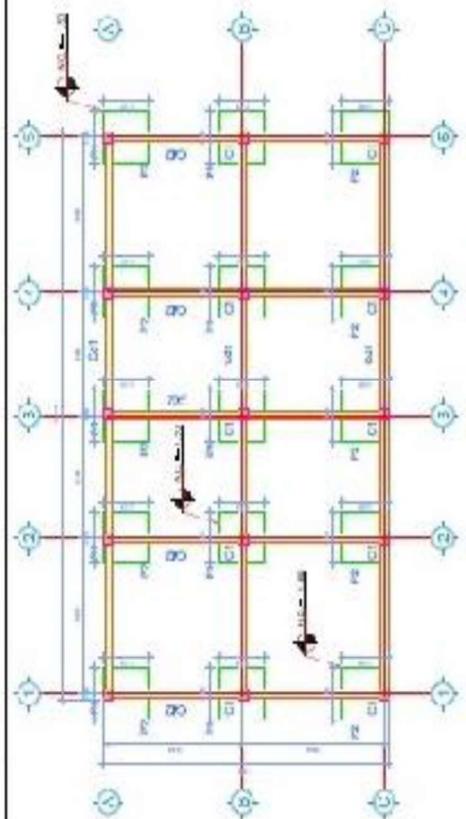


PLANTA BAJA GENERAL CASAS 15 unidades

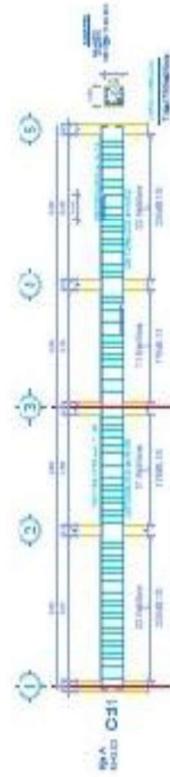
Levantamiento altimétrico del Conjunto Habitacional Villa Florida



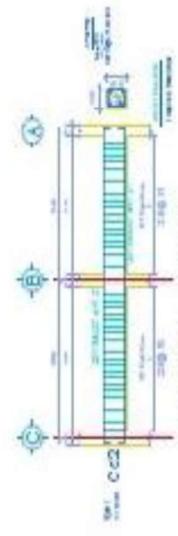
## **ANEXO N°5: PLANOS ESTRUCTURALES**



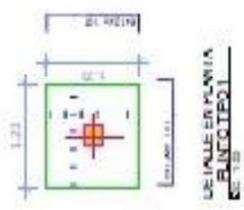
**PLANTA DE CIMENTACIÓN N.-1.50**  
SECCIÓN A-A



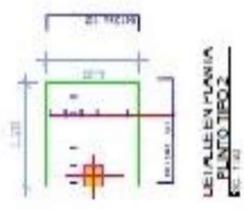
**SECCIÓN DE C-01**  
SECCIÓN A-A



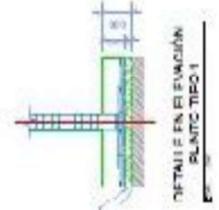
**SECCIÓN DE C-02**  
SECCIÓN A-A



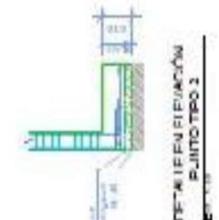
**DETALLE EN PLANTA PLINTO TIPO 1**  
E-1.01



**DETALLE EN PLANTA PLINTO TIPO 2**  
E-1.02



**DETALLE EN SECCIÓN PLINTO TIPO 1**  
E-1.03



**DETALLE EN SECCIÓN PLINTO TIPO 2**  
E-1.04

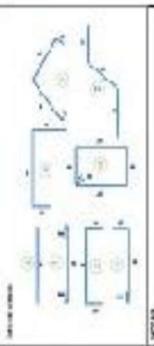
CUADRO DE PLINTOS			
Nº	DESCRIPCIÓN	MANTENIMIENTO	IMPEDIR
01	PLINTO TIPO 1	1.00	1.00
02	PLINTO TIPO 2	1.00	1.00

**PLANTA DE CIMENTACIÓN**

DESCRIPCIÓN		MANTENIMIENTO		IMPEDIR	
Nº	DESCRIPCIÓN	Nº	DESCRIPCIÓN	Nº	DESCRIPCIÓN
01	PLINTO TIPO 1	01	PLINTO TIPO 1	01	PLINTO TIPO 1
02	PLINTO TIPO 2	02	PLINTO TIPO 2	02	PLINTO TIPO 2

**RESERVA DE MATERIALES**

ITEM	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD
01	PLINTO TIPO 1	1.00	M <sup>2</sup>
02	PLINTO TIPO 2	1.00	M <sup>2</sup>



**NOTAS**

1. REFORZAR CON BARRAS Ø10 EN PLANTA Y SECCIÓN.
2. REFORZAR CON BARRAS Ø10 EN PLANTA Y SECCIÓN.
3. REFORZAR CON BARRAS Ø10 EN PLANTA Y SECCIÓN.
4. REFORZAR CON BARRAS Ø10 EN PLANTA Y SECCIÓN.
5. REFORZAR CON BARRAS Ø10 EN PLANTA Y SECCIÓN.
6. REFORZAR CON BARRAS Ø10 EN PLANTA Y SECCIÓN.
7. REFORZAR CON BARRAS Ø10 EN PLANTA Y SECCIÓN.
8. REFORZAR CON BARRAS Ø10 EN PLANTA Y SECCIÓN.
9. REFORZAR CON BARRAS Ø10 EN PLANTA Y SECCIÓN.
10. REFORZAR CON BARRAS Ø10 EN PLANTA Y SECCIÓN.

