

UNIVERSIDAD DE ESPECIALIDADES ESPÍRITU SANTO
FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERÍA CIVIL

VIVIENDA CON ESTRUCTURA DE MADERA EN LA CIUDAD DE GUAYAQUIL

VÍCTOR HUGO SALAZAR ALVARADO

DIRECTOR DE TESIS: ING.CIVIL URBANO CAICEDO

SAMBORONDÓN, 2014



VIVIENDA CON ESTRUCTURA DE MADERA EN LA CIUDAD DE GUAYAQUIL

Víctor Hugo Salazar Alvarado



A mi familia,
por el incondicional y
permanente apoyo...

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE	5
ÍNDICE DE GRAFICOS	7
ÍNDICE DE TABLAS	10
INTRODUCCION	11
CAPÍTULO 1: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	13
1.1 Antecedentes	14
1.2 Descripción del problema	16
1.3 Objetivo general	17
1.4 Objetivos específicos	17
1.5 Justificación.....	18
CAPÍTULO 2: MARCO REFERENCIAL	19
2.1 Conceptos generales de la madera	20
2.1.1 Concepto	20
2.1.2 Crecimiento de la madera	20
2.1.3 Composición química de la madera.....	20
2.1.4 Partes del tronco.....	20
2.1.5 Clasificación de la madera	22
2.1.6 Características generales de la madera	23
2.1.7 Propiedades físicas de la madera	24
2.1.8 Propiedades mecánicas de la madera	27
2.1.9 Propiedades ecológicas de las maderas.....	29
2.1.10 Proceso de obtención de la madera	29
2.1.11 Conclusión	32
2.2 Preservación y patología de la madera estructural.	33
2.2.1 Desarrollo de la preservación de madera en Ecuador.....	33
2.2.2 Agentes destructores de la madera	34
2.2.2.1 Agentes bióticos destructores de la madera	35
2.2.2.2 Agentes abióticos destructores de la madera	39
2.2.3 Preservantes de la madera	40
2.2.3.1 Características de los preservantes	40
2.2.3.2 Clasificación de los preservantes	40
2.2.4 Métodos de preservación de madera.....	41
2.3 Industria maderera del Ecuador	45



2.3.1 Bosques naturales y plantaciones forestales	45
2.3.2 Industria maderera forestal	47
2.3.3 Apoyo Gubernamental al sector industrial maderero	49
2.3.4 Conclusión	49
2.4 Estructuras de madera.....	50
2.4.1 Clasificación sistemas estructurales de edificaciones con estructura de madera	50
2.4.1.1 Estructuras de luces menores.....	50
2.4.1.2 Estructuras de luces mayores	56
2.4.2 Pre-dimensionamiento de estructuras de madera laminada o maciza.....	59
2.4.3 Uniones	61
CAPÍTULO 3: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	65
3.1 Formulación de hipótesis	66
3.2 Diseño de la investigación	66
3.2.1 Tipo de investigación	66
3.2.2 Estrategias metodológicas	66
CAPÍTULO 4: ESPECIES MADERABLES	69
4.1 Norma ecuatoriana de la construcción.....	70
4.2 Especies maderables del Ecuador	70
4.3 Método – entrevista.....	70
4.3.1 Conclusión de información recolectada	72
4.4 Propiedades mecánicas de las maderas de uso estructural comercializadas en Guayaquil	75
4.5 Clasificación de la madera estructural	80
4.5.1 Clasificación visual	80
4.5.2 Tolerancias de los defectos de la clasificación visual de la madera estructural	84
4.6 Clasificación de las especies de madera según su densidad básica	85
4.7 Conclusión	88
CAPÍTULO 5: VIVIENDA DE INTERÉS SOCIAL CON ESTRUCTURA DE MADERA	91
5.1 Segunda etapa de la metodología de la investigación.....	92
5.2 Plan habitacional socio vivienda	92
5.3 La vivienda con estructura de hormigón armado	93
5.3.1 Dimensión del terreno	93
5.3.2 Programa arquitectónico	93
5.3.3 Planos arquitectónico del MIDUVI	94
5.3.4 Fachadas	95
5.3.5 Cortes	96
5.4 Método- vivienda con estructura de madera.....	98
5.4.1 Rediseño arquitectónico	98
5.4.2 Pre-dimensionamiento de elementos estructurales	99
5.4.2.1 Vigas de cubierta	99
5.4.2.2 Columnas	100
5.4.2.3 Viguetas o cuarterones de cubierta	100
5.4.2.4 Cimentación	100
5.4.2.5 Paredes	101
5.5 Descripción de la estructura	102

5.5.1 Cimentación	102
5.5.2 Estructura	102
5.5.2.1 Columnas	103
5.5.2.2 Vigas de cubierta	103
5.5.3 Despiece de la estructura	103
5.5.3.1 Columnas	103
5.5.3.2 Vigas	103
5.5.4 Muros de mampostería armada	105
5.5.5 Los enlucidos	107
5.6 Metodología constructiva	107
5.6.1 Estructura de madera	107
5.6.2 Mampostería armada	108
5.6.3 Estructura de cubierta	109
5.7 Especificaciones técnicas	109
CAPÍTULO 6: ANÁLISIS ECONÓMICO: VIVIENDA DE INTERÉS SOCIAL CON ESTRUCTURA DE MADERA	113
6.1 Introducción	114
6.2 Presupuesto aprobado por MIDUVI para la construcción de casas de hormigón armado	115
6.3 Presupuesto de vivienda con estructura de madera.....	117
6.4 Análisis de precios unitarios	119
6.5 Cronograma valorado.....	125
6.6 Análisis de costos	125
6.7 Conclusiones	127
CAPÍTULO 7 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	129
7.1 Factibilidad comercial	130
7.2 Factibilidad técnica constructiva	130
7.3 Factibilidad económica	131
7.4 Factibilidad ecológica	132
7.5 Factibilidad política	133
7.6 Conclusión general	133
7.7 Recomendaciones	133
BIBLIOGRAFÍA	135

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Cabaña de tronco uno de los primeros sistemas de construcción de viviendas	14
Gráfico 2: Malecón antiguo de Guayaquil	15
Gráfico 3: Barrio las Peñas inicio del siglo XX	16
Gráfico 4: Partes del tronco	21
Gráfico 5: La madera de Eucalipto pertenece al grupo de maderas blandas	22
Gráfico 6: La madera de Guayacán pertenece al grupo de maderas duras	23
Gráfico 7: Eje longitudinal de una pieza de madera	23
Gráfico 8: Eje tangencial de una pieza de madera	24
Gráfico 9: Eje radial de una pieza de madera	24
Gráfico 10: Esfuerzo de compresión	27
Gráfico 11: Esfuerzo de tracción	27
Gráfico 12: Esfuerzo de flexión	28
Gráfico 13: Esfuerzo de corte	28
Gráfico 14: módulo de elasticidad	28
Gráfico 15: Tala de la madera	30
Gráfico 16: Poda, corte de las ramas del árbol	30
Gráfico 17: Transporte de la madera de Eucalipto	30
Gráfico 18: Transporte por el río Mataje de trozas de Sande	31
Gráfico 19: descortezado y trozado	31
Gráfico 20: Tipos de aserrado (cortes) de la madera	32
Gráfico 21: Secado de la madera al aire libre	32
Gráfico 22: Cepillado	32
Gráfico 23: Ataque de termitas a la madera	35
Gráfico 24: Ataque de polillas a la madera	36
Gráfico 25: Ataque de hongos cromógenos en la madera	37
Gráfico 26: Aparición de manchas azules en la madera	37
Gráfico 27: Mohos	37
Gráfico 28: Pudrición blanca de la madera	38
Gráfico 29: Pudrición parda de la madera	38
Gráfico 30: El brochado como método de preservación de la madera	42
Gráfico 31: El pulverizado como método de preservación de la madera	42
Gráfico 32: Inmersión como método de preservación de la madera	42
Gráfico 33: Cobertura de la madera con plástico luego de inmersión	42
Gráfico 34: Proceso de preservación de la madera utilizando autoclave	44
Gráfico 35: Sierra de bastidor	48
Gráfico 36: Colocación de los troncos de estructuras macizas	51
Gráfico 37: Vivienda de madera maciza	51
Gráfico 38: Instalación de puerta	52
Gráfico 39: Sistema de paneles soportantes	53
Gráfico 40: Sistema de Entramado Integral: Los pies derechos continúan desde la fundación hasta las vigas de cubierta	53
Gráfico 41: Plataforma sobre la que se colocan los tabiques	54
Gráfico 42: Sistema de Entramado Plataforma: Unión entre pies derechos y plataforma	54
Gráfico 43: Sistema de Entramado Plataforma	55
Gráfico 44: Sistema de Poste-Viga	55
Gráfico 45: Sistema poste –viga	56
Gráfico 46: Sistema poste –viga	56
Gráfico 47: Gráfico de cerchas	57

Gráfico 48: Componentes de una estructura de cerchas	57
Gráfico 49: Vista interior del domo de madera laminada	57
Gráfico 50: Complejo del Palacio de la Moncloa en Madrid estructura de madera laminar	58
Gráfico 51: Puente Pontenova de 40m de longitud (España) construido con madera	58
Gráfico 52: Sección de madera laminada.....	59
Gráfico 53: Unión de piezas que constituyen una viga laminada	59
Gráfico 54: Tipo de uniones estructurales.....	62
Gráfico 55: Ensamble a media madera	62
Gráfico 56: Ensamble de caja y espiga	62
Gráfico 57: Ensamble cola de milano	63
Gráfico 58: Ensamble a Inglete	63
Gráfico 59: Ensamble de horquilla	63
Gráfico 60: Empalme con llave	63
Gráfico 61: Uniones entre elementos de madera	64
Gráfico 62: Uniones entre elementos de madera	64
Gráfico 63: Madera de árbol Chanúl.....	75
Gráfico 64: Madera del árbol Moral fino	76
Gráfico 65: Madera de árbol Guayacán pechiche.....	76
Gráfico 66: Madera de árbol Colorado	77
Gráfico 67: Madera del árbol Fernán Sánchez.....	78
Gráfico 68: Madera de árbol Seique	79
Gráfico 69: Madera de árbol Mascarey.....	79
Gráfico 70: Abarquillado.....	80
Gráfico 71: Arqueadura.....	81
Gráfico 72: Encorvadura.....	81
Gráfico 73 Torcedura	81
Gráfico 74: Arista faltante	81
Gráfico 75: Duramen quebradizo.....	82
Gráfico 76: Escamadura.....	82
Gráfico 77: Fallas de compresión	82
Gráfico 78: Grietas.....	82
Gráfico 89: Médula	83
Gráfico 80: Nudos.....	83
Gráfico 81: Nudos huecos.....	83
Gráfico 82: Nudos arracimados	83
Gráfico 83: Parénquima	84
Gráfico 84: Perforaciones pequeñas.....	84
Gráfico 85: Perforaciones grandes	84
Gráfico 86: Rajaduras	84
Gráfico 87: Relación entre la densidad seca y densidad básica de la madera.....	87
Gráfico 88: Plan habitacional socio vivienda Guayaquil.....	93
Gráfico 89: Dimensión del terreno de 91 m2	93
Gráfico 90: Modulación transversal de la vivienda de madera.....	98
Gráfico 91: Modulación longitudinal de la vivienda de madera.....	98
Gráfico 92: Altura de la base de hormigón	98
Gráfico 93: Detalle de mampostería armada	106
Gráfico 94: Detalle de disposición de chicotes	106
Gráfico 95: Detalle de unión mortero y estructura	107
Gráfico 96: Detalle de cimentación.....	108
Gráfico 97: Detalle cubierta	109

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Cuadro de conductividad térmica de materiales comunes en la construcción	26
Tabla 2: Comparación de las propiedades mecánicas de la madera, hormigón y acero	29
Tabla 3: Condiciones de desarrollo de los distintos tipos de agentes abióticos.....	38
Tabla 4: Clasificación de los preservantes	41
Tabla 5: Características ambientales de bosque natural y plantaciones forestales	45
Tabla 6: Características de manejo de bosque natural y plantaciones forestales.....	46
Tabla 7: Características económicas de bosque natural y plantaciones forestales.....	46
Tabla 8: Principales especies forestales autorizadas para aprovechar a nivel nacional	47
Tabla 9: Tabla de Pre-dimensionamiento de estructuras de madera laminada o maciza	60
Tabla 10: Tabla de Pre-dimensionamiento de estructuras de madera laminada o maciza	60
Tabla 11: Tabla de Pre-dimensionamiento de estructuras de madera laminada o maciza	61
Tabla 12: Porcentajes de especies de madera en depósitos de Guayaquil	73
Tabla 13: Provincias de origen de las especies de madera comercializadas en Guayaquil.	73
Tabla 14: Secciones transversales habituales de los elementos de madera.....	73
Tabla 15: Longitud de los elementos de cada especie de madera	74
Tabla 16: Propiedades de la madera de Chanúl	75
Tabla 17: Propiedades de la madera de Moral Fino.....	76
Tabla 18: Propiedades de la madera Guayacán Esmeraldeño.....	77
Tabla 19: Propiedades de la madera de Colorado.....	78
Tabla 20: Propiedades de la madera de Fernán Sánchez	78
Tabla 21: Propiedades de la madera de Seique.....	79
Tabla 22: Propiedades de la madera de Mascarey	80
Tabla 23: Clasificación visual de la madera estructural.....	85
Tabla 24: Defectos comunes en las especies de madera comercializadas en Guayaquil.....	85
Tabla 25: Densidad seca de las especies de maderas estructurales de mayor oferta en Guayaquil.....	86
Tabla 26: Tabla de conversión de densidades secas a densidades básicas.....	87
Tabla 27: Densidad seca de las especies de maderas estructurales de mayor oferta en Guayaquil.....	87
Tabla 28: Clasificación de las especies de madera estructural comercializadas en Guayaquil según su densidad	87
Tabla 29: Esfuerzos admisibles.....	88
Tabla 30: Módulos de elasticidad	88
Tabla 31: Superficies de la vivienda de hormigón armado	93
Tabla 32: Superficies de la vivienda con estructura de madera	99
Tabla 33: Guía de pre dimensionado de cimentación	101
Tabla 34: Comparación de rubros entre dos presupuestos.....	125
Tabla 35: Comparación entre los rubros de estructura.....	125
Tabla 36: Comparación entre rubros que varían	126
Tabla 37: Comparación entre costos totales.....	126

INTRODUCCIÓN

Guayaquil es una ciudad que utilizó en gran cantidad la madera en construcción de vivienda, su tradición maderera se extendió hasta principios del siglo XX como la tipología más construida y es precisamente en este siglo en el que se empiezan a dar cambios en cuanto al material principal de construcción, ya que el hormigón se estableció como predilecto por la urbe porteña para construir todo tipo de edificaciones y junto con la proliferación de la construcción con el material se desarrolló la idea de que el único material idóneo para la construcción de estructuras es el hormigón en conjunto con el acero. En la actualidad la mayor parte de proyectos de vivienda se los realiza en hormigón armado, si bien se puede reconocer todas la ventajas del hormigón armado como una material estructural no es el único que puede ser utilizado en la construcción, el uso único del hormigón armado provoca una limitación para jóvenes arquitectos que tienen que ajustarse al uso del material ,ya que se puede pensar que no existen factores que permitan validar el uso de otras alternativas estructurales . Un material que responda a las exigencias estructurales podría ser la madera, un material natural y de uso milenario.

La investigación pretende incluir a la estructura de madera como una alternativa válida en la construcción de viviendas y otorgar a los profesionales diseñadores y constructores las certezas fácticas de poder hacer uso del material propuesto. El primer capítulo pretende identificar las principales características, patologías, sistemas constructivos de viviendas con estructura de madera. Así mediante el estudio de la madera como material se podrá posteriormente aplicar la metodología de investigación que consiste en establecer un diagnóstico de factores que intervienen en el proceso de uso de la madera como material estructural, estos factores son: comercial, técnico y económico. Diagnóstico que se fortalece al comparar una vivienda de madera con una vivienda de interés social que se ofertan en la actualidad en Guayaquil. El conocimiento generado por el presente trabajo prioriza el diagnóstico de la situación actual de la ciudad frente al posible uso de madera en la ciudad. Esta información servirá para estudios futuros de innovación con la madera estructural, además de planes y correctivos que debieran ponerse en marcha para el beneficio del sector maderero, para que crezca y pueda aumentar su oferta y demanda.

CAPÍTULO 1

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 ANTECEDENTES

El ser humano ha utilizado la madera como material estructural de construcciones desde el neolítico, periodo en que se mejoraron las herramientas de corte, como el hacha de piedra que permitió construir las primeras cabañas. Así también grandes civilizaciones antiguas como el imperio romano hizo uso de la madera. Si bien se tiene la certeza del uso de materiales arcillosos y pétreos para las grandes estructuras de sus edificaciones íconos, la madera no fue excluida en su totalidad más bien fue utilizada en gran medida, ya que la mayoría de la sociedad construía sus viviendas con el material de origen vegetal, por ser liviano y fácil de trabajar. Así hasta la actualidad se ha utilizado la madera como material de construcción. Países desarrollados como los Estados Unidos de América poseen una gran industria maderera y sigue construyendo con este material e innovando con tecnologías y diseños para estructuras de este tipo. De esta manera podríamos hablar que la edad de la madera se ha extendido por muchos años y aún sigue vigente.

En Latinoamérica uno de los países que ha apostado decididamente por el uso de la madera como material estructural es Chile, país que en el 2001 por decreto de la Corporación Chilena de la Madera (CORMA) creó el Centro de Transferencia Tecnológica de la madera (CTT) para fomentar el uso del material en el campo estructural. Este centro ha creado manuales para el correcto uso de la madera e intervino en las directrices de las carreras de arquitectura e ingeniería civil de las universidades Chilenas, con la finalidad de promover el énfasis en la utilización de este material. Estas acciones en poco tiempo han arrojado buenos resultados ya que se ha incrementado el uso de estructuras de madera en construcciones, sobretodo en vi-



Gráfico 1

Cabaña de tronco, sistema de construcción de viviendas.

Fuente: Interempresas- Xavier Borrás.

viviendas unifamiliares donde representa un 17 % del mercado habitacional según información del Instituto Nacional de Estadísticas de Chile (2010).

Ecuador por su parte cuenta con programas para fomentar la producción maderera en el país, tal como lo hace el Instituto de Promoción de Exportaciones e Inversiones con su plan Pro Ecuador, quienes según su propia descripción de la situación actual mencionan, la existencia de alrededor de 3.6 millones de hectáreas disponibles para la repoblación forestal, lo que muestra el alto índice de producción que podría tener el país, por lo que invitan a empresas madereras a invertir en este sector económico.(Pro Ecuador, 2013)

En Ecuador se publicaron entre 1980 y 1990, algunos documentos relacionados con el uso de la madera como material constructivo, esto con el fin de fomentar el uso y que los niveles de calidad de la madera sean los adecuados para la construcción. Esta serie de manuales fueron elaborados por una comisión latinoamericana, con la participación de profesionales provenientes de Venezuela, Colombia, Bolivia y Perú; a este proyecto se lo denominó Proyecto Andino de Desarrollo Tecnológico en el área de los Recursos Forestales (PADT-REFOR). De él surgieron documentos como Manual de Clasificación Visual para Madera Estructural; como también Tablas de Valores Promedio de las Propiedades Físicas y Mecánicas de la Madera de 104 Especies del Grupo Andino, publicado en 1981, el Manual de Diseño para Maderas del Grupo Andino publicado en 1982, Manual del Grupo Andino para la Preservación de Maderas, publicado en 1988.

El año 2010 en el Código Ecuatoriano de la Construcción se incluyó un capítulo para el correcto uso de la madera en la construcción donde se determinan las implicaciones acerca de la forma, calidad, tamaño y tipo de la madera, así como los aspectos a considerar para preservar la madera. (Código Ecuatoriano de la Construcción-2010).

Guayaquil, particularmente ha estado muy ligada al uso de la madera para la construcción, a comienzos del siglo XIX las construcciones de edificios en su mayoría eran de maderas tanto estructuralmente como en componentes no estructurales, influenciada por la industria naval que utilizaba este material, en este tiempo existía una gran oferta de madera por parte de aserraderos que veían el negocio rentable. La madera que comúnmente se utilizaba para elementos

estructurales era el *guachapelí*, el *cedro* se utilizó en paredes, mientras que los pisos eran de *roble*. El terreno pantanoso de reducida capacidad para soportar grandes pesos daba lugar a que no se construyera con piedra y se lo haga con madera por ser este último un material más ligero, además se consideraba que la madera respondía



Gráfico 2

Malecón antiguo de Guayaquil
Fuente: Archivo histórico de Guayaquil

muy bien ante la humedad y a las altas temperaturas de Guayaquil. (Compte, 2007)

La llamada arquitectura tradicional o construcción con madera se vio eclipsada por los continuos incendios que se suscitaron en la ciudad, especialmente luego del gran incendio del 5 y 6 de octubre de 1896 y el de 1902 conocido como incendio del Carmen; además se expidió en 1905 la ordenanza en la cual se prohibía el uso de madera



Gráfico 3

Barrio las Peñas inicio del siglo XX
Fuente: Fundación Malecón 2000

en fachadas , soportales, paredes y tumbados, de esta manera poco a poco se fue introduciendo el hormigón armado como una solución constructiva y fue desplazando el uso de madera,(Compte. 2007). En la actualidad se utiliza muy poco la madera como material estructural para la construcción en Guayaquil, limitándose a la producción de puertas, ventanas, pisos, muebles, elementos decorativos.

1.2 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

El 47% de las 27 millones de hectáreas del territorio nacional se encuentra cubierto por bosques, de las cuales 11.6 millones de hectáreas son de bosque forestal, y el 90% corresponden a bosques nativos, (bosques donde se encuentra la mayor cantidad de especies estructuralmente maderables) de estos, 7 millones de hectáreas

se catalogan como bosques que son potencialmente productores, en los cuales podemos encontrar especies como, Chanúl, Seike, Fernán Sánchez, entre otras, estas especies son habitualmente usadas en la construcción. (Villa, 2008).

Ecuador posee un recurso que no solo debe ser visto como una riqueza turística y ambiental sino también como una riqueza que puede generar en la industria maderera un nicho para el desarrollo económico. Una visión de la madera como parte de la matriz productiva ha sido impulsada por el gobierno ecuatoriano, reconociendo la importancia del recurso forestal creó en el año 2008 el programa Socio Bosque que tiene como finalidad incentivar económicamente la preservación de los bosques además de regular la explotación para que sea controlada y programada a fin de evitar la deforestación. (Ministerio del Ambiente, 2008)

Si bien existen incentivos para el sector maderero, esto no es absolutamente determinante para que la industria maderera amplíe su producción de elementos para el uso estructural (vigas , columnas, cuarterones),ya que industria destina constantemente a los depósitos (lugar de venta de la madera estructural) el 35 % del total de la madera movilizad, porcentaje de producción que muestran los datos publicados por el Sistema de Administración Forestal (SAF) mientras que el 65% de la madera movilizad es para elaboración de productos como los contrachapados (19,6%), tableros aglomerados (18,5%), procesados de balsa (12,3%), astillas/chips (8,9%) y pallets (5,7%), productos que no son de uso estructural para la construcción. (Descripción de las cadenas productivas del Ecuador, 2011)

El poco desarrollo de la industria de madera estructural se podría atribuir en parte a la poca demanda de elementos estructurales de madera por parte de los arquitectos diseñadores de viviendas, los cuales hacen uso preferencial del hormigón armado como material de estructural de soluciones habitacionales. Por tal razón se ha perdido lo que en algún tiempo se denominó arquitectura tradicional ocasionando que hoy se considere la madera como un material alternativo y en muchos casos siendo relegado a la connotación de un material estético. Los arquitectos de Guayaquil suprimen el uso del material como respuesta a la poca resistencia que el material presentó ante el fuego en los varios incendios que se suscitaron en la urbe y siendo remplazado por el hormigón armado que se destacaba como el material predilecto en la arquitectura moderna. (Compte, 2007).

En este sentido, el desuso de la madera en elementos estructurales tiene que ver esencialmente con pensamientos prejuiciosos, además de la falta de motivación cognoscitiva de los diseñadores arquitectónicos, los cuales no utilizan la madera como el material estructural en sus diseños, impidiendo construir más barato y de crear un nuevo nicho de desarrollo económico en el país, que se evidencia en la falta de oferta por parte de una industria que produzca la madera con un fin estructural. El tener un recurso renovable como la madera y no explotar las reales posibilidades que tiene en el campo de los elementos estructurales es un factor que debe mejorarse por parte de la industria maderera, sin embargo es aún más preocupante que se extraigan de bosques nativos especies maderables con propiedades idóneas en el ámbito estructural y que estas sean utilizadas en su mayoría con otros fines como, muebles, puertas, entre otros.

Surge la interrogante acerca de la factibilidad del uso de la made-

ra en las estructuras de las viviendas de la urbe guayaquileña con la intención de obtener un diagnóstico claro acerca de las posibilidades del uso del material, conociendo que existió una cultura de construcción maderera que se haya perdida. Además que los arquitectos no deben limitar sus diseños al hormigón armado, más bien deben plantearse alternativas de materiales constructivos y ejecutarlas.

La construcción de edificaciones con estructuras de madera puede significar la alternativa constructiva, económica y estética que los profesionales en la actualidad buscan a fin de satisfacer la demanda habitacional de la sociedad guayaquileña.

1.3 OBJETIVO GENERAL

- Determinar la factibilidad de la construcción de viviendas con estructura de madera en la ciudad de Guayaquil

1.4 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar las especies y características de la madera de uso estructural disponibles en el comercio de elementos estructurales de la ciudad de Guayaquil.
- Establecer las ventajas y limitantes tanto económicas como técnicas del uso de la madera como material estructural.
- Identificar las metodologías constructivas utilizadas en viviendas con estructura de madera.

1.5 JUSTIFICACIÓN

Históricamente los arquitectos de Guayaquil han trabajado con la madera como material de los elementos estructurales, pero su uso en la construcción de edificaciones disminuyó con la introducción del hormigón armado en el campo estructural, históricamente en gran medida motivado por los arquitectos e ingenieros italianos que residían en la ciudad a principios del siglo XX (Ochoa, 2013). Sin embargo las metodologías constructivas han evolucionado. Las tecnologías aplicadas al uso de la madera no son precisamente las que se utilizaron en el pasado y por ello se presenta como una alternativa para arquitectos y constructores retomar la utilización de un material que se ha sido excluido del ámbito estructural pero que sin duda posee características térmicas, acústicas, mecánicas o estéticas que beneficiarían a las edificaciones del entorno guayaquileño.

Dentro de las tipologías arquitectónicas se encuentra la vivienda, aquella tipología que es la de mayor construcción en la ciudad de Guayaquil, su demanda es alta debido al déficit habitacional que supera las 100.000 viviendas según los datos publicados por el Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda. Para solucionar este déficit se necesitarían la construcción de diez mil viviendas por año según Carlos Salmon director de terrenos del Municipio de Guayaquil. Esta premisa prioriza la evaluación de factibilidad de este tipo de construcción por su volumen demandado.

Para los arquitectos la elección de un material como parte del sistema estructural de una vivienda es muy importante pues este implicaría ciertas ventajas o limitaciones, funcionales y espaciales en

cuanto al diseño, dependiendo de la tipología arquitectónica en la que se encuentre un proyecto determinado.

Por ello es necesario conocer las características e implicaciones que tiene la madera como material estructural y las tecnologías constructivas actuales que hacen uso del mismo. De esta manera la investigación pretende ser aporte para el conocimiento de las características de la madera y una guía para que los arquitectos tengan la certeza de poder incluir a la madera como un material estructural en sus diseños.

CAPÍTULO 2

LA MADERA Y SUS CARACTERÍSTICAS EN LA CONSTRUCCIÓN

2.1 CONCEPTOS GENERALES DE LA MADERA

2.1.1 Concepto

La madera es un material de origen vegetal, específicamente es un tejido fibroso de origen leñoso, se constituye por células de estructura tubular huecas paralelas al eje del árbol, la unión de estas estructuras celulares una junta a la otra forman los anillos que se pueden apreciar al realizar un corte transversal al tronco de un árbol, la forma de estos anillos, su distribución, su tamaño, su aspecto anatómico y su constitución son aspectos que les otorgan las cualidades físicas y mecánicas a cada especie. (La madera y sus derivados, 2013)

2.1.2 Crecimiento de la madera

El crecimiento de la madera se lo denota por la cantidad de anillos que la conforman, los cuales se crean a medida que crece el árbol y no dejan de crearse hasta la muerte del mismo. Cuando los anillos se pueden distinguir fácilmente, la densidad de la madera es baja, mientras que cuando los anillos no se pueden distinguir con facilidad se trata de una madera de alta densidad, esto se debe al tipo de especie y las condiciones climáticas donde creció, de esta manera se podría diferenciar visualmente entre una madera de mayor y menor resistencia debido a que la densidad está muy relacionada con las propiedades mecánicas de las maderas. (Espinoza, A. Salazar .F; 2011)

Los anillos de crecimiento están formados por “madera temprana” y “madera tardía”. La madera temprana recibe este nombre debido a que se forma en la primera etapa del crecimiento mientras que la madera tardía se forma con posterioridad, en algunas especies se puede apreciar su diferencias ya que la madera temprana posee

cavidades grandes y pared delgada mientras que la madera tardía posee cavidades más pequeñas y pared más gruesa, estas diferencias son notables en especie que se encuentran en Ecuador como es el caso del Eucalipto Glóbulos especie donde se pueden distinguir sus fibras con facilidad a diferencia del Guayacán Pechiche o el Caimitillo donde las diferencias son poco notorias esto se debe a que estas especies poseen un crecimiento continuo por ello no se encuentran grandes diferencias entre anillo y anillo.(Espinoza, A. Salazar .F ,2011)

2.1.3 Composición química de la madera

Celulosa: polisacárido compuesto únicamente por moléculas de glucosa tiene una apariencia blanca y se produce como resultado de la fotosíntesis. Representa un 50% de la madera.

Lignina: sustancia que permite mantener unidas la fibras que conforman la madera, el mayor o menor contenido de esta sustancia ayudará a tener una mayor resistencia a esfuerzos mecánicos. Representa 30% de la madera.

Otros elementos: el 20% restante lo conforman elementos como el agua, almidón y resinas. (Villalba H, 2013)

2.1.4 Partes del tronco

Al realizar un corte transversal al tronco del árbol podremos ver que está conformado por anillos, estos pertenecen a las fibras que constituyen el tronco. Las características y disposición de las fibras afectan a las propiedades de la madera A continuación se describen las fibras que configuran el tronco. (Materiales de uso técnico la madera, 2013)

- Médula: tejido formado durante el primer año de crecimiento, es formado por células débiles se encuentra en la parte central del tronco.
- Duramen: está formada por células muertas que se encuentran muy lignificadas, su aspecto es seco y duro, su color es más oscuro que la albura. El duramen es la capa más resistente al ataque de hongos e insectos y su color está relacionado con la resistencia a la pudrición que pueda tener, es decir mientras más oscuro será menos resistente a la pudrición mientras que si el color del duramen es más claro su resistencia a la pudrición será mayor.
- Albura o leño: formada por células vivas en su parte exterior y es responsable del transporte de la sabia bruta desde la raíz hasta las partes más altas, a medida que pasa el tiempo y el árbol crece las células interiores mueren y pasan a engrosar el duramen.
- Cambium: son capas de células vivas entre la albura y la corteza interna durante el periodo de crecimiento da lugar a la albura y nuevas células de la corteza interna.
- Corteza interna: es conocida también como floema o liber, es por esta fibra por donde circula la sabia elaborada, la confirman células que poco a poco se desplazan al exterior formando la corteza externa.
- Corteza externa: consiste en una capa de células muertas que permite la protección del árbol contra el ataque de parásitos e insectos así como contra la inclemencia del tiempo.

La parte más importante para la industria maderera de la construcción es el duramen por ser la parte más seca y rígida, además también se utiliza la albura que contienen células vivas que transportan agua y nutrientes. (Materiales de uso técnico la madera, 2013)

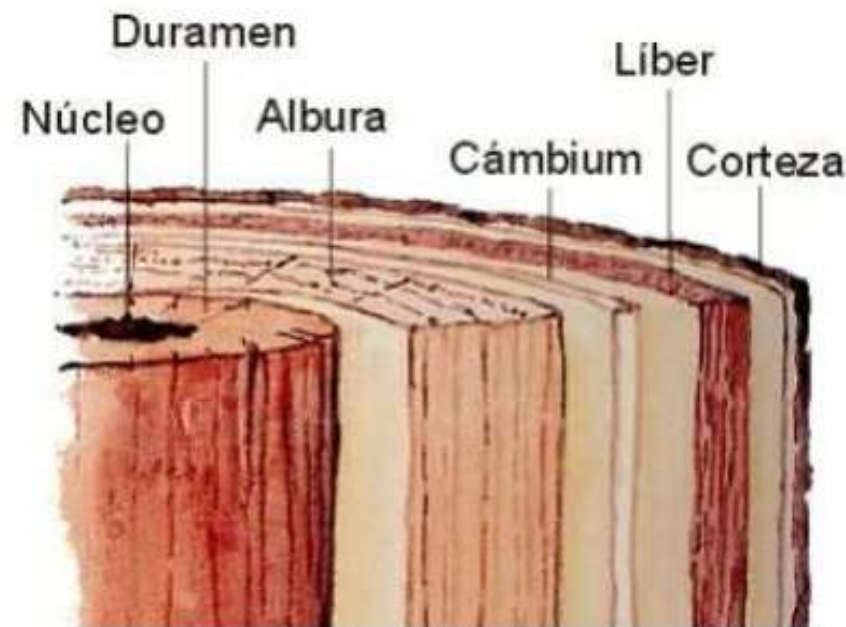


Gráfico 4

Partes del tronco
Fuente: (Villalba Hervas, 2013)

2.1.5 Clasificación de la madera

La madera podría clasificarse en una gran diversidad de aspectos según el criterio que se considere, a continuación se exponen las formas más comunes de clasificarlas.

Clasificación de la madera según su dureza:

Maderas blandas: Son aquellas especies de árboles con madera ligera, de rápido crecimiento, de color claro y nudos pequeños que permiten la facilidad de trabajar y son de bajo coste. Se caracterizan por tener hoja perenne y ser resinosos. Generalmente se incluyen a las especies de árboles coníferas en este grupo tal es el caso del Pino radiata y el Cedro especies que se encuentran principalmente en la región andina del Ecuador, es importante aclarar que se denominan maderas blandas principalmente por su grado de trabajabilidad mas no porque sean poco resistentes. (Villalba Hervas, 2013)

Maderas duras: Son maderas de mayor densidad que las blandas, tiene una estructura compacta y contienen poca resina, no presenta mayormente nudos y poseen más vetas que la madera blanda. Los anillos anuales están muy juntos casi no se pueden diferenciar, este tipo de madera pertenece a los árboles de hoja caduca los mismos que tienen crecimiento lento y en el mercado maderero tienen mayor valor que las maderas blandas. El Guayacán Pechiche, el Caimitillo o el Fernán Sánchez son algunas de las especies de madera dura en Ecuador. (Villalba Hervas, 2013)



Gráfico 5

La madera de Eucalipto pertenece al grupo de maderas blandas
Fuente: Ecuador forestal, 2013



Gráfico 6

La madera de Guayacán pertenece al grupo de maderas duras;
Fuente: Ecuador forestal, 2013

Según el grado de humedad la madera se clasifica en:

Maderas verdes: son aquellas maderas que han sido recién cortadas y no han pasado por un proceso de secado por ello tienen una humedad superior al 30% regularmente se encuentra entre el 30-35%, la madera verde no es apta para trabajarla además no es adecuada para el uso en estructura debido a que sus propiedades mecánicas no son las ideales. (Materiales de uso técnico la madera, 2013)

Maderas desecadas: el grado de humedad se reduce hasta 10-12% mediante procesos naturales. La madera que se obtiene de los depósitos es de este tipo ya que el proceso de secado de la madera en nuestro medio en su gran mayoría se lo realiza al aire libre. (Materiales de uso técnico la madera, 2013)

Maderas secas: se reduce la humedad hasta 3% se utilizan procesos artificiales de secado porque permiten obtener el resultado en menor tiempo consiguiendo la dureza y resistencia adecuada. (Materiales de uso técnico la madera, 2013)

2.1.6 Características generales de la madera

Anisotropía

La madera está conformada por varios tejidos que poseen diferentes funciones que a su vez dotan al material de una estructura heterogénea que se manifiesta en las propiedades físicas y mecánicas de cada especie, características que son determinantes al momento de considerar causas de defectos o ventajas según corresponda el uso final de la madera. Esta heterogeneidad se la conoce como anisotropía, pues el diferente comportamiento de sus propiedades físicas y mecánicas variarán según la dirección que se considere con respecto a las fibras que conforman su estructura, las cuales pueden ser paralelas a las fibras (longitudinal) o perpendicular a las fibras (radial y tangencial).

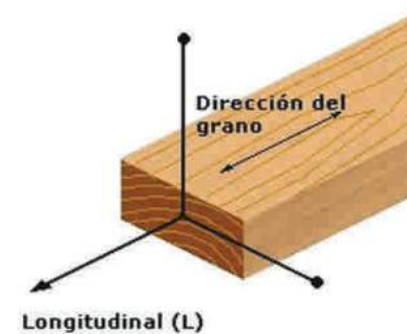


Gráfico 7

Eje longitudinal de una pieza de madera
Fuente: Silvana Carangui, Viviana Lasso, 2010

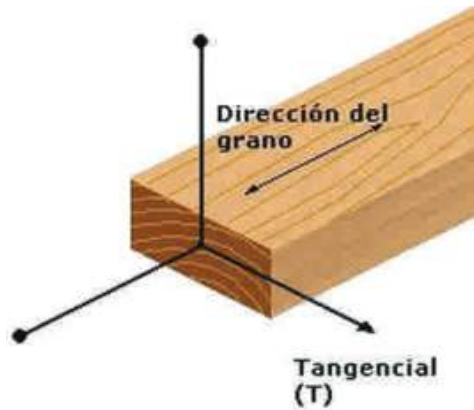


Gráfico 8

Eje tangencial de una pieza de madera
Fuente: Silvana Carangui, Viviana Lasso, 2010

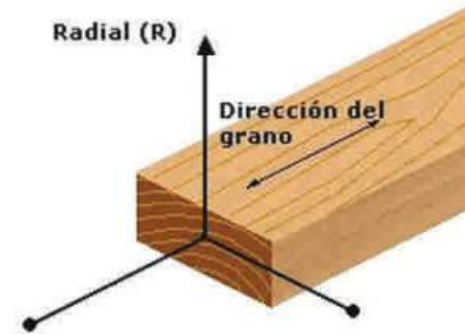


Gráfico 9

Eje radial de una pieza de madera
Fuente: Silvana Carangui, Viviana Lasso, 2010

Higroscópico

Se define a la madera como un material higroscópico debido a que tiende a absorber y perder agua según las condiciones del ambiente donde se encuentre. Este fenómeno se produce debido a que la madera es un material permeable que busca equilibrar la cantidad de agua contenida en su interior con la humedad del entorno donde se encuentre. Esta humedad de equilibrio se conoce como humedad de equilibrio higroscópico.

Para obtener la humedad de equilibrio higroscópico se debe tomar en cuenta la humedad relativa y la temperatura del aire. A cada estado ambiental le pertenece un determinado grado de humedad de la madera que se conoce como humedad de equilibrio higroscópico (HEH). En Guayaquil la temperatura del aire media anual es de 25 °C, mientras que la humedad relativa media anual es de 79.5 % y la humedad de equilibrio de la madera media anual es de 17%. (NEC, 2011)

2.1.7 Propiedades físicas de la madera

Las propiedades físicas de la madera son todas aquellas características que definen su comportamiento frente a los factores que actúan dentro de un determinado medio natural, esto sin modificar su composición química y propiedades mecánicas. El conocimiento de las características físicas es vital para los arquitectos, de manera que incluyan en sus diseños la elección apropiada de la madera de acuerdo con los fines funcionales que requieran.

A continuación se describen las propiedades físicas de la madera más relevantes:

Contenido de la humedad de la madera

El contenido de humedad de la madera se lo define como la cantidad de masa de agua que se encuentra contenida en el interior de la misma, la humedad se expresa como un porcentaje de la masa de la madera anhidrida y para encontrar la masa de agua que contiene

una determinada especie de madera se resta la masa de la madera inicial menos la masa de la madera anhidrida. (Madera generalidades-informadera.net).

Hinchazón y merma de la madera

La humedad produce variaciones de las dimensiones de la madera, cuando aumenta su contenido de humedad la madera se hincha y cuando disminuye se contrae o merma. Estas alteraciones se producen solo cuando la humedad se encuentra bajo el punto de saturación de las fibras que lo componen, esto es aproximadamente 30% de humedad, si incrementa más del 30% se produce un aumento de peso pero su volumen se mantiene constante.

Debido a la anisotropía de la madera esta produce variaciones dimensionales axiales, tangenciales y radiales, para evaluarlas existen coeficientes de contracción que determinan el aumento o disminución del volumen de la madera dependiendo del contenido de humedad. Se procura que para elección de un tipo de madera destinada al uso estructural los coeficientes de contracción tangencial y radial sean muy parecidos ya que caso contrario durante el proceso de secado la madera podría deformarse y sufrir grandes ondulaciones. (Madera generalidades-informadera.net).

Densidad

La densidad se define como la relación entre la masa y el volumen de la pieza de madera un determinado contenido de humedad, si bien se recomienda trabajar con maderas que posean un contenido de humedad del 12 % existen diferentes tipos de densidades que se pueden considerar a la hora de trabajar con la madera y esto se debe

a la variación porcentual de humedad que contiene la madera, de modo que se podría clasificar de la siguiente manera:

- Densidad básica: es la relación entre la masa de la madera en estado anhidrido y su volumen en estado saturado con un contenido de humedad como mínimo del 30%
- Densidad anhidrida: es la relación que existe entre la masa y el volumen de la madera sin contenido de humedad
- Densidad verde: es la relación que existe entre la masa y el volumen de la madera, con un contenido de humedad superior al 30%
- Densidad seca al aire: es la relación que existe entre la masa y el volumen de la madera, con un contenido de humedad alrededor del 12 %. (Norma ecuatoriana de la construcción. Capítulo 7 , 2011)

Dureza

La dureza de la madera hace referencia a la resistencia que opone a penetración de cuerpos extraños, entre estos, clavos, tornillos, herramientas. La densidad y dureza están muy relacionadas ya que dificultan el trabajo en la madera ya sea con equipo mecánico o manualmente. (Villa. E, 2008)

Tenacidad

La madera opone resistencia a romperse fácilmente cuando es golpeada. (La madera y sus derivados, 2013)

Hendibilidad

La hendibilidad se define como la facilidad de partir la madera en el sentido de las fibras o vetas. Las vetas son bandas de colores claros y oscuros producto de la orientación de las fibras que componen la madera .la madera será más dura siempre que presente una veta más apretada. (La madera y sus derivados, 2013)

Propiedades térmicas

La madera posee coeficientes de dilatación cercanos a cero lo que significa que su dilatación es mínima, de igual manera la madera es un mal conductor de calor por ejemplo las coníferas la conductividad calorífica varía aproximadamente de 0.11 Kcal / mh°C. En nuestro medio el pino y el eucalipto son especies muy utilizadas en la region andina debido a su bajo nivel de transferencia calorífica , de este modo las casas que poseen paredes de este material no permitirán la pérdida de calor del interior al exterior , las maderas frondosas poseen una conductividad calorífica media de 0.15 Kcal / mh°C.

La madera es un mejor aislante térmico que otros materiales. Es aproximadamente 260 veces mejor aislante térmico que el acero. (Ing. Humberto Alvarez, 2013)

La madera no necesita mucha energía para tener una temperatura de 150 °C, debido a su bajo coeficiente de calor específico, el cual varía entre 0.4 a 0.7 Kcal / Kg°C. Una vez que la madera llega a esta temperatura comienza a desprender gases combustibles y por lo tanto aparecen las llamas.

En el momento que la madera empieza a combustionarse se forma carbón en las capas externas lo que retrasa la propagación del

MATERIAL	Kcal/m.h./°C
Aluminio	172
Acero	39
Hormigón	1
Ladrillo macizo	0,75
Vidrio	0,6
Yeso	0,45
Madera de latifoleadas	0,15
Madera de coníferas	0,11
Tablero de partículas	0,08
Tablero de fibras	0,06

Tabla 1

Cuadro de conductividad térmica de materiales comunes en la construcción
Fuente: Ing. Humberto Álvarez

calor hacia el interior, el carbón actúa como una barrera térmica constituyéndose un aislante para las fibras interiores. La velocidad de carbonización aproximada de la madera es de 0.7 mm/mn. Por ello la zona interior apenas sufre alguna modificación y mantiene sus propiedades mecánicas originales de forma totalmente diferente de cómo se comporta el acero y el hormigón.

En un incendio el comportamiento de la madera es menos peligroso de lo que las personas puedan creer ya que posee una baja conductividad térmica lo que permite que la temperatura disminuya hacia el interior, la carbonización que se produce en la capa exterior impide la salida de gases y el ingreso del calor, además al ser un material de mínima dilatación casi inexistente no deforma los elementos que estén trabados a él. (Villa. E, 2008)

Propiedades eléctricas

La madera seca es un excelente aislante eléctrico sin embargo a medida que su proporción de agua aumenta descende su resistencia óhmica (madera generalidades, 2013)

2.1.8 Propiedades mecánicas de la madera

Sin lugar a dudas una de las ventajas de la madera por sobre otros materiales es la diversidad de especies botánicas, las cuales permiten a los arquitectos tener un sin número de posibilidades estéticas con las cuales responder a las necesidades de un proyecto arquitectónico, sin duda estas características estéticas y físicas deberán estar acompañadas por las características mecánicas las cuales se deberán tomar en cuenta según la función que cumpla el material en un elemento constructivo, si nos referimos a elementos partes de la estructura de la edificación esto induce a que la elección de la especie de madera no solo debe satisfacer la estética del proyecto sino también las cargas estructurales a las que el mismo está sujeto.

Las propiedades mecánicas de la madera son las siguientes:

Esfuerzo de compresión

Se refiere a la resistencia que posee una determinada especie de madera a los esfuerzos o fuerzas que actúan en sentido opuesto y que tienden a converger en un punto y a aplastar el elemento. Las columnas dentro de un sistema estructural de marcos rígidos soportan este tipo de esfuerzos. (Diccionario de arquitectura y construcción, 2013)

Esfuerzo de tracción

Se refiere a la resistencia que posee una determinada especie de madera a los esfuerzos o fuerzas que actúan en sentido opuesto y tienden a estirarlo a lo largo de su línea de acción. (Diccionario de arquitectura y construcción, 2013)



Gráfico 10

Esfuerzo de compresión

Fuente: Manual construcción de viviendas en madera, 2007



Gráfico 11

Esfuerzo de tracción

Fuente: Manual construcción de viviendas en madera, 2007

Esfuerzo de Flexión

Un cuerpo está sometido a flexión cuando actúan en él fuerzas en un mismo sentido que tienden a doblarlo. Uno de los esfuerzos que soporta una viga en un sistema estructural de marcos rígidos son de flexión. (Diccionario de arquitectura y construcción, 2013)

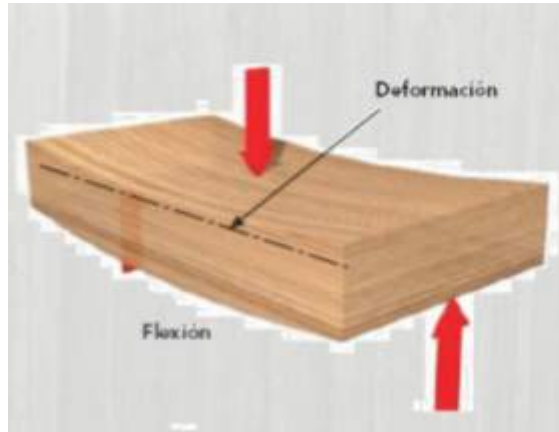


Gráfico 12 Esfuerzo de Flexión
Fuente: Manual construcción de viviendas en madera, 2007

Esfuerzo Cortante

La madera se somete a un esfuerzo de cizalladora o cortante cuando dos fuerzas en sentido contrario tienden a cortarla. (Diccionario de arquitectura y construcción, 2013)

Módulo de elasticidad

El módulo de elasticidad de la madera representa el grado de rigidez de la misma. Es el resultado de la división del esfuerzo unitario entre la deformación unitaria, siempre que se encuentre bajo el límite de elasticidad del material. (Diccionario de arquitectura y construcción, 2013)



Gráfico 13 Esfuerzo de corte
Fuente: Manual construcción de viviendas en madera, 2007

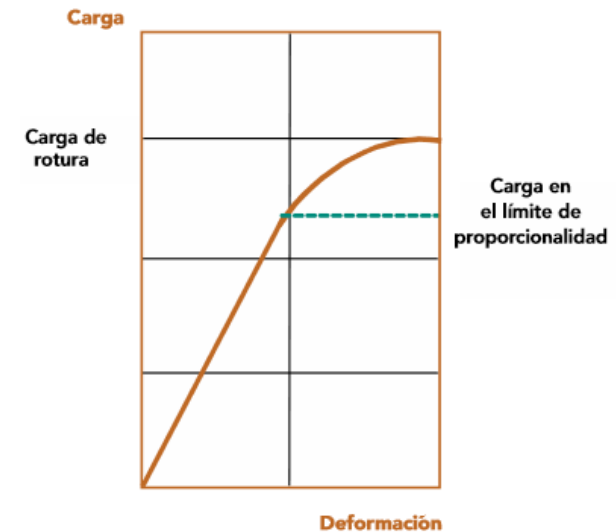


Gráfico 14 Gráfico carga-deformación
Fuente: Manual construcción de viviendas en madera, 2007

Módulo cortante

El módulo de corte o módulo de rigidez transversal relaciona la capacidad que tiene la madera de resistir esfuerzos de corte con la deformación producida por este esfuerzo. (Diccionario de arquitectura y construcción, 2013)

Por la anisotropía de la estructura de la madera al momento de definir sus propiedades mecánicas se deben tomar a consideración la dirección perpendicular y paralela a las fibras, de aquí se reconoce una gran diferencia con otros materiales como el hormigón y el acero donde esto no ocurre. La resistencia y módulos de elasticidad en la madera son más elevados en dirección paralela a las fibras que en dirección perpendicular como se muestra en la tabla 2.

	Flexión	Tracción		Compresión		Cortante	Módulo de elasticidad
		paral.	perp.	paral.	perp.		
Madera	120	120	1,5	110	28	12	110.000
Hormg.	80	6		150		6	200.000
Acero	1700	1700		1700		1000	2.100.000

Tabla 2 Comparación de las propiedades mecánicas en Kg/cm² de la madera, hormigón y acero

2.1.9 Propiedades ecológicas de las maderas

La madera es una materia prima renovable

Dependiendo el tipo de especie podría existir un crecimiento lento y desabastecimiento de madera debido a la sobreexplotación del bosque. Sin embargo en Ecuador existen leyes que regulan el aprovechamiento de los bosques sobretodo los bosques nativos donde se encuentran especies de crecimiento lento. (La madera y sus derivados, 2013)

La madera es biodegradable

Esto quiere decir que se descompone naturalmente con el paso del tiempo en sustancias más simples, trabajar con madera reciclada contribuye a la preservación del bosque y se evita el proceso de

extracción de la madera hasta su presentación en tablonces lista para trabajar. Con madera reciclada se pueden elaborar papel, cartón o tableros prefabricados. (La madera y sus derivados, 2013).

2.1.10 Proceso de obtención de la madera

El proceso descrito a continuación describe desde la extracción de la madera de los bosques como materia prima hasta la obtención de tablonces los cuales posteriormente serán trabajados según el producto que se quiera fabricar.

Tala

La tala se la realiza con sierra mecánica y escogiendo los árboles que serán talados de manera selectiva y racional a fin de evitar una sobreexplotación, el corte se lo realiza en la base del árbol. Es vital e importante para mantener el recurso de la madera solo talar árboles en su madurez, para evitar que un bosque se quede sin árboles y a su vez haya que esperar largos periodos de tiempo para volver a talar se utilizan métodos de talas sostenibles como los que se describen a continuación:

- Método de talas parciales: es aquel en el que el bosque se divide en parcelas y se tala rotatoriamente, dependiendo del ciclo del crecimiento del árbol se talará la superficie que contenga los arboles maduros.
- Método de los arboles sembraderos: es aplicable en los casos en que los árboles existentes sean de rápido crecimiento entonces se tala la totalidad del bosque dejando diseminados algunos árboles que actuaran como reproductores.

- Método de tala selectiva: los árboles se talarán dependiendo de su tamaño y calidad de todas las zonas del bosque. (La madera y sus derivados, 2013)



Gráfico 15

Tala de la madera

Fuente: La madera y sus derivados, 2013



Gráfico 16

Poda, corte de las ramas del árbol

Fuente: La madera y sus derivados, 2013

Poda

En ocasiones solo se utiliza el tronco del árbol para producir madera industrialmente

Transporte

Para retirar los troncos del bosque y llevarlos a la vía más cercana se utiliza maquinaria especializada que lo coloca en un camión si es transportado por vía terrestre hasta su destino. Otra forma de transportar los troncos es por agua en lugares donde no existe el acceso vial terrestre. (La madera y sus derivados, 2013)



Gráfico 17

Transporte de la madera de Eucalipto

Fuente: Ministerio del Ambiente



Gráfico 18 Transporte por el río Mataje de trozas de Sande
Fuente: Ministerio del Ambiente

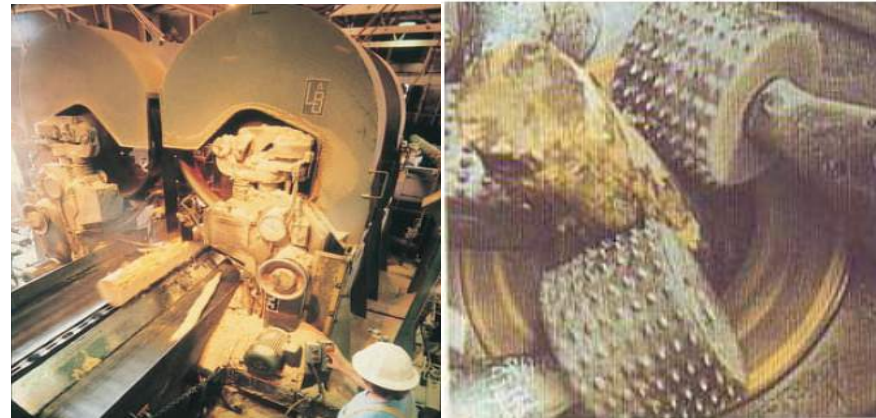


Gráfico 19 Descortezado y trozado
Fuente: Villalba Hervas, 2013

Descortezado

Se basa en el retiro de la corteza del tronco. Se realiza por medio de una cadena de rodillos. La corteza se suele usar para la fabricación de papel o combustible, luego los troncos son cortados transversalmente en trozos iguales para su posterior aserrado. (La madera, 2013)

Aserrado

En esta etapa se divide el tronco en piezas de dimensiones determinadas para que sean usadas en taller según sean requeridas.

Secado

Antes de usar la madera se debe reducir su grado de humedad hasta un valor inferior al 15%, de esta manera se evitara deformaciones posteriores e incluso se reduce el peso del material y la probabilidad de ser atacada por hongos.

Existen 3 métodos de secado

- El secado natural que consiste en apilar las tablas aisladas del suelo en espacios donde exista buena ventilación.
- Secado artificial: el secado se lo realiza con procedimientos que incluyen aire caliente, vapor de agua, ozono, calentamiento eléctrico, entre otros.
- El secado mixto: se hace uso de ambas técnicas descritas anteriormente. (Villalba Hervas, 2013)

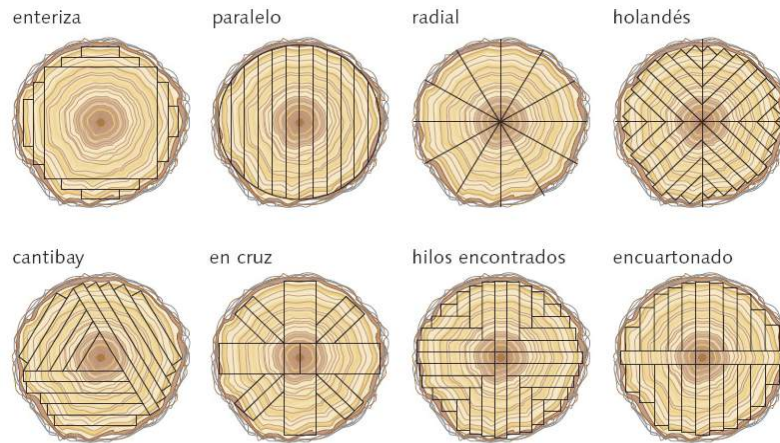


Gráfico 20 Tipos de aserrado (cortes) de la madera
Fuente: La madera y sus derivados, 2013



Gráfico 21 Secado de la madera al aire libre
Fuente: La madera y sus derivados, 2013

Cepillado

Es la última operación. Mediante ella se eliminan las irregularidades y se da a la madera un buen acabado y las medidas adecuadas. (La madera: obtención, propiedades y Aplicaciones. Clasificación de las maderas., 2013)

2.1.11 Conclusión

La madera es un material que se puede utilizar en elementos estructurales, pero debe pasar por un proceso de preparación que permita su utilización, ya que sus características difieren con la de los materiales como el hormigón y el acero por tener un origen orgánico. Los procesos desde la extracción o tala hasta el cepillado de la madera debe ser controlado para tener una madera de óptima calidad. La madera que se utilizará en las estructuras debe tener un control



Gráfico 22 Cepillado
Fuente: La madera y sus derivados, 2013

exigente en el secado de la madera ya que el aumento de humedad en el interior de la madera es proporcional a la pérdida de resistencia a esfuerzos mecánicos.

Al ser la madera un material orgánico compuesto por fibras no responderá de igual manera en todas las direcciones en que se apliquen una determinada fuerza, este fenómeno se conoce como anisotropía y las cargas pueden aplicarse en el sentido paralelo a las fibras como perpendicular a las mismas. Los constructores y arquitectos deben conocer esta cualidad del material ya que las propiedades mecánicas cambian según sea la dirección de la fuerza o carga, de allí que se podrá determinar la posición conveniente del elemento estructural de madera.

La higroscopicidad de la madera debe ser tomada en consideración para evitar que por esta característica de absorber y perder agua, según la humedad del ambiente se causen efectos de contracción o hinchazón que no fueron previstos en el proyecto y consecuentemente fallen las uniones entre los elementos estructurales de madera.

Por el bajo coeficiente de conductividad calorífica la madera es utilizado por muchos arquitectos como un material de aislamiento térmico, sin embargo no se debe confundir los conceptos, debido a que si bien dentro de sus fibras el calor no se propaga con rapidez, el material si se calienta más rápido que otros materiales de construcción como el hormigón, por lo cual el uso de retardantes químicos son una gran ayuda para posibilitar el uso del material, además es importante conocer que el carbón que se forma al combustionarse la madera actúa como una capa retardante que impide que el calor permita calentar y quemar la madera hasta el interior.

Es importante conocer que la madera a diferencia de materiales como el hormigón es biodegradable y sobre todo que es una materia prima renovable de la cual Ecuador puede hacer uso, pues cuenta con todas las posibilidades climáticas para producirla respetando su biodiversidad y la gran fuente de oxígeno que representa para el planeta.

2.2 PRESERVACION Y PATOLOGIA DE LA MADERA ESTRUCTURAL.

2.2.1 Desarrollo de la preservación de madera en Ecuador

Las primeras industrias de la preservación de madera se establecen luego de finalizada la segunda guerra mundial, al existir en Ecuador un auge por la exportación de madera de balsa se debieron desarrollar métodos que permitan preservar la madera de los ataques de hongos e insectos que podían disminuir el valor del producto. A continuación le siguieron la creación de empresas que se dedicaban a la elaboración de pisos de maderas, molduras, muebles entre otros productos pertenecientes a la industria secundaria, que propició a finales de la década del 50 la incorporación de productos de aplicación manual que protejan el material. (Manual del grupo andino para la preservación de maderas, 1988)

La primera planta de tratamiento perseverante de la madera basada en el sistema vacío-presión se instaló en el país en el año 1966 como una donación de la República Federal de Alemania a la empresa Nacional de Ferrocarriles del Estado, con el fin de preservar los durmientes utilizados en las vías férreas. Además se incluyó la

donación de sales hidrosolubles para ser empleadas como preservante de la madera. El uso de la planta fue esporádico se ubicó en San Lorenzo provincia de Esmeraldas por ser el lugar de mayor explotación de maderas tropicales, especies cuyas maderas son muy resistentes y necesarias para la elaboración de durmientes. (Manual del grupo andino para la preservación de maderas, 1988)

En la ciudad de Quito en el año 1973 inicio el trabajo industrial de la compañía Maderas Preservadas S.A. (MAPRESA), a esta empresa se le atribuye la denominación de pionera en comercialización en gran cantidad de madera preservada, pues fueron ellos lo que introdujeron el uso masivo de madera preservada, sus productos se dirigían a dos campos principalmente : la fabricación de postes de alumbrado eléctrico y la elaboración de elementos prefabricados para la construcción de vivienda, la compañía conto con el apoyo de la empresa internacional OSMOSE WOOD PRESERVING CO que le aportaban el respaldo técnico necesario para la preservación de la madera , incluso MAPRESA logró realizar exportaciones de postes de alumbrado a Venezuela y Colombia, la empresa en la actualidad utiliza el método de impregnación a presión – autoclave.

En 1975 la empresa INEMA se instala a 30 kilómetros al sur de Quito, la compañía trabajó con la asistencia de la empresa Koopers Company Inc. El método utilizado para preservar la madera de Eucalipto es presión- vacío, su principal actividad es la preservación de postes de Eucalipto hasta la actualidad. En Guayaquil la compañía IMPREMA se instaló en 1976 dedicándose principalmente a la preservación de postes de madera Teca.

La empresa ITM con más de 30 años de trayectoria trabajo con-

juntamente con la Empresa Eléctrica Quito S.A., hace más de 30 años en el abastecimiento de postes para la línea de transmisión eléctrica que va desde la ciudad de Santo Domingo de los Colorados, al poblado de los indios Colorados. Esta línea sigue hasta el presente brindando servicio.

En el ámbito académico el instituto de capacitación forestal del Ministerio de Agricultura y Ganadería incorporó entre los años 1976 y 1978 una planta para investigación en el campo de la preservación de la madera en el Ecuador, de esta manera mediante publicaciones emitidas por el ministerio se pudo realizar varias conclusiones acerca de los métodos de preservación sin dependencia internacional comercial. La Universidad Técnica de Loja en 1985 importó una planta de impregnación para realizar estudios investigativos mediante el uso de la autoclave.

Existe un punto de inflexión en cuanto al uso de sistemas preservantes para madera ya que los procesos en Ecuador se profundizaron luego de la visita del especialista Sr. James Taylor en 1976, vino como representante de Rural Electrification Administration de los Estados Unidos (REA), su intervención impulsó el uso de postes de madera preservada para el alumbrado eléctrico. El mismo año también se realizó el tercer simposio internacional OSMOSE, a la cual acudieron importantes empresas latinoamericanas, así como autoridades nacionales y profesionales técnicos relacionados con industrias en el campo maderero. (Manual del grupo andino para la preservación de maderas, 1988)

2.2.2 Agentes destructores de la madera

La madera es un material orgánico que se encuentra expuesto a

ciertos agentes que disminuyen su capacidad de resistencia como material estructural, esta disminución en su capacidad portante puede ser ocasionada por el ataque de microorganismos, bacterias, hongos, insectos, el fuego y la acción de la intemperie. (Rosa Beatriz Vaca de Fuentes, 1998)

Todas las maderas poseen un comportamiento diferente con respecto a los agentes que causan la degradación del material, las especies estructurales de madera maciza deben tener un mayor contenido de sustancias llamadas extractivas como aceites, resinas, taninos, compuestos fenólicos que les otorgan a las maderas cierto nivel de resistencia frente al ataque de hongos e insectos, porque representan sustancias tóxicas para estos agentes destructores. (Silvana Carangui, Viviana Lasso, 2010)

2.2.2.1 Agentes bióticos destructores de la madera

Bacterias

Las bacterias no representan una complicación relevante que pudiera destruir la madera, en la mayoría de los casos, la degradación causada por bacterias es poco significativa. Sin embargo entre las bacterias más peligrosas se encuentra el bacillus polymixa que pueden atacar la madera y generar su pudrición, este tipo de bacteria ataca especialmente a madera sumergida en agua dulce, suele presentarse en madera que ha sido trasladada por vía fluvial.

Los insectos

Algunos insectos utilizan la madera como refugio para depositar sus huevos, lo hacen especialmente en zonas donde existen fisuras en los elementos estructurales, una vez que nacen las larvas cavan la

madera para transformarla en su habitación y recurso alimentario, esto hasta que crecen y realizan un gran orificio para salir de la madera. Los insectos pueden convertirse en una gran plaga que termine debilitando las estructuras de madera, debido que su daño puede no ser visualmente apreciable en las paredes externas del material y es muy probable pensar que el estado del elemento estructural es perfecto sin percatarse que su interior puede estar plagado de larvas de insectos que perforan y comen madera. (Silvana Carangui, Viviana Lasso, 2010)

Entre los principales xilófagos tenemos a los isópteros o termitas, los coleópteros o escarabajos como la carcoma, insecto que se alimentan del almidón, azúcares y sustancias presentes en la albura,



Gráfico 23

Ataque de termitas a la madera

Fuente: Arq. Guillermo González, Universidad del Bio Bio, 2012

se pueden distinguir su presencia por la presencia de un polvo amarillo que dejan después de realizar galerías en la madera, este tipo de insecto atacan a las vigas cargadoras y tanto a especies latifoliadas como coníferas. (Manual para la protección contra el deterioro de la madera, 2010)

También los líctidos o polillas atacan a las maderas parcialmente secas con humedad inferior al 18%, tienen un ciclo larvario de 1 año se alimentan del almidón contenido en la albura, realizan perforaciones de 1.8 mm además atacan a las especies latifoliadas, no atacan generalmente a elementos estructurales mas bien se encuentran en los elementos decorativos, sin embargo una especie de madera que contenga una porcentaje superior al 3 % de almidón en sus paredes celulares, es proclive a padecer este tipo de plaga. (Silvana Carangui, Viviana Lasso, 2010)



Gráfico 24 Ataque de polillas a la madera
Fuente: ABC de conservación de viviendas tradicionales, universidad Simón Bolívar Venezuela, 2010

Hongos

Los hongos son organismos que se reproducen por esporas transportadas por el viento, para que logren su germinación deben cumplir ciertas condiciones ambientales favorables que les permita infectar la madera en que han caído, el principio de degradación de maderas por hongos es que estos destruyen la lignina donde se alojan, la lignina es una sustancia que mantiene unidas las células de la madera, por ello cuando los hongos desintegran la lignina la madera obtiene una apariencia rugosa y agrietada, esto da paso a que exista filtración de humedad que no encuentra obstáculo a su penetración y con ello suelen aparecer mohos que terminará de podrir la madera. (Silvana Carangui, Viviana Lasso, 2010)

Hongos cromógenos: son aquellos que generan manchas de color azul verdoso en la albura de la madera rolliza o aserrada que se encuentre húmeda, se presenta en mayor medida en las especies coníferas. La madera que presente esta afección puede reducir su resistencia mecánica ligeramente además de sus propiedades físicas como incrementar la permeabilidad. La aparición de manchas azules no debe ser tomada a la ligera es un síntoma de la presencia de un hongo de pudrición que ha modificado las propiedades de la madera en cierta medida por condiciones favorables a su crecimiento y las consecuencias posteriores pueden ser la pudrición total de la pieza estructural. (Manual para la protección contra el deterioro de la madera, 2010)



Gráfico 25 Ataque de hongos cromógenos en la madera
Fuente: Silvana Carangui, Viviana Lasso, 2010



Gráfico 26 Aparición de manchas azules en la madera
Fuente: Arq. Guillermo González, Universidad del Bio Bio, 2012

Mohos: el moho es un tipo de hongo que su proliferación en la madera depende de la temperatura y de la humedad abundante contenida en el material, es decir maderas que posean un gran porcentaje de humedad se exponen a que se formen manchas con una apariencia de algodón fino en la capa externa de la madera. Su afección es superficial puede recuperarse el elemento estructural de madera cepillando el mismo, sin causar pérdida de resistencia del material, sin embargo se debe tener en cuenta que un cepillado excesivo reduce la sección transversal del elemento por lo cual el cálculo que se realizó en principio ya no aplicaría a las nuevas dimensiones del elemento estructural, permitiendo que se pueda producir un fallo de la estructura si no se colocan refuerzos estructurales. (Silvana Carangui, Viviana Lasso, 2010)



Gráfico 27 Mohos
Fuente: Silvana Carangui, Viviana Lasso, 2010

Hongos xilófagos: debida a la composición química de la madera conformada por lignina y celulosa, se incrementa el riesgo del ataque de hongos xilófagos o de pudrición, los cuales apetecen estas sustancias. Según sea el consumo de lignina o celulosa se producen ciertas patologías muy características de la madera que a continuación son descritas.

Pudrición blanca: Se produce mediante la descomposición de todos los elementos que conforman la pared celular, especialmente la lignina, la resistencia de la madera disminuye considerablemente al punto de partirse con facilidad, pierde su color y se torna blanquecina y se vuelve fibrosa por ello también se la puede denominar pudrición fibrosa. (LECLERCQ A. 1989)



Gráfico 28 Pudrición blanca de la madera
Fuente: Arq. Guillermo Gonzalez, Universidad del Bio Bio, 2012

Pudrición marrón o parda : es causada por hongos que se alimentan de celulosa evitando el consumo de lignina, La madera presenta una apariencia resquebradiza en el sentido transversal de las fibras, es la pudrición más peligrosa y grave, por la cual la madera pierde peso cambiando sus propiedades físicas y mecánicas. Esta pudrición se produce por la degradación de la celulosa. También se la conoce como pudrición cúbica. Repercute en mayor grado a especies coníferas. (LECLERCQ A. 1989)



Gráfico 29 Contiene: Pudrición parda de la madera
Fuente: CIS-madeira, 2007

AGENTE	MADERA	HUMEDAD
Hongos cromógenos	Todas	Elevada
Hongos xilófonos	Albura de las coníferas	Elevada
Mohos	Todas	Elevada
Carcoma común	Todas	Natural
Carcoma grande	Albura	Natural
Polilla	Albura de algunas latifoleadas	Natural
Termita	Todas	Elevada

Tabla 3 Condiciones de desarrollo de los distintos tipos de agentes abióticos
Fuente: Manual de la construcción de viviendas en madera, CORMA

Las condiciones para que los factores bióticos proliferen dependerán de la especie a la que pertenezcan, a continuación se podrá apreciar cuales son las condiciones que cada especie prefiere para su proliferación.

2.2.2.2 Agentes abióticos destructores de la madera

Luz solar: los rayos ultravioletas afectan la superficie permitiendo la degradación de la lignina, y pérdida de cohesión entre células. Los rayos infrarrojos causan grietas en la superficie de la madera tomando un color grisáceo, que en conjunto con el agua de la lluvia y el viento se produce un desfibramiento superficial o también llamado meteorización de la madera. (Manual para la protección contra el deterioro de la madera, 2010)

La afección se produce en los primeros milímetros de la madera, con mayor intensidad en la albura que en el duramen, por efecto de la radiación solar las maderas claras se tornan amarillentas, mientras que las oscuras adoptan una coloración grisácea, sin embargo estos efectos no están ligados a la pérdida de resistencia mecánica de un elemento estructural, más bien su trascendencia es estética. (Silvana Carangui, Viviana Lasso, 2010)

La temperatura y humedad: el exceso de humedad puede beneficiar la aparición de agentes destructores como insectos y hongos, además la madera se deteriora por los sucesivos cambios de dimensiones que soporta debido a la variación constante de temperatura interior del material, que busca hallar su equilibrio húmedo, la contracción y dilatación constante de las capas externas del elemento de madera originan la aparición de grietas y fisuras que dan paso libre al aumento acelerado de la humedad interior, generando un ambien-

te propicio para el ataque de hongos. Por ello se recomienda que la madera permanezca con un contenido de humedad en equilibrio que regularmente se encuentra entre 10% al 15% de humedad en el interior de la madera. (Manual para la protección contra el deterioro de la madera, 2010)

Fuego: ningún material es indefinidamente resistente a este agente destructor sin recibir algún daño, los efectos del fuego en la madera son progresivos a medida que se eleva la temperatura del material, cuando la temperatura aún está por debajo de los 275 °C se desprende vapor de agua por lo que la madera empieza a desecarse, dificultando el ataque del fuego, cuando alcanza los 450°C se originan residuos sólidos en forma de carbón, fácil de quemarse, permitiendo el colapso de la estructura de madera. Debido al bajo coeficiente de dilatación de la madera, una vez desecada y carbonatada superficialmente esta queda protegida de forma relativa de la acción del fuego. (Silvana Carangui, Viviana Lasso, 2010)

Dependiendo de la sección transversal del elemento estructural, pueden estos soportar las cargas de la estructura de la edificación aun cuando parte de su sección se haya visto afectada, si toda la sección del elemento no se ha quemado es debido al bajo coeficiente de conductividad térmica de la madera que permite que la transferencia del calor hacia el interior de la madera sea mínima.

2.2.3 Preservantes de la madera

Se han descubierto sustancias tóxicas que al ser aplicadas a las maderas las dotan de una protección frente a los agentes que provocan sus degradación, los compuestos químicos varían en naturaleza, costo y eficacia dependiendo del uso al que vaya a ser destinada la

madera. Los coeficientes de durabilidad son muy importantes conocerlos en caso de la elección de una especie de uso estructural debido a que será un indicativo del grado de deterioro del elemento estructural sin uso de algún preservante químico, el cual elevará el tiempo de duración natural de la madera. (Preservación de madera y su importancia, Ing. Agr. Juan Puppo, 2013)

2.2.3.1 Características de los preservantes

- Toxicidad: debe ser tóxico para los agentes destructores de la madera. además es necesario que sea soluble en líquidos o secreciones de los organismos xilófagos.
- Penetrabilidad: debe poder impregnarse a una profundidad suficiente y esparcirse uniformemente, las sustancias sólidas o de gran viscosidad no pueden penetrar con facilidad en la madera.
- Permanencia: es necesario un grado de permanencia suficiente para proteger a la madera durante años, esto impide el uso de sustancias que sean lavables o que se transformen químicamente.
- Inocuidad: la madera impregnada debe poder ser fácilmente manejada por el hombre, además de no ser tóxica para animales domésticos.
- No corrosivos: no debe destruir la madera y se incluyen los metales por ser materiales usualmente utilizados en la fijación de elementos estructurales de madera.
- No combustibles
- No fitotóxicos: no debe matar o inhibir el crecimiento de plantas.
- Económicos y accesibles: el mercado debe proveer de estas sustancias en la cantidad suficiente y el costo accesible. (Ing. Agr. Juan Puppo)

Se pueden adherir ciertas propiedades de carácter secundario

- Incoloro
- Inodoro
- Que permita pintar la madera
- Que permita aumentar la resistencia de la madera al fuego
- Que retarde los cambios de humedad en la madera, es decir que sea hidrófugo.

2.2.3.2 Clasificación de los preservantes

TIPOS DE PRESERVANTES	PRESERVANTES	MÉTODOS DE APLICACIÓN	RECOMENDACIONES DE USO
HIDROSOLUBLES SOLUBLES EN AGUA, SE LIXIVIAN FÁCILMENTE EN CONTACTO CON SUELOS O AMBIENTES HUMEDOS A MENOS QUE SE INCORPORE EN LA SAL UN ELEMENTO COMO EL CROMO O SAL DE CROMO QUE PERMITA FORMAR UN COMPUESTO ESTABLE QUE SE FIJE EN LA MADERA.	LIXIVIABLES ARSENIATO DE SODIO BÓRAX ÁCIDO BÓRICO FLUORURO DE SODIO SULFATO DE COBRE CLORURO DE ZINC	DIFUSIÓN VACÍO Y PRESIÓN INMERSIÓN	ES RECOMENDABLE EMPLEARLOS EN MADERA USADA EN INTERIOR, NO ES APTA PARA MADERA EN CONTACTO CON EL SUELO EXPUESTA A ALTOS NIVELES DE HUMEDAD, SE PUEDE RECUBRIR CON PINTURA O BARNIZ
	NO LIXIVIABLES SALES DE COBRE CROMO BORO SALES DE COBRE CROMO ARSÉNICO CROMO-CLORURO DE ZINC	VACÍO PRESIÓN INMERSIÓN	APROPIADOS PARA MADERAS A SER UTILIZADA TANTO INTERIOR COMO EN EXTERIOR Y EN CONTACTO CON EL SUELO SE PUEDE USAR PINTURAS Y BARNICES.
OLEOSOLUBLES SOLUBLES EN SOLVENTES ORGANICOS ESPECIFICAMENTE PETROLEO COMBUSTIBLE, RESISTEN LA LIXIVIACIÓN EN MADERA EXPUESTA A LA INTERPERIE	CRESOTA PENTACLOROFNOL NAFTATO DE COBRE	BAÑO CALIENTE FRIO VACÍO PRESIÓN	SE RECOMIENDA SU USO EN MADERAS DISPUESTAS A LA INTERPERIE O EN CONTACTO CON EL SUELO, NO ES NECESARIO EL EMPLEO DE BARNICES O PINTURAS

Los métodos de preservación de la madera se clasifican en:

- Procesos sin presión
- Procesos a presión

Entre los métodos que otorgan un tratamiento sin presión tenemos:

- El brochado
- Pulverización
- Inmersión
- Baño caliente- frio

El brochado

Para este método se utiliza un rodillo, brocha o pincel; se aplican tres manos de los protectores en disolvente orgánico ya que estos permiten una mejor penetración en la madera. Se deja secar entre cada mano. La humedad interior de la madera debe ser inferior a 18% y la superficie sobre la que se aplicará el protector debe estar limpia y libre de recubrimientos superficiales. En maderas pocos permeables se crea una capa tóxica de 1mm y en maderas más permeables se crea una capa de 2 a 3 mm. Al ser la capa superficial se considera que la protección por este método es baja.

Tabla 4

Clasificación de los preservantes

Fuente: Cartilla de la construcción –Padt- refort

2.2.4 Métodos de preservación de madera

Estos procesos se basan en agregar a la madera sustancias químicas que permitirán controlar los agentes biológicos causantes de la pérdida de resistencia de la madera logrando así que el material pueda durar el tiempo deseado.

Los tratamientos por medio de preservantes se dividen en dos tipos los profilácticos y los de preservación los cuales se diferencian en el tiempo de conservación de la calidad de la madera, los métodos profilácticos son usualmente utilizados para conservar la madera desde su tala o extracción hasta el momento en ser procesada, aserradas y secadas.

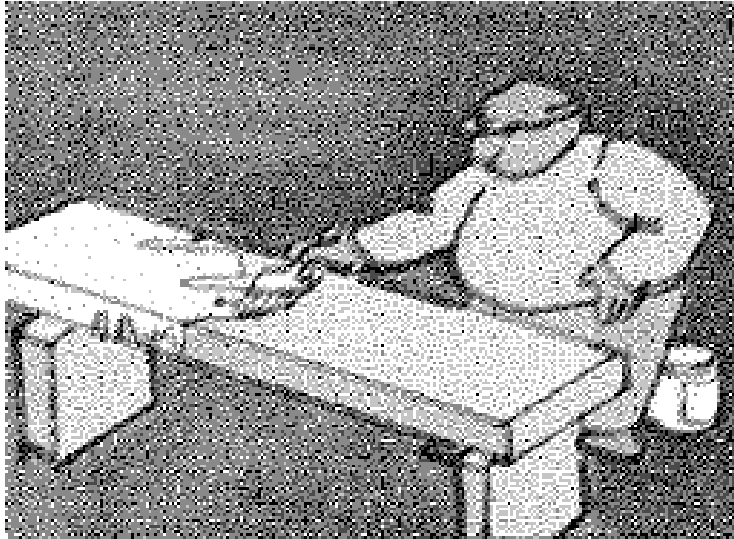


Gráfico 30 El brochado como método de preservación de la madera

Fuente: Cartilla de la construcción, 1980



Gráfico 31 El pulverizado como método de preservación de la madera

Fuente: Cartilla de la construcción, 1980

Pulverizado

La aplicación de este método sin presión se la realiza con un aspersor manual, con este método se logra alcanzar áreas que aplicando brocha no se logran; se recomienda aplicar de 250 a 300 gr/m². Cuando la sustancia es muy tóxica se recomienda utilizar el método de pulverización y no el de brocha para evitar un contacto directo con la sustancia.

Inmersión

La aplicación del método se puede realizar con 2 tipos de preservantes

- Empleo de preservadores oleosolubles
- Utilización de preservadores hidrosolubles.

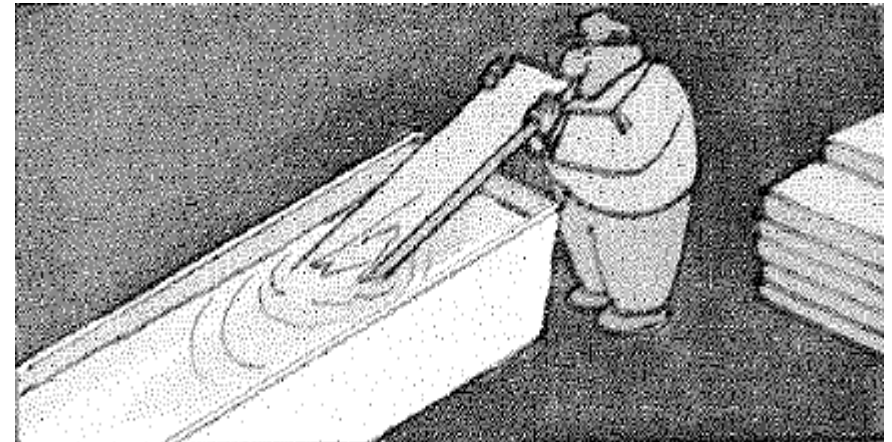


Gráfico 32 Inmersión como método de preservación de la madera

Fuente: Cartilla de la construcción, 1980

Para llevar a cabo el método se debe sumergir las piezas de maderas en un recipiente que contendrá la sustancia química, la cual debe cubrir por completo las piezas. Puede ser:

Inmersión instantánea: Este método consiste en sumergir la madera en estado verde en un recipiente con la sustancia preservante hidrosoluble, es preferible que la madera no haya sido cepillada con el fin que la retención de la sustancia sea mayor, el tiempo de inmersión dependerá del tamaño de la pieza, normalmente se utilizan mezclas químicas de bórax y ácido bórico a concentración de 20% al 30%. Al retirar la pieza del recipiente con el preservante se debe cubrir el material con plástico para evitar que se evapore de modo que el preservante se disperse dentro de la madera.

Inmersión Caliente: Este método consiste en sumergir las piezas en un recipiente que contiene una solución caliente de compuestos

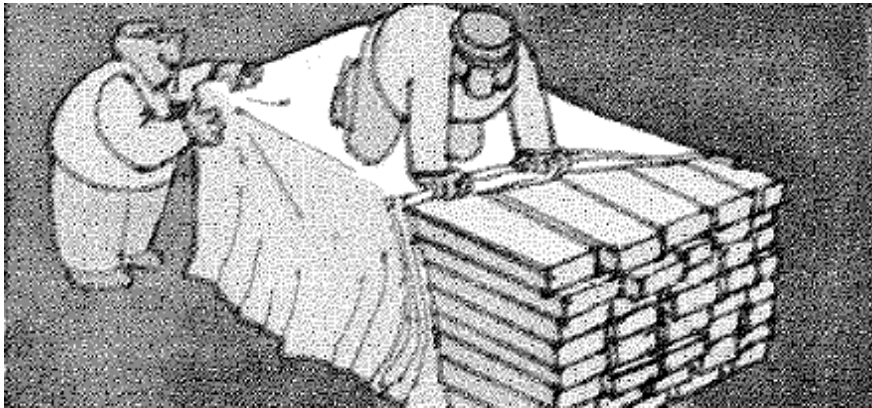


Gráfico 33 Cobertura de la madera con plástico luego de inmersión.
Fuente: Cartilla de la construcción, 1980

de boro con una concentración de 3% al 6%, el tiempo de inmersión varía según el tamaño de las piezas y también según la concentración de la solución. Este método es muy utilizado para la protección de maderas utilizadas en la construcción.

Ascensión Simple: Para este método se colocan postes con extremos gruesos dentro de un tanque que contiene una mezcla de sales hidrosolubles, el contenido de humedad de la madera debe ser alto de manera que el reactivo asciende por capilaridad a medida que se produce la evaporación del agua contenida en la madera. El tiempo de duración del tratamiento se estima entre 5 a 10 días sin embargo este dependerá de la temperatura, dimensiones y densidad de la madera. El procedimiento no necesita de mucho equipamiento por lo que resulta de bajo costo.

Ascensión doble: Este método es igual que el de ascensión simple con la diferencia de que se lo realiza 2 veces con madera verde y descortezada además se cambia el preservante por cada vez que se realice el método, según las sustancias que se apliquen a la madera se podrá obtener una buena protección.

Baño Caliente- frio

Este método consiste en calentar la madera, para que el aire contenido dentro del material salga de él, para luego enfriar las piezas de madera lo cual producirá el vacío parcial que beneficia la penetración y absorción de los preservantes oleosos, el uso de sales hidrosolubles no es recomendable puesto que se descomponen al superar los 40° C, sabiendo que la temperatura a la que se llegara está entre los 80 a 100° C.

Procesos a Presión

Los procedimientos a presión permiten regular las condiciones del método, es decir que la penetración y la retención del producto se podrá variar según sea las exigencias del uso de la madera. Los equipos necesarios para poder realizar estos métodos son costosos pero su inversión se justifica dependiendo del volumen de producción. Entre los tratamientos con presión en autoclave encontramos los siguientes:

- Bethell
- Rueping
- Lowry

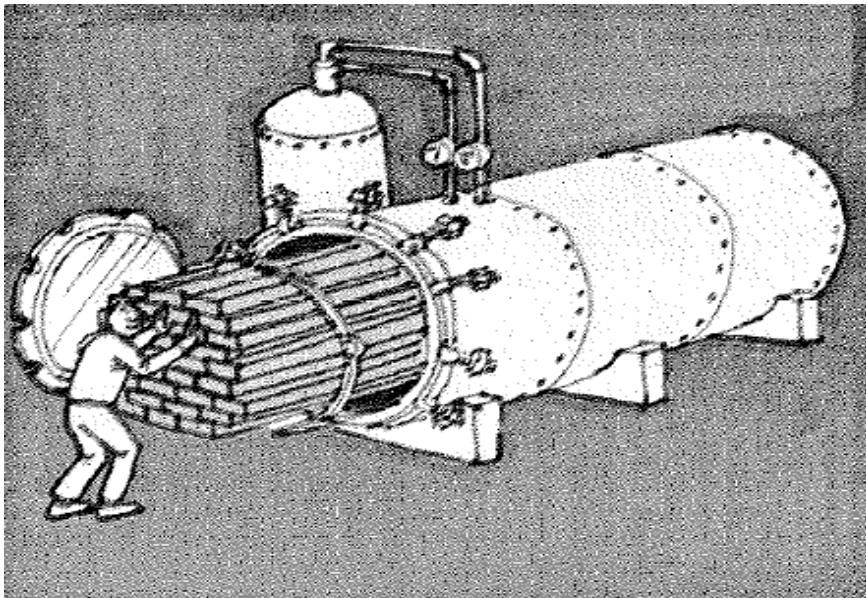


Gráfico 34 Proceso de preservación de la madera utilizando autoclave.

Fuente: Cartilla de la construcción, 1980

Proceso de Bethell

El proceso de Bethell es conocido con este nombre debido a su creador John Bethell el cual lo diseñó en 1838. El proceso consiste en inyectar la cantidad necesaria de preservante en la zona que será tratada. Para esto se introduce la madera en el autoclave con un vacío de 0.60 kg/cm^2 ; de esta manera se pretende eliminar el aire contenido en la madera y en el cilindro por un tiempo de 15 a 20 minutos, luego se llena el cilindro completamente con la solución. Una vez lleno el cilindro se aplica una presión de 8 a 14 kg/cm^2 y se debe medir la cantidad de preservante que penetra para aplicar presión hasta que se llegue a la retención deseada. Al terminar con la impregnación se retorna la solución al tanque de almacenamiento y finalmente se aplica un periodo de vacío para recuperarse del exceso de preservante.

Proceso Rueping

Este método aplica soluciones oleosolubles. Se empieza aplicando una presión de aire previo a inyectar la solución a la madera, la presión inicial es de $4\text{-}5 \text{ kg/cm}^2$, luego se llena el autoclave con el producto químico caliente; de esta manera el aire quedado apisonado en la madera, a continuación se aumenta la presión hasta que se obtenga la absorción deseada, finalmente se vacía el autoclave y se aplica un periodo de vacío final.

Proceso de Lowry

Tanto el proceso de Lowry como el de Rueping son más eficaces en maderas permeables ya que sus absorciones no son altas, el método se inicia colocando la madera en el cilindro de tratamiento, se

llena con solución a presión atmosférica, se incrementa la presión a 10 – 12 kg/cm² y se mantiene cierto tiempo, luego el preservante es bombeado al tanque de almacenamiento y se realiza el vacío final, de esta manera se recupera el exceso de líquido y se seca la superficie de la madera.

2.3 INDUSTRIA MADERERA DEL ECUADOR

La industria maderera del Ecuador la conforman diversas plantas industriales que procesan total o parcialmente la materia prima obtenida del bosque. Estas industrias pueden ser de transformación primaria o secundaria. Esto dependerá del grado de transformación del producto final. Existen en el Ecuador tanto industrias primarias como secundarias de mediano y gran tamaño de acuerdo al volumen de producción que posean, estas a su vez se apoyan en pequeñas industrias artesanales en caso que su producción no abastezca la demanda. (Descripción de cadenas productivas del Ecuador, 2011)

En Ecuador la extracción de la madera puede obtenerse principalmente de 2 tipos de formaciones vegetales, los bosques nativos, las plantaciones forestales, de estos 2 tipos de vegetación poseen diferencias específicas que hacen que el producto final tenga ciertas características propias de cada forma de crecimiento.

2.3.1 Bosques naturales y plantaciones forestales

Es importante distinguir la fuente de los recursos para la elaboración de los productos ya que esta puede ser de bosques nativos o plantaciones forestales. La investigación pretende determinar la factibilidad del desarrollo de una vivienda arquitectónica con estructura

de madera; esto implica la necesidad de conocer la procedencia de la materia prima para la elaboración de elementos estructurales. Si bien hoy en día la mayoría de plantaciones forestales no incluyen especies arbóreas de madera para estructuras es indudable que para el desarrollo de una industria las formaciones vegetales de este tipo son más convenientes que los bosques nativos debido a que representa una gran opción como fuente de recursos, que con un correcto plan de cultivo y tala de las especies maderables pueda convertirse en la fuente del recurso primario para la industria de la construcción. A continuación se presentan las características de los bosques nativos y forestales donde se podrá apreciar sus diferencias.

CARACTERISTICAS AMBIENTALES	
BOSQUE NATURAL	PLANTACIONES FORESTALES
Diversidad de especies	Una sola especie
Paisajísticamente más diverso	Menor diversidad
Presta el servicio ambiental de protección hídrica	Presta el servicio ambiental de protección hídrica
Permanencia infinita	Permanencia: finita
Menor base genética por cada especie	Mayor base genética de la especie cultivada
Origen natural	Origen Antropogénico, artificial o plantado

Tabla 5

Características ambientales de bosque natural y plantaciones forestales

Fuente: Luis Jara, Planificación estratégica plantaciones forestales en el Ecuador

CARACTERÍSTICAS DE MANEJO	
BOSQUE NATURAL	PLANTACIONES FORESTALES
Manejo silvicultural complicado	El manejo es más sencillo
Se seleccionan 3 o 4 especies para aprovechar	Solo se aprovecha una sola especie
No requiere necesariamente de manejo	Requiere de manejo para producir más y mejor calidad
No necesita fertilizaciones	Requiere una o más fertilizaciones
Menor riesgo a plagas y enfermedades	De bajo a alto riesgo a plagas
Igual riesgo de incendios	Igual riesgo de incendios
No requiere de replante	Requiere replante
Aprovechamiento complicado y menos rentable	Aprovechamiento más fácil, más económico y rentable
No se realizan podas	Es necesario realizar podas de formación

Tabla 6 Características de manejo de bosque natural y plantaciones forestales
Fuente: Luis Jara, Planificación estratégica plantaciones forestales en el Ecuador

CARACTERÍSTICAS ECONÓMICAS	
BOSQUE NATURAL	PLANTACIONES FORESTALES
Se obtienen varios productos de diferentes calidades	Se obtiene un producto de alta calidad
Tiene menor crecimiento en el tiempo	Tiene mayor crecimiento
No tiene aceptación dentro de proyectos	Son aceptados para proyectos a largo plazo
Menor captación de carbono en el tiempo	Mayor captación de carbono en el tiempo
Alta posibilidad de servicios de ecoturismo	Baja posibilidad de ofrecer servicios de ecoturismo
Más diverso en productos y subproductos	Menos diversos en productos y subproductos
Administración complicada	Menos complicada la administración
Tiene un aprovechamiento de 30m ³ /ha de bosque	Tiene un aprovechamiento de 300m ³ /ha de bosque

Tabla 7 Características económicas de bosque natural y plantaciones forestales
Fuente: Luis Jara, Planificación estratégica plantaciones forestales en el Ecuador (2007)

Teniendo en cuenta las semejanzas y diferencias de los dos tipos de formaciones vegetales es evidente la conveniencia de plantear una industria de elementos constructivos estructurales que extraiga su materia prima de plantaciones forestales, las mismas que permitirán controlar al hombre el crecimiento, calidad y sobretodo la explotación del recurso forestal. De esta manera se podrá evitar que las especies de bosques nativos se extingan y se pierda la diversidad existente en ellos.

Es cierto que las plantaciones forestales representan una gran opción para el desarrollo de una industria, sin embargo a pesar que en Ecuador las plantaciones forestales son las de mayor aprovechamiento autorizado por el Ministerio Ambiente del Ecuador, los bosques nativos siguen siendo fuentes de recursos sobre todo para la región costa ya que en Esmeraldas el 47.33 % de la extracción tiene como origen los bosques nativos, además la mayor parte de las especies de maderas con posibilidad de ser utilizadas en estructuras se encuentran en este tipo de bosques. (Ministerio del ambiente del Ecuador, 2010).

Ecuador es uno de los pocos países que cuenta con normas para la protección de bosques naturales y creación de programas de manejo forestal sostenibles como lo indica la periodista Ana María Rojas Gutiérrez, estas normativas fueron emitidas por el ex ministro de ambiente Sr. Rodolfo Rendón Blacio en el año 2000, en la que se informa a las industrias que solo se permitirá la extracción de especies de bosques nativos si cuentan con un programa de aprovechamiento forestal sustentable. Entre las especies que se acogen a esta norma se

encuentran algunas que tienen la posibilidad de usarse en estructuras como el Chanúl, el Guayacán Pechiche, el Moral fino, el Bálsamo entre otras. (Ministerio del Ambiente, 2000)

2.3.2 Industria maderera forestal

Las industrias ecuatorianas se abastecen de las formaciones vegetales de las cuales se extraen productos de madera rolliza o también llamadas trozas de madera y en gran cantidad la madera aserrada en tablas, tablo- nes, cuartones según como se requiera en el mercado. Dentro de los productos elaborados por la industria pri- maria del Ecuador se encuentran: los contrachapados, tableros aglomerados, tableros MDF (Medium Densi- ty Fibreboard) y la fábrica de astillas, mientras que la industria secundaria contribuye con productos como: la elaboración de muebles, pallets, palos de escobas, puertas, pisos, y elementos constructivos. (Ministerio del ambiente del Ecuador, 2011)

Las especies de madera dura se extraen en menor cantidad debido a que su trabajo de corte se dificulta por la dureza de su madera y el tiempo de crecimiento es lento, esto hace que su coste sea superior al de las maderas blandas, es así como lo demuestran las esta- dísticas proporcionadas por el Ministerio del Ambien- te del Ecuador que informan acerca del porcentaje de aprovechamiento de las especies más requeridas por la industria, entre las que se encuentran la balsa, extraída

PRINCIPALES ESPECIES FORESTALES AUTORIZADAS PARA APROVECHAR A NIVEL NACIONAL		
ESPECIE (nombre común)	VOLUMEN AUTORIZADO (en miles de metros cúbicos)	TOTAL NACIONAL (%)
Eucalipto	570,42	19,43
Balsa/Boya	470,14	16,01
Pino	388,72	13,24
Laurel	217,59	7,41
Pachaco	191,27	6,51
Teca	147,60	5,03
Quinde/Pigüe/Tunash	116,62	3,97
Sande	100,94	3,44
Melina	54,93	1,87
Coco/Chalviande/Sangre/Doncel	45,96	1,57
Otras especies autorizadas a nivel nacional (aproximadamente 326)	631,65	21,52
VOLUMEN DE MADERA TOTAL AUTORIZADA	2.935,82	100,00

Tabla 8

Principales especies forestales autorizadas para aprovechar a nivel nacional
Fuente: Ministerio del Ambiente del Ecuador, 2010

principalmente de la zona Costa centro sur de sistemas agroforestales y forma- ciones pioneras. También se aprovecha en gran cantidad la madera de melina de la Costa norte y centro sur, mientras que el Eucalipto y el Pino se extraen espe- cialmente de la Sierra, el Pigüe se encuentra en grandes plantaciones pioneras en la región Amazónica. (Ministerio del ambiente del Ecuador, 2010)

De acuerdo con el cuadro presentado por el Ministerio del Ambiente se puede concluir que se autoriza en mayor cantidad especies de crecimiento más rápido como el Eucalipto y la balsa, mientras que las especies de crecimiento lento no aparecen entre las de mayor aprovechamiento autorizado.

La industria maderera de recursos forestales en el Ecuador ha crecido de ma- nera desigual como lo muestra la disparidad tecnológica y de volumen de pro- ducción entre la industria dedicada a la producción de contrachapados y la in- dustria que distribuye piezas aserradas. Mientras la industria de contrachapados tiene un gran nivel tecnológico que le permite competir en mercados internacio- nales y ser considerada como una de las mejores de Latinoamérica. La industria

del aserrío sigue cortando sus piezas con sierra a pulso y motosierras casi con un acabado artesanal de las piezas, lo cual genera un mayor desperdicio. (Vásquez. E, 2000).

Dentro de la industria de transformación primaria de la madera en el Ecuador se encuentran las industrias de tableros y chapas la cual tiene su origen en el año 1972 y en la actualidad existen 5 plantas industriales: ENDESA y PLYWOOD ECUATORIANA ubicadas en Quito CODESA y BOTROSA en Esmeraldas, mientras que ARBORIENTE se encuentra en el Puyo. Esta industria obtiene la madera en su mayoría de especies latifoliadas y en un menor grado de especies coníferas en especial del eucalipto y pino radiata y el promedio de trabajo es de un 70% de la capacidad instalada. Dentro de la categoría de tableros aglomerados existen 2 plantas industriales ACOSA (Aglomerados Cotopaxi S.A) ubicada en Cotopaxi y NOVOPAN ubicada en la ciudad de Quito, actualmente operan al 75% de su capacidad instalada. Todas las empresas antes mencionadas poseen certificación forestal. (Vásquez. E, 2000)

Es importante notar que estas empresas no trabajan al total de su capacidad por falta del recurso que proviene de sus propias plantaciones y de terceras. La madera es proporcionada en parte por bosques nativos los mismos que no poseen una planificación de cultivo por lo tanto la madera que se obtiene de este tipo de bosques no es de alta calidad o por lo menos de la calidad necesaria para la elaboración del producto y se transforman en desperdicios.

El rubro de madera aserrada es muy importante y punto de partida de la industria que debe desarrollarse en beneficio de la construcción de elementos estructurales con madera, esto debido a que de

esta industria se obtienen piezas estructurales que pueden ser vigas, columnas, tijerales entre otros elementos que en la actualidad se encuentran en los llamados depósitos de madera.

Según el censo de 1986 a nivel nacional se registró 566 aserraderos y depósitos de madera, en la actualidad se ha reducido su cantidad a un 10%, es decir aproximadamente 60 aserraderos los cuales utilizan la motosierra para la producción de madera escuadrada que es la que encontramos en su mayoría en el mercado. (MAE, 2013)

Según diversos autores el aprovechamiento de la madera aserrada está en una media del 50% y tan solo la empresa de Aglomerados Cotopaxi posee un aserradero de bastidor o de cinta que permite un mayor aprovechamiento de la madera. (Vásquez. E, 2000)



Gráfico 35 Sierra de bastidor
Fuente: logosol.com

Dentro de los beneficiarios del producto de la industria maderera se encuentra la industria de la construcción, la misma que podrá acceder al producto mediante la oferta de madera que expenderán al mercado los depósitos de madera. No se tiene una estadística acerca de su número exacto pero si de la cantidad de madera formalmente que es destinada para este rubro. Según la investigación realizada por el proyecto ITTO en 1993 se destinan 400,000 m³ de madera para la construcción, de los 1.200.000 m³ de madera aserrada. Las plantaciones forestales y bosques nativos aportan cada uno 200.000 m³ de madera extraída anualmente, ya que el rubro de elementos estructurales para construcción (vigas, columnas, tijerales) se obtiene de bosques nativos se puede decir que el 50 % de los 400.000 m³ de madera corresponden a especies con características estructurales y que al menos 17 % de los 1.200.000 m³ de madera aserrada se destina para elementos estructurales. (Proyecto ITTO, 1993)

Dentro del rubro de maderas estructurales en Guayaquil se comercializa en mayor cantidad madera proveniente de zonas de la costa norte y centro sur especies como el Chanúl y el Fernán Sánchez, que se encuentran en las madereras o depósitos de la ciudad.

2.3.3 Apoyo Gubernamental al sector industrial maderero

El ministerio de agricultura, ganadería, acuicultura y pesca MAGAP proporciona incentivos económicos a personas naturales o jurídicas mediante un programa de reforestación. El plan tiene como objetivo la utilización de las tierras que no están siendo productivas y reducir las importaciones de materia prima ligada a la madera.

“El incentivo constituye una transferencia económica directa de carácter no reembolsable, que entrega el estado Ecuatoriano a tra-

vés del Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuicultura y Pesca MAGAP, a las personas naturales, personas jurídicas, Asociaciones, Comunas, Cooperativas Productivas; para desembolsar y/o reembolsar una parte de los costos incurridos en el establecimiento y mantenimiento de la plantación forestal, previo al cumplimiento de los requisitos. “ (Acuerdo n° 502 art ,3 MAGAP, 2013)

El programa tiene como objetivo reforestar 120.000 hectáreas en cinco años, esto es un inicio para poder alcanzar a reforestar los 2.6 millones de hectáreas que el ministerio del ambiente calcula pueden ser consideradas.

Las industrias madereras del Ecuador se podrán beneficiar del programa ya que este contempla personas naturales o jurídicas que pueden acceder al incentivo que entrega el ministerio que es un 75 % del costo de establecimiento y el 75% del costo del mantenimiento de la plantación durante los primeros 4 años.

La corporación financiera nacional (CFN) ofrece créditos a las personas naturales o empresas que formen parte del programa para reforestar de esta manera la industria maderera tendrá mayor capacidad de producción y podrá ofertar productos evitando importar madera.

2.3.4 Conclusión

El sector industrial maderero en el Ecuador en su gran mayoría está destinado a la producción de elemento no estructurales, si bien existe la demanda de cuarterones , tablas o tiras por parte del sector de la construcción estos elementos son producto de la extracción de especies semiduras usualmente utilizadas en los encofrados de las

estructuras de hormigón, sin embargo es necesario indicar que aun no teniendo la producción mayoritaria, el rubro de madera estructural si se aprovecha de forma regulada gracias a la normativa de extracción de especies regulada por el ministerio del ambiente, la cual permite que bosques nativos aporten especies como el chanúl, el caimitillo, el moral fino entre otras. Con estas especies en la actualidad se puede diseñar y construir edificaciones con estructuras de madera, pero sin duda que si la demanda crece el mayor número de elementos estructurales implicaría una mayor cantidad de aprovechamiento de materia prima, para ello se pueden aprovechar los 2.6 millones de hectáreas disponibles para su reforestación a largo plazo.

La industria no está produciendo tantos elementos estructurales pero es una reacción a lo que el mercado exige, las construcciones con materiales tradicionales como el acero y el hormigón, relegan a la madera, sin embargo el incentivo a la industria por parte del gobierno, las cualidades ambientales y las normativas forestales que impulsan el aprovechamiento sostenible alientan a que se puede desarrollar una industria maderera que aumente su producción de elementos estructurales.

Es necesaria la inclusión de tecnología que permita aminorar la cantidad de desperdicios obtenidos después del aserrado de la madera, es un factor a tomar en consideración debido a que se puede aumentar el volumen de madera que se extrae si consideramos que en la actualidad el desperdicio está cerca del 50%.

Si las empresas de tableros, contrachapados o la de pallets no utilizan toda su capacidad instalada pueden dar lugar a la producción de elementos estructurales dentro de su línea de producción,

si a esto se incluye la capacidad que posee el territorio ecuatoriano para el crecimiento de bosques más el impulso gubernamental para la reforestación, podría ser una industria con los recursos y el apoyo necesario para su crecimiento.

2.4 ESTRUCTURAS DE MADERA

2.4.1 Clasificación sistemas estructurales de edificaciones con estructura de madera

Los sistemas estructurales los podemos dividir en dos grandes grupos utilizando el criterio del largo de los elementos que los componen que se traduce en la dimensión de las luces entre los apoyos del sistema estructural, siguiendo este criterio los sistemas estructurales se clasifican en:

- Estructuras de luces menores
- Estructuras de luces mayores

2.4.1.1 Estructuras de luces menores

Las estructuras de luces menores son aquellas cuyas luces son inferiores a 5m. Las longitudes máximas o mínimas de este tipos de estructuras están sujetas a lo que se comercialmente se encuentra en el mercado y son comúnmente utilizadas en la construcción de viviendas. Estas estructuras a su vez se subdivide en estructuras macizas, estructuras de placas, estructuras de entramados y estructuras de pórtico.

Estructuras macizas

Este sistema posee una connotación de rigidez y pesadez debido a los elementos que lo constituyen. Los troncos se disponen uno sobre el otro formando un cerramiento que se convierte en la estructura de la edificación. La disposición de las piezas no es la mejor en este sistema ya que las cargas gravitacionales actúan perpendicularmente a las fibras del material, esto estructuralmente no es recomendable porque las propiedades mecánicas de la madera, tal como lo hemos indicado anteriormente, cambian según el eje que sea considerado y para el caso de las maderas el eje perpendicular a las fibras no ofrece las mayores resistencias a los esfuerzos que el material puede proveer.

Los troncos se colocan uno sobre el otro y se amarran mediante el uso de varillas de acero verticales de 8 mm de diámetro; el encuentro entre troncos se sella con espuma de poliuretano, para de esta manera evitar la pérdida de calor del interior del edificio así como evitar la infiltración de aire y lluvia del exterior. (Manual construcción de viviendas en madera, 2007)

La madera en este sistema suele colocarse en rollizos por lo general de 30 a 35 cm de diámetro lo que representa una gran aislamiento térmico gracias a las propiedades del material; sin embargo al colocarse una gran masa de madera la contracción y dilatación de la madera puede ocasionar defectos en ventanas o instalaciones sanitarias, debido a que la madera al estar expuesta a un cambio climático puede variar su volumen constantemente.

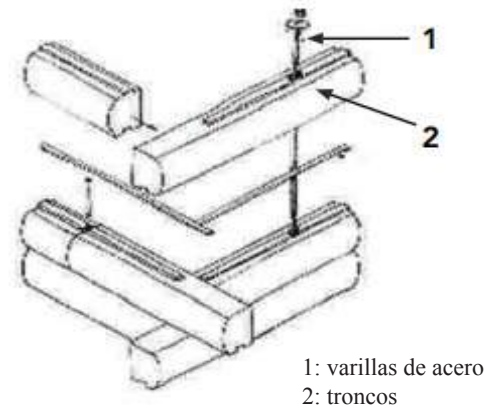


Gráfico 36 Colocación de los troncos de estructuras macizas
Fuente: Manual construcción de viviendas en madera.



Gráfico 37 Vivienda de madera maciza
Fuente: Manual construcción de viviendas en madera

Estructuras de placas

Este sistema consiste en la fabricación de paneles que están conformados por bastidores de madera a los que se les provee de revestimientos que permiten reforzar, rigidizar y arriostrar todo el sistema.

El sistema favorece el ahorro de tiempo de ejecución en obra y aumenta la calidad de las terminaciones ya que todos los paneles son fabricados en industrias que trabajan simultáneamente con las constructoras, de este modo si a un panel le corresponde alguna instalación sanitaria, eléctrica, o es necesario colocarle algún tratamiento de aislamiento térmico todo se lo realiza en fábrica; para posteriormente llevar los paneles a obra y anclarlos a la cimentación, unir las placas y colocar revestimientos. (Manual construcción de viviendas en madera, 2007)



Gráfico 38 Instalación de puerta
Fuente: manual construcción de viviendas en madera.

El sistema de estructuras de placas es fácilmente armable, las sujeciones de panel con panel se las realiza mediante pernos, clavos, tacos de madera o perfiles de acero, los mismos que se ubican de modo que sea accesible su ubicación para el constructor en caso que se deba retirar un panel.

La disposición de los paneles está regida por la estructuración de construcciones de diafragmas; es decir los paneles se colocan de manera que se arriostren entre sí, con el fin de rigidizar la estructura.

Estructuras de Entramados

El sistema de entramados lo constituyen elementos de reducida sección transversal y de gran altura en comparación con su sección. Los elementos que conforman el sistema se colocan uno junto al otro a una distancia muy corta, con este sistema se conforman muros, pisos, entrepisos y techos, los cuales se arriostren para formar un solo elemento rigidizado en su conjunto con el fin que las cargas se repartan uniformemente a los elementos estructurales. Este sistema tiene dos variaciones: el entramado integral o global y el entramado plataforma. (Manual de diseño para maderas del grupo Andino, 1980)

Estructuras de Entramados Integral o Global:

Existe una diferencia sustancial entre el sistema de pórticos posteviga y el sistema de entramados de paneles soportantes y es que en este último se colocan los pies derechos (cuartones) de los tabiques estructurales a distancias muy reducidas, de esta forma la estructura trabaja como un muro y no como un pórtico.

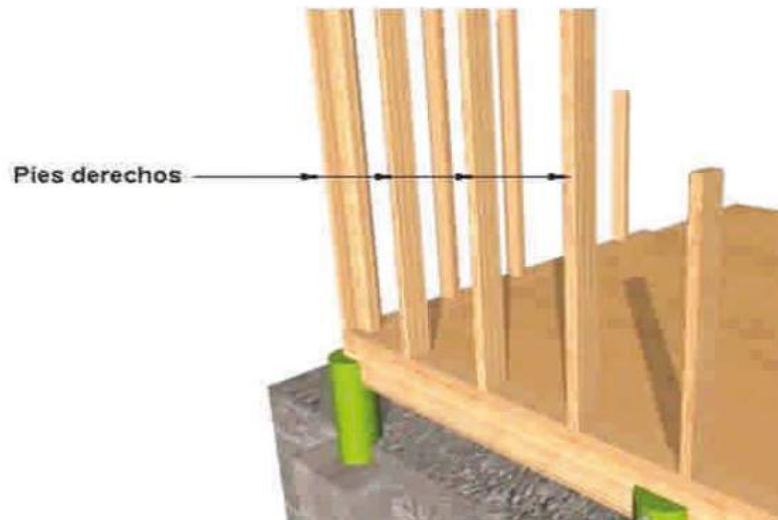


Gráfico 39 Sistema de paneles soportantes
Fuente: Manual construcción de viviendas en madera.

En este sistema constructivo los pies derechos de los tabiques estructurales se colocan sobre la cimentación y se extienden hasta la viga o solera de la estructura de techumbre, las plataformas de entrepiso y piso se fijan al pie derecho de los tabiques colocados. Esta característica es la principal diferencia frente al sistema de entramado plataforma ya que este no requiere que sus pies derechos suban desde la cimentación hasta la cubierta encerrando todo el interior.

Los pies derechos están clavados cara a cara con las viguetas que conforman la estructura del primer piso y ambos a su vez descansan sobre la solera del zócalo. En el segundo piso las viguetas se clavan a los pies derechos de la misma manera que en el primer piso con la diferencia que esta vez las viguetas descansan sobre un listón de apoyo, el cual es una pieza horizontal que se encaja a los pies dere-

chos. Las vigas laterales o principales que se colocan paralelamente y en contacto con los muros son clavadas a los pies derechos. (Manual construcción de viviendas en madera, 2007)

Sin embargo este sistema tiene complicaciones debido a que en el mercado es muy escaso encontrar elementos de madera con la longitud requerida para este procedimiento constructivo, en su mayoría los elementos de madera que se consiguen en el mercado son de hasta 4 metros lo cual impediría lograr cubrir una altura de 6 m o más sin recurrir a ensamble para alargar elementos estructurales.



Gráfico 40 Sistema de Entramado Integral: Los pies derechos continúan desde la fundación hasta las vigas de cubierta.
Fuente: Manual construcción de viviendas en madera.

Estructuras Entramado Plataforma: La segunda variante del sistema de paneles soportantes permite la elaboración de plataformas que se convierten en un área de trabajo sobre la que empieza a armarse y levantar los tabiques soportantes y autosoportantes.

El entramado de la plataforma debe estar planificado de tal forma de que coincida con la distribución de los tabiques, además del entra-



Gráfico 41 Plataforma sobre la que se colocan los tabiques.
Fuente: Manual construcción de viviendas en madera.

mado de la plataforma deben colocarse un elemento estructural que tiene como fin arriostrar los elementos que forman la estructura de la plataforma, de esta manera se conseguirá mejorar la resistencia de la plataforma para recibir el sobrepiso que exige el proyecto.

La plataforma se construye con vigas paralelas y entablado o tableros como revestimiento estructural; el tablero se clava a las vigas y estas a su vez descansan sobre la solera de zócalo en caso

de cimentación corrida o sobre las riostras que unen los plintos. La plataforma de entrepiso está formada por vigas que se apoyan en las soleras de amarre de los tabiques del primer piso y las vigas serán independientes de los tabiques.

El techo puede tener diferentes inclinaciones dependiendo del diseño arquitectónico. Está formado por vigas cumbreiras, viguetas, correas o tirante de cielo raso, su estructura se apoya en los muros portantes. Las vigas del techo pueden quedar vistas u ocultas según sea el criterio del diseñador.

Los muros están compuestos por pies derechos que se ubican uno paralelamente a otro. A su vez estos pies tienen soleras clavadas en sus extremos. Los muros se instalan sobre la plataforma de piso y se fijan desde las soleras inferiores hasta las viguetas, mientras sobre

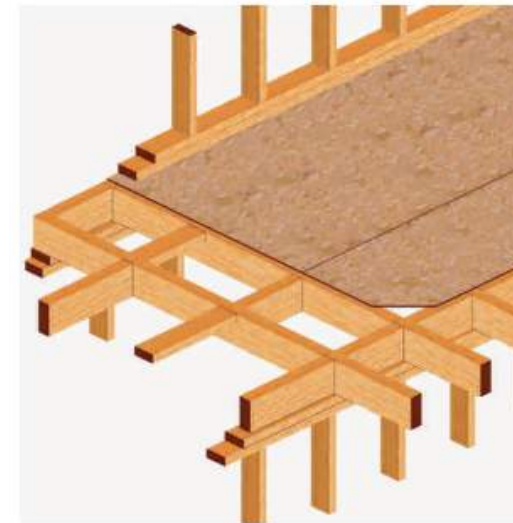
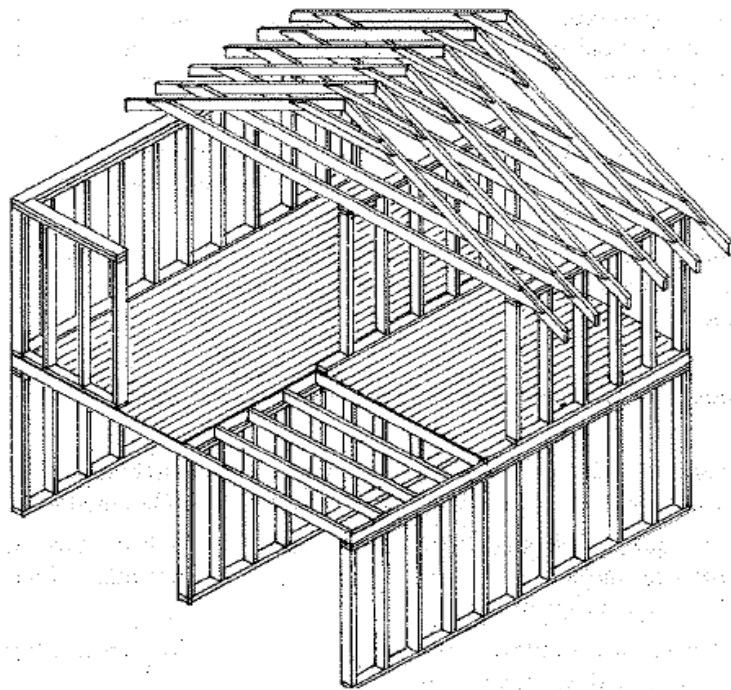


Gráfico 42 Sistema de Entramado Plataforma: Unión entre pies derechos y plataforma.
Fuente: Manual construcción de viviendas en madera.



(a) entramado plataforma

Gráfico 43 Sistema de Entramado Plataforma
Fuente: Manual de diseño para maderas del grupo Andino

la solera superior se coloca otra solera, la misma que enlazará un muro con otro para que de esta manera se mantengan todos los muros arriostrados. (Manual de diseño para maderas del grupo Andino, 1980)

Estructuras de Postes-Vigas o Marcos Rígidos

Este sistema utiliza postes o columnas que están ancladas a la cimentación, las columnas reciben los esfuerzos de la vigas principa-

les sobre la cuales descansan las viguetas del entrepiso o la estructura de cubierta. Los elementos horizontales (vigas o viguetas) resisten esfuerzos flexión mientras que las columnas trabajan a compresión.

Este sistema por lo general necesita de herrajes metálicos para asegurar la unión entre viga y columna, los herrajes son diversos, estos deberán ser los más adecuados tomando en consideración la dimensión de las secciones de los elementos de madera. Algunas veces se utilizan elementos estructurales diagonales en las esquinas para dotar de mayor rigidez a la estructuras, estos elementos son conocidos como jabalcones. (Manual construcción de viviendas en madera, 2007)



Gráfico 44 Sistema de Poste-Viga
Fuente: Manual construcción de viviendas en madera.

Ventajas del uso del sistema de pórticos poste – viga

- El valor estético que la madera brinda a la edificación puede manifestarse al máximo ya que este tipo de sistema constructivo permite dejar vistas las estructuras tan solo aplicándole un barniz que permita la conservación de su color natural.
- El sistema poste-viga otorga mayor libertad de diseño en cuanto a la distribución de espacios definidos por muros, esto se puede lograr gracias a que a diferencia de otros sistemas estructurales la tabiquería no resiste cargas verticales.
- La cantidad de uniones en los sistemas de pórticos son menos que en la de entramados y si bien los elementos estructurales son de mayores dimensiones la cantidad es mucho menor por lo tanto representa para el constructor un ahorro de tiempo y manos de obra.(PADT-REFORT, 1980)

2.4.1.2 Estructuras de luces mayores

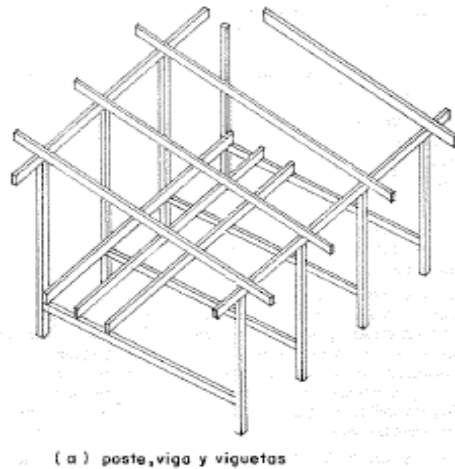


Gráfico 45 Sistema poste –viga
Fuente: Manual de diseño para maderas del grupo andino

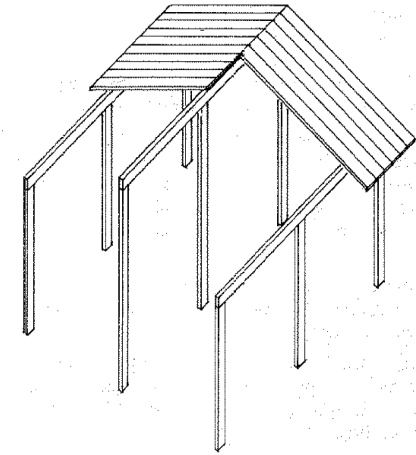


Gráfico 46 Sistema poste –viga
Fuente: Manual de diseño para maderas del grupo andino

Los sistemas estructurales de luces mayores son aquellos que tienen una distancia entre apoyos mayor a los 5 m. Dentro de esta categoría podemos encontrar los sistemas de cerchas.

Estructuras de Cerchas

El uso de cerchas en una estructura es precisamente para lograr gran luz entre apoyos, este sistema está compuesto por elementos sometidos a tracción y compresión los mismos que forman módulos de estructuras bidimensionales triangulares.

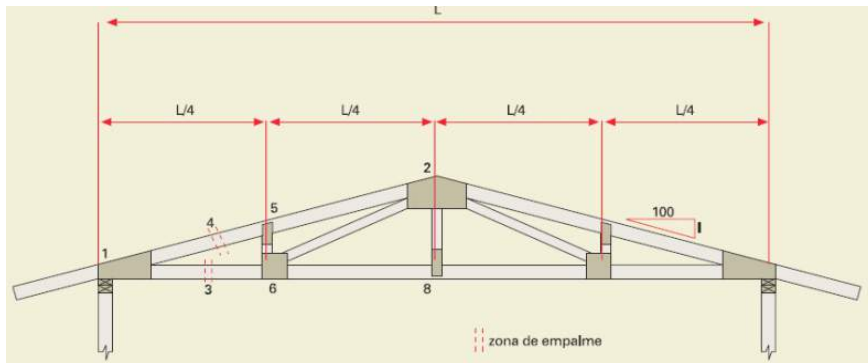


Gráfico 47 Gráfico de cerchas
Fuente: Catedra Canciani estructuras 1

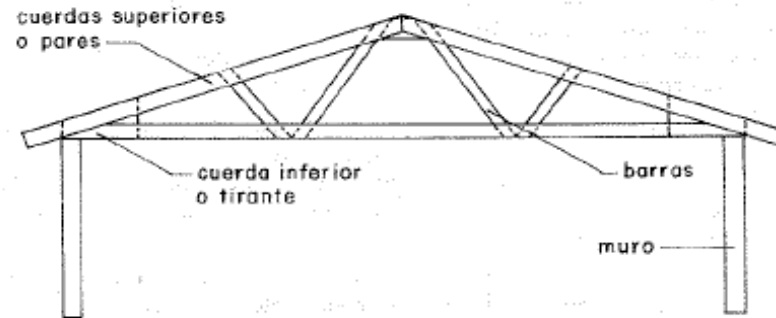


Gráfico 48 Componentes de una estructura de cerchas
Fuente: Manual de diseño para maderas del grupo andino

Otros sistemas estructurales

Existen otros sistemas estructurales como el arco, la bóveda, las estructuras tridimensionales, e incluso el pórtico o marcos rígidos, que se utilizan en grandes estructuras, pero si no se utiliza la madera maciza en una configuración de cercha es improbable alcanzar estas luces. Sin embargo existe una solución para aquellos sistemas estructurales que por motivos de diseño arquitectónico funcional utilicen elementos de madera que cubran grandes distancias entre los apoyos, estos elementos son de *Maderas Laminadas Encoladas*, cuya técnica permite fabricar vigas de madera que posibilitan conseguir grandes espacios libres de elementos estructurales.



Gráfico 49 Vista interior del domo de madera laminada
Fuente: Revista internacional de arquitectura, Nº 2: Toyo Ito, Editorial Gustavo Gili, Barcelona, 1997

Estructuras de Madera Laminada Encolada

La madera laminada es un componente estructural industrializado que se realiza mediante el encolado de madera maciza a escuadra que tienen un espesor único que se encuentra entre 1,5 y 5 cm. El encolado se realiza con dirección paralela; las uniones se las realiza en el sentido longitudinal de las piezas mediante el uso de la técnica finger-join. Se utilizan resinas adhesivas que pueden ser resorcina formaldehído la cual provee que el elemento tenga eficacia si se usa en exteriores, también se puede utilizar resinas de melanina, las mismas que tienen un menor impacto negativo al medio ambiente.

La especie de madera que se utilice en este tipo de componente debe tener un peso específico mayor o igual a 500kg/m³ y por supuesto la madera debe estar seca con un contenido de humedad inferior al 14 %.

La madera laminada ofrece la posibilidad de reducir los costos mediante la fabricación de un elemento estructural heterogéneo con referencia a la especie, esto es que la especie de madera no sea la misma en todo el elemento, se utiliza en las caras externas especies con mayor resistencia mientras que en el interior especies de menor resistencia mecánica. (Tecnología de la madera aplicadas al diseño de estructuras, 2013)



Gráfico 50 Complejo del Palacio de la Moncloa en Madrid estructura de madera laminada.
Fuente: Tecnología de la madera aplicadas al diseño de estructuras.



Gráfico 51 Puente Pontenova de 40m de longitud (España) construido con madera laminada
Fuente: Tecnología de la madera aplicadas al diseño de estructuras.

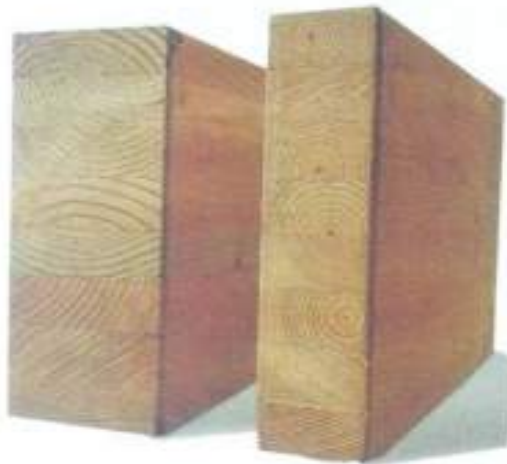


Gráfico 52 Sección de madera laminada
Fuente: Tecnología de la madera aplicadas al diseño de estructuras.



Gráfico 53 Unión de piezas que constituyen una viga laminada
Fuente: Manual de la construcción de viviendas de madera

Algunas de las características principales de la madera laminada:

- Mayor resistencia mecánica que las vigas madera aserrada maciza
- Su configuración permite incrementar la resistencia al fuego, debido a que el fuego tendrá que atravesar cada una de las láminas que formaran carbón, el mismo que actúa como retardante para que el calor no afecte a las demás piezas.
- El uso de madera laminada otorga una gran Flexibilidad de diseño de piezas ya que las formas pueden ser diversas y no necesitan apoyos intermedios.
- En agentes ácidos y alcalinos no reaccionan con agentes oxidantes o reductores.

- En comparación con elementos de hormigón de las mismas dimensiones es mucho más liviano. (Tecnología de la madera aplicadas al diseño de estructuras 2013)

En Ecuador no existen industrias que se dediquen a la fabricación de madera laminada, por tal razón el costo de implementación de este componente es alto ya que debe traerse de países vecinos como Colombia que si lo fabrica.

2.4.2 Pre-dimensionamiento de estructuras de madera laminada o maciza.

A continuación se presentan tablas que permiten obtener un pre-dimensionamiento de las estructuras de madera. (Conceptos básicos de la construcción con madera, 2010)

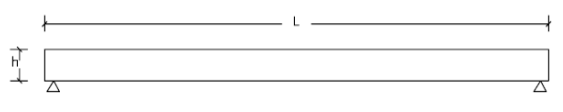
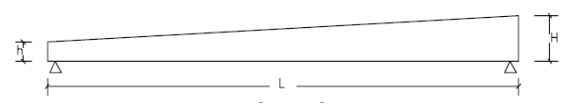
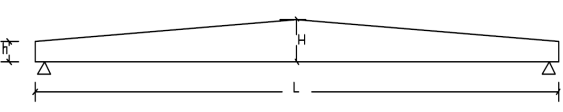
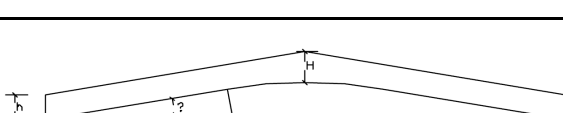
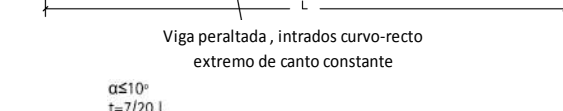
Sistemas Estructurales	Predimensionado
	$h=L/(16,5-0,15L)$
	$h=L/(26,5-0,15L)$ $H=L/(16,5-0,15L)$
 Vigas a dos aguas	$h=L/(23-0,1L)$ y $H=L/(19-0,1L)$ o $h=L/(31-0,1L)$ y $H=L/(16-0,1L)$
 Viga peraltada, intrados curvo-recto extremo de canto constante $\alpha \leq 10^\circ$ $t = 7/20 L$	$h=L/(22-0,2L)$ $H=L/(16-0,1L)$
 Viga peraltada, intrados curvo-recto extremo de canto no constante $\alpha \leq 10^\circ$ $\beta \leq 10^\circ$ $t = 7/20 L$	$h=L/(32,5-0,25L)$ $H=L/(17,5-0,25L)$

Tabla 9

Tabla de Pre-dimensionamiento de estructuras de madera laminada o maciza.
Fuente: Conceptos básicos de la construcción con madera

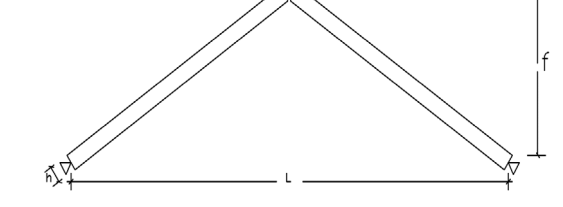
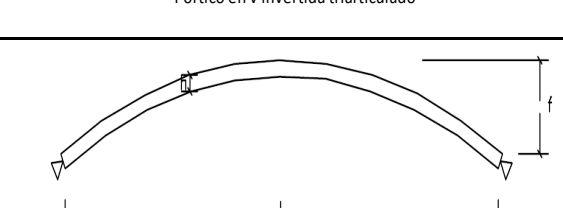
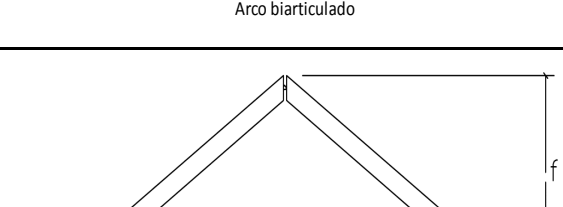
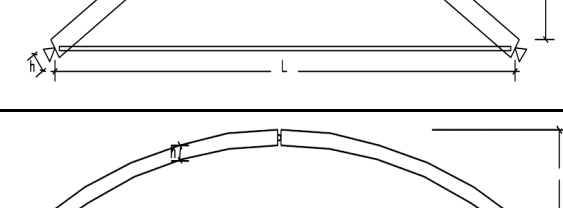
Sistemas Estructurales	Predimensionado
 Portico en v invertida triarticulado	$h=L/30-L/50$ $f \geq L/3$
 Arco biarticulado	$h=L/20-L/40$ $f \geq L/5-L/8$
	$h=L/30-L/50$ $f \geq L/6$
 Arco triarticulado	$L/30-L/50$ $f \geq L/7$

Tabla 10

Tabla de Pre-dimensionamiento de estructuras de madera laminada o maciza.
Fuente: Conceptos básicos de la construcción con madera

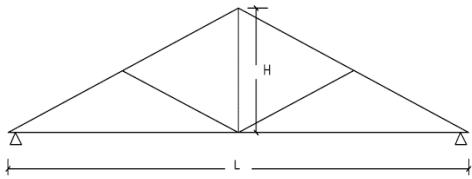
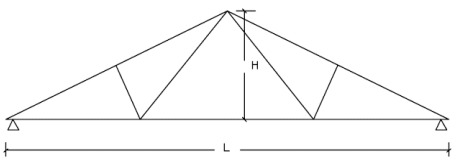
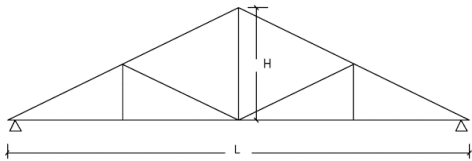
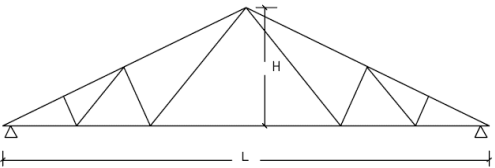
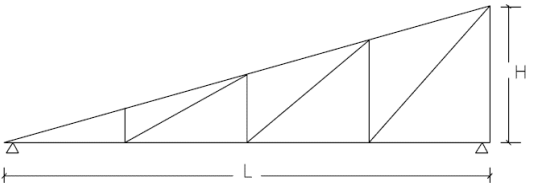
Sistemas Estructurales	Predimensionado
	$H \geq L/10 - L/8$
	$H \geq L/10 - L/8$
	$H \geq L/10 - L/8$
	$H \geq L/10 - L/8$
	$H \geq L/10$

Tabla 11 Tabla de Pre-dimensionamiento de cerchas de madera laminada o maciza.
Fuente: Conceptos básicos de la construcción con madera

Estas tablas son de gran ayuda para arquitectos, de esta manera se puede considerar en el diseño arquitectónico el tamaño apropiado de los elementos estructurales en relación con las luces que el proyecto necesite.

2.4.3 Uniones

Las edificaciones de madera están conformadas por elementos estructurales que deben estar unidos con el fin de que funcionen dentro de un sistema estructural. Esta unión entre piezas estructurales se la denomina unión estructural la cual transmite las fuerzas que actúan sobre ella a los componentes del sistema. Además la unión estructural debe restringir el movimiento de las piezas que aúna y conservando la forma del conjunto estructural.

Existen varios tipos de uniones que se pueden realizar para ensamblar dos elementos de madera y asegurarse que el nudo que se forma entre ellas sea lo suficientemente rígido, que evite deformaciones de los elementos.

Tipos de uniones estructurales

- Uniones amarradas
- Uniones clavadas
- Uniones atornilladas
- Uniones empernadas
- Anclajes – pletinas
- Uniones con adhesivos.

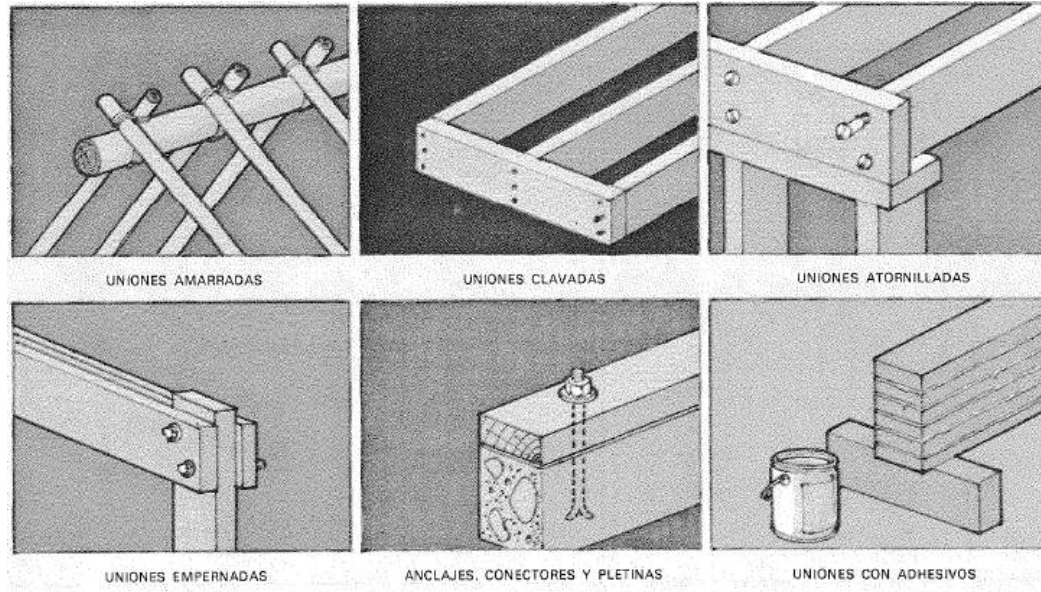


Gráfico 54 Contiene: tipo de uniones estructurales
Fuente: Cartilla de la construcción con madera, 1980

La madera a más de poder ser sujeta mediante pernos, clavos, tirafondos, tornillos, clavijas, posee una característica que refuerza la posibilidad de tener uniones muy bien fijadas y estas son los ensamblajes, los cuales consisten en hacer destajos en la madera con el fin que se produzca un calce perfecto en el otro elemento al que se quiere unir, haciendo que la unión se perciba como un solo elemento y aumentando la fijación de uno con otro.

A continuación se presentan algunos ensamblajes entre elementos de madera que pueden ser utilizados en la unión viga columna de un sistema estructural de marcos rígidos.

Los ensamblajes y empalmes básicos son:

Media madera

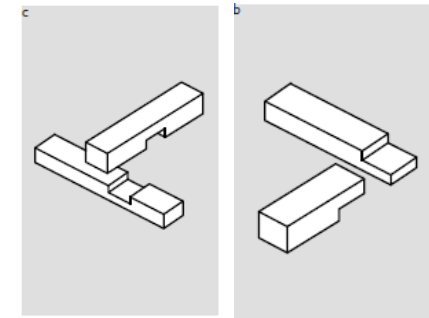
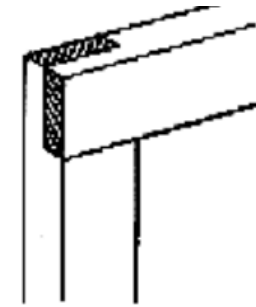


Gráfico 55 Ensamblaje a media madera
Fuente: Mariela Neira Palomeque, Universidad de Cuenca, 2010

Caja y Espiga

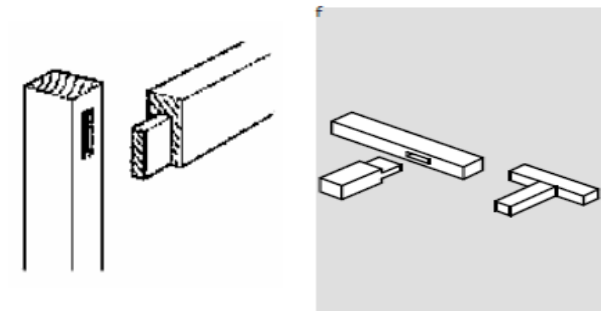


Gráfico 56 Ensamblaje de caja y espiga
Fuente: Mariela Neira Palomeque, Universidad de Cuenca, 2010

Cola de Milano

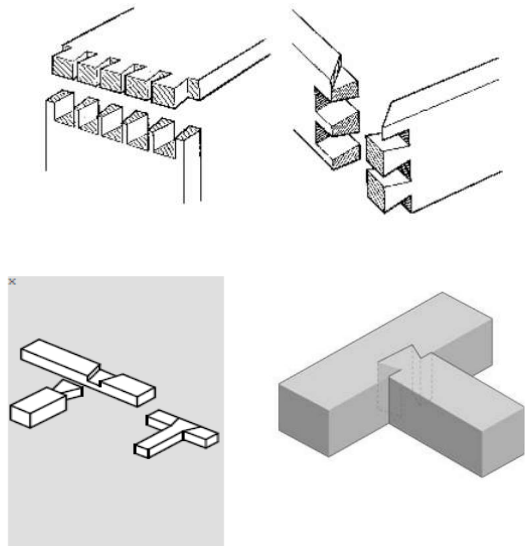


Gráfico 57 Ensamble cola de milano
Fuente: Mariela Neira Palomeque , Universidad de Cuenca , 2010

Horquilla

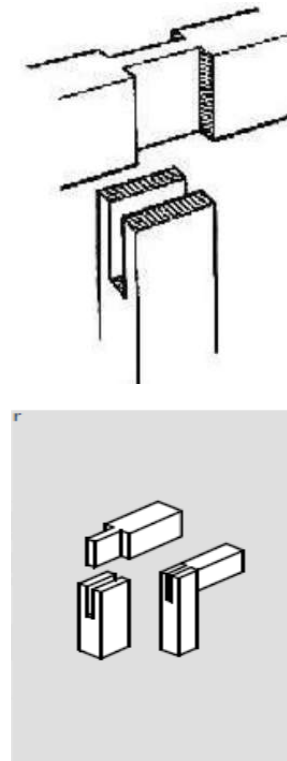


Gráfico 59
Ensamble de horquilla
Fuente: Mariela Neira Palomeque , Universidad de Cuenca , 2010

Empalme con llave

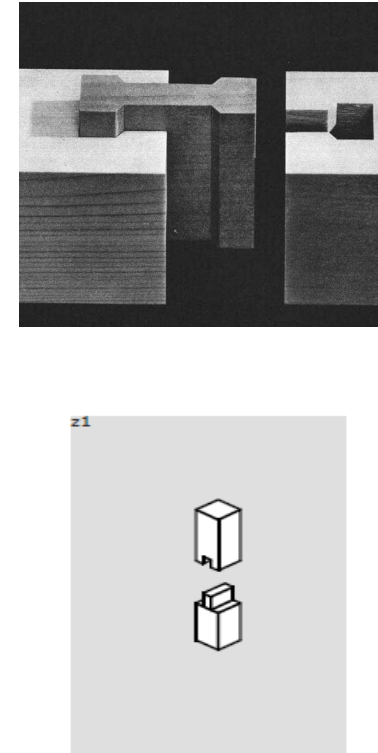


Gráfico 60
Empalme con llave
Fuente: Mariela Neira Palomeque , Universidad de Cuenca , 2010

Ensamble a Inglete

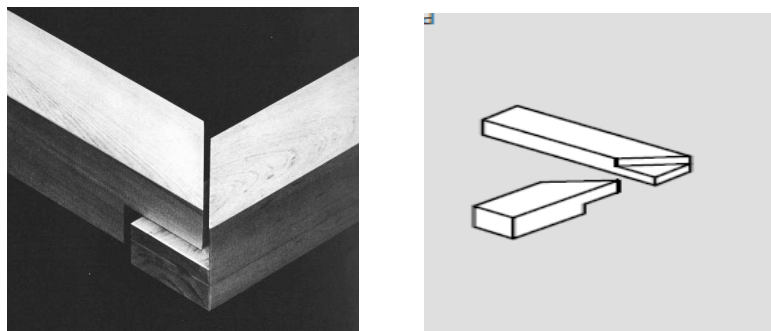


Gráfico 58 Ensamble a Inglete
Fuente: Mariela Neira Palomeque , Universidad de Cuenca , 2010

El resultado de la combinación de los ensamblajes básicos se obtiene los compuestos que son una gran cantidad, a continuación se presentan algunos ensamblajes compuestos.

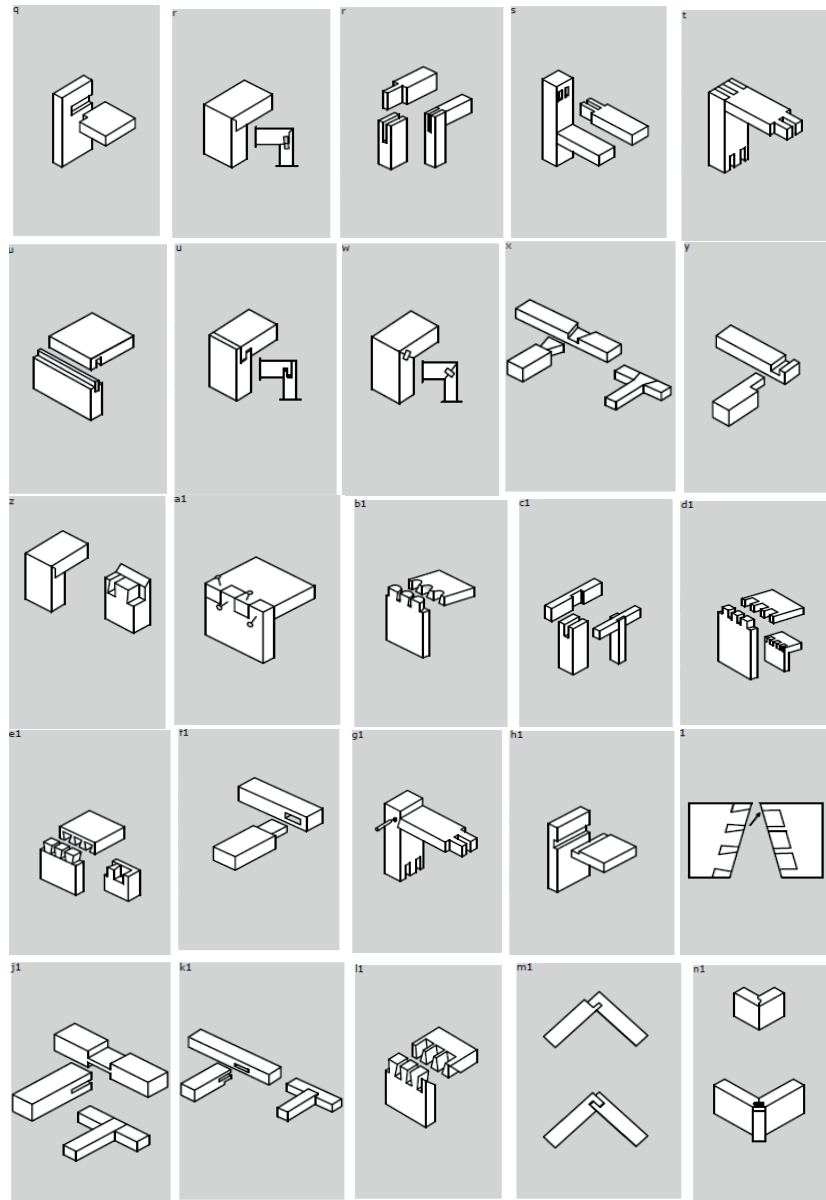


Gráfico 61 Contenido: uniones entre elementos de madera
Fuente: Mariela Neira Palomeque , Universidad de Cuenca , 2010

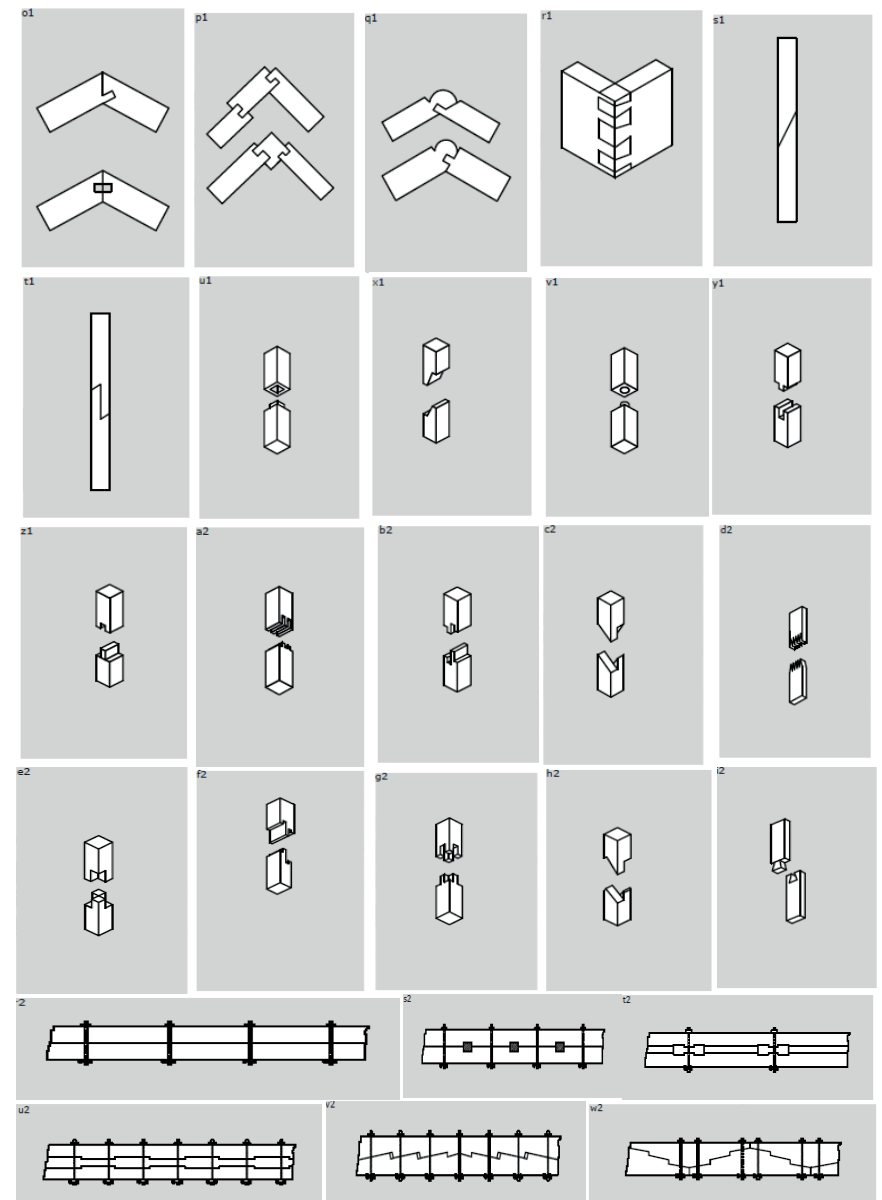


Gráfico 62 Contenido: uniones entre elementos de madera
Fuente: Mariela Neira Palomeque , Universidad de Cuenca , 2010

CAPÍTULO 3

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 FORMULACIÓN DE HIPÓTESIS

- Es factible técnica y económicamente construir viviendas con estructura de madera en la ciudad de Guayaquil.

3.2 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

3.2.1 Tipo de investigación

Esta investigación será de tipo descriptivo, debido a que busca identificar las variables que permitan hacer factible la construcción y diseño de una vivienda social con estructura de madera. La investigación se plantea de esta manera, pretendiendo obtener un diagnóstico de una situación particular en un entorno específico como es la ciudad de Guayaquil y así poder validar la hipótesis planteada.

3.2.2 Estrategias metodológicas

Para efectos de validar la hipótesis se recurre a la obtención de datos a través de un método que permita la construcción de conclusiones objetivas de la actual posibilidad de construcción de viviendas con estructura de madera.

El método está constituido por tres etapas de análisis:

La primera de ellas consiste en una investigación del mercado maderero distribuidor de elementos estructurales en Guayaquil, con el fin de poder conocer cuáles son las especies de madera de mayor oferta y demanda para el uso estructural, las mismas que el constructor podría encontrar con facilidad en las distribuidoras de madera de la ciudad, además se considerarán características de los elementos estructurales tales como tamaños, secciones transversales disponibles y permisos de distribución correspondientes. Estos da-

tos serán confrontados en la Norma Ecuatoriana de la Construcción, capítulo 7, Sección Madera Estructural, para conocer si las maderas usadas para este fin son las más adecuadas, tomando como referencias anteriores investigaciones realizadas sobre este tema en el país.

Esta etapa del método de investigación está dirigida a la recolección de información comercial por lo tanto la población o universo serán los depósitos de la ciudad donde se pueda adquirir madera con fines estructurales. Se tomará una muestra de 20 depósitos de madera, ubicados en la ciudad de Guayaquil. La cantidad total de depósitos de la ciudad es incierta, por lo tanto se priorizará aquellos depósitos de madera que se puedan localizar con mayor facilidad por medios digitales o publicitarios. La información se recolectará mediante el uso de la técnica de la entrevista y serán tabuladas en cuadros porcentuales en preguntas donde se amerite y en otras con aseveraciones concluyentes, basándose en la información recabada.

La segunda parte del método empleado para probar la hipótesis de la investigación, consiste en asumir una tipología arquitectónicas de vivienda social con estructura de hormigón armado como si fuese una vivienda con estructura de madera y conforme a los criterios de diseño con estructuras de madera, plantear su proceso de diseño, sin alterar su programa arquitectónico ni sus acabados, con el fin de poder notar los cambios que surgen si una vivienda es construida con una estructura de este tipo. El proceso permitirá distinguir las diferencias constructivas y espaciales entre el sistema estructural con hormigón y un sistema estructural con madera y así mismo poder determinar si las piezas de madera del mercado pueden satisfacer la configuración arquitectónica que se lleva a cabo en la actualidad.

La tercera etapa se basa en una comparación económica de las dos unidades de vivienda contrastando el costo que puede significar el cambio de la estructura, se pretende analizar si es posible que la vivienda con estructura de madera pueda ingresar en el mercado habitacional, compitiendo con los márgenes de utilidades que deja el uso de hormigón armado en la estructura. La herramienta necesaria para estimar los costos serán las especificaciones técnicas, planos y precios unitarios de cada rubro, esto permitirá comparar realmente la posibilidades del proyecto en el ámbito económico.

Una vez concluido el proceso se realizará una evaluación parcial de cada aspecto analizado para de esta manera conformar una validación general, conforme a las conclusiones surgidas del método de validación de la hipótesis.

CAPÍTULO 4

ESPECIES MADERABLES

4.1 NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCIÓN

La Norma Ecuatoriana de la Construcción en su capítulo 7 establece las condiciones de uso de la madera estructural:

“La Autoridad Forestal del Ecuador deberá controlar, en los depósitos e industrias de la madera en todo el país, la procedencia legal de la madera a utilizarse en la construcción de viviendas y otras edificaciones, que utilicen la madera como material estructural.” (Norma ecuatoriana de la construcción, 2011)

En la norma se establece que toda persona, natural o jurídica, está obligada a abastecerse de madera estructural, únicamente en los establecimientos autorizados por la autoridad nacional forestal competente. De igual manera, los proveedores de madera estructural, deberán entregar a sus compradores la siguiente información:

- Identificación de la madera
- Identificación de la madera secada al horno.
- Densidad específica básica promedio y grupo estructural.
- Retención, penetración, y nombre del preservante utilizado.
- Cumplimiento de la Norma de Clasificación Visual para Madera Estructural, la cual se trata de reconocer defectos físicos en la madera como encorvaduras, torceduras, arqueaduras entre otros, defectos que son perceptibles visualmente y que pueden reducir las propiedades de especies de maderas aptas para usar en estructuras al punto de provocar que un elemento no considere como una pieza apta para el uso estructural.

Es importante conocer la reglamentación de la normativa de la construcción ecuatoriana para confrontar su cumplimiento con la forma en que se distribuye madera estructural en Ecuador en general y en la ciudad de Guayaquil en particular.

4.2 ESPECIES MADERABLES DEL ECUADOR

Algunas de las especies maderables con posibilidades estructurales son las siguientes: *Anime*, *Arrayán*, *Barbasco*, *Bella maría*, *Caimitillo*, *Ceibo*, *Cuangare*, *Chanul*, *Colorado*, *Eucalipto*, *Fernán Sanchez*, *Guayacan*, *Pechiche*, *Mangle*, *Masenkuanim*, *Mascarey*, *Moral Fino*, *Pacera*, *Pituca*, *Puenga*, *Romerillo Fino*, *Saka*, *Sampi*, *Sande*, *Seique*, *Shuat*, *Timiuna*, *Tunash*, *Wacamp*, *Yeis*, *Yumbingue*. (Zambrano, S .1980)

Estas especies son consideradas duras, sin embargo a pesar que cuentan con una densidad apropiada para su uso en estructuras no se ha profundizado este, ya que la mayoría de estas especies no se distribuyen en el mercado guayaquileño, específicamente en madereras o en depósitos de madera.

4.3 MÉTODO - ENTREVISTA

Para tener certeza de las especies de madera estructural que se comercializan en la ciudad de Guayaquil se realizaron entrevistas a varios depósitos de la ciudad, con el fin reconocer las limitaciones que poseen las especies maderables que se ofertan en la ciudad en cuanto a secciones y longitudes, para así adaptar sus diseños a estos rangos y evitar el desperdicio de material.

Las preguntas fueron las siguientes:

- ¿Cuáles son las especies de madera estructural que ustedes tienen a disposición?
- ¿Cuáles son las regiones o provincias de procedencia de las respectivas especies?
- ¿Qué secciones transversales y longitudes de los elementos se comercializan?
- ¿Tiene la madera que se comercializa el certificado de la autoridad forestal competente?
- ¿Cuál es la especie de madera estructural de mayor comercialización?
- ¿Se pueden obtener secciones transversales y longitudes que no son comúnmente comercializadas?

Fueron entrevistadas un total de 20 distribuidoras de madera ubicadas en diferentes zonas de la ciudad, de esta manera se considera válida la información recolectada debido a que abarca los puntos estratégicos donde se pueden encontrar madera estructural.

A continuación se detalla el nombre y la ubicación de la muestra consultada.

- Maderera Bruno
Dirección: Guayaquil, Capitán Zaera 210 y Camilo Destruge
- Maderera El Cisne
Dirección: Guayaquil, km. 8 1/2 vía a la costa.

- Maderera El Pailón
Dirección: Guayaquil, Guasmo Norte, Calle Pdte. Galo Plaza, Río Guayas y Peatonal.
- Maderera Quininde
Dirección: Guayaquil, 26ava 1116 entre Portete y Argentina.
- Madera El Bosque
Dirección: Guayaquil, Km. 7.5 Vía Daule.
- Maderera Matute Jr.
Dirección: Guayaquil, Km. 4.5 Vía Juan T. Marengo.
- Maderas Tropicales
Dirección: Guayaquil, Baquerizo Moreno y Juan Montalvo.
- Súper Centro Maderero
Dirección: Guayaquil, José Mascote y Francisco de Marcos.
- Maderera Zamorano
Dirección: Guayaquil, Miraflores Calle 4 N.O. (6ta.) No.317 y Av. 37 N.O. (Av. Miraflores)
- Depósito de Madera Medina
Dirección: Guayaquil, Gallegos Lara 320.
- Depósito de madera Jehová es mi Pastor
Dirección: Guayaquil, Rosendo Avilés y 45ava.
- Ing. Montaje y construcción
Dirección: Guayaquil, Urb. Las Acacias 622.

- Depósito de madera Don Antonio
Dirección: Guayaquil, Pascuales Solar 2 Mz. A 5 Sector 40.
- Depósito de madera Alexandra
Dirección: Guayaquil, Julián Coronel 716.
- Depósito de madera San Carlos
Dirección: Guayaquil, 12ava 1118.
- Distribuidora de maderas Cia.Ltda
Dirección: Guayaquil, 1ero de Mayo 614.
- Madera Atenas
Dirección: Guayaquil, Av V. E. Estrada 1122.
- Maderas Oriente
Dirección: Guayaquil, Av J. T. Marengo Km. 6.5.
- Depósito central de Madera
Dirección: Guayaquil, Chanduy No 108.
- Distribuidora comercial Mendieta
Dirección: Guayaquil, C Ballén 1311.

4.3.1 Conclusión de información recolectada

Se realizó un estudio a varios depósitos de la ciudad de Guayaquil los cuales aportaron información, respondiendo las preguntas anteriormente planteadas de tal manera que sea una muestra representativa de los depósitos de Guayaquil y podamos establecer ciertas premisas que son necesarias identificar al empezar a proyectar un diseño con estructura de madera.

Se puede concluir que las especies de madera estructural que se comercializan en Guayaquil son:

- Chanúl
- Fernán Sánchez
- Moral fino
- Mascarey
- Guayacán esmeraldeño
- Colorado
- Seique

El Chanúl es la especie de madera que ofertaban todos los depósitos de madera entrevistados, sin embargo se pueden encontrar otras especies como el moral fino o Mascarey pero en menor porcentaje. A continuación se presenta una tabla que relaciona la especie de madera con el porcentaje que le corresponde de acuerdo con el número de depósitos que ofertaban dicha especie.

ESPECIES DE MADERA	PORCENTAJE DE OFERTA
Chanúl	100% de los depósitos
Fernán Sanchez	35% de los depósitos
Moral fino	40% de los depósitos
Mascarey	40% de los depósitos
Guayacán esmeraldeño	20% de los depósitos
Colorado	20% de los depósitos
Seique	30% de los depósitos

Tabla 12 Porcentajes de especies de madera en depósitos de Guayaquil
Fuente: Víctor Salazar, 2014

ESPECIE DE MADERA	PROVINCIA DE PROCEDENCIA
Chanúl	Provincia de Esmeraldas
Fernán Sanchez	Provincia de Esmeraldas , Los Rios
Moral fino	Provincia de Manabí
Mascarey	Provincia de Esmeraldas
Guayacán esmeraldeño	Provincia de Esmeraldas
Colorado	Provincia de Esmeraldas
Seique	Provincia de Orellana

Tabla 13 Provincias de origen de las especies de madera comercializadas en Guayaquil.
Fuente: Víctor Salazar, 2014

De las especies de madera estructural que se encuentran en los depósitos de la ciudad de Guayaquil la mayoría procede de la provincia de Esmeraldas.

Las especies madera estructural que encontramos en los depósitos de la ciudad de Guayaquil son principalmente provenientes de la provincia de Esmeraldas, se extraen de los bosques nativos de la zona.

Dimensiones más comunes de los elementos estructurales:

Los elementos estructurales que más comúnmente reciben los depósitos son de 4 x 8 pulgadas, de esta sección se pueden obtener secciones más pequeñas según requiera el comprador, pero las secciones que usualmente se pueden encontrar son:

SECCIONES TRANSVERSALES HABITUALES	2x2 pulgadas	4x6 pulgadas
	2x3 pulgadas	4x8 pulgadas
	2x4 pulgadas	4x4 pulgadas
	2x6 pulgadas	6x6 pulgadas
	2x8 pulgadas	8x8 pulgadas
	3x4 pulgadas	

Tabla 14 Secciones transversales habituales de los elementos de madera
Fuente: Víctor Salazar ,2014

Una sección mayor a la de 4" x 8", de 8" x 8" o mayores, se la puede adquirir, pero se debe realizar un pedido especial porque en stock de piezas de maderas de los depósitos, es muy difícil encontrarlas.

Las especies reconocidas como comercializadas en la ciudad de Guayaquil poseen una longitud máxima de las piezas estructurales son de 4 metros de longitud, la excepción es la especie de Chanúl que se pueden encontrar en 4, 5, 6, 7 u 8 metros de longitud.

ESPECIE DE MADERA	LONGITUD DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES
Chanúl	4- 8 metros
Fernán Sanchez	4 metros
Moral fino	4 metros
Mascarey	4 metros
Guayacán esmeraldeño	4 metros
Colorado	4 metros
Seique	4 metros

Tabla 15 Longitud de los elementos de cada especie de madera
Fuente: Víctor Salazar, 2014

La especie más comercializada para elementos estructurales es el Chanúl debido a que se encuentra en gran cantidad en la provincia de Esmeraldas. En los bosques húmedos tropicales y tiene buenas características de resistencia, además el Chanúl ofrece mayor diversidad de secciones transversales de los elementos, a más de las longitudes que pueden llegar a los 8 m.

En los depósitos no poseen la información necesaria acer-

ca de los elementos estructurales que certifique y garantice el estado y procedencia según lo determina la normativa ecuatoriana de la construcción en su capítulo maderas. La información que deben entregar al cliente está incompleta en caso de ser requerida, de no ser así, no se entrega.

- Identificación de la madera: Si poseen
- Identificación de la madera secada al horno: Si no se exige no se lo entrega.
- Densidad específica básica promedio y grupo estructural: No se entrega y tampoco tiene certeza de la densidad de la especie de madera.
- Retención, penetración, y nombre del preservante utilizado: No se conoce.
- Cumplimiento de la Norma de Clasificación Visual para Madera Estructural: Se realiza una inspección detallada de la madera que se entrega al cliente, este proceso de inspección es realizado por parte del personal de los depósitos en cada pedido de madera que ellos realizan.

En comparación a otros rubros que también ofertan los depósitos como la venta de madera semidura y blanda utilizada en muebles, encofrados entre otros, el volumen de venta de madera estructural es inferior.

Una vez que se obtuvo la información acerca de las especies ma-

derables comercializadas en la ciudad, es necesario conocer sus propiedades mecánicas para obtener una información precisa acerca de su resistencia mecánica y si efectivamente las especies son ofertadas correctamente, dentro de las maderas de uso estructural. Luego de poder identificar sus propiedades, se procederá a realizar una clasificación según lo indica la norma ecuatoriana de la construcción – sección madera de acuerdo a su densidad, es importante mencionar que este método de clasificación se obtiene de la literatura revisada en el manual de diseño para maderas del grupo andino publicado por PAD-REFORT.

4.4 PROPIEDADES MECÁNICAS DE LAS MADERAS DE USO ESTRUCTURAL COMERCIALIZADAS EN GUAYAQUIL

CHANÚL



Gráfico 63 Madera de árbol Chanúl
Fuente: propiedades físicas – mecánicas de uniones clavadas y empernadas sometidas a compresión.

Taxonomía

- Nombre común: Chanul
- Nombre científico: *Humiriastrum procerum*
- Familia : HUMIRIACEAE

Morfología de la especie

- Altura: 40 m
- Diámetro del tronco: 120 cm

Propiedades de la madera

Propiedades	
Densidad	0.71 g/cm ³
Módulo de elasticidad	130690 Kg/cm ²
Compresión paralela al grano	428 Kg/cm ²
Compresión perpendicular al grano	60 Kg/cm ²
Tracción paralela al grano	216.98 Kg/cm ²
Tracción perpendicular al grano	7.41 Kg/cm ²
Flexión	115.39 Kg/cm ²
Cizallamiento	62 Kg/cm ²

Tabla 16 Propiedades de la madera de Chanúl
Fuente: propiedades físicas – mecánicas de uniones clavadas y empernadas sometidas a compresión.

MORAL FINO

Gráfico 64 Madera del árbol Moral fino
Fuente: propiedades físicas – mecánicas de uniones clavadas y empernadas sometidas a compresión.

Taxonomía

- Nombre común: Moral Fino
- Nombre científico: *Clorophora tinctoria*
- Familia : MORACEAE

Morfología de la especie

- Altura: 10 a 37 m
- Diámetro del tronco: 50 a 100 cm

Propiedades de la madera

Propiedad	
Densidad	0.71 g/cm ³
Módulo de elasticidad	124000 kg/cm ²
Compresión paralela al grano	542 kg/cm ²
Compresión perpendicular al grano	104 kg/cm ²
Cizallamiento	112 kg/cm ²

Tabla 17 Propiedades de la madera de Moral Fino
Fuente: Maderas Tropicales como Material de Construcción en los países del Grupo Andino de América del Sur.

GUAYACÁN ESMERALDEÑO

Gráfico 65 Madera de árbol Guayacán Esmeraldeño
Fuente: propiedades físicas – mecánicas de uniones clavadas y empernadas sometidas a compresión.

Taxonomía

- Nombre común: Guayacán Esmaraldeño
- Nombre Científico: *Minquartia guianensis* Aubl.
- Familia: OLACACEAE

Morfología de la especie

- Altura: 33 m
- Diámetro del tronco: 60 cm

Propiedades de la madera

Propiedades	
Densidad	0.76 g/cm ³
Módulo de elasticidad	193000 Kg/cm ²
Compresión paralela al grano	441 Kg/cm ²
Compresión perpendicular al grano	99 Kg/cm ²
Cizallamiento	94 Kg/cm ²

Tabla 18 Propiedades de la madera Guayacán Esmaraldeño
Fuente: Manual de diseño de las maderas del grupo andino.

COLORADO



Gráfico 66 Madera de árbol Colorado
Fuente: propiedades físicas – mecánicas de uniones clavadas y empernadas sometidas a compresión.

Taxonomía

- Nombre común: Colorado, Palorojo
- Nombre científico: *Pouteria* sp
- Familia: SAPOTACEAE

Morfología de la especie

- Altura: 40 m
- Diámetro del tronco: 40 cm

Propiedades de la madera

Propiedades	
Densidad	0.51 g/cm ³
Módulo de elasticidad	69432 Kg/cm ²
Compresión paralela al grano	56.11 Kg/cm ²
Compresión perpendicular al grano	22.18 Kg/cm ²
Tracción paralela al grano	144.99 Kg/cm ²
Tracción perpendicular al grano	7.65 Kg/cm ²
Flexión	41.29 Kg/cm ²
Cizallamiento	9.43 Kg/cm ²

Tabla 19 Propiedades de la madera de Colorado
Fuente: propiedades físicas – mecánicas de uniones clavadas y empernadas sometidas a compresión.

FERNÁN SÁNCHEZ

Gráfico 67 Madera del árbol Fernán Sánchez
Fuente: propiedades físicas – mecánicas de uniones clavadas y empernadas sometidas a compresión.

Taxonomía

- Nombre común: Fernán Sánchez
- Nombre científico: *Triplaris guayaquilensis*
- Familia : POLYGONACEAE

Morfología de la especie

- Altura:
- Diámetro del tronco: 120 cm

Propiedades de la madera

Propiedad	
Densidad	0.53 g/cm ³
Módulo de elasticidad	128000 kg/cm ²
Módulo de rotura	1019 kg/cm ²
Compresión paralela a las fibras	334 kg/cm ²
Compresión perpendicular a las fibras	58 kg/cm ²
Cizallamiento	59 kg/cm ²

Tabla 20 Propiedades de la madera de Fernán Sánchez
Fuente: Ecuador forestal- Fichas técnicas Ing. Marco Vinuesa

SEIQUE



Gráfico 68 Madera de árbol Seique
Fuente: propiedades físicas – mecánicas de uniones clavadas y empernadas sometidas a compresión.

Taxonomía

- Nombre común: Seique
- Nombre científico: Cedrelinga Catanaeformis
- Familia :MIMOSACEAE

Morfología de la especie

- Altura: fuste de 40 m
- Diámetro del tronco: 65 a 150 cm

Propiedades de la madera

Propiedades	
Densidad	0.68 g/cm ³
Módulo de elasticidad	90000 Kg/cm ²
Compresión paralela al grano	333 Kg/cm ²
Compresión perpendicular al grano	41 Kg/cm ²
Tracción paralela al grano	140.8 Kg/cm ²
Tracción perpendicular al grano	6.15 Kg/cm ²
Flexión	328 Kg/cm ²
Cizallamiento	6.07 Kg/cm ²

Tabla 21 Propiedades de la madera de Seique
Fuente: Ecuador forestal- Fichas técnicas Ing. Marco Vinueza

MASCAREY

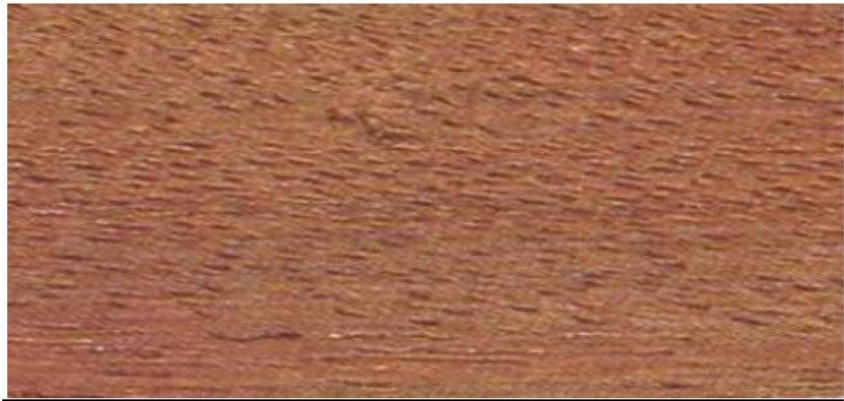


Gráfico 69 Madera de árbol Mascarey
Fuente: propiedades físicas – mecánicas de uniones clavadas y empernadas sometidas a compresión.

Taxonomía

- Nombre común: Mascarey, Calum
- Nombre científico: Hieronyma chocoensis cuatr.
- Familia :EUPHORBIACEAE

Morfología de la especie

- Altura: 30 m
- Diámetro del tronco: 100 cm

Propiedades de la madera

Propiedades	
Densidad	0.59 g/cm ³
Módulo de elasticidad	113000 Kg/cm ²
Compresión paralela al grano	309 Kg/cm ²
Compresión perpendicular al grano	41 Kg/cm ²
Cizallamiento	71 Kg/cm ²

Tabla 22 Propiedades de la madera de Mascarey
Fuente: Maderas Tropicales como Material de Construcción en los países del Grupo Andino de América del Sur.

4.5 CLASIFICACIÓN DE LA MADERA ESTRUCTURAL

4.5.1 Clasificación visual

La madera previa a su aplicación en algún elemento estructural debe cumplir con los requisitos de la Clasificación Visual, se hace referencia a estos requisitos en el Manual de Diseño para Maderas del Grupo Andino.

Los defectos que presenta la madera luego del proceso de secado deben ser auscultados con sumo detalles para poder considerar apta la madera para su uso estructural, se detallan a continuación:

- **Abarquillado**

Defecto el cual se evidencia cuando las aristas longitudinales de la pieza de madera no están al mismo nivel de la región central.

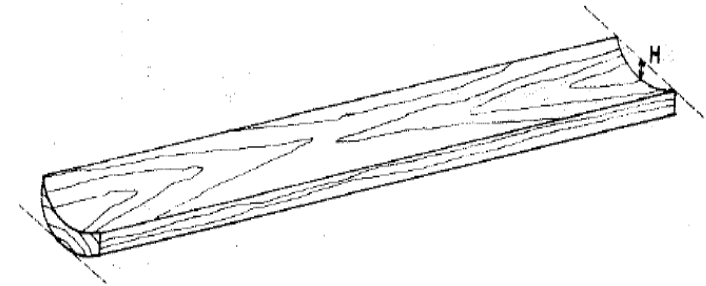


Gráfico 70 Abarquillado
Fuente: Manual de diseño de maderas para el grupo andino (1980)

- **Arqueadura**

Curvatura de la cara longitudinal del elemento de madera.

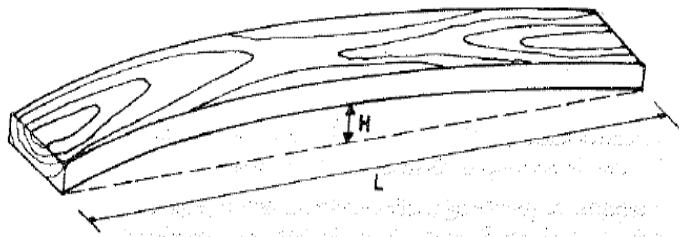


Gráfico 71 Arqueadura
Fuente: Manual de diseño de maderas para el grupo andino (1980)

- **Encorvadura**

Curvatura en el canto de la pieza de madera

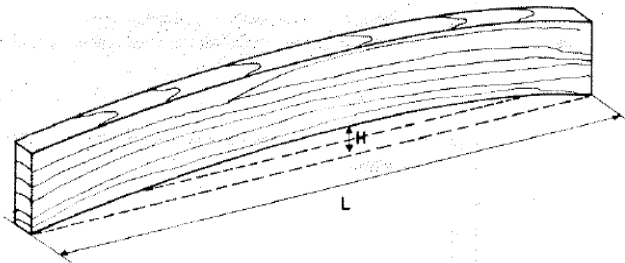


Gráfico 72 Encorvadura
Fuente: Manual de diseño de maderas para el grupo andino (1980)

- **Torcedura**

Curvatura de la pieza de madera en una de sus esquinas

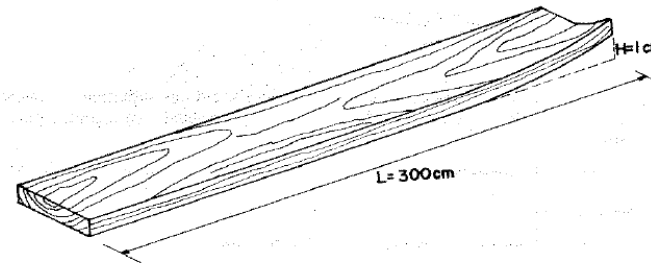


Gráfico 73 Torcedura
Fuente: Manual de diseño de maderas para el grupo andino (1980)

- **Arista faltante**

Falta de madera en alguna de las aristas del elemento que complete la sección original de la pieza.

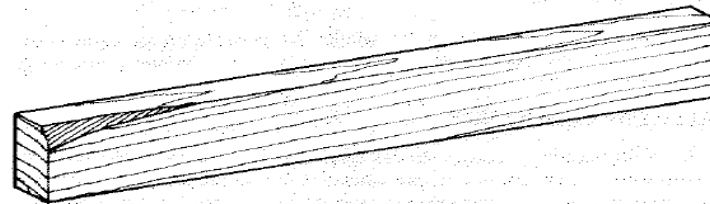


Gráfico 74 Arista faltante
Fuente: Manual de diseño de maderas para el grupo andino (1980)

- **Duramen quebradizo**

El duramen es la parte de mayor durabilidad del tronco del árbol y se caracteriza por su color más oscuro que la albura.



Gráfico 75 Duramen quebradizo
Fuente: Manual de diseño de maderas para el grupo andino (1980)

- **Escamadura**

Separación de la pieza de madera entre los anillos de crecimiento.



Gráfico 76 Escamadura
Fuente: Manual de diseño de maderas para el grupo andino (1980)

- **Fallas de compresión**

Fisuras muy delgadas perpendiculares al grano.

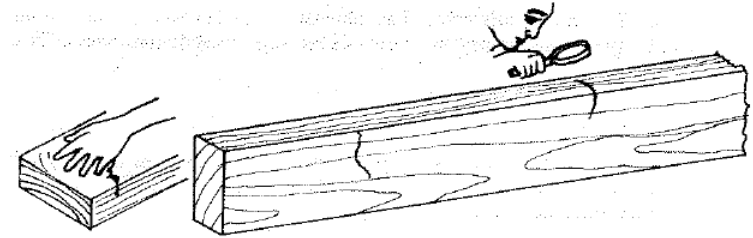


Gráfico 77 Fallas de compresión
Fuente: Manual de diseño de maderas para el grupo andino (1980)

- **Grietas**

Es una abertura en la madera que no se extiende de una cara hasta su opuesta

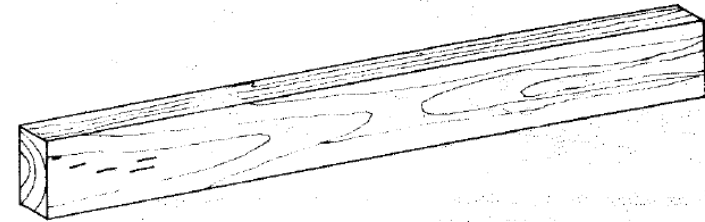


Gráfico 78 Grietas
Fuente: Manual de diseño de maderas para el grupo andino (1980)

- **Médula**

Es la parte central del leño conformado por tejidos blandos y de poca resistencia mecánica

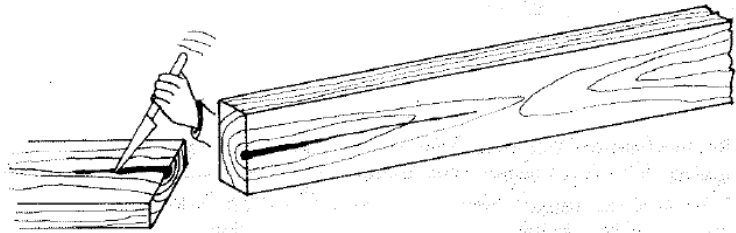


Gráfico 79 Médula
Fuente: Manual de diseño de maderas para el grupo andino (1980)

- **Nudos**

Evitar nudos en la zona intermedia del elemento estructural

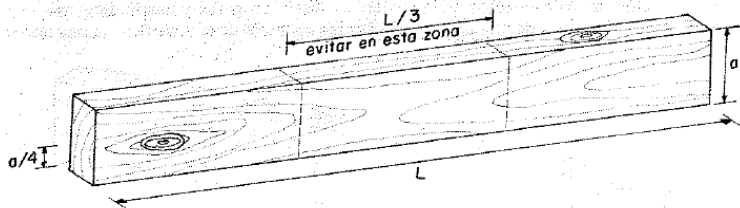


Gráfico 80 Nudos
Fuente: Manual de diseño de maderas para el grupo andino (1980)

- **Nudos huecos**

Presencia de nudos perforados

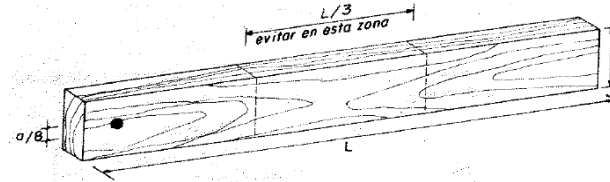


Gráfico 81 Nudos huecos
Fuente: Manual de diseño de maderas para el grupo andino (1980)

- **Nudos arracimados**

No se permiten nudos juntos

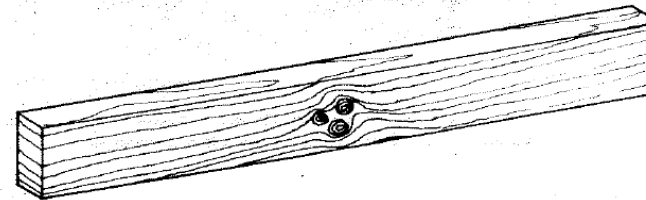


Gráfico 82 Nudos arracimados
Fuente: Manual de diseño de maderas para el grupo andino (1980)

- **Parénquima**

Son células que sirven para almacenar sustancias de reserva para el árbol en pie, son susceptibles al ataque de hongos e insectos.

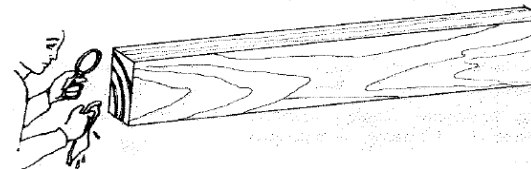


Gráfico 83 Parénquima
Fuente: Manual de diseño de maderas para el grupo andino (1980)

- **Perforaciones pequeñas**

Agujeros con diámetros igual o menores a los tres milímetros.

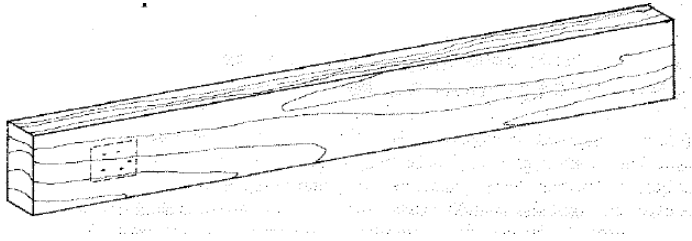


Gráfico 84 Perforaciones pequeñas
Fuente: Manual de diseño de maderas para el grupo andino (1980)

- **Perforaciones grandes**

Agujeros con diámetros mayores a los tres milímetros.

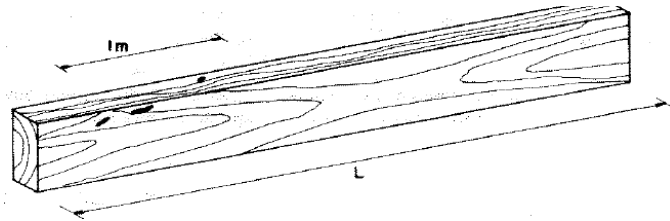


Gráfico 85 Perforaciones grandes
Fuente: Manual de diseño de maderas para el grupo andino (1980)

- **Rajaduras**

Separación del tejido leñoso paralelo al grano.

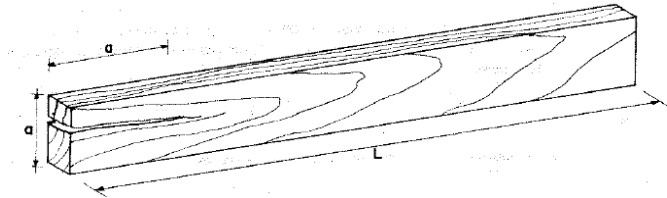


Gráfico 86 Rajaduras
Fuente: Manual de diseño de maderas para el grupo andino (1980)

4.5.2 Tolerancias de los defectos de la clasificación visual de la madera estructural.

Cada uno de los defectos presentes de la madera, debe ser revisado y confrontados con los niveles de tolerancia de cada uno, para que la madera pueda ser idónea para la construcción de estructuras. Ver tabla 23.

Las especies que se comercializan en la ciudad y son de fácil obtención por el consumidor suelen presentar defectos luego del proceso de secados, estos defectos son de poca magnitud, sin embargo se debe realizar una revisión del material que se utilizará en el rubro estructural. Los defectos más comunes según las especies más comercializadas en Guayaquil se presentan en la tabla 24.

Defectos	Tolerancias
1 Alabeos Abarquillado Arqueadura Encorvadura Torcedura	No más del 1. % del ancho de la pieza No más del 0.3% de la longitud de la pieza No más del 0.3% de la longitud de la pieza No más del 0.3% de la longitud de la pieza
2 Arista faltante	Solo en una esquina y que no se extienda más 1/4 del ancho, ni mas de 1/4 del espesor de la pieza.
3 Bandas anchas de parénquima	No se permiten en elementos sujetos a esfuerzos de compresión.
4 Duramen Quebradizo	No se permite
5 Escamadura	Se permite solo si es superficial , paralela al eje de la pieza y de una longitud no mayor que 1/4 de la longitud de la pieza , no se permiten en las aristas de la pieza.
6 Fallas de compresión	No se permiten
7 Grano inclinado	No mayor que 1:8 en cualquier parte de la pieza
8 Grietas	Se permiten si la distribución es moderada: la profundidad no debe exeder 1/ 4 del espesor de la pieza.
9 Manchas	Se permiten solo si es seguro que la diversidad no es producto de pudrición
10 médulas	No se permiten
11 Nudos Nudos arracimados Nudos sueltos Nudos sanos	No se permiten. El máximo diámetro permitido es el menor de 2 cm o 1/8 del ancho de la cara de la pieza. El máximo diámetro permitido es el menor de 4 cm o 1/4 del ancho de la cara de la pieza.
12 Perforaciones de insectos grandes.	Se permiten cuando su distribución es moderada y superficial, no mas de 3 agujeros en 3 cm. No deben estar alineados ni atravesar la pieza.
13 Perforaciones de insectos pequeñas	Se permiten cuando su distribución es moderada y cubre un área no mayor de 1/4 de la longitud de la pieza, no más de 6 agujeros en 100 cm ² , no debe estar alineados ni atravesar la pieza.
14 Pudrición	No se permite.
15 Rajaduras en los extremos	Se permiten solo en un extremo de la pieza y sólo hasta una longitud que no exceda el ancho de la cara de la pieza.

Tabla 23 Clasificación visual de la madera estructural
Fuente: Madera Tropicales como Material de Construcción en los países del Grupo Andino de América del Sur

ESPECIES DE MADERA	DEFECTOS
Colorado	Rajadura - abarquillado
Guayacán	Torcedura - Arqueadura
Chanúl	Arqueadura - torcedura
Moral fino	Encorvadura - torcedura
Fernán Sánchez	Arqueadura - encorvadura
Mascarey	Arqueadura- encorvadura
Seique	Arqueadura- encorvadura

Tabla 24 Defectos comunes en las especies de madera comercializadas en Guayaquil.
Fuente: Madera Tropicales como Material de Construcción en los países del Grupo Andino de América del Sur.

4.6 CLASIFICACIÓN DE LAS ESPECIES DE MADERA SEGÚN SU DENSIDAD BÁSICA

Las especies maderables del Ecuador pueden ser clasificadas en tres grupos según sea su densidad básica, la cual se define como el cociente entre el peso de la madera en estado anhidrido y su volumen en estado verde o saturado es decir con un mínimo de 30 % de humedad. El concepto de clasificación lo incluye el código de la construcción en su sección de maderas. La clasificación relaciona la densidad de una especie de madera con sus propiedades, de modo

que a mayor densidad su resistencia a los esfuerzos mecánicos se incrementa, esto se determinó luego de una serie de ensayos realizados por los autores del Manual de Diseño de Maderas para el Grupo Andino (1980). De esta manera se podría clasificar las maderas de nuestro país en tres grupos principales según su densidad, de la siguiente manera.

Grupo A: Densidad básica comprendida entre 0.71 – 0.90 gr/ cm³.

Grupo B: Densidad básica comprendida entre 0.56 – 0.70 gr/ cm³.

Grupo C: Densidad básica comprendida entre 0.40 – 0.55 gr/ cm³.

A cada grupo se le asigna esfuerzos admisibles que pueden ser usados en el dimensionamiento de estructuras. Las Normas Ecuatorianas de Construcción en su sección madera estructural, también incluye esta clasificación la cual permite incluir especies dentro de una categoría una vez que sean determinadas por la clasificación visual como maderas de uso estructural.

A continuación se presentan los cuadros de las especies de uso estructural en Guayaquil, el primero con la densidad de madera seca que usualmente es madera que se encuentra con un contenido de humedad al 12%, mientras que el segundo cuadro son las mismas especies con su Densidad Básica.

La clasificación en referencia se la realiza utilizando la densidad básica de la madera, por ello en el caso que se conozca la densidad seca de la madera se deberá utilizar métodos que nos permitan relacionar la densidad seca con la densidad básica del material.

Especie	Densidad (gr/cm ³)
Chanúl	0.95
Moral Fino	0.95
Guayacán	0.99
Seique	0.90
Mascarey	0.76
Fernán Sánchez	0.66
Colorado	0.63

Tabla 25 Densidad seca de las especies de maderas estructurales de mayor oferta en Guayaquil
Fuente: Víctor Salazar, 2013.

De acuerdo con las investigaciones realizadas por la Facultad de Ciencias Exactas, Químicas y Naturales de la Universidad Nacional de Misiones en Argentina la relación entre la densidad básica y la densidad seca se aproxima a la siguiente función lineal,

$$Y: 0.7022 X + 0.0678$$

Donde la ecuación para calcular las densidades es:

$$Db = 0.7022 x Ds + 0.0678$$

Db: densidad básica

Ds: densidad seca

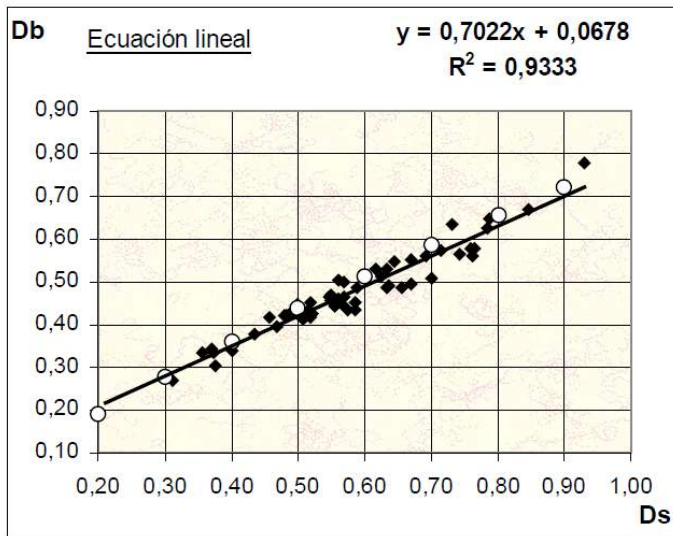


Gráfico 87 Relación entre la densidad seca y densidad básica de la madera.
Fuente: Carlos Eduardo Núñez, Universidad Nacional de Misiones - Argentina, (2007)

Ds	Db	Ds	Db	Ds	Db
0,20	0,20	0,46	0,40	0,72	0,57
0,22	0,22	0,48	0,41	0,74	0,58
0,24	0,24	0,50	0,43	0,76	0,59
0,26	0,25	0,52	0,44	0,78	0,61
0,28	0,27	0,54	0,45	0,80	0,62
0,30	0,28	0,56	0,47	0,82	0,63
0,32	0,30	0,58	0,48	0,84	0,64
0,34	0,31	0,60	0,49	0,86	0,66
0,36	0,33	0,62	0,50	0,88	0,67
0,38	0,34	0,64	0,52	0,90	0,68
0,40	0,36	0,66	0,53	0,92	0,69
0,42	0,37	0,68	0,54	0,94	0,70
0,44	0,38	0,70	0,56	0,96	0,72

Tabla 26 Tabla de conversión de densidades secas a densidades básicas
Fuente: Universidad Nacional de Misiones - Argentina, (2007)

Según el método de relación entre densidades se obtiene que las densidades básicas de las especies de madera estructural de mayor volumen de oferta en la ciudad de Guayaquil sean las siguientes:

Especie	Densidad (gr/cm3)
Chanúl	0.71
Moral Fino	0.71
Guayacán	0.76
Seique	0.68
Mascarey	0.59
Fernán Sánchez	0.53
Colorado	0.51

Tabla 27 Densidad básica de las especies de maderas estructurales de mayor oferta en Guayaquil
Fuente: Víctor Salazar, 2013.

Tal como lo indica la Norma Ecuatoriana de la Construcción en su capítulo madera, se debe realizar una clasificación de la madera de uso estructural según su densidad, de esta manera la clasificación queda de la siguiente manera.

Grupo A	Grupo B	Grupo C
Chanúl	Seique	Fernán Sánchez
Moral fino	Mascarey	Colorado
Guayacán		

Tabla 28 Clasificación de las especies de madera estructural comercializadas en Guayaquil según su densidad.
Fuente: Víctor Salazar, 2013

Según el planteamiento de clasificación propuesto por el Manual de Diseño para Maderas del Grupo Andino, se establece una relación directa entre la densidad de la especie de madera y sus características de resistencia a esfuerzos mecánicos,

Para cada grupo se establecen los esfuerzos admisibles descritos en las tablas que se muestra a continuación.

ESFUERZOS ADMISIBLES										
Grupo	Flexión		Tracción Paralela		Compresión Paralela		Compresión Perpendicular		Corte Paralelo	
	fm		ft		fc		fc ₁		fv	
	M Pa	Kg/cm ²	M Pa	Kg/cm ²	M Pa	Kg/cm ²	M Pa	Kg/cm ²	M Pa	Kg/cm ²
A	21	210	14.5	145	14.5	145	4.0	40	1.5	15
B	15	150	10.5	105	11.0	110	2.8	28	1.2	12
C	10	100	7.5	75	8.0	80	1.5	15	0.8	8

(*) Estos esfuerzos son para madera húmeda, y pueden ser usados para madera seca.

Tabla 29 Esfuerzos admisibles
Fuente: Norma Ecuatoriana de la Construcción

MODULO DE ELASTICIDAD				
Grupo	E mín		E promedio	
	M Pa	Kg/cm ²	M Pa	Kg/cm ²
A	9500	95,000	13000	130,000
B	7500	75,000	10000	100,000
C	5500	55,000	9000	90,000

(*) Estos esfuerzos son para madera húmeda, y pueden ser usados para madera seca.

Tabla 30 Módulos de elasticidad
Fuente: Norma Ecuatoriana de la Construcción

4.7 CONCLUSIÓN

Los depósitos de Guayaquil no poseen una gran variedad de especies a disposición del cliente, las madereras o depósitos en su mayoría poseen especies que provienen de la provincia de Esmeraldas, cinco de las siete especies que se pueden adquirir con relativa facilidad en Guayaquil, provienen de la zona costa norte, las especies duras como se conoce a las especies con características estructurales, provienen principalmente de bosques nativos y no es coincidencia que en la provincia de Esmeraldas, una gran cantidad de bosques sean de este tipo, es por ello que en esta provincia, la extracción de madera en bosques nativos, supere la extracción de plantaciones forestales.

Las restricciones en cuanto a la explotación que se realiza en la provincia de Esmeraldas, ha propiciado que se recurra a proveerse de madera proveniente de otras provincias y regiones como es el caso del moral fino que se lo trae de Manabí y el Seique que proviene de la región amazónica.

Los depósitos de madera no proporcionan toda la información que exige la norma de la construcción que se entregue a todo consumidor de sus productos madereros, mucha de esta información como la especie de madera, zona de origen de la madera, certificación que la madera ha sido secada al horno no se entregan si no son requeridas por el comprador, mientras que otros datos se desconocen como la densidad y clasificación de la madera según lo que propone la norma de la construcción.

Los arquitectos deben conocer las especies con las que pueden trabajar en la ciudad y sus características, para ello es indispensable asegurarse que los depósitos donde se compre la madera hayan realizado la clasificación visual de la madera que oferta para uso en estructuras, respetar las tolerancias de cada uno de los defectos posibles de la madera, es indispensable para el correcto funcionamiento estructural.

Las especies de madera que se comercializan en Guayaquil se clasifican según su densidad en 3 categorías :en el grupo A se encuentran el Chanúl , el moral fino y el Guayacán esmeraldeño estas maderas son las de mayor resistencia. En el grupo B se encuentran el Mascarey y el Seique , finalmente en el grupo C se encuentran el Fernán Sánchez y el Colorado. Esta clasificación permite al arquitecto distinguir la propiedades mecánicas de cada especie y los esfuerzos que son capaces de resistir con el fin de poder pre dimensionar correctamente las estructuras de los proyectos arquitectónicas.

CAPÍTULO 5
VIVIENDA DE INTERÉS
SOCIAL
CON ESTRUCTURA DE
MADERA

Para efectos de poder demostrar tanto el proceso como las posibilidades constructivas del material en estudio, se empezará con la segunda etapa del método planteado para la determinación de la factibilidad de una vivienda en Guayaquil, con estructura de madera. Se considera apropiado, para llevar a cabo la realización del método, trabajar con la tipología de una vivienda de interés social, al ser un estereotipo de vivienda creada para satisfacer la necesidad inmediata de una primera vivienda en familias de escasos recursos económicos y posibilidades crediticias.

5.1 SEGUNDA ETAPA DE LA METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

En esta etapa se selecciona una tipología de vivienda de interés social con estructura de hormigón armado, la vivienda deberá estar incluida en algún plan público o privado en el que se evidencie la futura construcción de la vivienda o alguna que ya haya sido construida.

Una vez seleccionada la vivienda, se plantea proponer una alternativa que mantenga las mismas consideraciones arquitectónicas, pero utilizando un sistema estructural de madera, con elementos estructurales, de acuerdo a lo que el mercado de Guayaquil ofrece. De esta manera se pretende elaborar un ejercicio en el que se tendrá que establecer una metodología constructiva que permita el uso técnico de este material y compararlo con el sistema tradicional que usa el hormigón armado y concluir si existe factibilidad técnica y económica para que compita en el mercado local.

5.2 PLAN HABITACIONAL SOCIO VIVIENDA

El programa Socio Vivienda fue creado en el año 2010 por el Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, como el más importante del gobierno nacional, con el fin de brindar una mejor calidad de vida a personas que viven en condiciones desfavorables.

El programa Socio Vivienda, es un proyecto urbanístico que está destinado a generar oferta de lotes de vivienda para el sector de la población con poca capacidad económica, los cuales en su gran mayoría no son sujetos de crédito por tener ingresos muy bajos o por ser trabajadores informales.

Para poder facilitar la adquisición del terreno y la vivienda el programa posibilita al interesado pagar el valor del terreno mediante el ahorro que se realice en un tiempo estimado por las autoridades gubernamentales, las personas favorecidas con este plan habitacional, reciben un incentivo económico llamado Bono de la vivienda por el monto de 5.000 dólares, que será complementado con el Ahorro realizado en un año con el fin de facilitar la adquisición del terreno y casa en los macro lotes donde se desarrolla el proyecto. El saldo lo cubrirá en beneficiario mediante un Crédito, con amortizaciones adecuadas al poder adquisitivo del comprador.

El plan habitacional Socio Vivienda Guayaquil se encuentra en el sector noreste de la ciudad en el sector de la Prosperina, km 26 de la Vía la Perimetral, junto a los terrenos de la Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL).

Las 2.273 viviendas unifamiliares del plan habitacional cuentan cada una con 38.35 m² de construcción en un terreno de 91 m²,

también se construyen dentro del complejo urbanístico 11 bloques unifamiliares que albergarán 352 familias, especialmente aquellas que serán reubicadas provenientes de las riberas del Estero Salado de Guayaquil. El plan maestro cuenta con colegio réplica, parque central, UPC, terrenos para áreas comerciales, para guarderías, centros médicos y estación de bomberos. (MIDUVI, 2013)



Gráfico 88 Plan habitacional socio vivienda Guayaquil
Fuente: Ministerio de desarrollo y vivienda

5.3 LA VIVIENDA CON ESTRUCTURA DE HORMIGÓN ARMADO

A continuación se presenta la información del modelo de vivienda del plan socio vivienda en Guayaquil propuesto por el Ministerio de desarrollo urbano y vivienda.

5.3.1 Dimensión del terreno

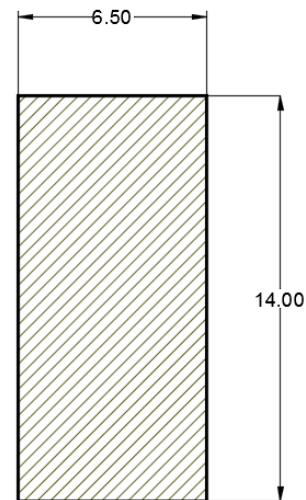


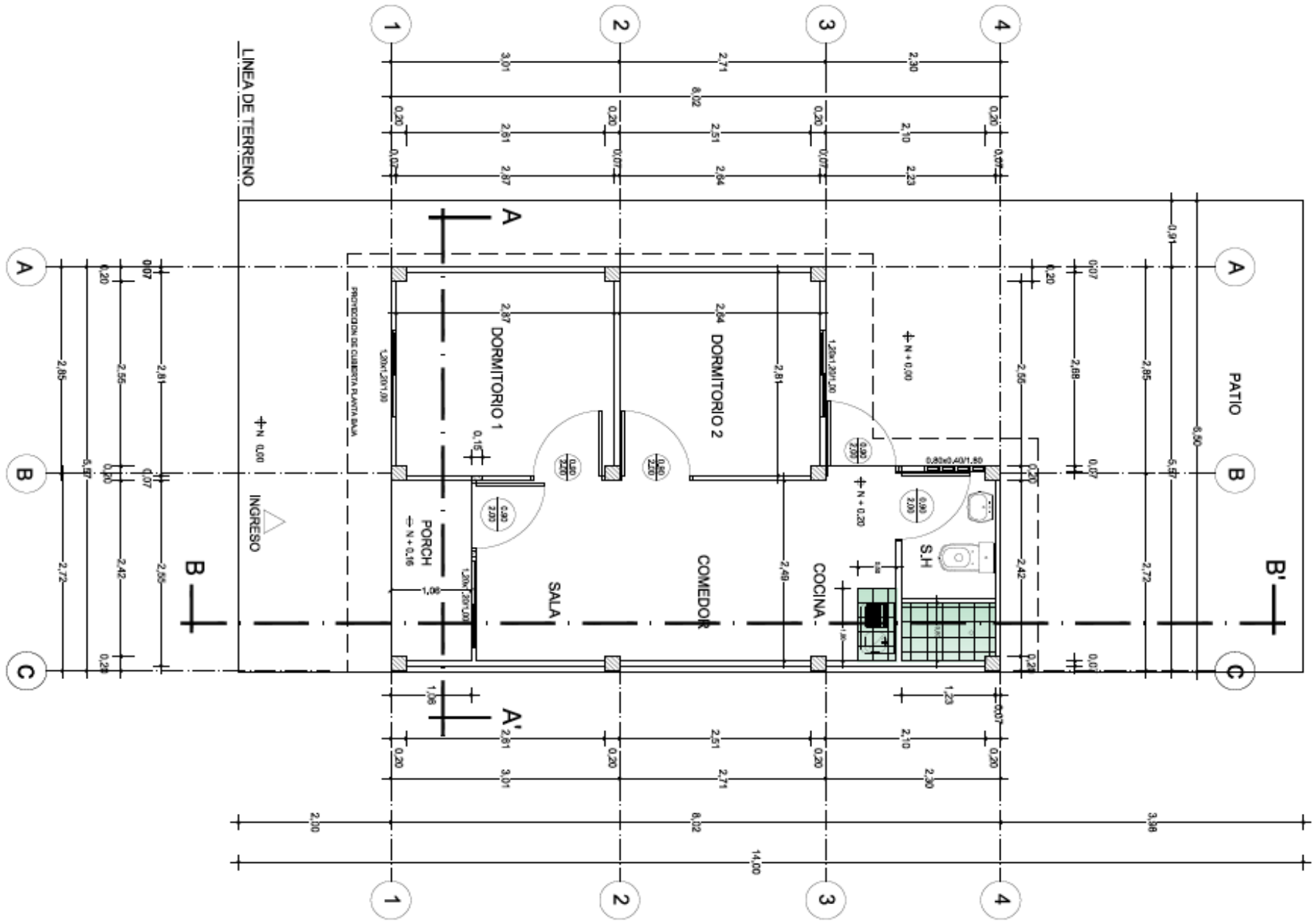
Gráfico 89 El terreno tiene una dimensión de 91 m2
Fuente: MIDUVI

5.3.2 Programa Arquitectónico

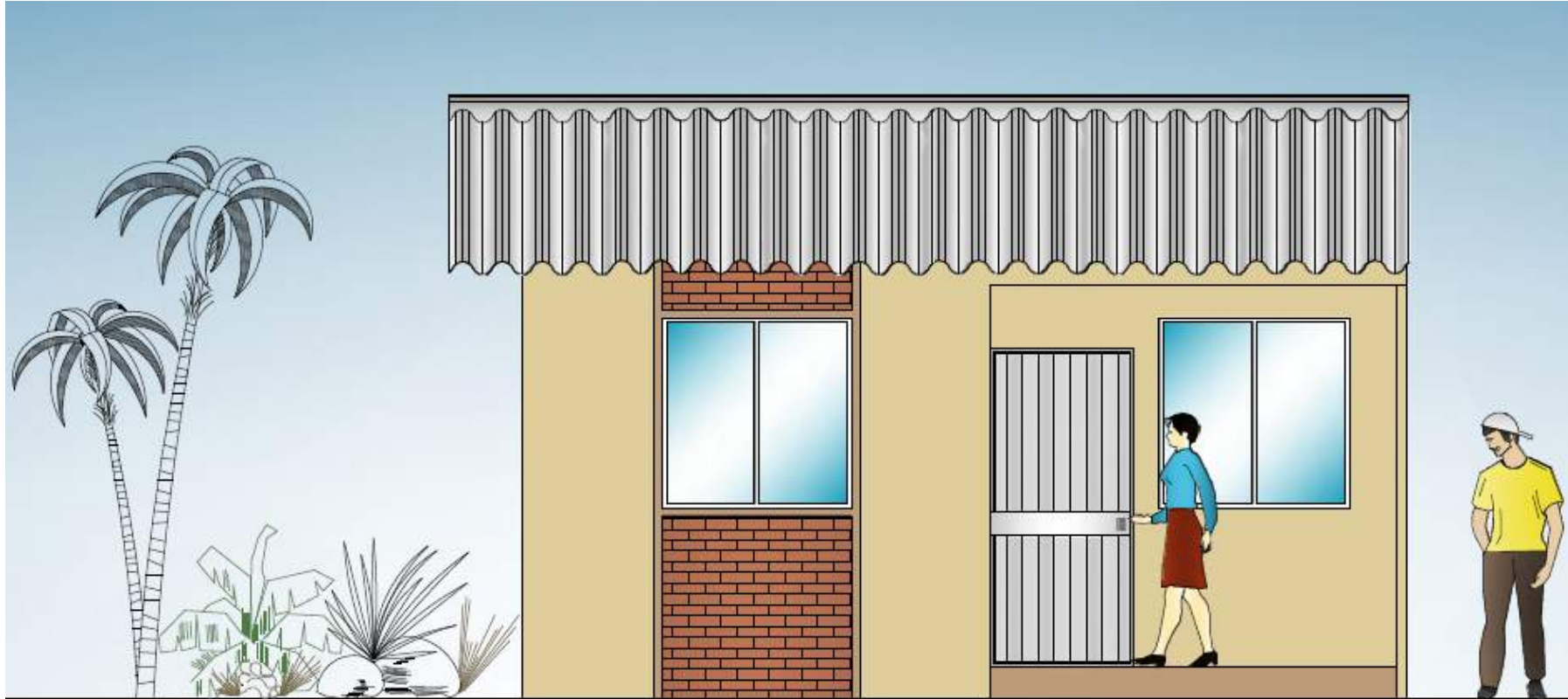
Zona de la vivienda	Superficie
Porch	2.56 M2
Sala - Comedor - cocina	14.32 M2
Dormitorio 1	8.06 M2
Dormitorio 2	7.42 M2
Baño	3.19 M2
TOTAL	35.55 M2

Tabla 31 Superficies de la vivienda de hormigón armado
Estas superficies no incluye el área de las paredes

5.3.3 Planos arquitectónico del MIDUVI

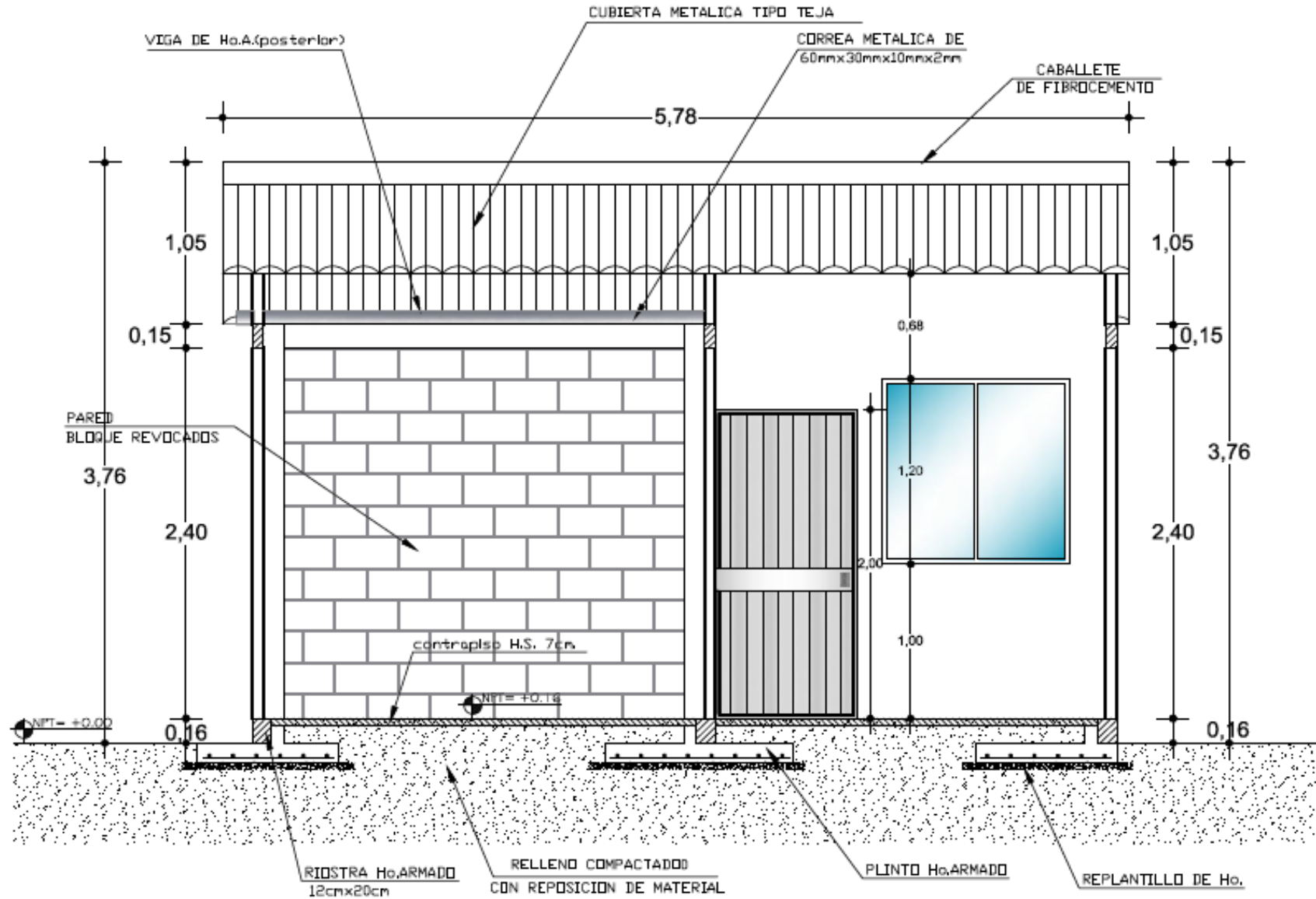


5.3.4 Fachadas

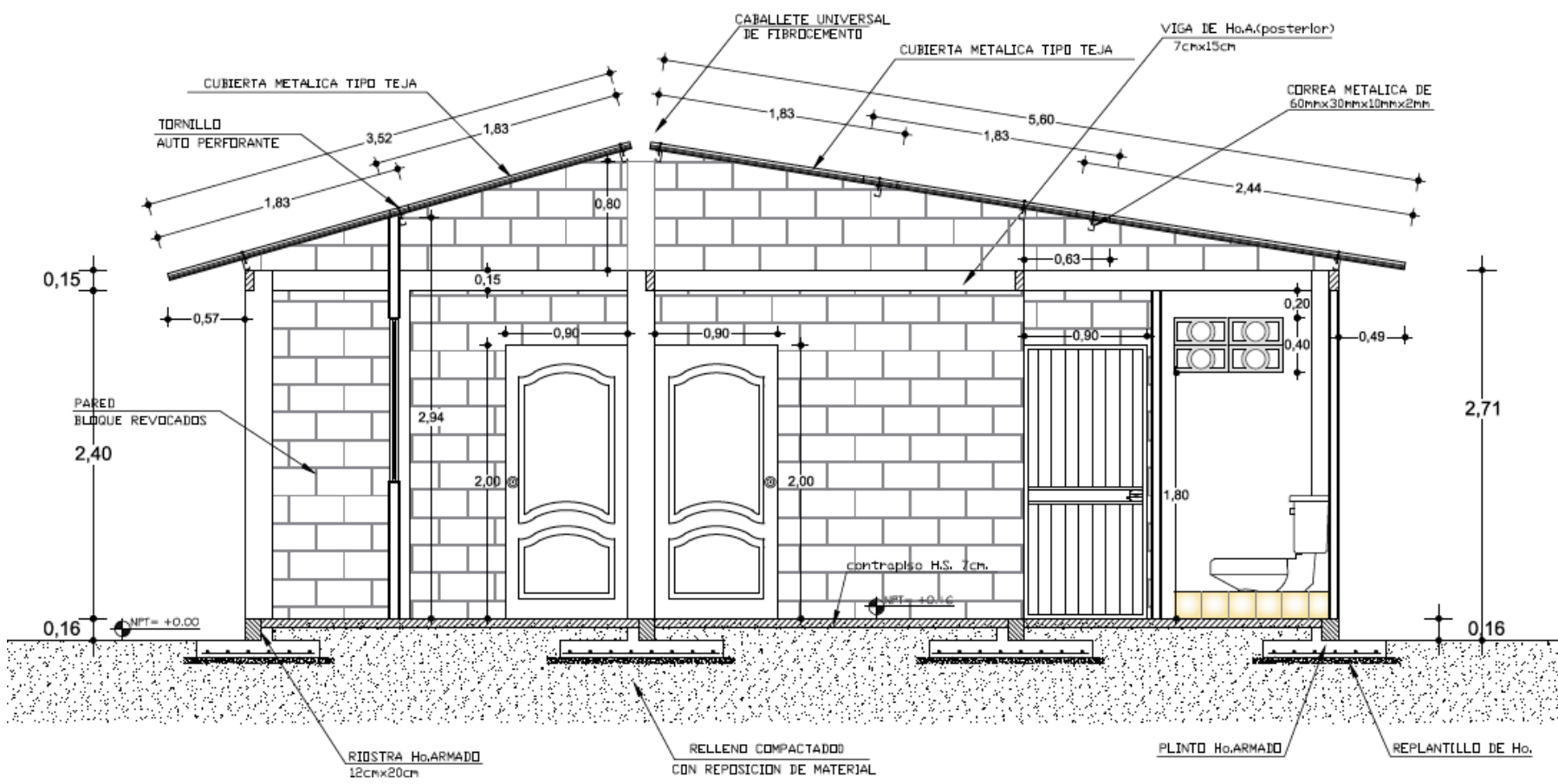


FACHADA PRINCIPAL

5.3.5 Cortes



CORTE AA'



CORTE BB'

5.4 MÉTODO- VIVIENDA CON ESTRUCTURA DE MADERA

5.4.1 Rediseño arquitectónico

Conociendo el programa arquitectónico y la configuración espacial, del diseño del MIDUVI, se deben ajustar los espacios de acuerdo a la longitud de las piezas estructurales que se ofertan en el mercado, a fin de evitar el desperdicio.

Según las conclusiones de la primera etapa del método investigativo obtuvimos que en el mercado de distribución de madera estructural de la ciudad de Guayaquil se puedan adquirir piezas estructurales de 4, 5, 6, 7 u 8 metros de longitud.

Según los metros cuadrados asignados en el diseño del MIDUVI para cada ambiente, se puede establecer que la modulación de la vivienda con estructura de madera puede ser de 3.00 x 3.00 metros y 2.50 x 3.00 metros.

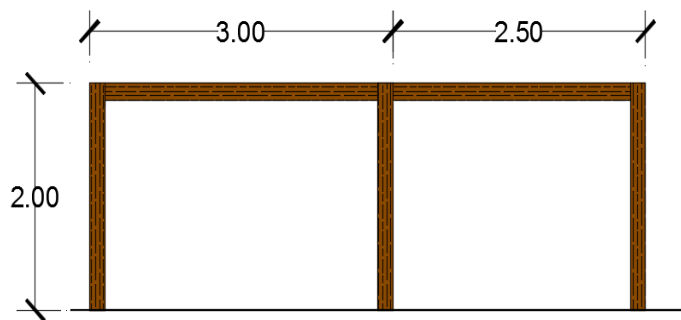


Gráfico 90 Modulación transversal de la vivienda de madera
Fuente: Víctor Salazar, 2014

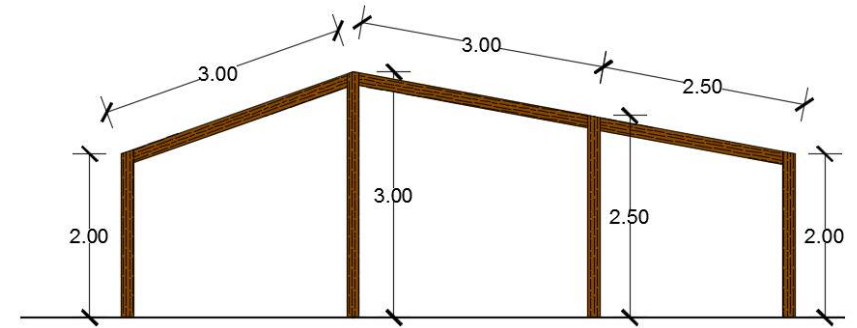


Gráfico 91 Modulación longitudinal de la vivienda de madera
Fuente: Víctor Salazar, 2014

La altura de las columnas de madera, se complementarán con las bases de hormigón sobre las que se anclará la estructura. Es conveniente que las bases sean múltiplos de veinte para poder ajustar la medida de los bloques de la mampostería a la altura total de la vivienda con el fin de que se produzcan menos desperdicios.

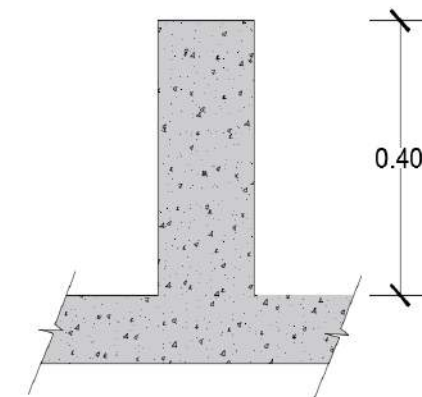


Gráfico 92 Altura de la base de hormigón
Fuente: Víctor Salazar, 2014

De esta manera se preverá que se reduzca la cantidad de desperdicio del material, aprovechando toda la longitud del elemento estructural. Luego de pre-dimensionar la estructura se procederá a realizar el despiece de la misma para determinar con exactitud las dimensiones de cada elemento estructural, tanto en columnas como en vigas de cubierta, considerando que algunas de ellas son inclinadas.

La vivienda social exige el mayor ahorro de material para construcción, por ello se considera apropiado la utilización de vigas estructurales inclinadas, para que sirvan como apoyo directo de la cubierta, a fin de reducir la cantidad de piezas estructurales necesarias para armar una configuración estructural idónea.

Según lo expuesto anteriormente la vivienda tendrá nuevas dimensiones, dando como resultado las siguientes áreas para cada ambiente.

Zona de la vivienda	Superficie
Porch	2.18 M2
Sala - Comedor - cocina	14.33 M2
Dormitorio 1	8.00 M2
Dormitorio 2	8.26 M2
Baño	3.14 M2
TOTAL	35.91 M2

Tabla 32 Superficies de la vivienda con estructura de madera. Estas superficies no incluye el área de las paredes

Si comparamos estas medidas de superficie con las del diseño de la vivienda con estructura de hormigón armado, se puede concluir que son similares y cumplen con el espacio apropiado para el desarrollo de las actividades del sujeto que habita la vivienda. La diferencia es que el proceso para el diseño de la vivienda con estructura de madera parte de la estandarización de los espacios en función de las longitudes de los elementos estructurales disponibles en el mercado, de manera tal que se eviten los desperdicios.

5.4.2 Pre-dimensionamiento de elementos estructurales

Los elementos que conforman la estructura de la vivienda son las columnas y vigas de cubierta; estos elementos deben ser correctamente dimensionados para resistir las cargas que soportará una vivienda del tipo en estudio. El arquitecto al igual que con cualquier material que se utilice para elaborar elementos estructurales debe poder pre-dimensionar el tamaño de los elementos que componen el sistema estructural; es decir que el diseñador debe tener presente el espacio volumétrico que ocupará el elemento estructural dentro de la obra arquitectónica, para lo cual se deben recurrir a tablas de pre-dimensionamiento.

5.4.2.1 Vigas de Cubierta

En estructuras con cargas relativamente pequeñas, las secciones de los elementos estructurales están más regidos por las deformaciones en lugar de las resistencias; en el caso de vigas de cubierta, la deflexión dependerá del peralte del elemento.

Según las tablas 9 de pre-dimensionamiento, presentadas en el

capítulo 2 , la sección de las vigas está sujeta a la siguiente función:

$$H=L/(16.5-0.15(L)) \text{ ver tabla 9}$$

El mayor espaciamiento que existe entre columnas en el proyecto de la vivienda es de 3 metros por ello se tomará como distancia entre apoyos este valor.

$$H=3/(16.5-0.15(3))$$

$$H=0.186 \text{ metros}$$

El resultado es 0.186 m, debemos aproximarlos a la sección comercial de viga más cercana, de modo que el peralte de la viga será de 8 pulgadas. Su sección será 4x8 pulgadas.

5.4.2.2 Columnas

Para el caso de las columnas, sus secciones también estarán limitadas por las deformaciones, en este caso por el pandeo, que está dada por la relación de esbeltez de la columna.

$$\text{longitud del elemento / lado menor de la sección transversal}=20$$

La columna de madera debe tener una relación de esbeltez, en la cual el lado más corto de su sección transversal, no sea inferior a vigésima parte de la altura de la columna como lo indica el Manual de Diseño para Maderas del grupo Andino; si las columnas que hemos planteado son de 2 y 3 metros de longitud, dividimos la longitud mayor para 20 y sabremos cual será la medida mínima de sección transversal. Su sección debe de ser 6 x 6 pulgadas

$$3.00/20=0.15$$

5.4.2.3 Viguetas o cuartones de cubierta

Las viguetas o cuartones reciben las cargas de la cubierta de la vivienda y las transfieren a las vigas de la estructura principal, además las viguetas permiten que las vigas no tengan un desplazamiento lateral respecto a su eje transversal o alabeo.

Se prefiere que las viguetas que conforman la estructura de cubierta de la vivienda tengan las medidas mínimas de sección, debido a que se pretende tener el menor peso posible de cubierta para tener una construcción lo más ligera posible, que favorezca las capacidades de reducir el riesgo sísmico que tienen las construcciones de Guayaquil.

La sección utilizada será de 2 x 3 pulgadas, distanciadas 50 cm una vigueta de la siguiente.

5.4.2.4 Cimentación

La dimensiones de la cimentación propuesta se basa en los planos elaborados por el Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, por motivos estrictamente comparativos de cada rubro se plantea trabajar con la misma dimensión de plintos excéntricos como concéntricos. Sin embargo se debe dejar claro que dentro de las ventajas de la madera por sobre otros materiales se encuentra el peso del material, frente al hormigón y al acero la madera es mucho más liviana, es muy probable que las dimensiones de la cimentación que se plantea por parte del MIDUVI se redujeran debido a que se utilizaría un material de menor peso.

Es cierto que al disminuir el volumen de la cimentación el costo estimativo de la vivienda se reduciría, para ello se debe tomar una referencia para el predimensionamiento de cada plinto, esta se podría obtener de la tabla 33 propuesta por la asociación de investigación técnica de las industrias de la madera y el corcho AITIM (1995).

Número de plantas	Area mínima M2	Dimensiones mm x mm
1	0.40	650 x 650
2	0.75	900 x 900
3	1.00	1000 x 1000

Tabla 33 Guía de pre dimensionado de cimentación Fuente: AITIM (1995)

Como la vivienda que se debe dimensionar está compuesta por una sola planta las dimensiones de los plintos deberían de ser 65cm x 65cm como lo indica la tabla, mientras el peralte será el mismo que se dispone para la vivienda de hormigón armado.

5.4.2.5 Paredes

Dentro del proceso de validación de la hipótesis se debe poner a prueba el funcionamiento de estructuras de maderas frente a la diversidad de materiales a los que un arquitecto pudiera recurrir, es decir el rubro de paredes puede o no considerarse, por parte del proyectista, compuesto por el mismo material de la estructura.

Para el caso en estudio se consideró que las paredes debían ser de un material diferente a la madera para simular la diversidad de mate-

riales utilizados en la construcción de una vivienda, se seleccionó la mampostería de bloques de cemento, debido a que es un material de consumo masivo en las construcciones de viviendas actuales.

A partir de seleccionar el material que constituyen las paredes, surge la disyuntiva acerca de si es realmente recomendable realizar una vivienda de este tipo, debido a que Guayaquil es una ciudad que se encuentra en una zona de alta sismicidad y como lo ha concluido el PROYECTO RADIUS realizado para la ciudad de Guayaquil, las viviendas que menos repuesta favorables presentan ante un sismo son las de constitución mixta.

Para dilucidar el motivo de falla del sistema estructural en una vivienda mixta se debe conocer las divergencias de los dos materiales y sus comportamientos antes las fuerzas que actúan en ellos durante un sismo.

La diferencia de comportamientos radica en que los bloques de cemento presentan una mayor rigidez ante un movimiento sísmico, mientras que la madera es un material más flexible que admite mayores deformaciones sin colapsar. Este comportamiento individual presenta problemas al compaginarse uno con otro, la flexibilidad de la madera va ejercer fuerzas en la mampostería que no es estructural y a ocasionar que en esta empiecen aparecer daños, fisuras e incluso el desplome de las paredes.

Para evitar que esta consecuencia se efectuó en caso de un sismo, se plantea remplazar la mampostería simple por una mampostería armada que permita absorber los esfuerzos a los que sea sometido cau-

sados por la flexibilidad y deformación de la estructura de madera.

Mampostería estructural o armada

La mampostería estructural o armada es un sistema estructural el cual se comporta como si fuese muros de cargas, este sistema se emplea para rigidizar los elementos no estructurales como paredes que suelen colapsar antes las fuerzas laterales introducidas por un movimiento sísmico.

El sistema consiste en levantar la pared con mampostería hueca y en su interior colocar barras de acero que permitan reforzar la estructura, las barras de acero son colocadas en el interior de los bloques de mampostería vertiendo hormigón en las celdas según sea conveniente.

Para efectos de poder concebir una vivienda con el tipo de materiales que se plantea se debe prever condiciones sismo-resistentes, a fin de evitar daños posteriores ocasionados por una mala planificación.

La estructura de madera junto con la mampostería armada permiten solucionar los problemas que presenta una vivienda mixta, validando la concepción del diseño y construcción de edificaciones mixtas en la ciudad de Guayaquil, otorgando además la posibilidad a los arquitectos de no limitar sus diseños por condiciones sísmicas, más bien encontrar soluciones que permitan llevar a cabo su idea.

5.5 DESCRIPCIÓN DE LA ESTRUCTURA

5.5.1 Cimentación

La cimentación será superficial está constituida por plintos de hormigón armado los cuales serán arriostrados permitiendo así unificar la estructura de cimentación de tal forma que trabaje como un solo elemento y así poder evitar asentamientos diferenciales.

Los materiales utilizados serán:

Hormigón 210 kg/ cm² ,dosificado 1:2:3 partes de cemento, arena y piedra, agua 180 lts x m³

Acero varillado de 5.5 mm 4200 kg/ cm²

Dimensiones

-Plinto céntrico: 1.10 x1.10 metros

-Plinto excéntrico: 0.60x 0.60 metros

-Riostra sección transversal: 0.12 x 0.16 metros

5.5.2 Estructura

El sistema estructural utilizado será el marco rígido, el cual está conformado por vigas y columnas, estos son elementos estructurales mediante los cuales se transmiten las cargas hacia la cimentación. La intención de la investigación es utilizar el mismo sistema estructural que se usa en la actualidad en su gran mayoría con los materiales tradicionales y el mismo sistema que fue planteado para el caso en estudio. Siendo el marco rígido de viga y columna el punto de partida existen diferencias constructivas si se usa madera en remplazo del hormigón armado.

5.5.2.1 Columnas

Las columnas serán de madera de Chanúl, la cual pertenece al grupo de las especies maderables del Ecuador. Se estableció esta especie porque está dentro de aquellas que poseen mayor resistencia a esfuerzos de compresión y flexión según el Manual de Diseño para Maderas del Grupo Andino ; además según el estudio del mercado de depósitos que ofertan madera en Guayaquil el Chanúl es la especie de madera que se encuentra en mayor cantidad y mayor variedad de secciones transversales de las piezas. La columna de madera será de 6 x 6 pulgadas.

La columna preparada es decir con los rebajes necesarios para los ensambles se la encajará en el cajetín metálico de 5mm de espesor. La columna se sujetará al cajetín mediante pernos de 1/2''.

Materiales utilizados

- Columna de madera de Chanúl de 6 x 6 pulgadas.
- Pernos de sujeción de 1/ 2''
- Arandelas para perno.
- Cajetín metálico

5.5.2.2 Vigas de Cubierta

Las vigas serán de madera de Chanúl de sección 4 x 8 pulgadas esta medida se pudo obtener mediante el uso de las tabla 9 de pre dimensionamientos de vigas la cual especifica el peralte de la misma según la luz que esta vaya a cubrir. Se tomó como referencia la

máxima luz que se debía cubrir para la construcción de la edificación esta es de 3 m por lo tanto al usar la tabla de pre dimensionamiento nos resultó un valor de 18.7 cm, por ello se seleccionó la sección de madera comercial más próxima al cálculo resultando así la sección propuesta

Los ensambles de vigas con columnas serán: de horquilla y empalme con llave para la unión entre vigas cargadoras y columna, mientras que la unión entre vigas de cubierta y columna se hará mediante ensambles con inglete y se fijarán mediante el uso de tirafondos de 3/8 de pulgada, de esta forma se conseguirá que la unión de todos los elementos componentes del nudo sea rígida y se acoplen perfectamente.

Materiales

- Vigas de madera de 4''x 8''
- Tirafondos 3/8 ''

5.5.3 Despiece de la estructura

5.5.3.1 Columnas

Eje AA´

Se requieren columnas de madera Chanúl 6''x 6''

2 columnas de 2 m de longitud

1 columna de 3 m de longitud

1 columna de 2.5 m de longitud

Eje BB'

Se requieren columnas de madera Chanúl 6''x 6'':

2 columnas de 2 m de longitud

1 columna de 3 m de longitud

1 columna de 2.5 m de longitud

Eje CC'

Se requieren columnas de madera Chanúl 6''x 6'':

2 columnas de 2 m de longitud

1 columna de 3 m de longitud

1 columna de 2.5 m de longitud

5.5.3.2 VigasEje 11'

Se requieren vigas de cubiertas de 4''x 8'':

1 viga de 3 m de longitud

1 viga de 2.5 m de longitud

Eje 22'

Se requieren vigas de cubiertas de 4''x 8'':

1 viga de 3 m de longitud

1 viga de 2.5 m de longitud

Eje 33'

Se requieren vigas de cubiertas de 4''x 8'':

1 viga de 3 m de longitud

1 viga de 2.5 m de longitud

Eje 44'

Se requiere viga de cubiertas de 4''x 8'':

1 viga de 2.5 m de longitud

Eje AA'

Se requieren vigas de cubiertas de 4''x 8'':

2 vigas de 3 m de longitud

Eje BB'

Se requieren vigas de cubiertas de 4''x 8'':

2 vigas de 3 m de longitud

1 viga de 2.5m de longitud

Eje CC'

Se requieren vigas de cubiertas de 4''x 8'':

2 vigas de 3 m de longitud

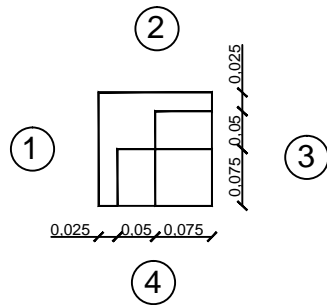
1 viga de 2.5m de longitud

ANEXOS

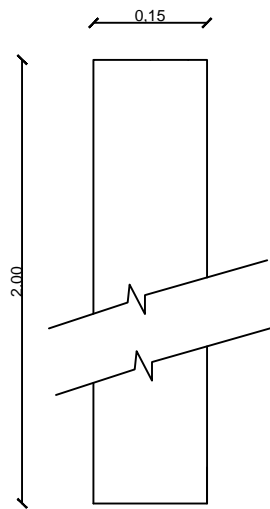
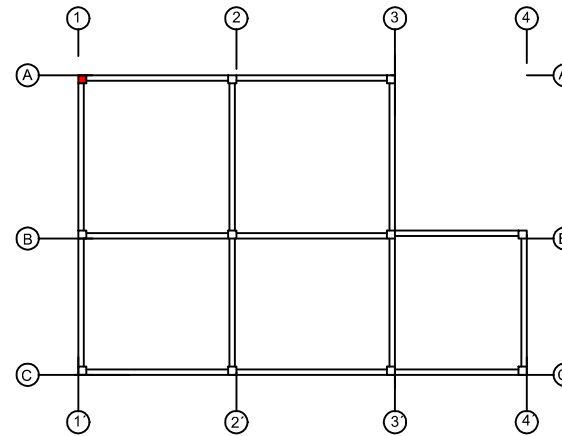
PLANOS:

DESPIECE DE ESTRUCTURAS

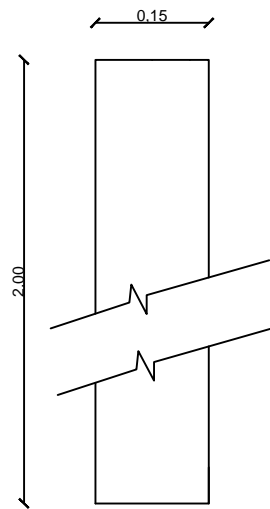
(Todas las medidas de los planos están en metros)



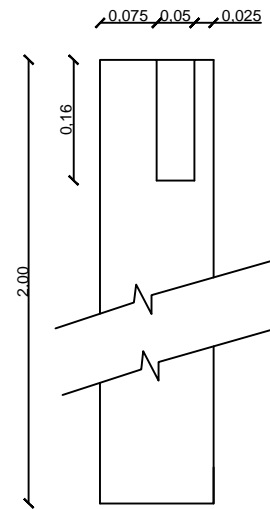
VISTA AÉREA



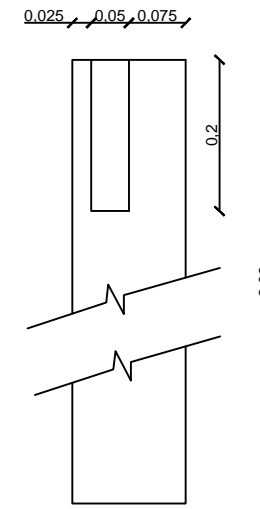
ALZADO 1



ALZADO 2



ALZADO 3



ALZADO 4

COLUMNA EN INTERSECCIÓN DE EJE AA' Y EJE 11'



AUTOR:

VICTOR SALAZAR ALVARADO

TEMA:

VIVIENDA CON ESTRUCTURA DE MADERA

CONTIENE:

DESPIECE DE LA ESTRUCTURA

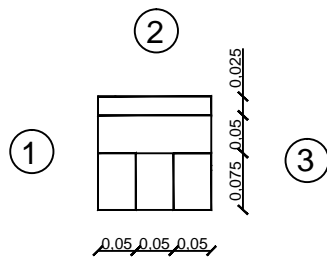
FECHA:

OCTUBRE / 2014

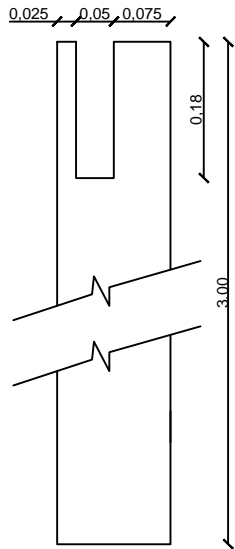
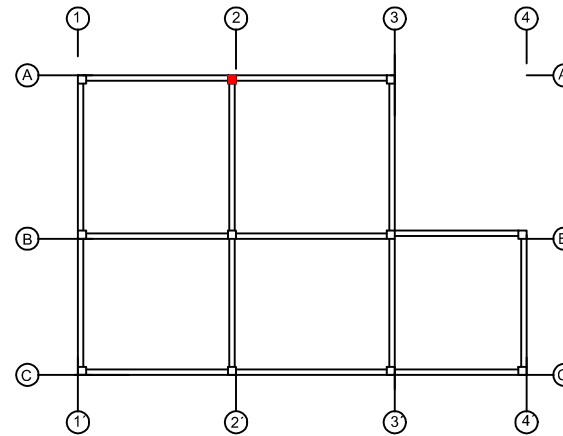
ESCALA:

1:10

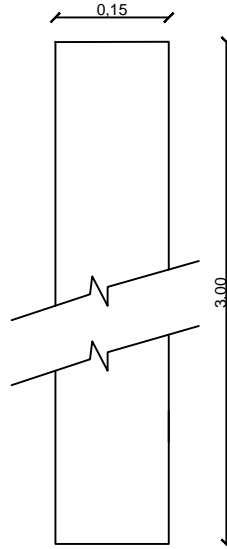
D-1



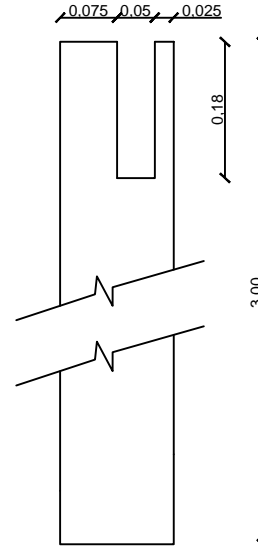
④
VISTA AÉREA



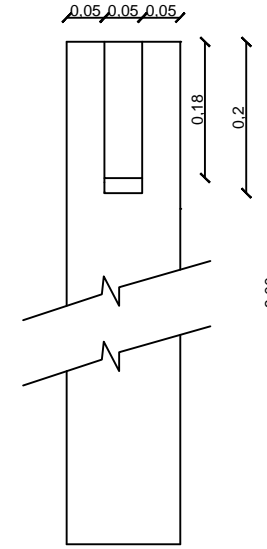
ALZADO 1



ALZADO 2

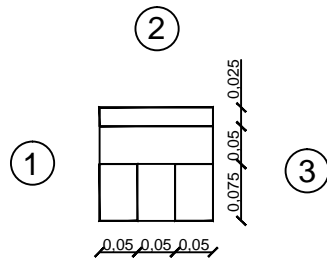


ALZADO 3

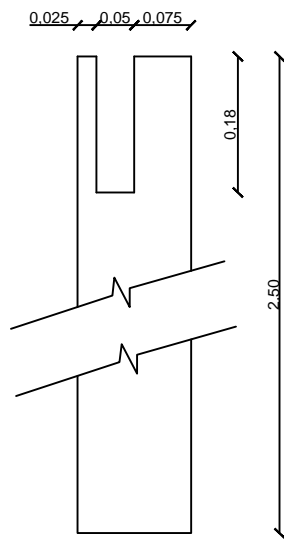
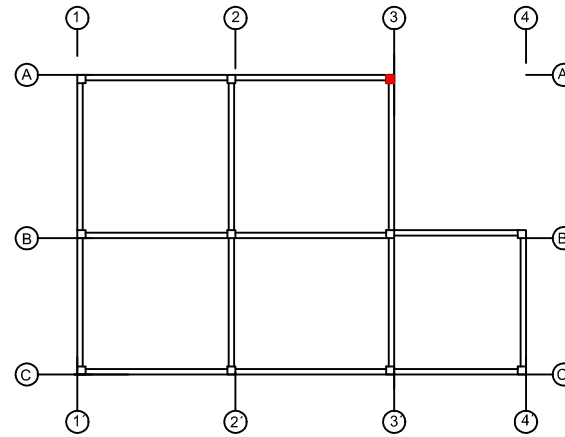


ALZADO 4

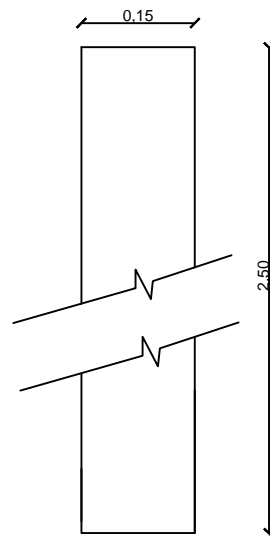
COLUMNA EN INTERSECCIÓN DE EJE AA' Y EJE 22'



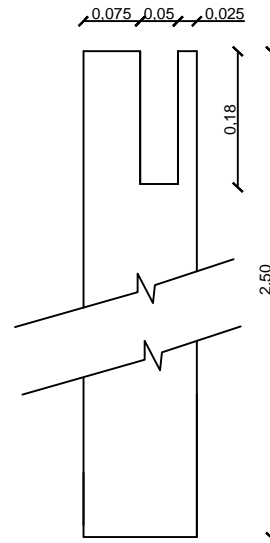
VISTA AÉREA



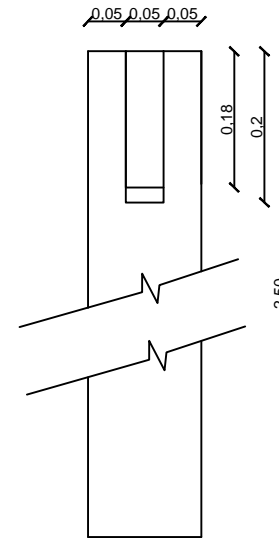
ALZADO 1



ALZADO 2

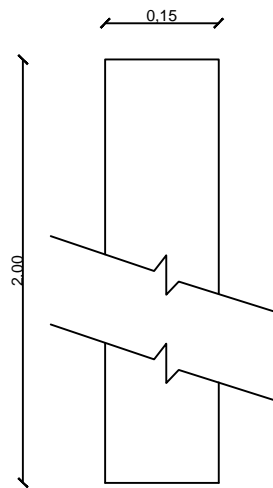
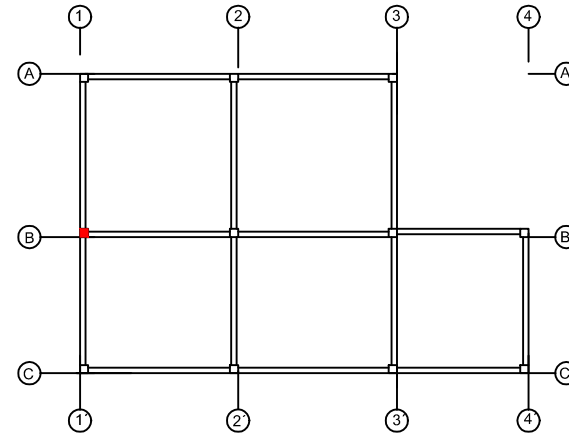
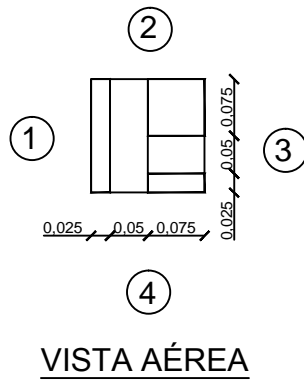


ALZADO 3

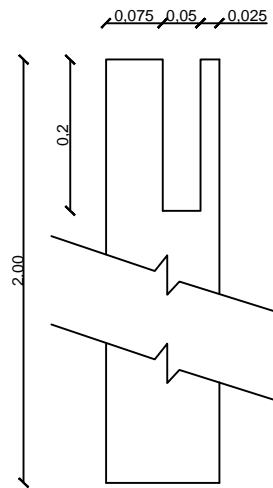


ALZADO 4

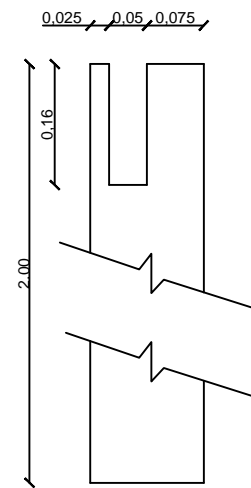
COLUMNA EN INTERSECCIÓN DE EJE AA' Y EJE 33'



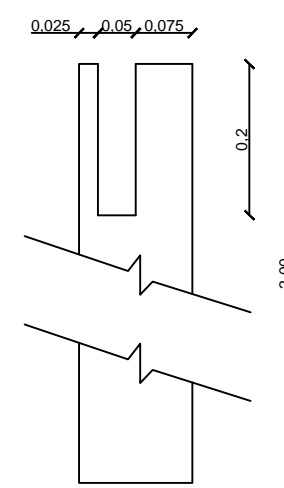
ALZADO 1



ALZADO 2



ALZADO 3



ALZADO 4

COLUMNA EN INTERSECCIÓN DE EJE BB' Y EJE 11'



AUTOR:

VICTOR SALAZAR ALVARADO

TEMA:

VIVIENDA CON ESTRUCTURA DE MADERA

CONTIENE:

DESPIECE DE LA ESTRUCTURA

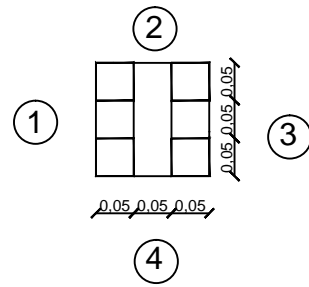
FECHA:

OCTUBRE / 2014

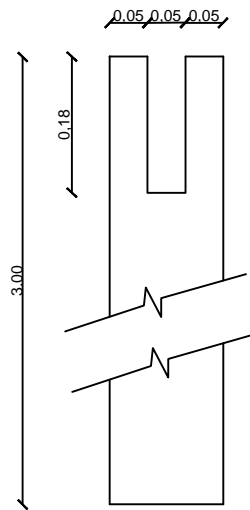
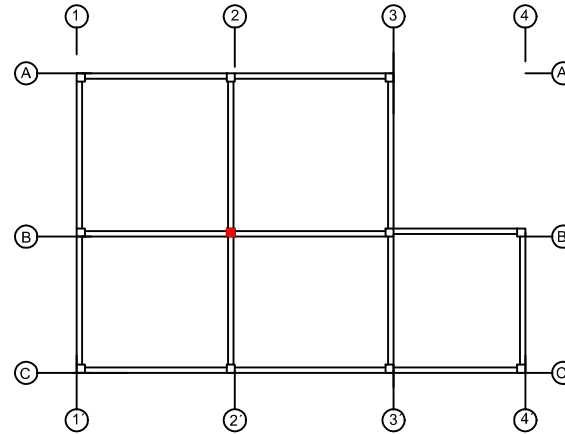
ESCALA:

1:10

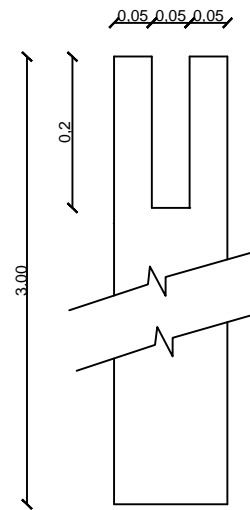
D-4



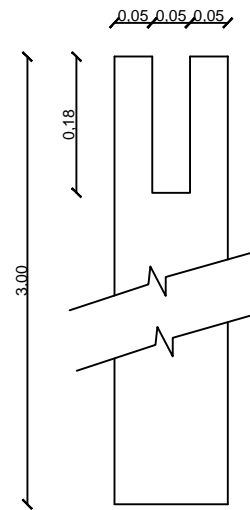
VISTA AÉREA



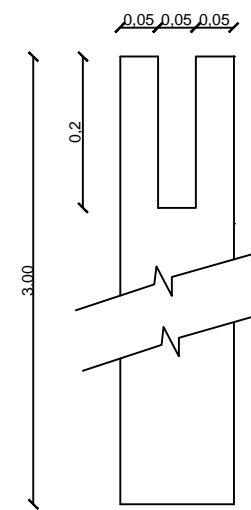
ALZADO 1



ALZADO 2

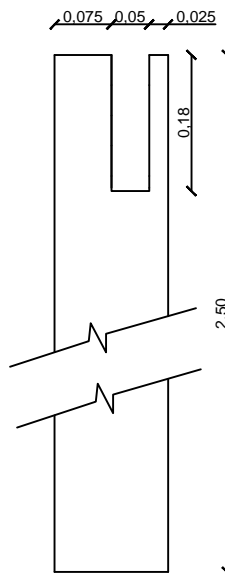
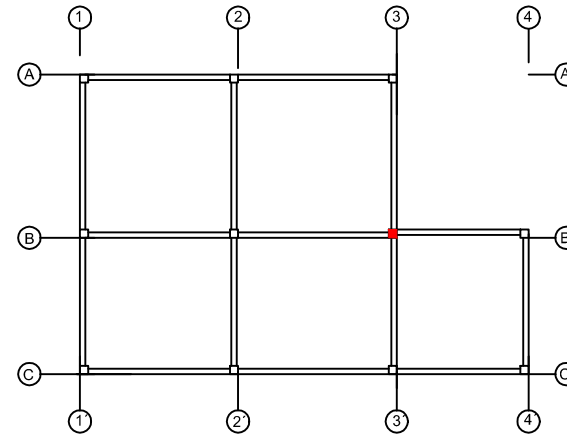
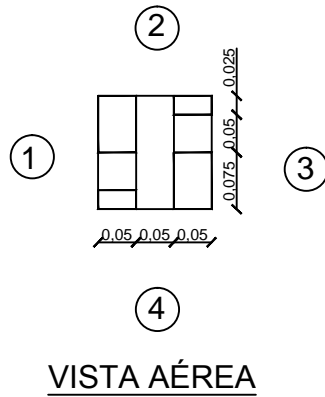


ALZADO 3

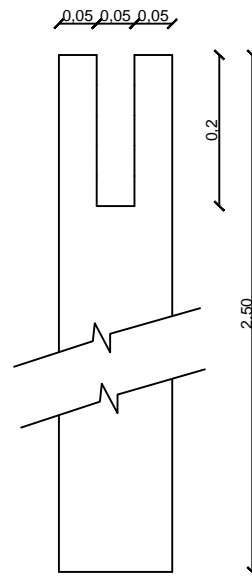


ALZADO 4

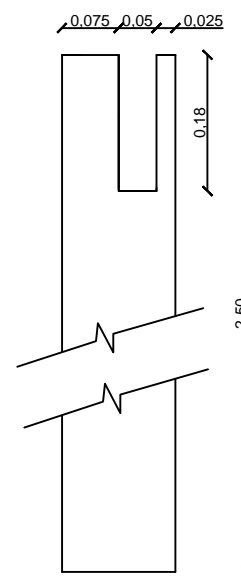
COLUMNA EN INTERSECCIÓN DE EJE BB' Y EJE 22'



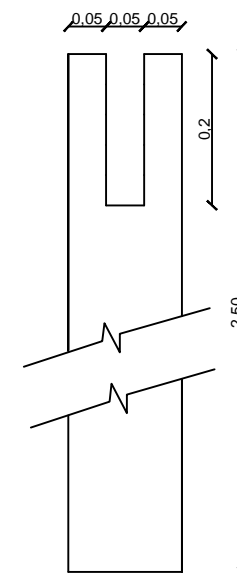
ALZADO 1



ALZADO 2

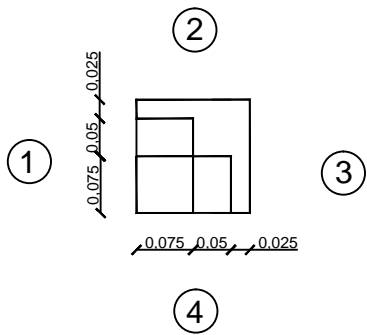


ALZADO 3

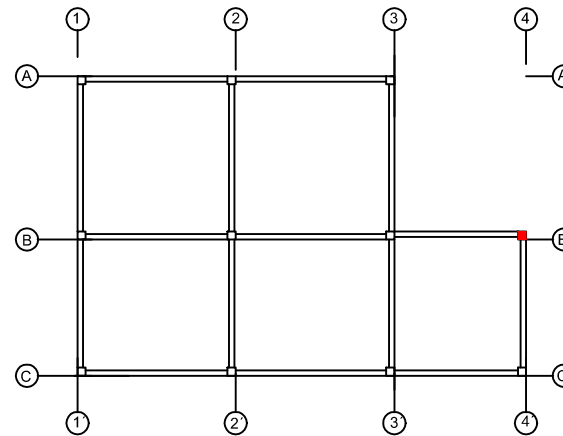


ALZADO 4

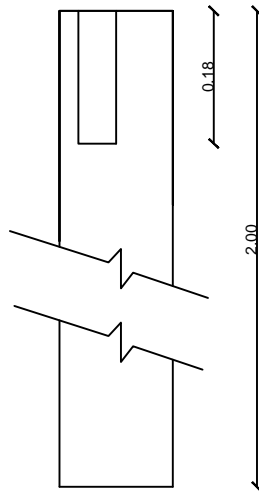
COLUMNA EN INTERSECCIÓN DE EJE BB' Y EJE 33'



VISTA AÉREA

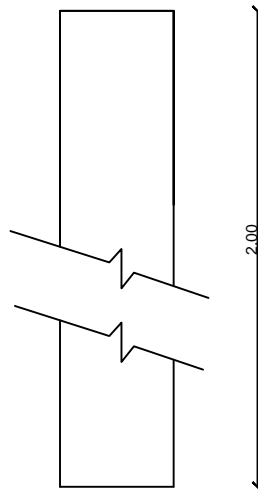


0.025 0.05 0.075



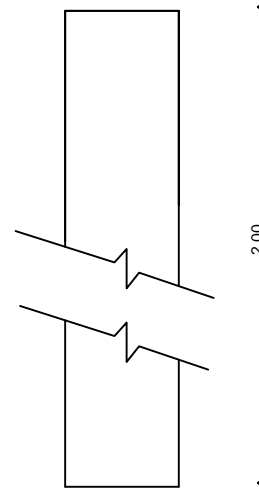
ALZADO 1

0.15



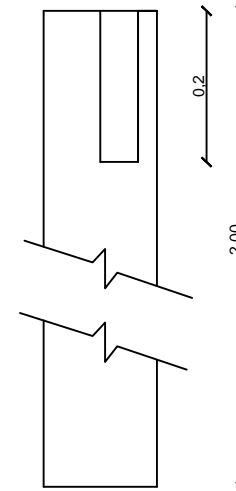
ALZADO 2

0.15



ALZADO 3

0.075 0.05 0.025



ALZADO 4

COLUMNA EN INTERSECCIÓN DE EJE BB' Y EJE 44'



AUTOR:

VICTOR SALAZAR ALVARADO

TEMA:

VIVIENDA CON ESTRUCTURA DE MADERA

CONTIENE:

DESPIECE DE LA ESTRUCTURA

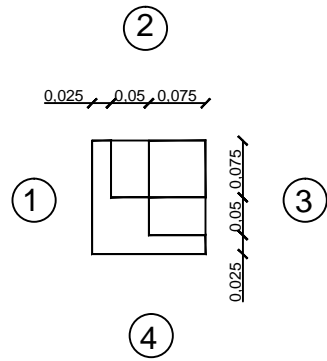
FECHA:

OCTUBRE / 2014

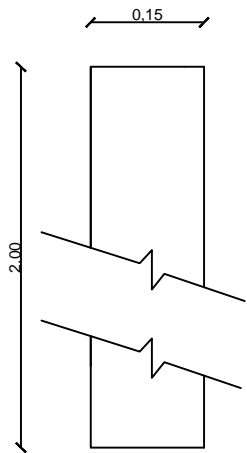
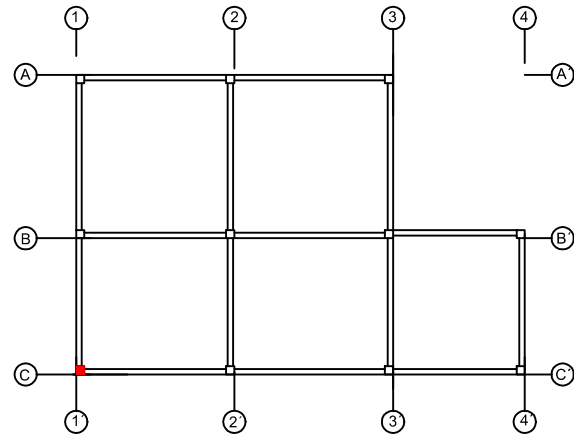
ESCALA:

1:10

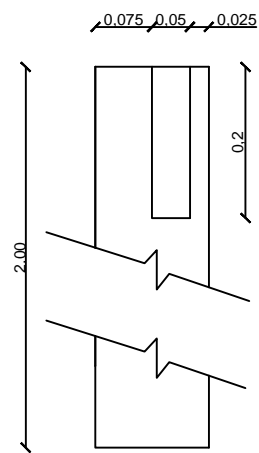
D-7



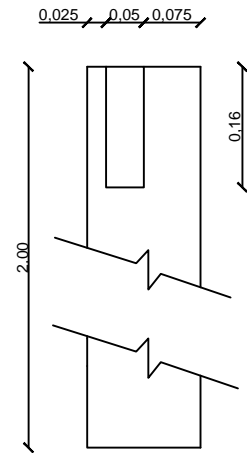
VISTA AÉREA



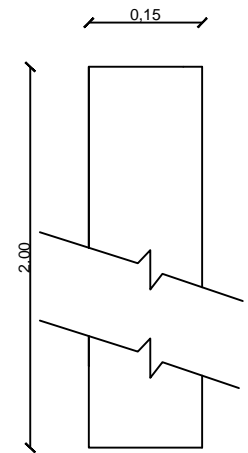
ALZADO 1



ALZADO 2



ALZADO 3



ALZADO 4

COLUMNA EN INTERSECCIÓN DE EJE CC' Y EJE 11'

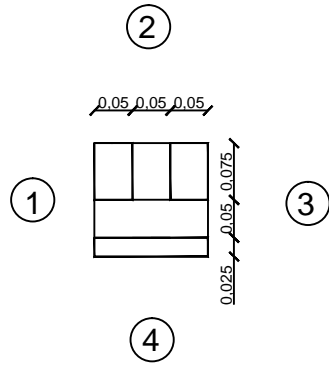


AUTOR:
VICTOR SALAZAR ALVARADO

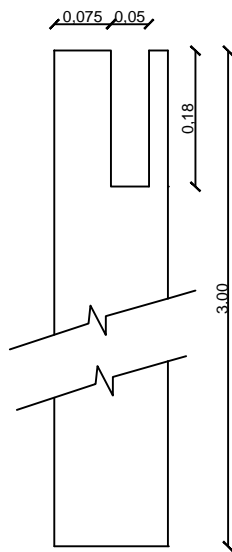
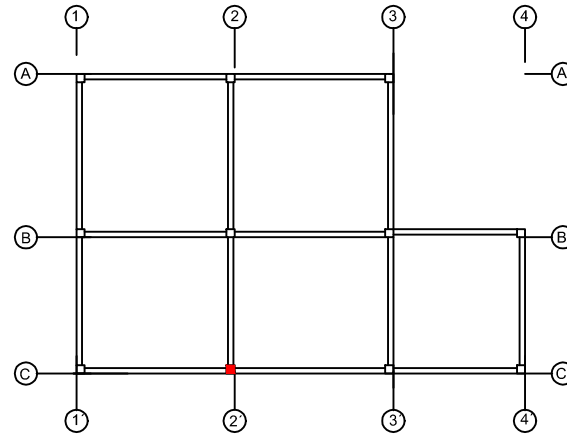
TEMA:
VIVIENDA CON ESTRUCTURA DE MADERA

CONTIENE:
DESPIECE DE LA ESTRUCTURA

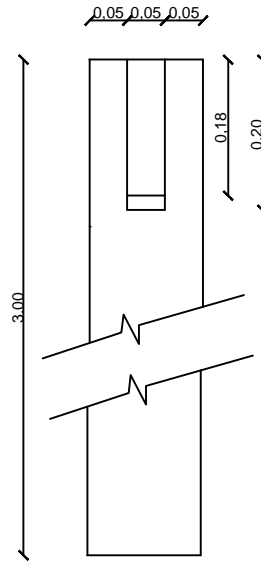
FECHA:
OCTUBRE / 2014
ESCALA:
1:10



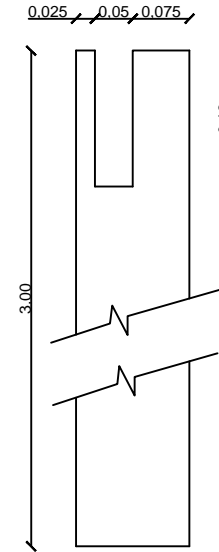
VISTA AÉREA



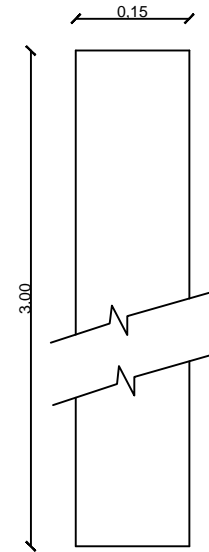
ALZADO 1



ALZADO 2

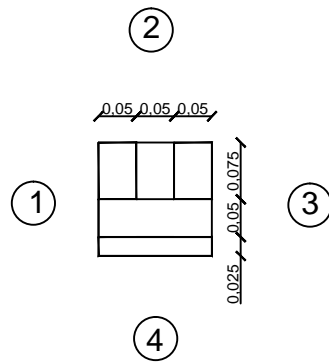


ALZADO 3

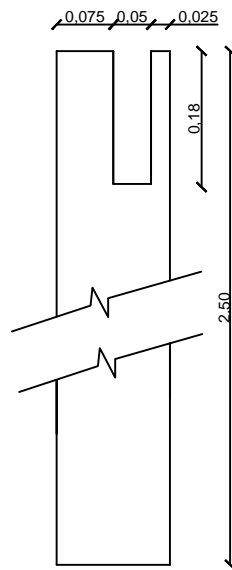
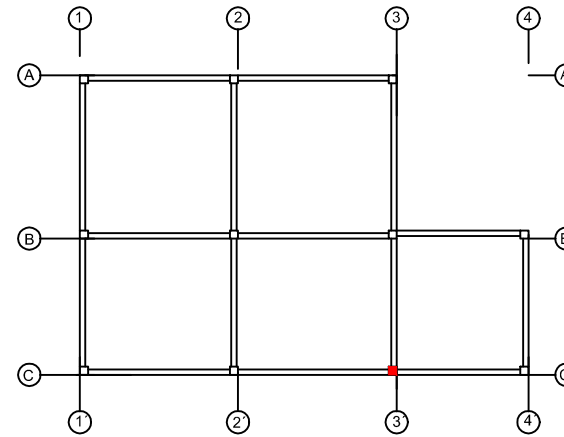


ALZADO 4

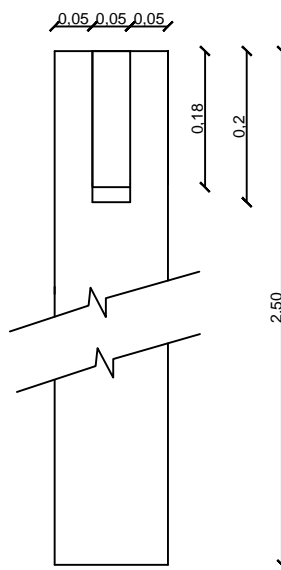
COLUMNA EN INTERSECCIÓN DE EJE CC' Y EJE 22'



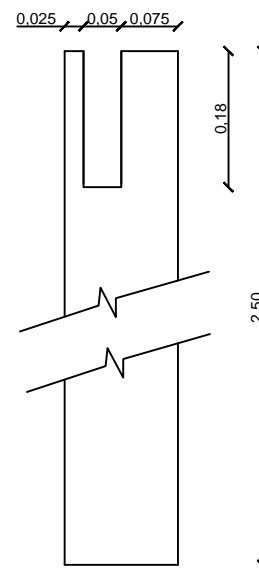
VISTA AÉREA



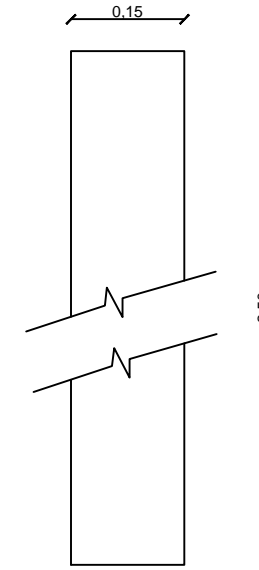
ALZADO 1



ALZADO 2



ALZADO 3



ALZADO 4

COLUMNA EN INTERSECCIÓN DE EJE CC' Y EJE 33'



AUTOR:

VICTOR SALAZAR ALVARADO

TEMA:

VIVIENDA CON ESTRUCTURA DE MADERA

CONTIENE:

DESPIECE DE LA ESTRUCTURA

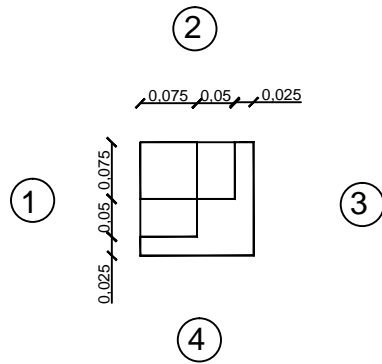
FECHA:

OCTUBRE / 2014

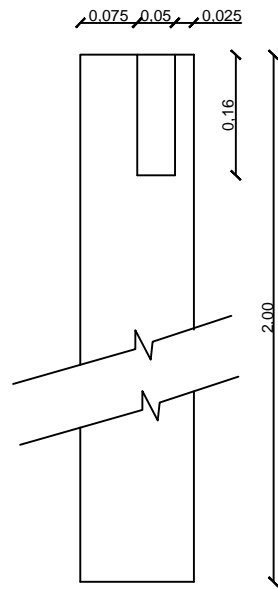
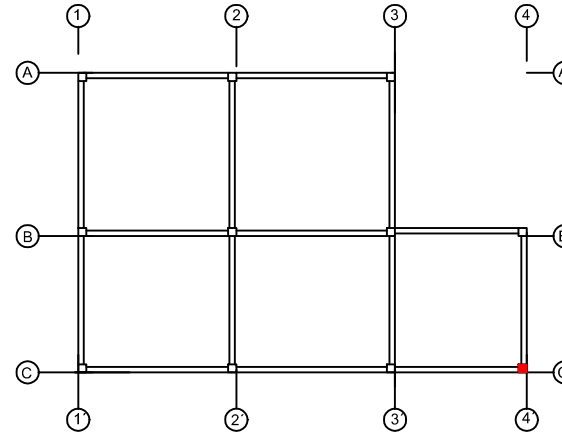
ESCALA:

1:10

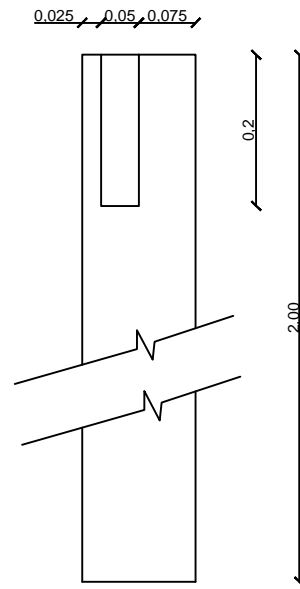
D-10



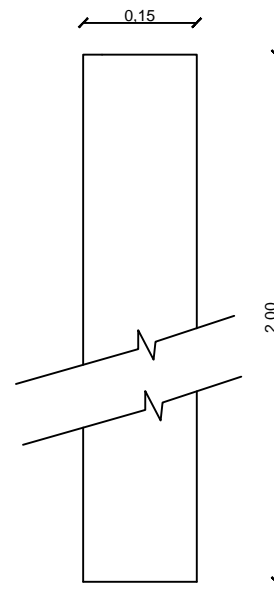
VISTA AÉREA



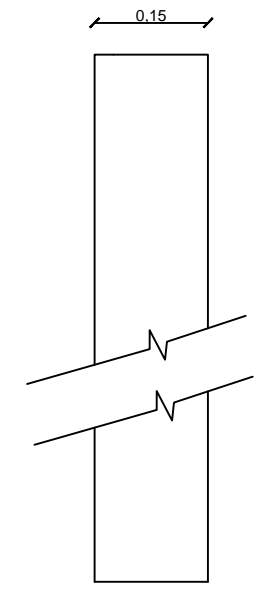
ALZADO 1



ALZADO 2

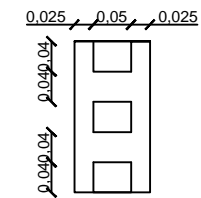
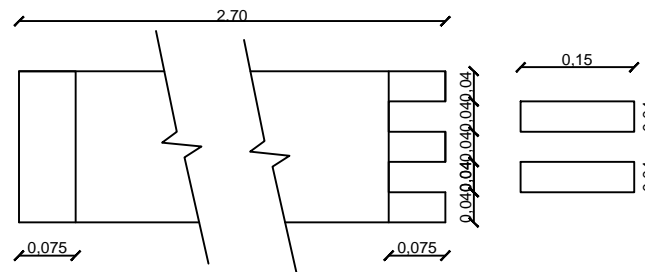
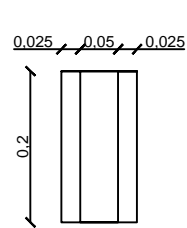
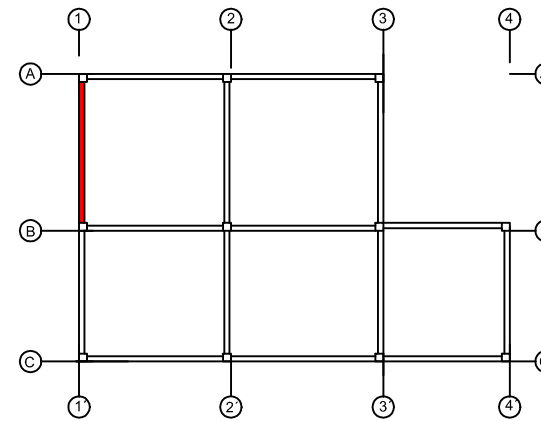
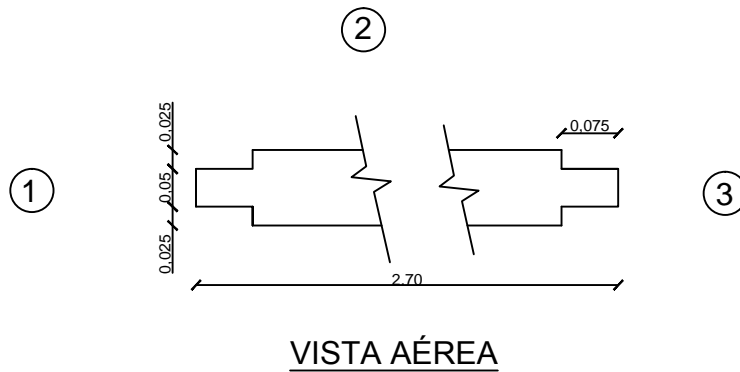


ALZADO 3

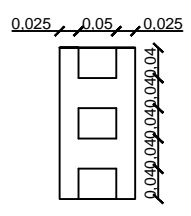
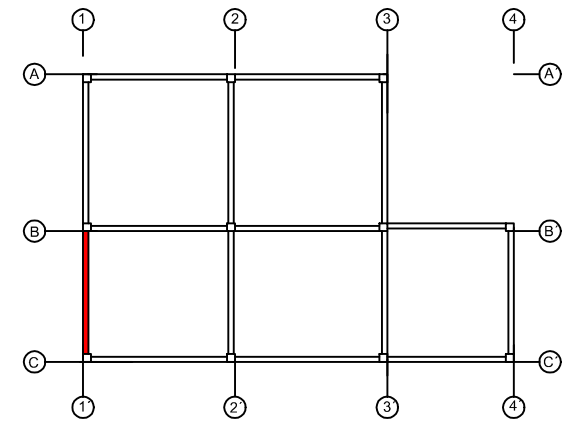
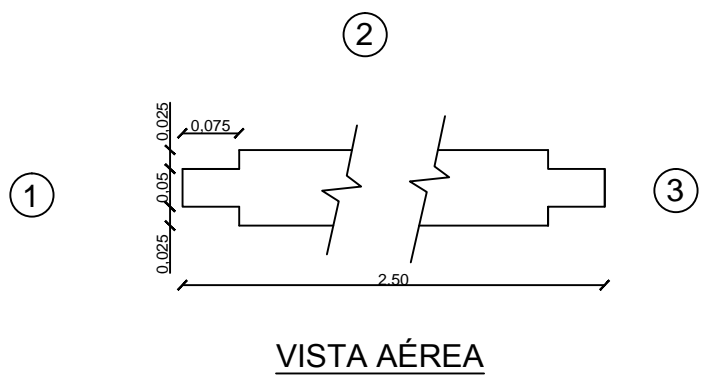


ALZADO 4

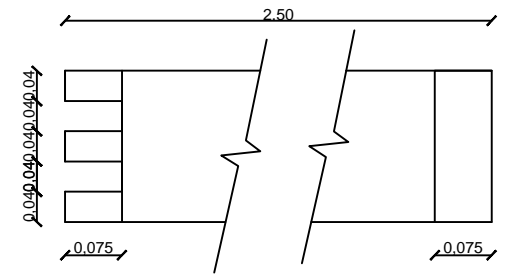
COLUMNA EN INTERSECCIÓN DE EJE CC' Y EJE 44'



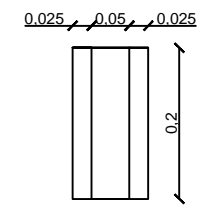
VIGA EN EJE 11' ENTRE EJE AA' Y EJE BB'



ALZADO 1



ALZADO 2



ALZADO 3

VIGA EN EJE 11' ENTRE EJE BB' Y EJE CC'

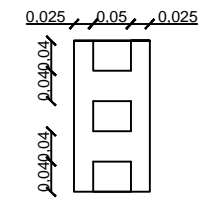
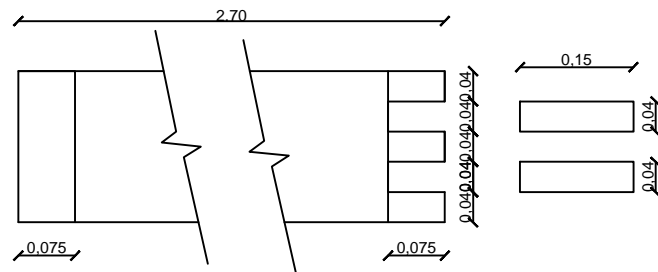
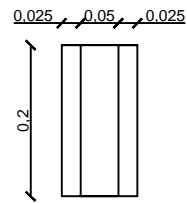
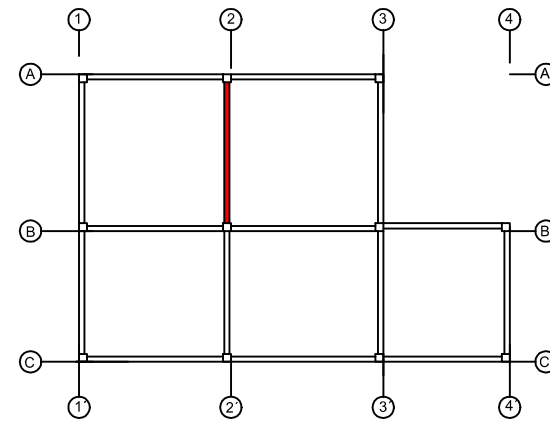
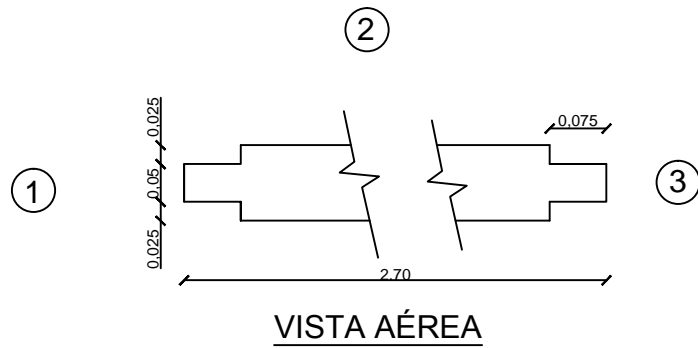


AUTOR:
VICTOR SALAZAR ALVARADO

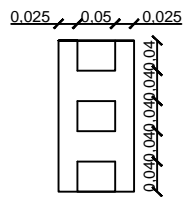
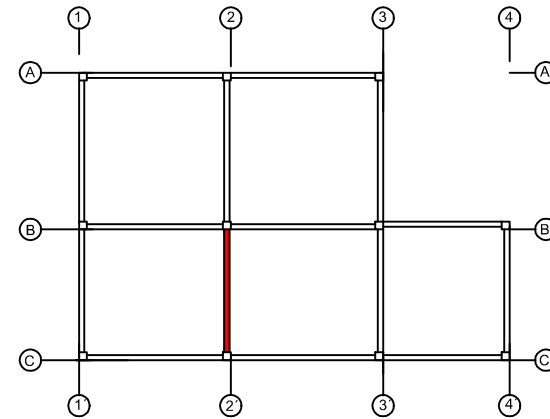
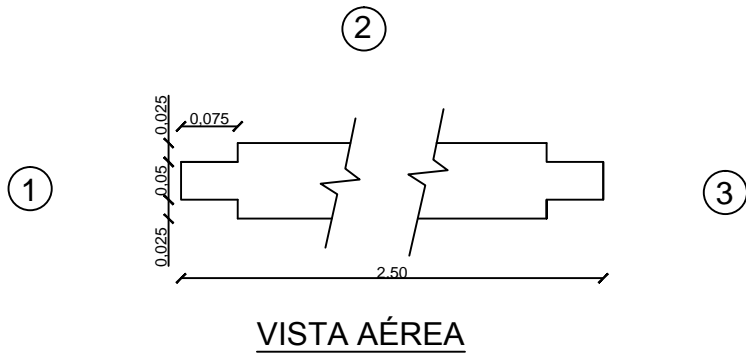
TEMA:
VIVIENDA CON ESTRUCTURA DE MADERA

CONTIENE:
DESPIECE DE LA ESTRUCTURA

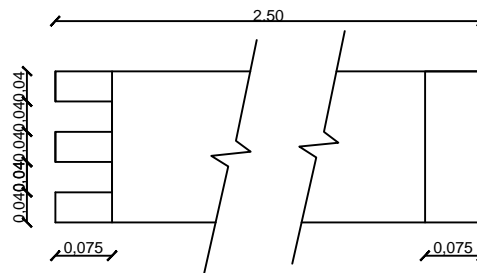
FECHA:
OCTUBRE / 2014
ESCALA:
1:10



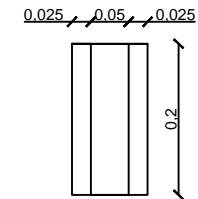
VIGA EN EJE 22' ENTRE EJE AA' Y EJE BB'



ALZADO 1

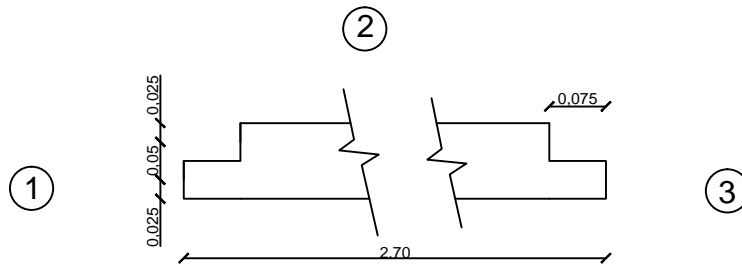


ALZADO 2

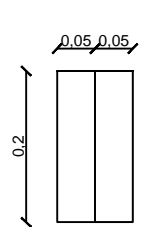
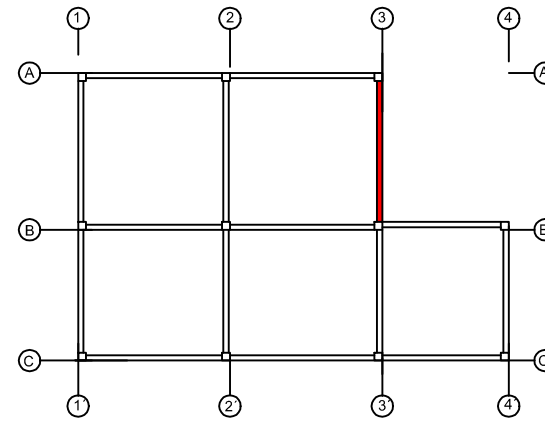


ALZADO 3

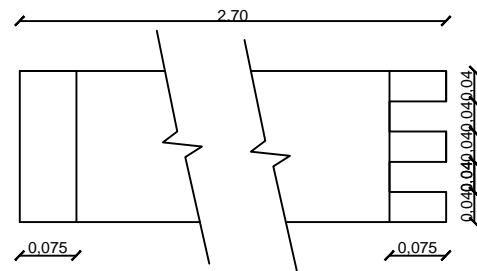
VIGA EN EJE 22' ENTRE EJE BB' Y EJE CC'



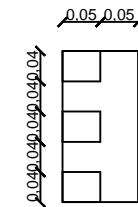
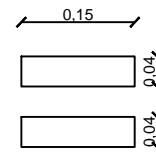
VISTA AÉREA



ALZADO 1

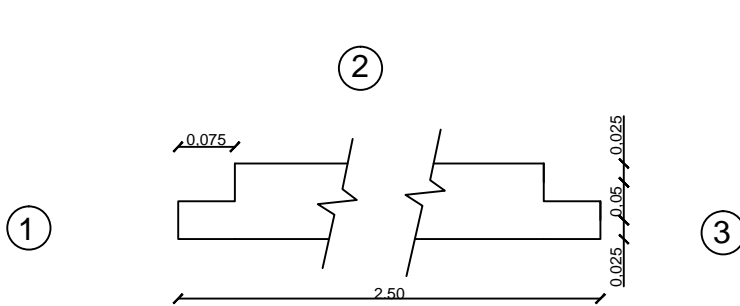


ALZADO 2

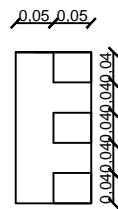
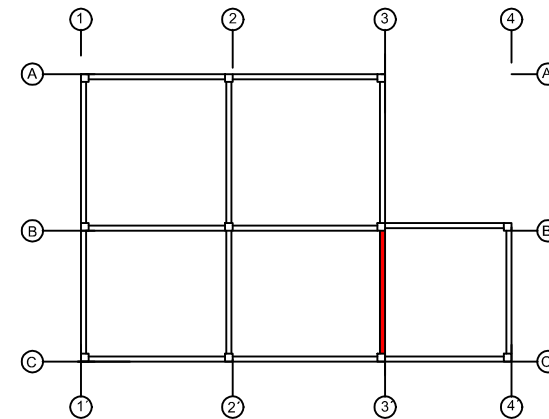


ALZADO 3

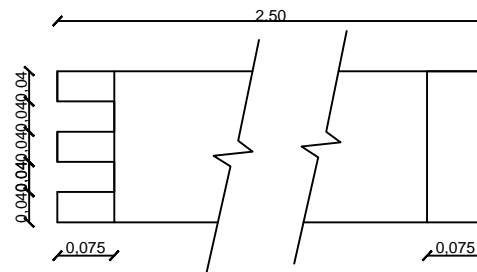
VIGA EN EJE 33' ENTRE EJE AA' Y EJE BB'



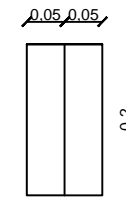
VISTA AÉREA



ALZADO 1

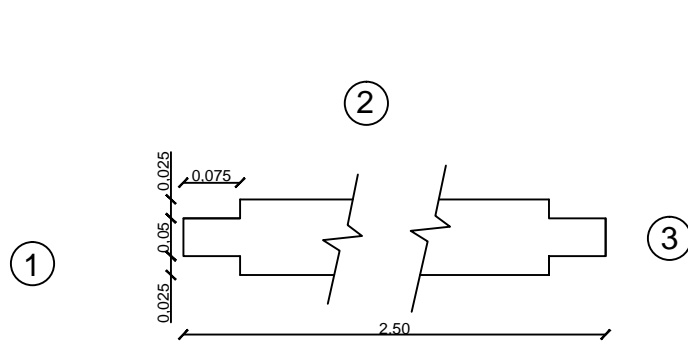


ALZADO 2

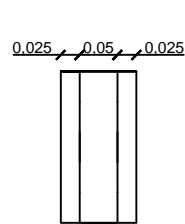
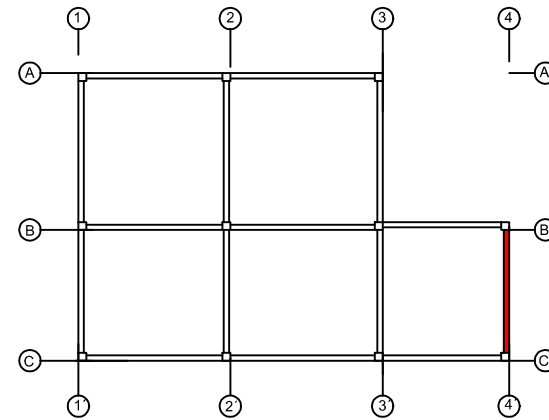


ALZADO 3

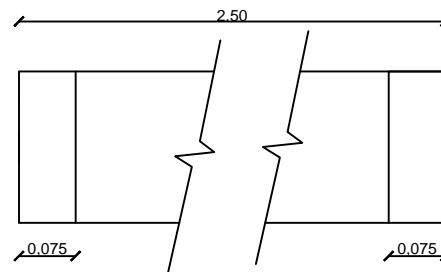
VIGA EN EJE 33' ENTRE EJE BB' Y EJE CC'



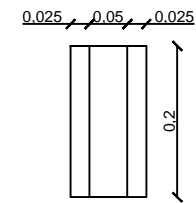
VISTA AÉREA



ALZADO 1

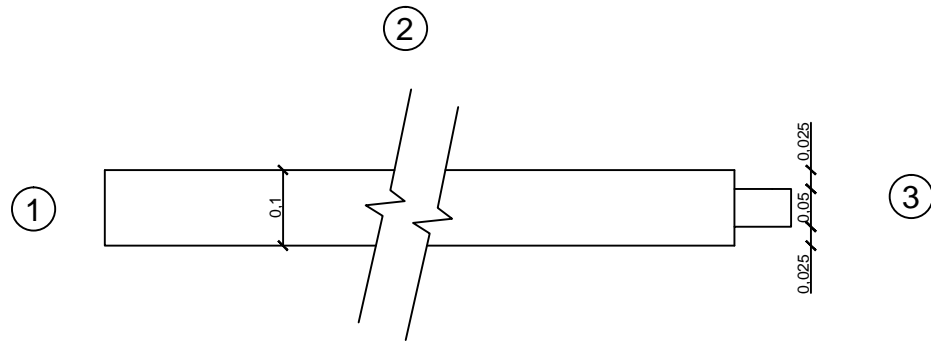


ALZADO 2

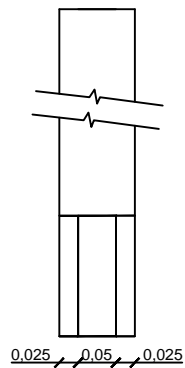
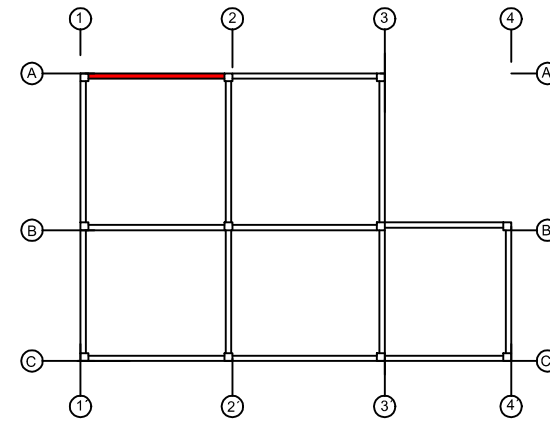


ALZADO 3

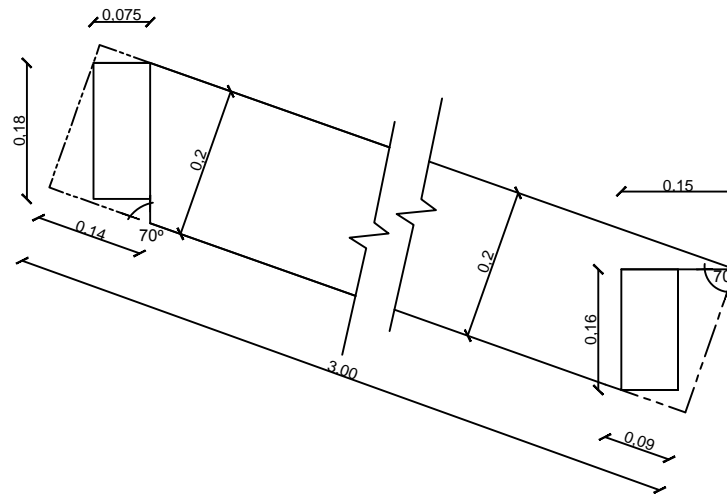
VIGA EN EJE 44' ENTRE EJE BB' Y EJE CC'



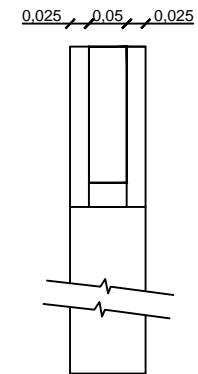
VISTA AÉREA



ALZADO 1

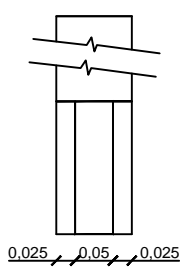
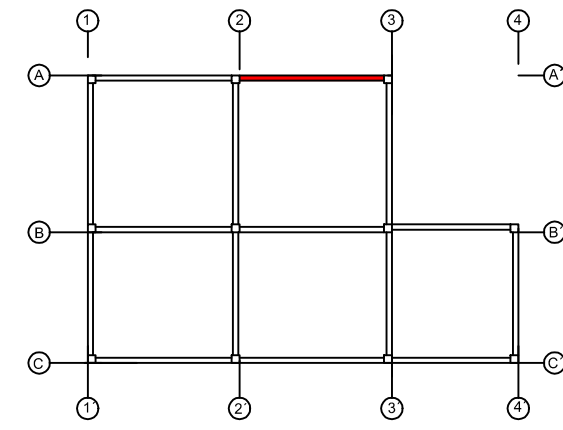
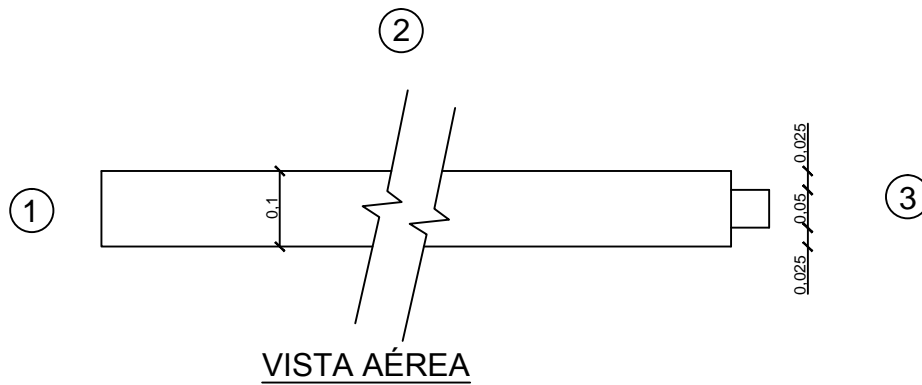


ALZADO 2

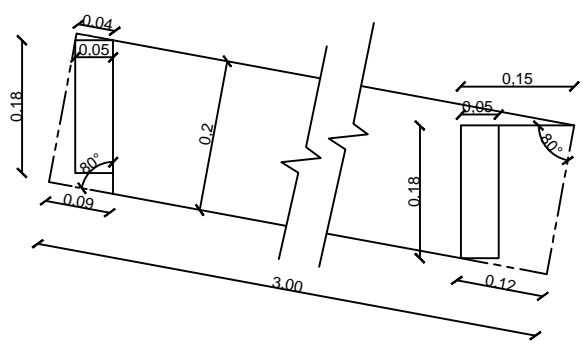


ALZADO 3

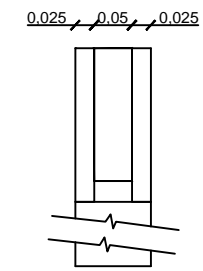
VIGA EN EJE AA' ENTRE EJE 11' Y EJE 22'



ALZADO 1



ALZADO 2



ALZADO 3

VIGA EN EJE AA' ENTRE EJE 22' Y EJE 33'

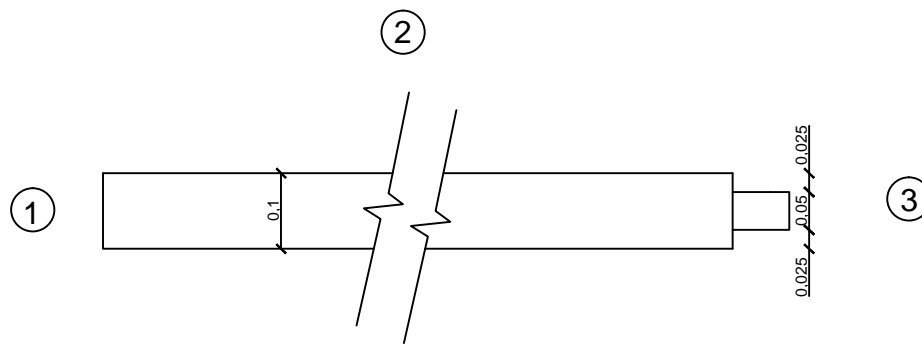


AUTOR:
VICTOR SALAZAR ALVARADO

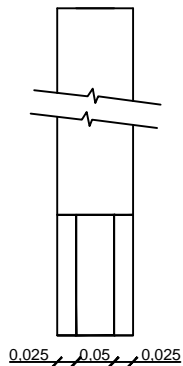
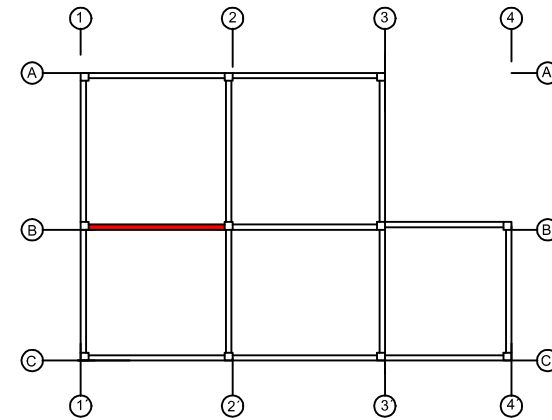
TEMA:
VIVIENDA CON ESTRUCTURA DE MADERA

CONTIENE:
DESPIECE DE LA ESTRUCTURA

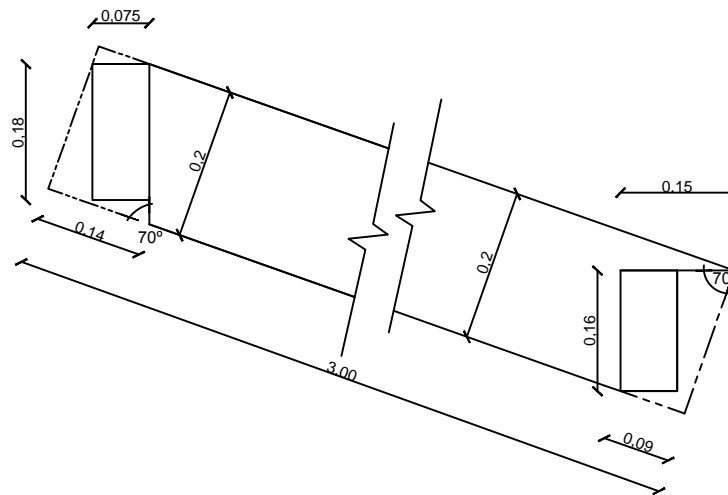
FECHA:
OCTUBRE / 2014
ESCALA:
1:10



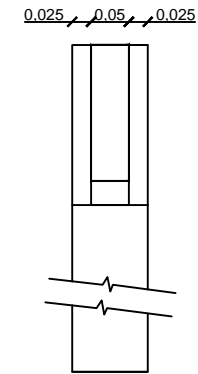
VISTA AÉREA



ALZADO 1

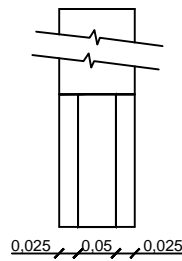
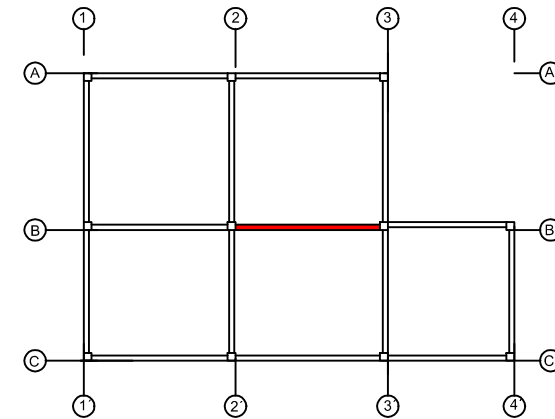
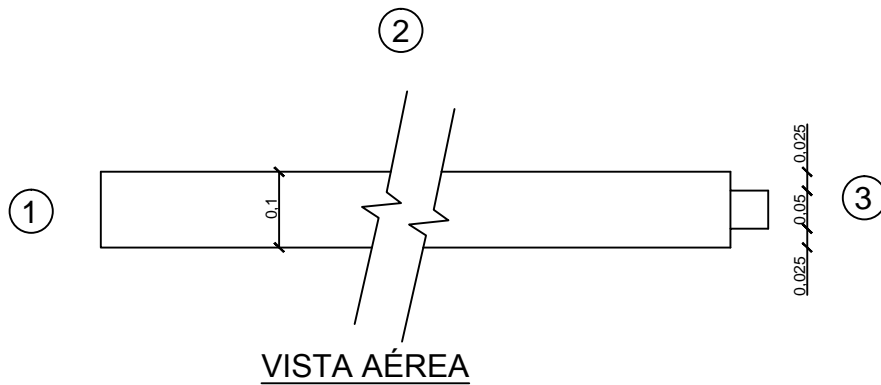


ALZADO 2

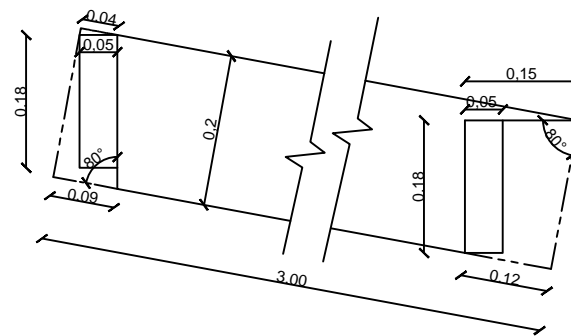


ALZADO 3

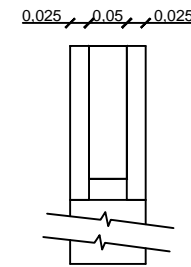
VIGA EN EJE BB' ENTRE EJE 11' Y EJE 22'



ALZADO 1

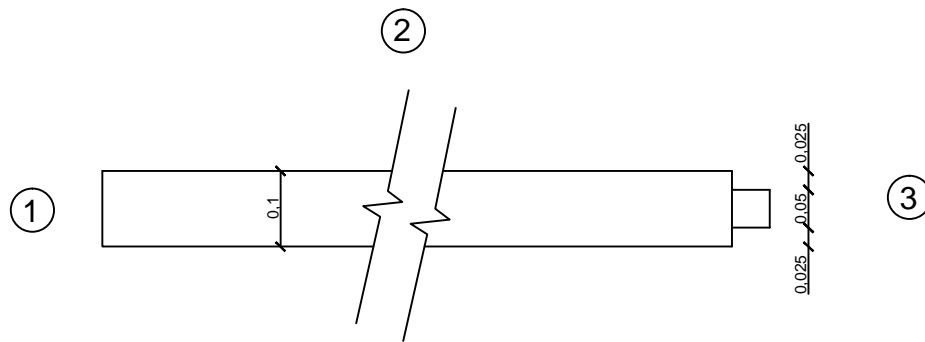


ALZADO 2

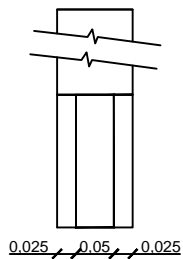
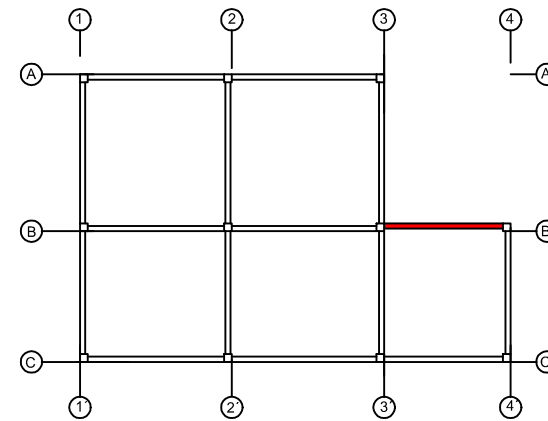


ALZADO 3

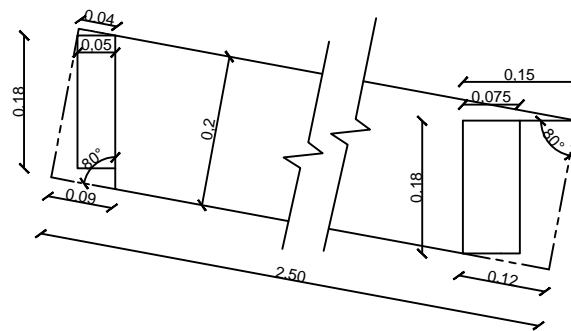
VIGA EN EJE BB' ENTRE EJE 22' Y EJE 33'



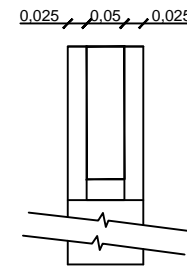
VISTA AÉREA



ALZADO 1

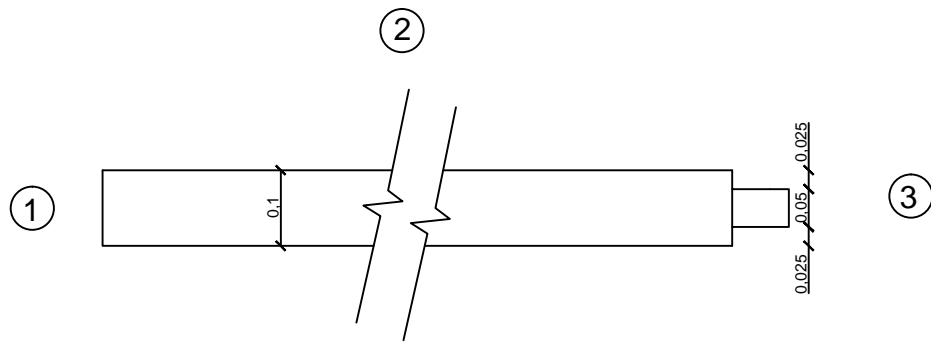


ALZADO 2

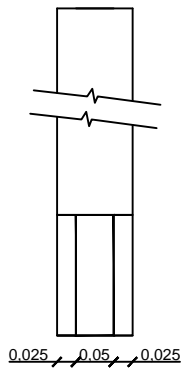
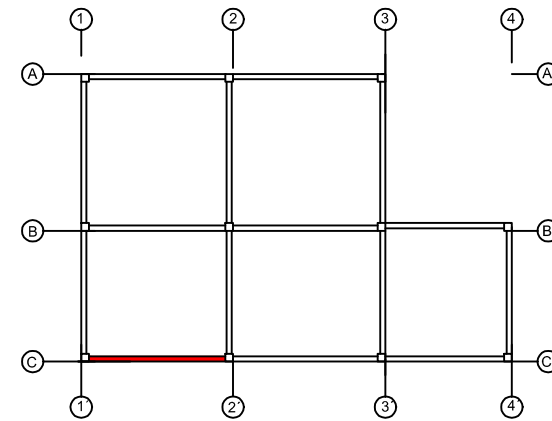


ALZADO 3

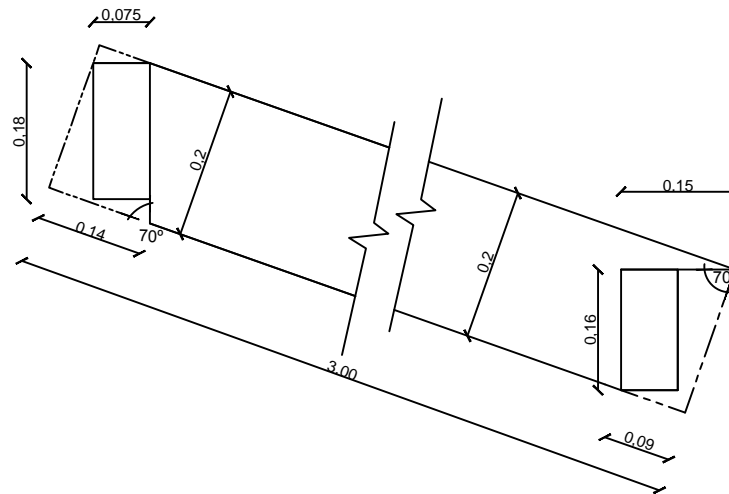
VIGA EN EJE BB' ENTRE EJE 33' Y EJE 44'



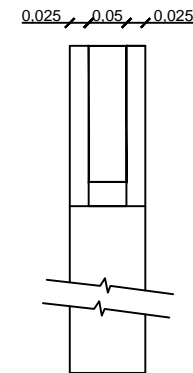
VISTA AÉREA



ALZADO 1

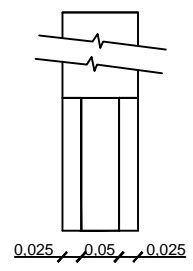
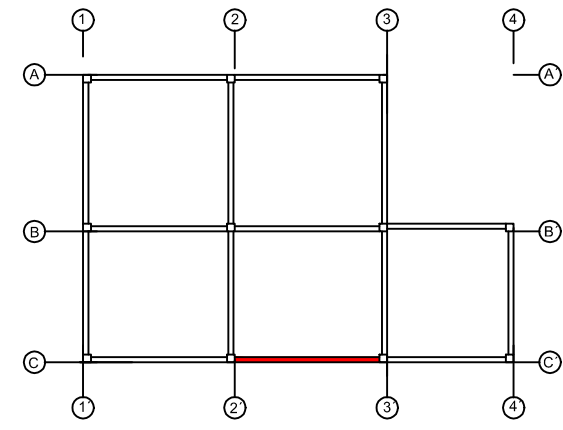
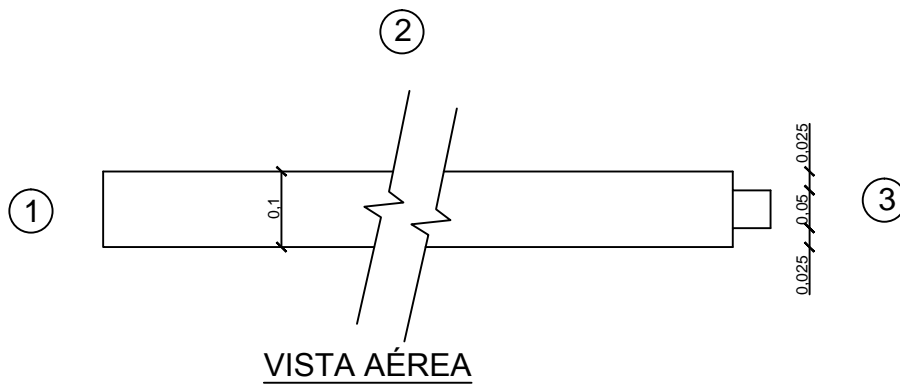


ALZADO 2

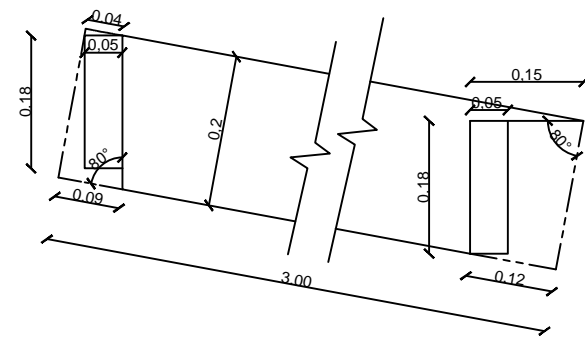


ALZADO 3

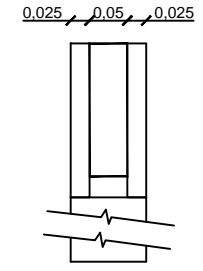
VIGA EN EJE CC' ENTRE EJE 11' Y EJE 22'



ALZADO 1



ALZADO 2



ALZADO 3

VIGA EN EJE CC' ENTRE EJE 22' Y EJE 33'

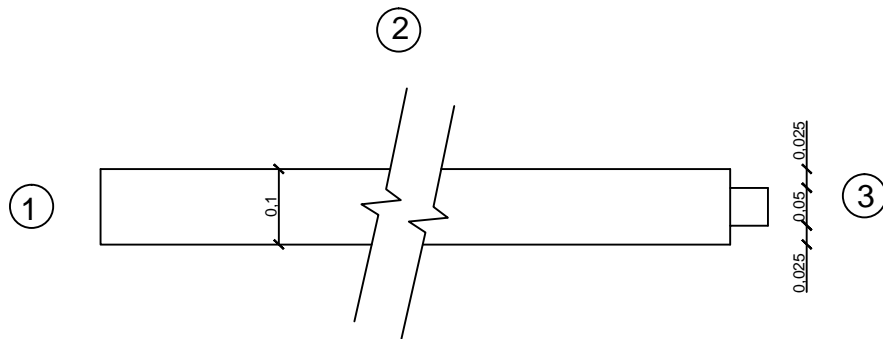


AUTOR:
VICTOR SALAZAR ALVARADO

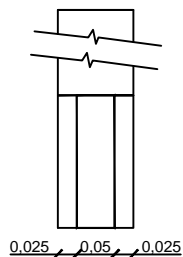
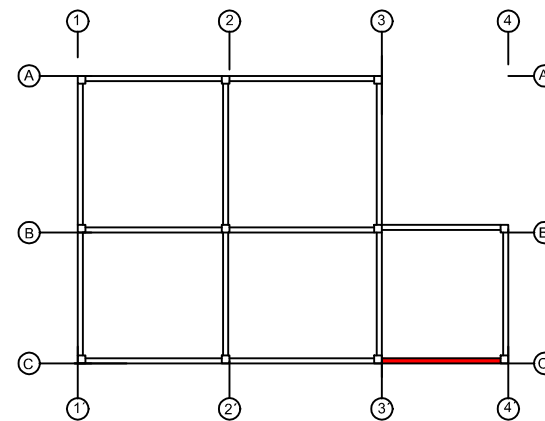
TEMA:
VIVIENDA CON ESTRUCTURA DE MADERA

CONTIENE:
DESPIECE DE LA ESTRUCTURA

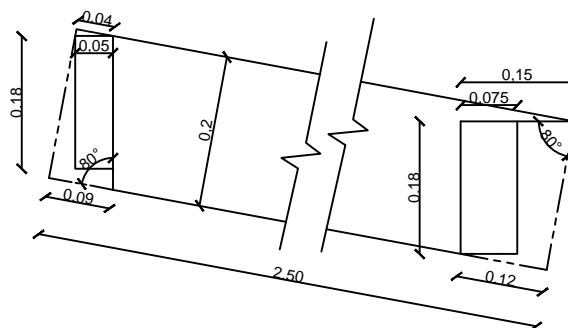
FECHA:
OCTUBRE / 2014
ESCALA:
1:10



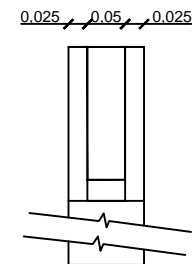
VISTA AÉREA



ALZADO 1



ALZADO 2



ALZADO 3

VIGA EN EJE CC' ENTRE EJE 33' Y EJE 44'

5.5.4 Muros de mampostería armada

Las paredes de la vivienda serán de mampostería, es decir la construcción será mixta, su estructura será de madera mientras que las paredes serán de mampostería de bloques. Se decidió considerar este material para conformar las paredes debido a que se pretende mostrar una tipología de vivienda que use la estructura de madera pero que no necesariamente deba estar limitada a que su composición total sea del mismo material, sino más bien evidenciar el posible uso de varios materiales que en conjunto con una estructura de madera pueden funcionar muy bien.

La elección de mampostería para levantar las paredes trae consigo algunos aspectos a tomar en cuenta entre ellos el más importante es que la pared compuesta por bloques de cemento es un elemento rígido su composición cementicia hace que se comporte como un elemento de poca flexibilidad a diferencia de la madera que es un material que permite flexarse antes de llegar a la rotura.

De manera que los elementos que enmarcan la pared serán las vigas y columnas de madera, se encontrarán dos materiales que al momento de resistir esfuerzos laterales se comportan diferente provocando que la rigidez de uno (paredes de bloque) puede afectar a la flexibilidad del otro (estructura de madera) y ocasionar el desplome de la mampostería o de la estructura.

Para evitar que esto ocurra se planteó como solución el uso de la mampostería armada, sistema estructural que la Norma Ecuatoriana de la Construcción define como mampostería en la que se colocan entre sus bloques varillas o mallas generalmente de acero, de modo que todos los materiales trabajen en conjunto.

Utilizando este sistema se puede construir una superficie que pueda funcionar en conjunto con la estructura de madera ya que al añadirle la malla de acero, la mampostería consigue resistir mayores esfuerzos.

Por razones económicas, se estableció como una alternativa a la utilización del acero dentro de la mampostería, el uso de latillas de caña guadua. La Arq. Gina Villamar y Arq. Verónica Caicedo en la tesis Estabilidad Estructural y Conformación de una "Vivienda Popular Digna" a través de un sistema constructivo mixto, concluyen en la óptima prestación de la utilización del acero vegetal o caña guadua, como una alternativa al acero, además se propone una metodología constructiva para la aplicación de este sistema, a su vez este estudio se fundamenta en las investigaciones realizadas por la Arq. Priscila Vacas Wagner quien demostró que los paneles armados con caña guadua, permiten que la carga se reparta mejor sobre todo el panel.

La caña guadua es un material de gran capacidad de resistencia tanto a la tracción como a la compresión, por ello es conocido como el "acero vegetal". El muro construido con mampostería armada con acero vegetal permitirá que la carga se reparta en mejor forma sobre todo el panel.

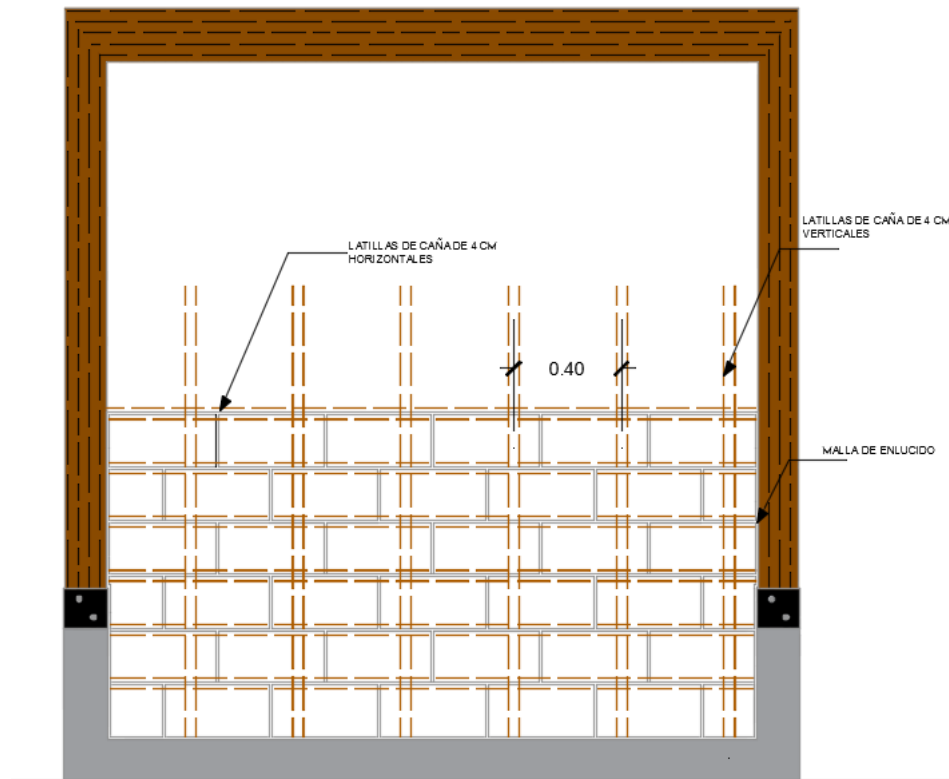


Gráfico 93 Detalle de mampostería armada
Fuente: Víctor Salazar, 2014

La pared y la estructura deben estar enlazadas para que su funcionamiento estructural sea unificado, para ello se colocarán chicotes de acero cada 40cm, estos chicotes serán de 5.5mm de diámetro y deberán ingresar 30 cm en el muro asegurando el amarre a la columna.

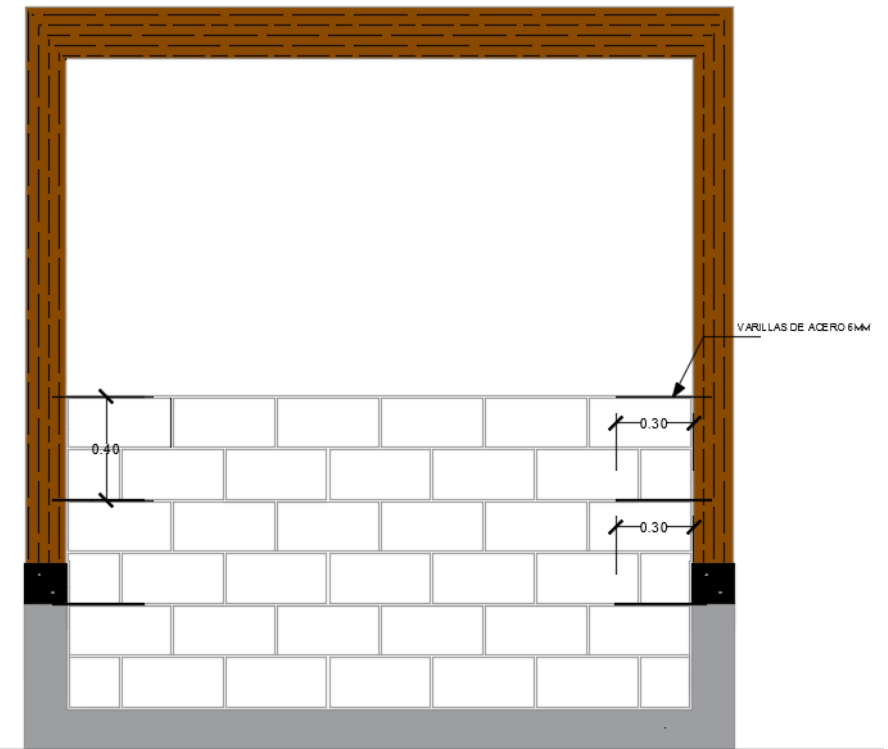


Gráfico 94 Detalle de disposición de chicotes
Fuente: Víctor Salazar, 2014

Para adherir el muro a la estructura se utilizará malla de enlucido en las caras de la columna que remata la pared, la malla de enlucido permitirá tener una superficie rugosa que posibilite unir el mortero con la madera.

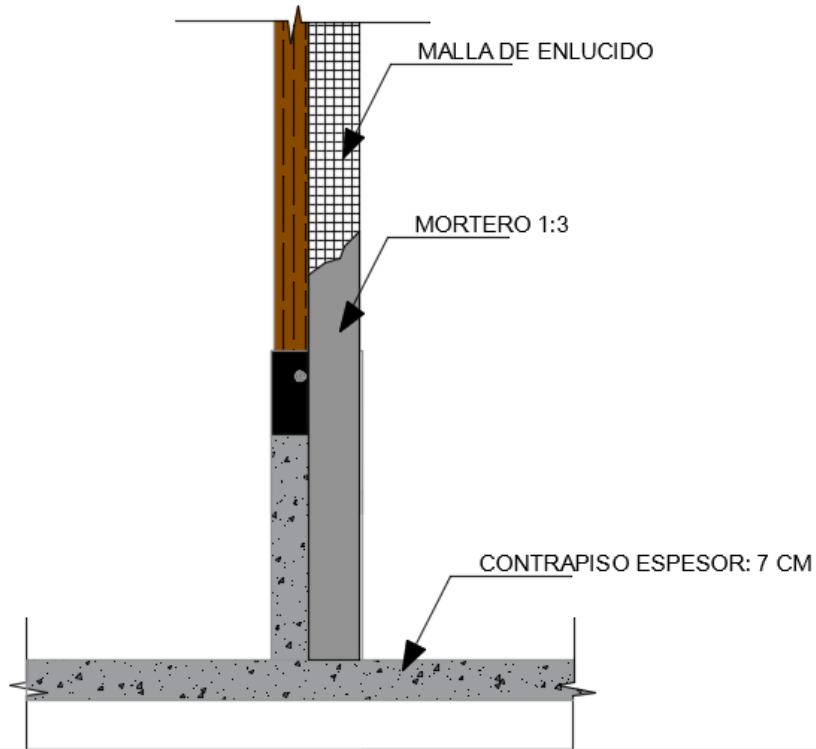


Gráfico 95 Contiene: Detalle de unión mortero y estructura
Fuente: Víctor Salazar, 2014

En la unión de columna y muro se hará un pequeño canal, esta canal servirá para que la sección de la pared se reduzca, provocando que en caso de fisuras por esfuerzos en las paredes estas aparezcan en la parte donde la sección de la pared es menor.

Materiales

- Bloques livianos de 7x19x39 cm
- Latillas de caña de 4 cm

- Mortero 1:3
- Concretillo 1:3:5
- Malla de enlucido
- Varillas de acero 5.5 mm de diámetro

5.5.5 Los enlucidos

El recubrimiento de los muros consiste en revoques de 1.5 cm de espesor, se colocará un mortero en concentración 1:3

Materiales

Mortero 1: 3

5.6 METODOLOGÍA CONSTRUCTIVA

5.6.1 Estructura de madera

Previo a la colocación de la estructura de madera se habrá fundido la cimentación y junto con ella una placa metálica que se soldará a 4 varillas de 12 mm de diámetro las cuales estarán embebidas en el hormigón de la cimentación hasta 30 cm.

Sobre esta placa metálica se soldará un cajetín metálico de 5mm de espesor y 15 cm de altura, el cual permitirá el aislamiento de la columna de madera del hormigón. Se dejará un orificio en el cajetín metálico para permitir drenaje del agua.

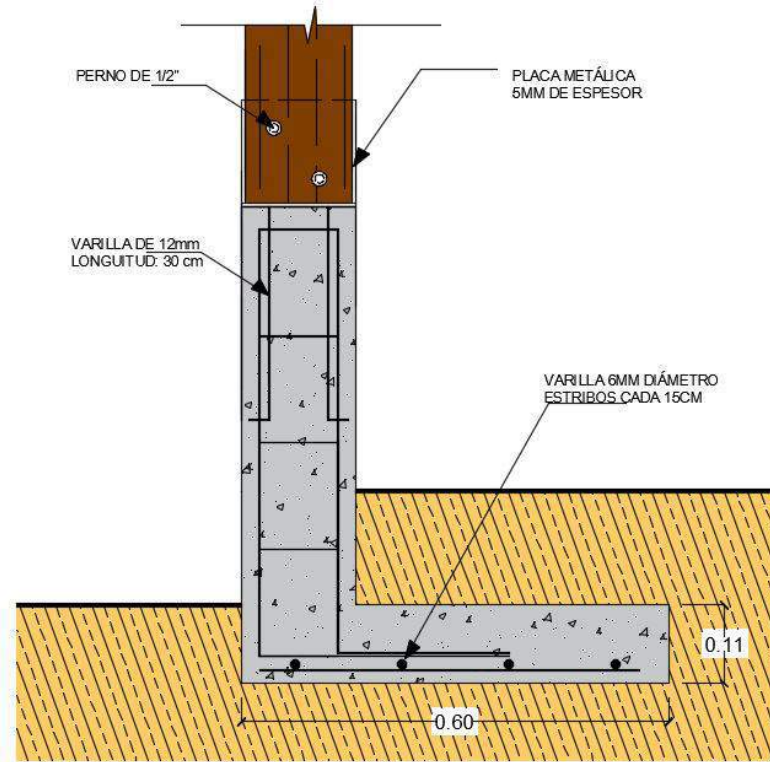


Gráfico 96 Detalle de cimentación
Fuente: Víctor Salazar, 2014

La columna de madera será de 6x6 pulgadas, se insertará y sujetará al cajetín metálico mediante pernos de anclaje de 1/2" pulgada, los pernos deben colocarse con 10 cm de separación entre ellos esto es 8 veces su diámetro, la ubicación de los pernos será inclinada para evitar que la madera pueda sufrir una rajadura por exceso de presión en sus fibras. La unión entre los elementos estructurales verticales y los horizontales o vigas se realiza mediante el uso de ensambles definidos en los planos, además las uniones serán reforzadas con el uso de tirafondos de 3/8, con el fin de otorgar rigidez a las uniones.

5.6.2 Mampostería armada

Se implementará mampostería armada, la cual consiste en la elaboración de un muro mediante el uso de bloques de concreto en los cuales se inserta una armadura que tradicionalmente suelen ser varillas de acero, las que se colocan entre los bloques para permitir convertir el muro en un elemento portante capaz de soportar mayores cargas que las de un muro de mampostería.

Para la investigación en desarrollo se utilizarán en lugar de las varillas de acero, latillas de caña guadua conocido como el “acero vegetal”, Se dividirá la caña longitudinalmente en cuatro secciones usando una cruz metálica, de esta manera se podrá obtener la latillas de caña de 4 cm, luego se procederá a la colocación de los bloques livianos de concreto de 7x19x39 cm, en cada hilada se le hará un canal al bloque de 1.5 cm para situar las latillas de caña horizontalmente entre cada hilada del muro, así quedará instalada cada 20 cm una latilla. Se colocarán además cada 40 cm latillas en sentido vertical que se insertarán en la parte hueca del bloque; para asegurar su estabilidad se usará un concretillo elaborado con piedra chispa. De esta forma las latillas de caña verticales junto con las latillas horizontales formarán una malla estructural que reparta los esfuerzos en toda la superficie.

Se aplicarán enlucidos de 1.5 cm de espesor a ambas caras de la pared, luego aplicará pintura látex de caucho resistente para exterior, específicamente en la fachada principal.

5.6.3 Estructura de cubierta

Se colocarán cuartones de madera 2" x 3" cada 50 cm apoyados en las vigas cargadoras, asegurado su sujeción con el uso de varillas de acero de 5.5 mm de diámetro. Sobre los cuartones de madera se colocarán las tiras de madera de 1" x 3" como lo especifican los planos de la vivienda.

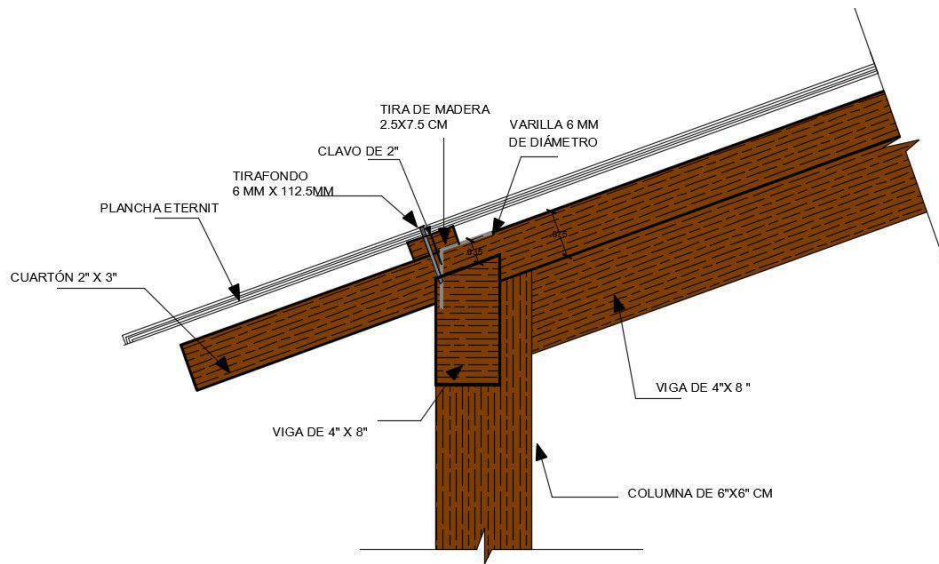


Gráfico 97 Detalle cubierta
Fuente: Víctor Salazar, 2014

Se utilizarán planchas onduladas de Eternit p7 (111) para la cubierta se sujetarán a la estructura de cubierta mediante ganchos auto-perforantes de 1/4" de diámetro.

5.7 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

- Trazado y Replanteo

Se realizará el trazado de ejes de la cimentación tal como constan en los planos de cimentación, se colocarán los ejes e hitos usando piolas atadas a un corral de madera alrededor del área de construcción.
- Excavación

Se realizará a pulso en el lugar donde se colocará la cimentación a una profundidad de 11 cm como lo indican los planos de cimentación.
- Relleno compactado

Se procederá a rellenar con material cascajo, la compactación se realizará con compactador mediano.
- Cimentación

Se la realizará con hormigón en una dosificación de 1:2:3 partes de cemento arena y piedra, mientras que el acero utilizado será de 5.5 mm de diámetro con estribos cada 15 cm.
- Riostra

Las riostras serán de hormigón armado con dimensiones de 12 x16 cm en su sección, el hormigón con una dosificación de 1:2:3 partes de cemento arena y piedra, mientras que el acero utilizado será una armadura electro-soldada de 5.5 mm de diámetro.

- Soportes verticales y horizontales

Los soportes verticales serán de madera maciza de Chanúl, los cuales se unirán a la cimentación mediante un cajetín metálico de 5 mm de espesor y 15 cm de altura en cual se empotrara la columna de madera y se asegurará con dos pernos de media pulgada.

Los soportes horizontales serán de madera maciza de Chanúl de sección transversal 4x8 pulgadas las vigas se unirán a las columnas mediante ensambles a media madera.

- Mampostería armada

La mampostería armada se construirá con bloques livianos huecos de concreto, los bloques serán de 7 x 19 x 39 cm , se utilizará un mortero de 1:3 partes de cemento y arena. Las latillas de caña que constituyen la armadura del muro serán de 4 cm y se colocaran cada 20 cm en sentido horizontal y cada 40 cm en sentido vertical.

- Contrapiso

Sobre el relleno de material mejorado debidamente compactado se fundirá una loseta de hormigón simple de 7 cm de espesor, el hormigón tendrá una dosificación de 1:3:5 partes de cemento, arena y piedra.

- Instalaciones sanitarias

Se utilizarán tuberías de pvc de 1/2 pulgada para el sistema de agua potable y tuberías de 2” y 4” para el sistema de aguas

servidas, el cual contará con una caja de registro de 60x60 cm, la pendiente de la tubería será del 2 %.

- Instalaciones eléctricas

Todos los ductos que se coloque serán de pvc, mientras que los conductores serán de alambre de cobre revestido de fabricación nacional.

- Cubierta

Se consideró una estructura de madera constituida por cuarterones de 2”x 3” de sección transversal y tiras de madera, de 1”x 3” sobre las que se colocarán planchas onduladas de Eternit p7 (111) de 6” y 8 “.

- Ventanas

Las ventanas serán de aluminio, marco de ángulo y TE de 1x 1/8 pulgadas reforzado sin protección, las dimensiones son las que constan en los planos y detalles constructivos, mampostería se realizara con clavos de 4” o empotramiento en la pared con un ángulo de la misma característica de la ventana en una longitud de 10 cm.

- Puertas

La puerta principal y posterior serán metálicas con ángulos de 0.30x0.30x0.03 mm, tubo cuadrado de 1”x 0.06 mm x 6 metros, plancha metálica 1/32 negra doblada tipo paneleada, bisagras tipo Stanley de 3” x 3” soldadas con cerradura tipo económica.

Las puertas de dormitorios y baño serán de madera laurel paneleada, se colocará una cerradura con chapa económica tipo pomo, ubicadas a 1 metro de altura del nivel de piso terminado, los batientes serán de 7 cm sujetos a las paredes por medio de tornillos, las bisagras que sujetarán las puertas serán 3 tipo Stanley de 3" x 3" con sus respectivos tornillos.

- Sobrepiso

Se colocarán cerámicas de 30x30 en el piso del baño y todo el piso al interior de la vivienda.

- Mesón de cocina

Se fundirá el mesón de cocina sobre sus patas que serán constituidas por bloques livianos de concreto, el mesón tendrá una dosificación de 1:3:5 partes de cemento piedra y arena.

- Enlucidos

Se realizará enlucidos en paredes interiores de los baños y en la fachada principal, el mortero utilizado tendrá una dosificación de 1:3 partes de cemento y arena.

- Recubrimiento en paredes

- En las paredes del baño se colocará cerámica de 30x30 en toda la pared de la ducha y a la altura de 1.20 m en las paredes restantes del baño, se colocarán cerámicas de 30 cm sobre el mesón de cocina como lo indica los planos arquitectónicos.

- Se recubrirán las paredes interiores con un acabado tipo champeado

- Se recubrirá la fachada principal con placas de

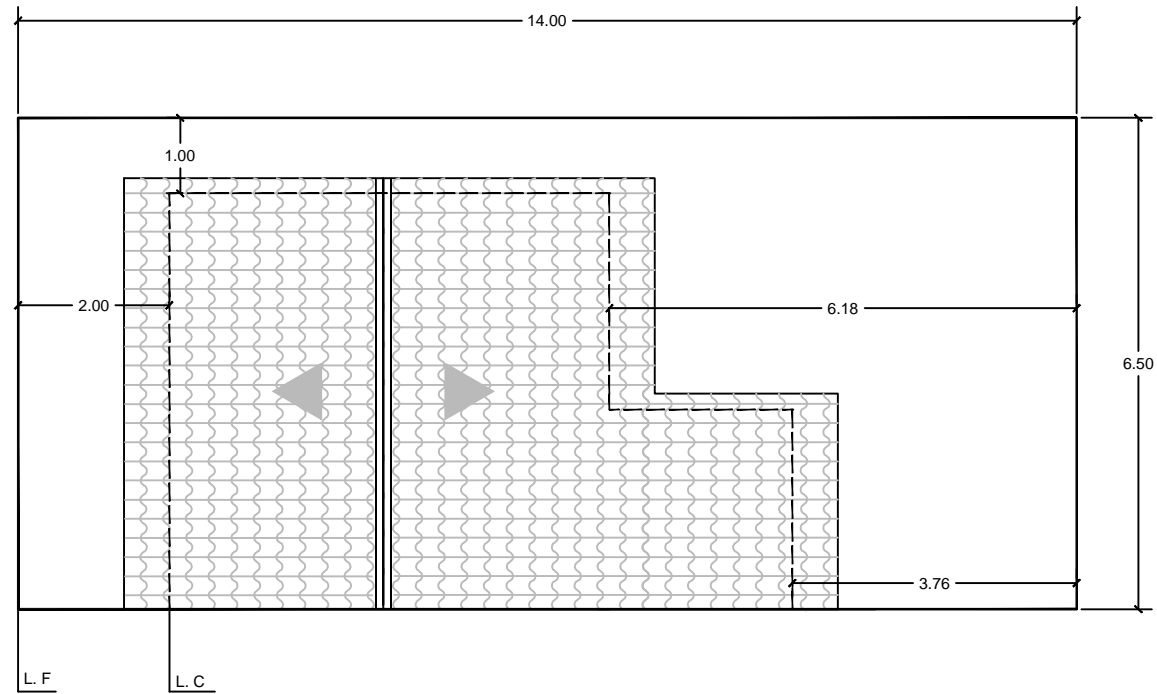
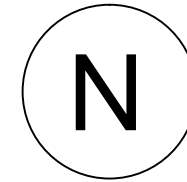
- Pintura

Se pintarán las paredes de la fachada principal con pintura látex de caucho resistente.

ANEXOS

PLANOS DE LA VIVIENDA CON ESTRUCTURA DE MADERA

(Todas las medidas de los planos están en metros)



AUTOR:

VICTOR SALAZAR ALVARADO

TEMA:

VIVIENDA CON ESTRUCTURA DE MADERA

CONTIENE:

IMPLANTACIÓN

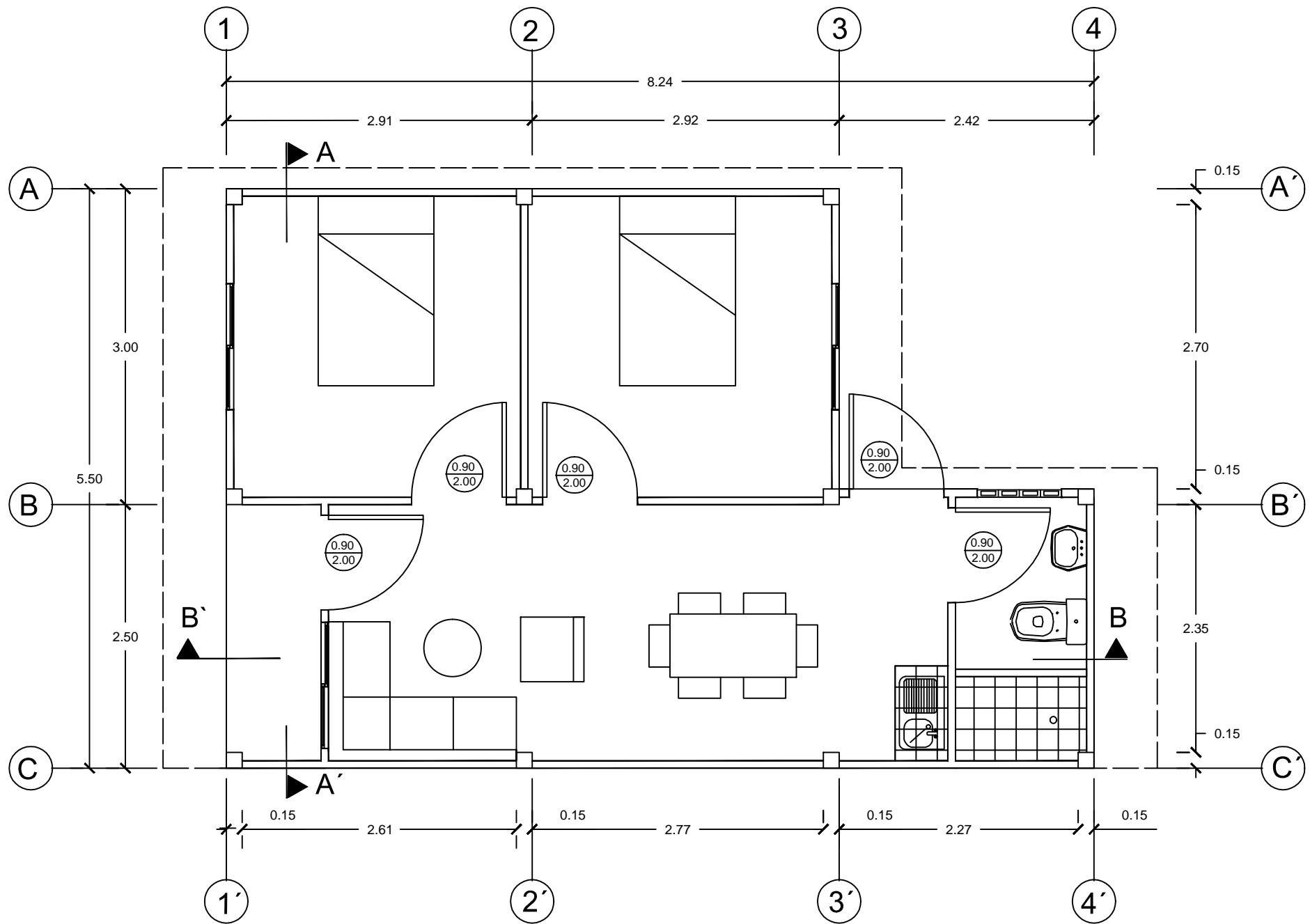
FECHA:

OCTUBRE / 2014

ESCALA:

1:100

L-1



AUTOR:

VICTOR SALAZAR ALVARADO

TEMA:

VIVIENDA CON ESTRUCTURA DE MADERA

CONTIENE:

PLANTA ARQUITECTÓNICA

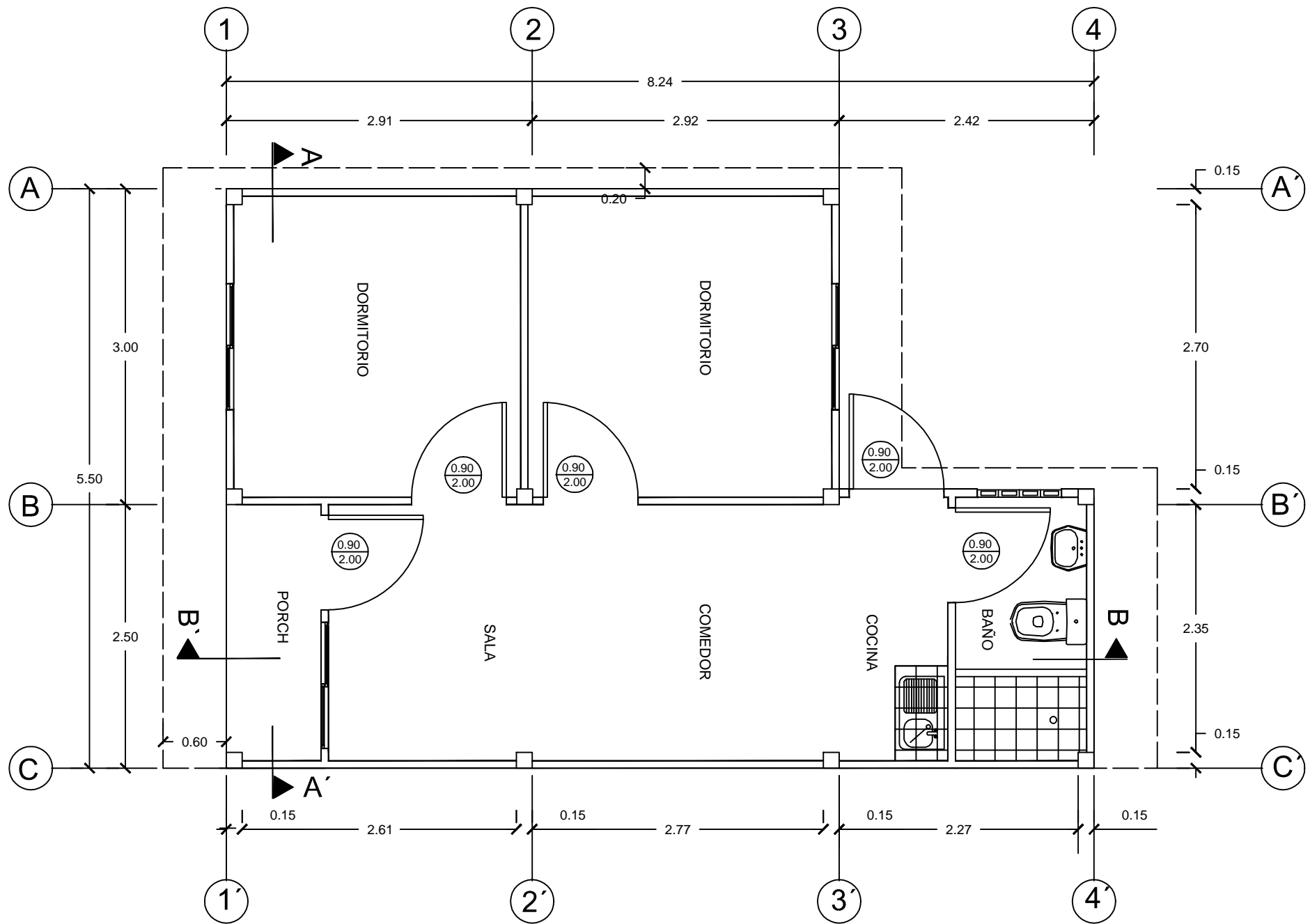
FECHA:

OCTUBRE / 2014

ESCALA:

1:50

L-2



AUTOR:

VICTOR SALAZAR ALVARADO

TEMA:

VIVIENDA CON ESTRUCTURA DE MADERA

CONTIENE:

PLANTA ARQUITECTÓNICA

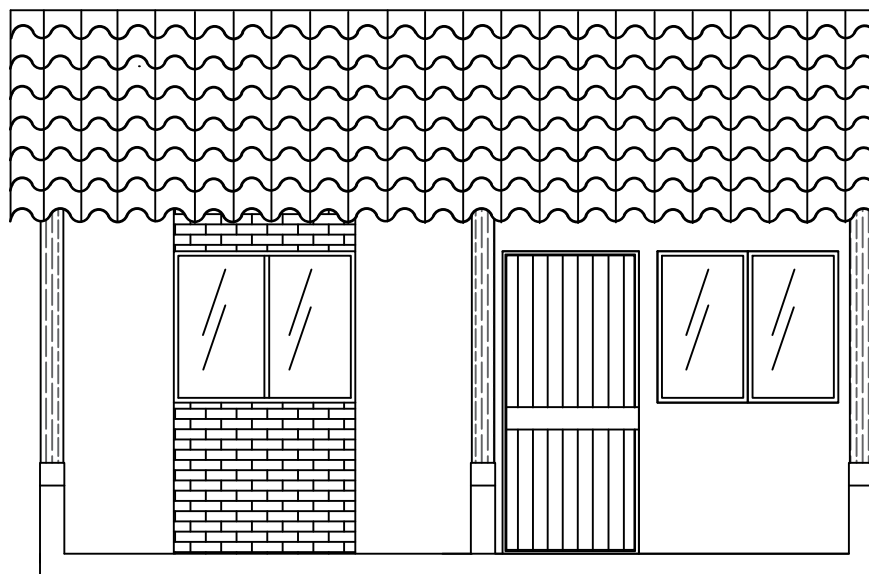
FECHA:

OCTUBRE / 2014

ESCALA:

1:50

L-3



AUTOR:

VICTOR SALAZAR ALVARADO

TEMA:

VIVIENDA CON ESTRUCTURA DE MADERA

CONTIENE:

FACHADA PRINCIPAL

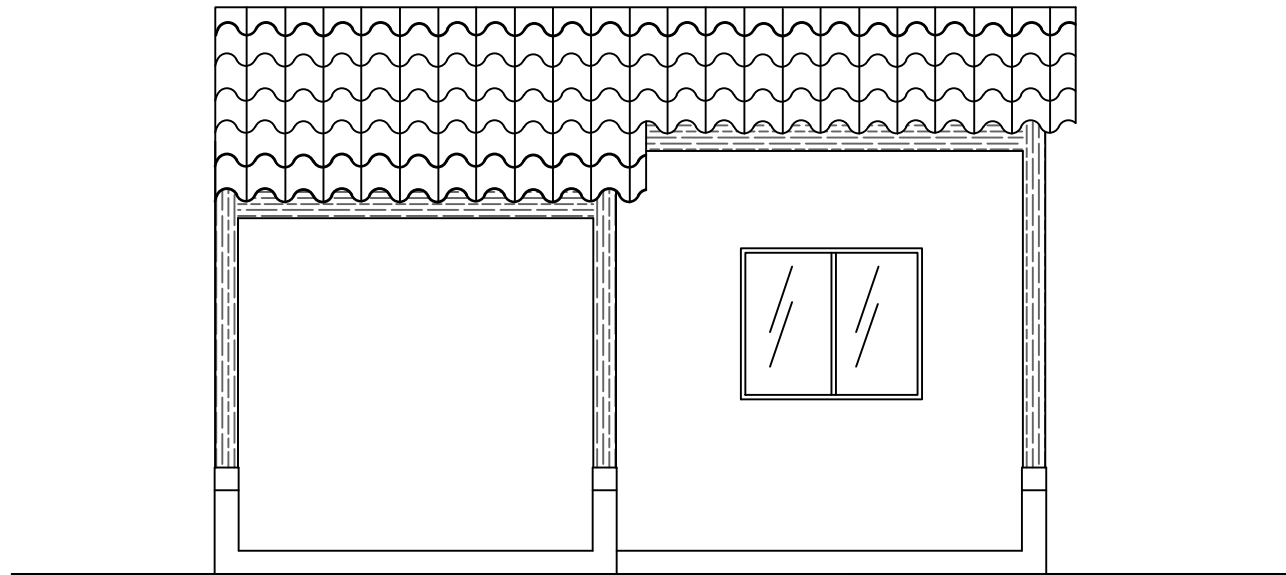
FECHA:

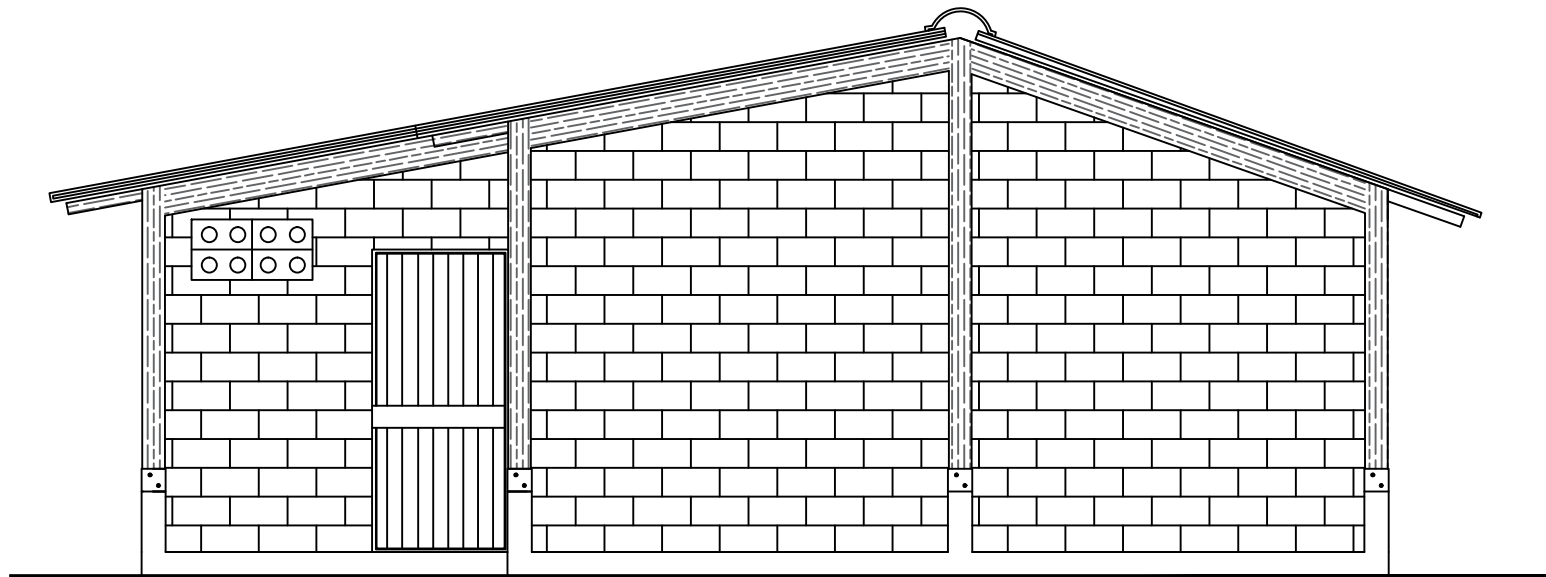
OCTUBRE / 2014

ESCALA:

1:50

L-4





AUTOR:

VICTOR SALAZAR ALVARADO

TEMA:

VIVIENDA CON ESTRUCTURA DE MADERA

CONTIENE:

FACHADA LATERAL

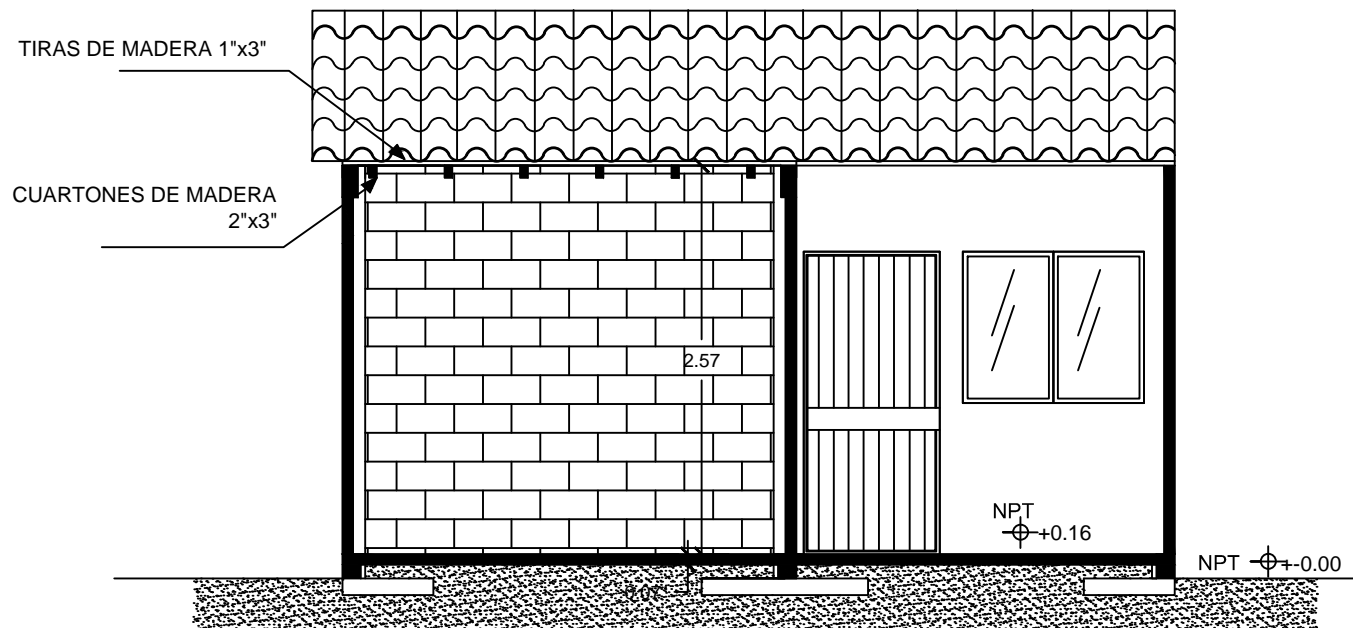
FECHA:

OCTUBRE / 2014

ESCALA:

1:50

L-6



AUTOR:

VICTOR SALAZAR ALVARADO

TEMA:

VIVIENDA CON ESTRUCTURA DE MADERA

CONTIENE:

CORTE A A'

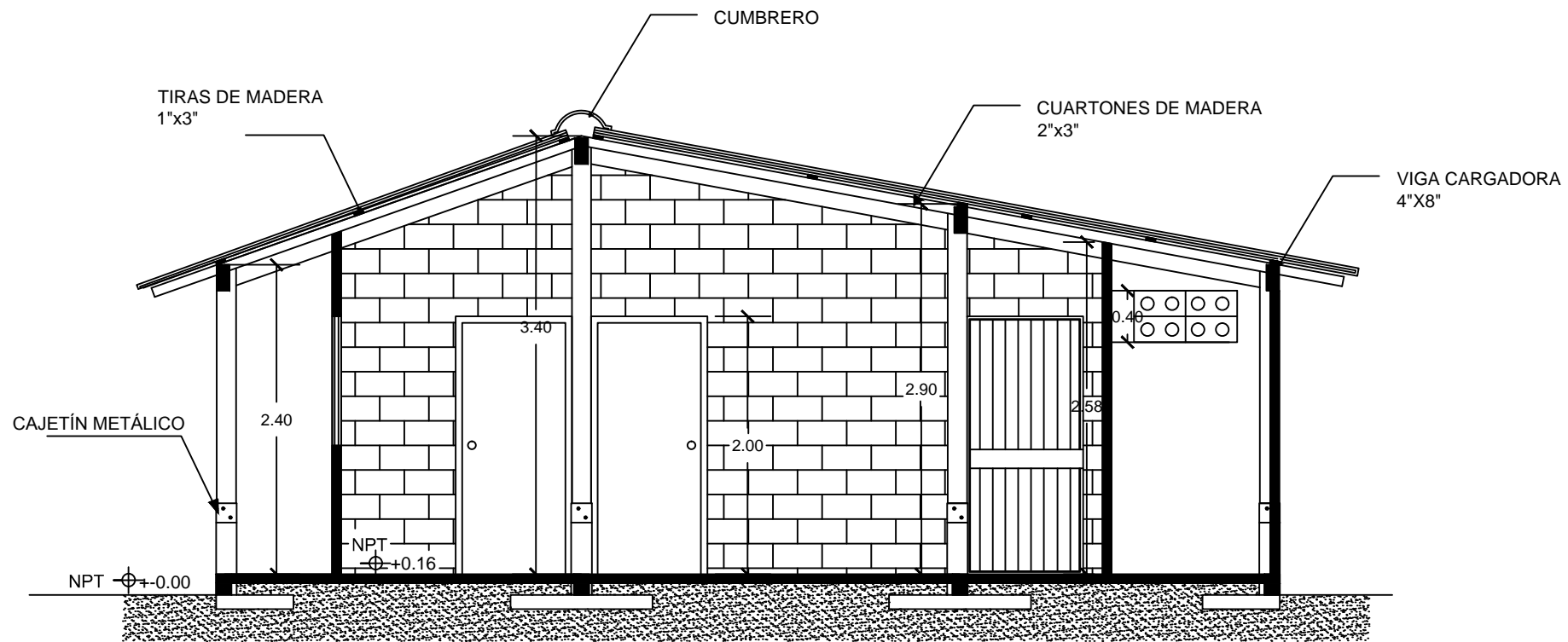
FECHA:

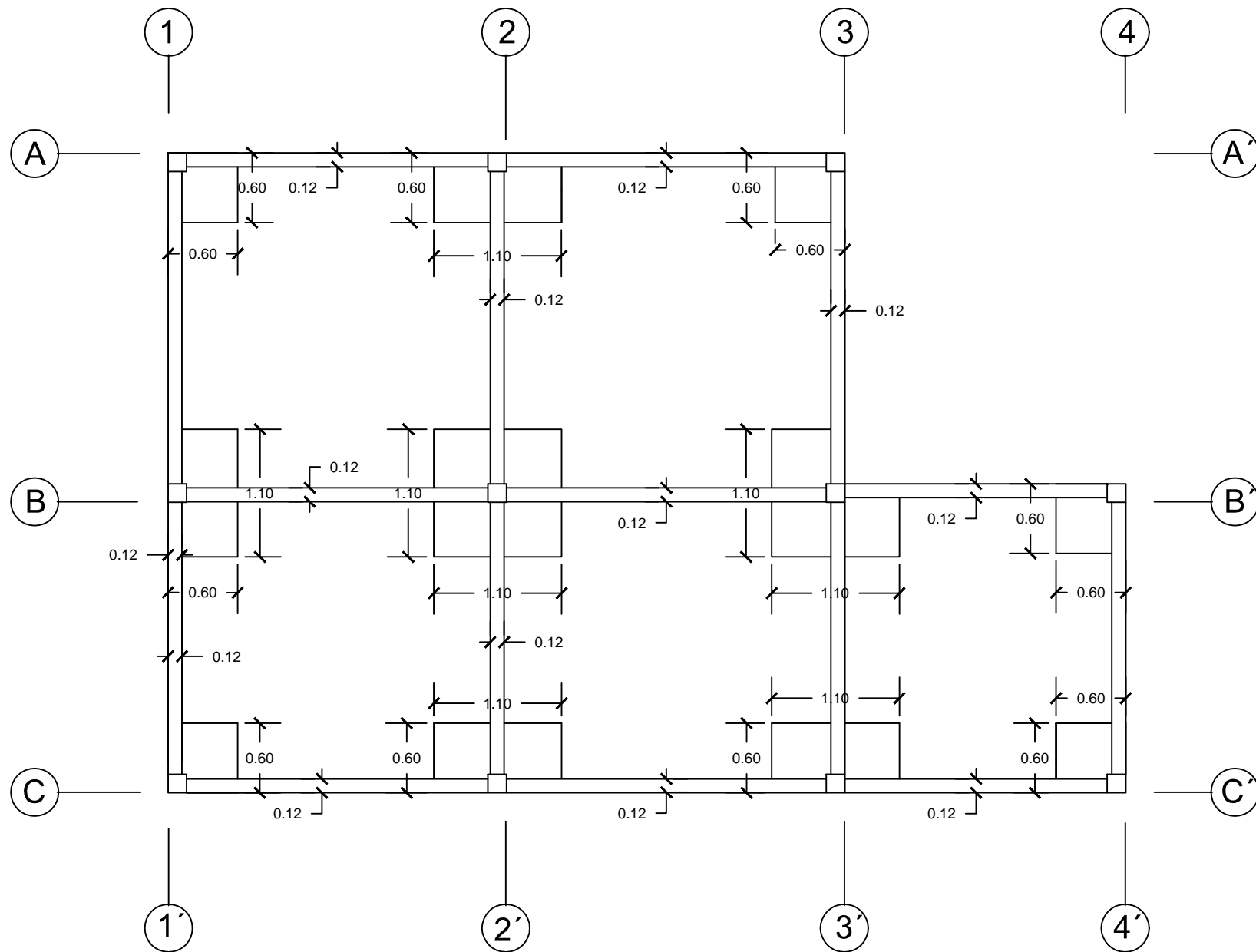
OCTUBRE / 2014

ESCALA:

1:50

L-7





AUTOR:

VICTOR SALAZAR ALVARADO

TEMA:

VIVIENDA CON ESTRUCTURA DE MADERA

CONTIENE:

PLANO DE CIMENTACIÓN

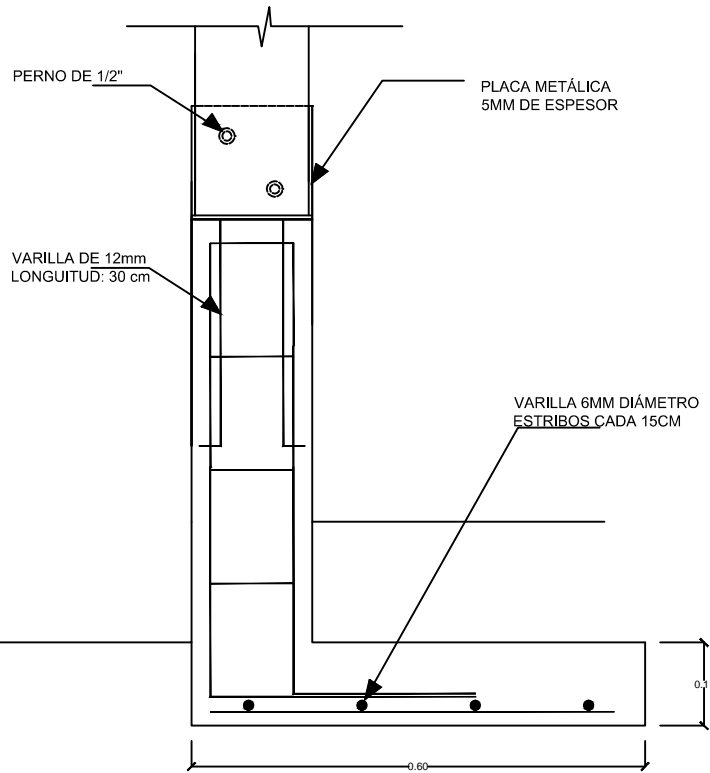
FECHA:

OCTUBRE/2014

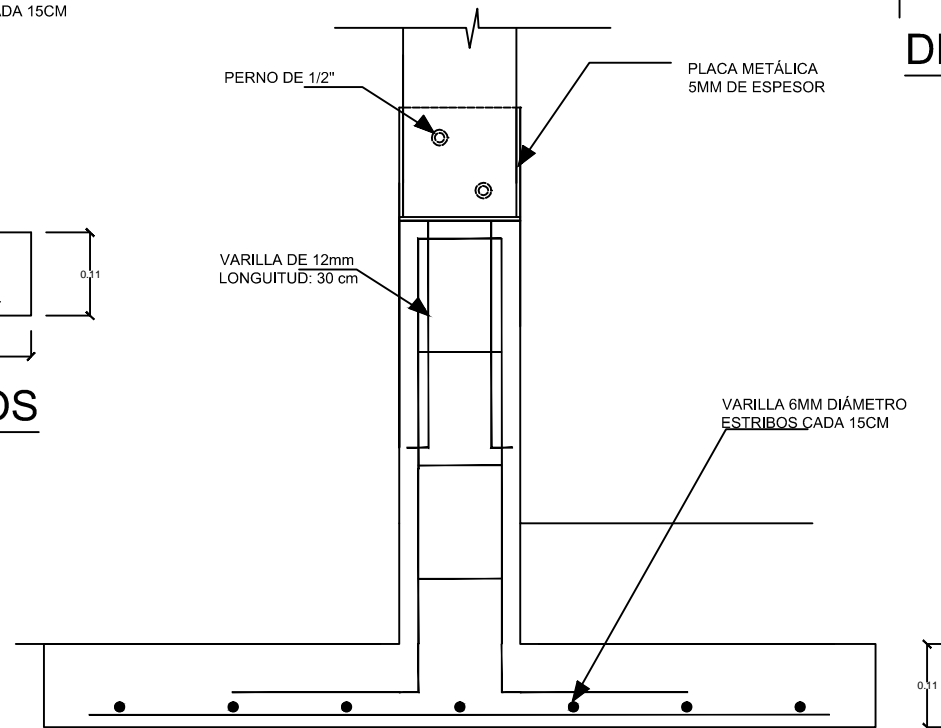
ESCALA:

1:50

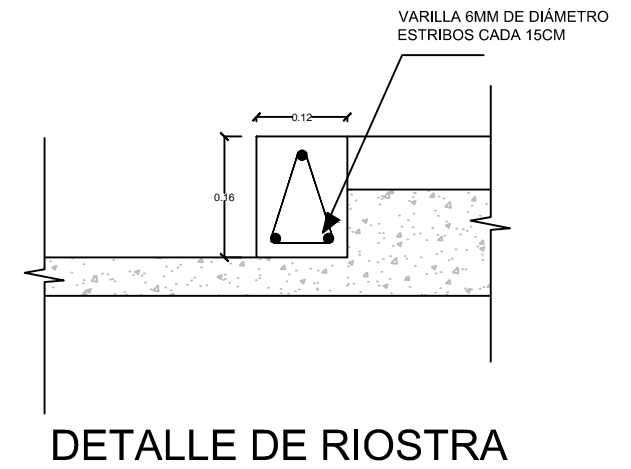
L-9

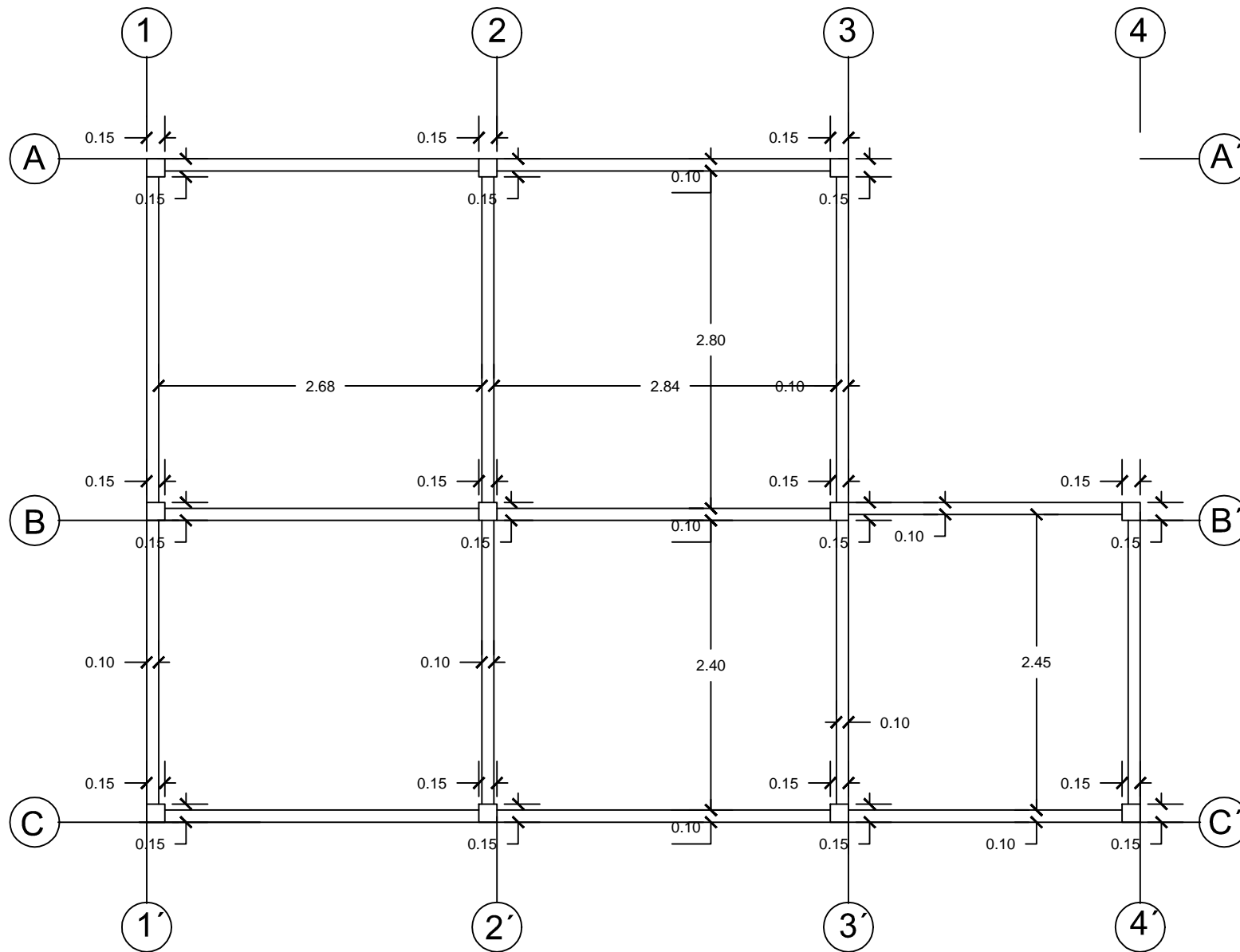


DETALLE DE PLINTOS
60 X 60



DETALLE DE PLINTOS
1.10 X 1.10





AUTOR:

VICTOR SALAZAR ALVARADO

TEMA:

VIVIENDA CON ESTRUCTURA DE MADERA

CONTIENE:

PLANO DE ESTRUCTURA

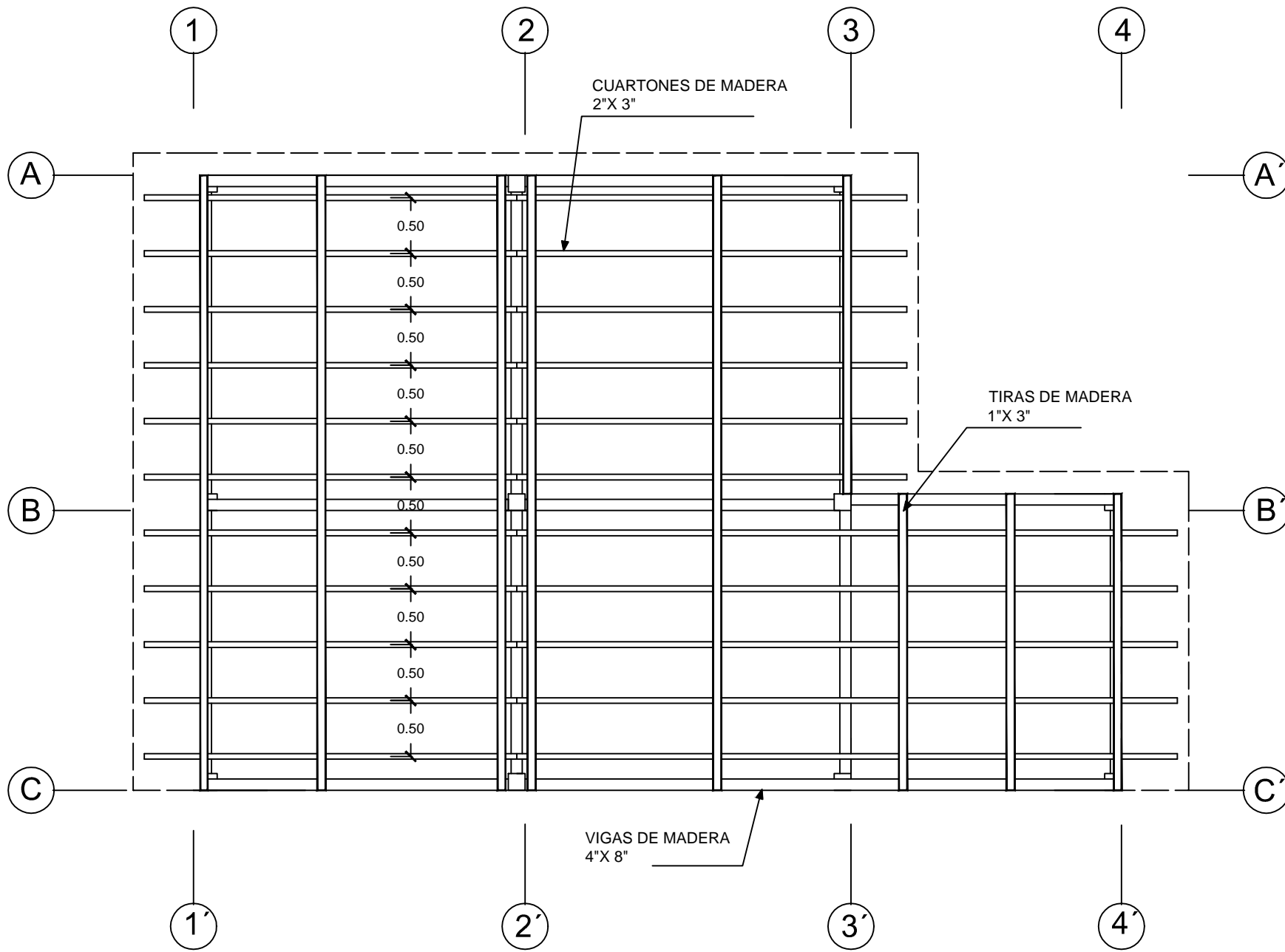
FECHA:

OCTUBRE / 2014

ESCALA:

1:50

L-11



AUTOR:

VICTOR SALAZAR ALVARADO

TEMA:

VIVIENDA CON ESTRUCTURA DE MADERA

CONTIENE:

ESTRUCTURA DE CUBIERTA

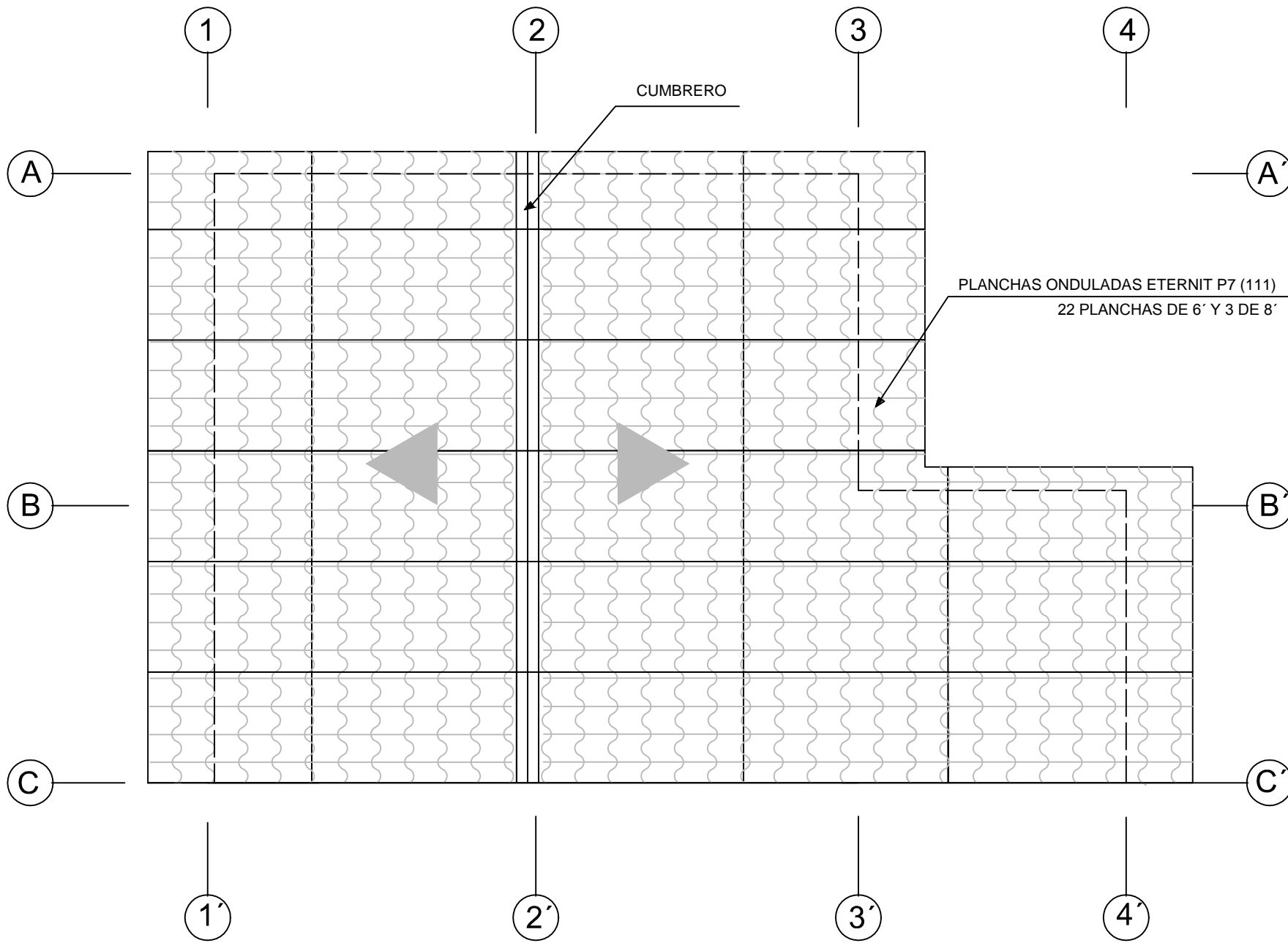
FECHA:

OCTUBRE/2014

ESCALA:

1:50

L-12



AUTOR:

VICTOR SALAZAR ALVARADO

TEMA:

VIVIENDA CON ESTRUCTURA DE MADERA

CONTIENE:

PLANO DE CUBIERTA

FECHA:





OCTUBRE / 2014

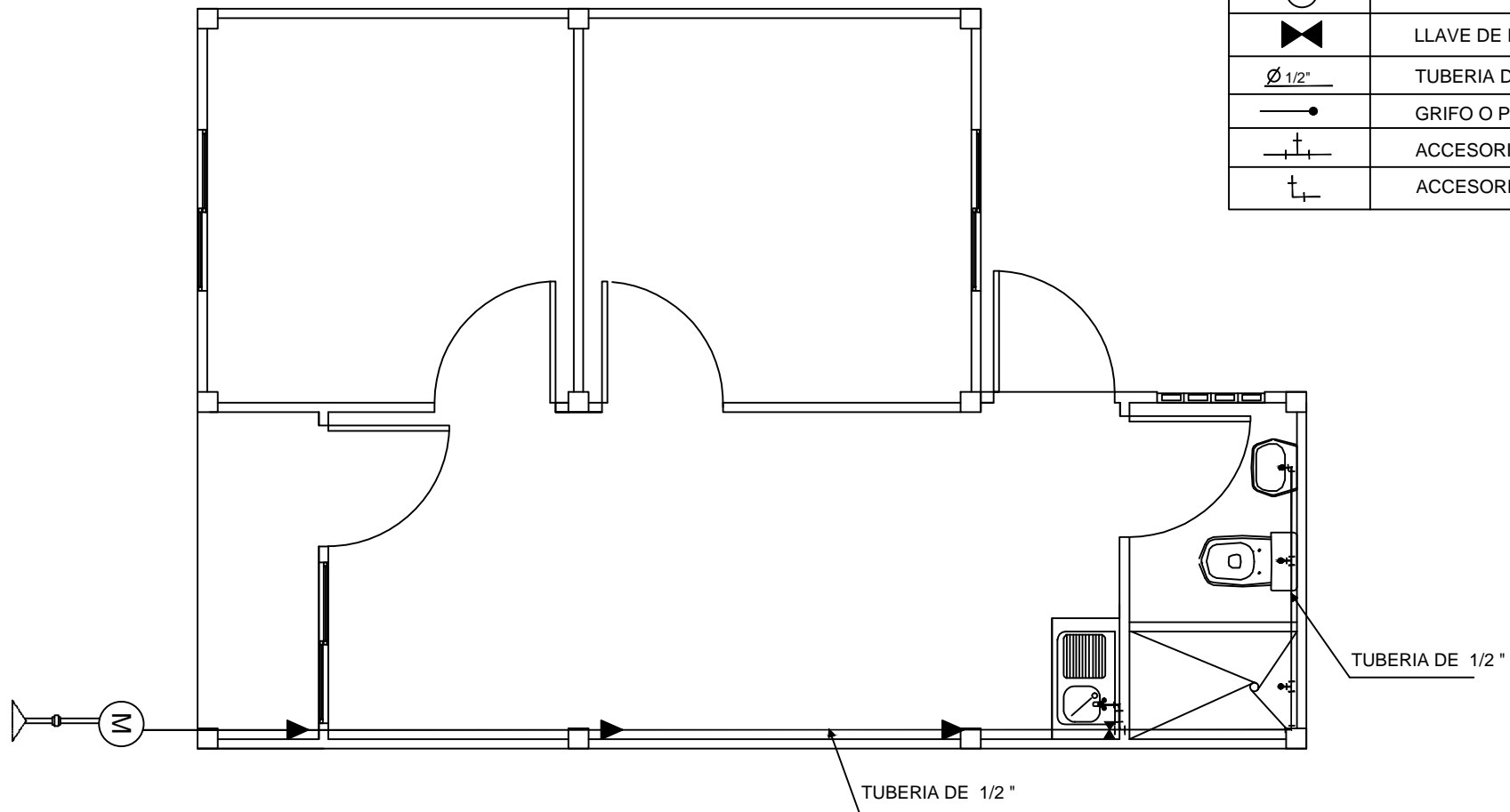
ESCALA:

1:50

L-13

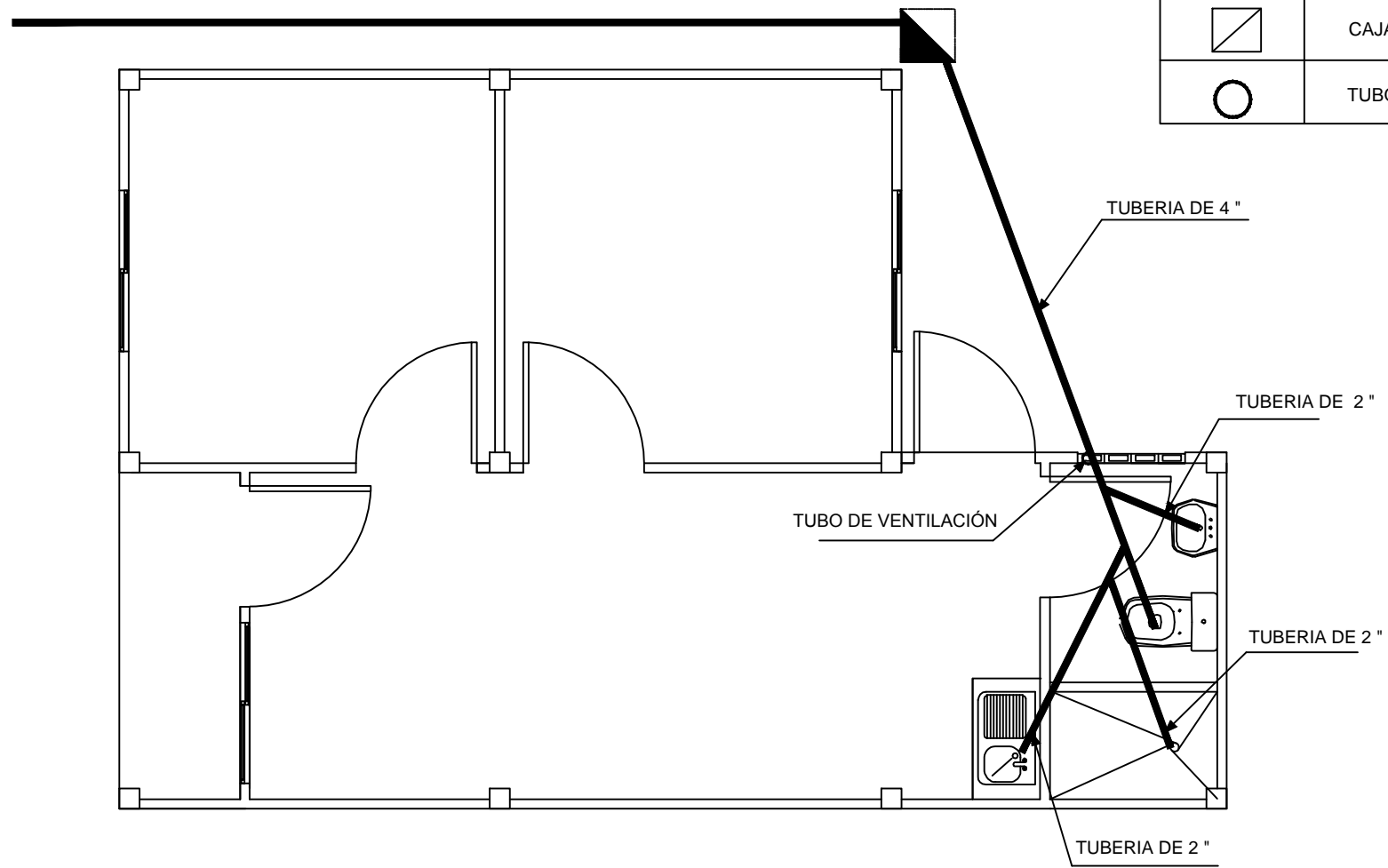
SIMBOLOGÍA AGUA POTABLE AA.PP.

	ACOMETIDA
	SENTIDO DEL FLUJO
	MEDIDOR
	LLAVE DE PASO
	TUBERIA DE AA.PP.
	GRIFO O PUNTO DE SALIDA
	ACCESORIO T
	ACCESORIO CODO



SIMBOLOGÍA AGUA SERVIDAS AA.SS.

$\phi 2"$	TUBERÍA AA.SS. INODORO
$\phi 4"$	TUBERÍA AA.SS. DESAGUE
	CAJA DE REGISTRO 60X60
	TUBO DE VENTILACIÓN



AUTOR:
VICTOR SALAZAR ALVARADO

TEMA:
VIVIENDA CON ESTRUCTURA DE MADERA

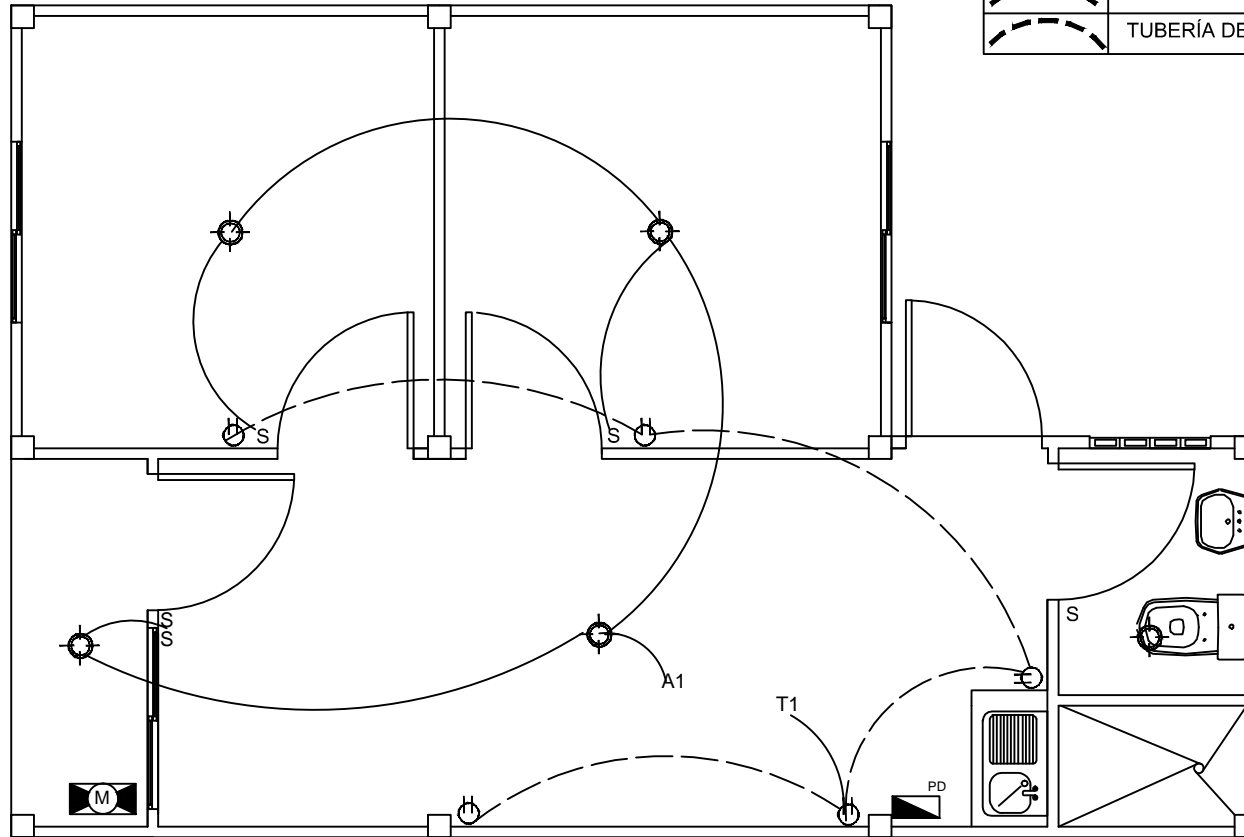
CONTIENE:
PLANO SANITARIO AA.SS.

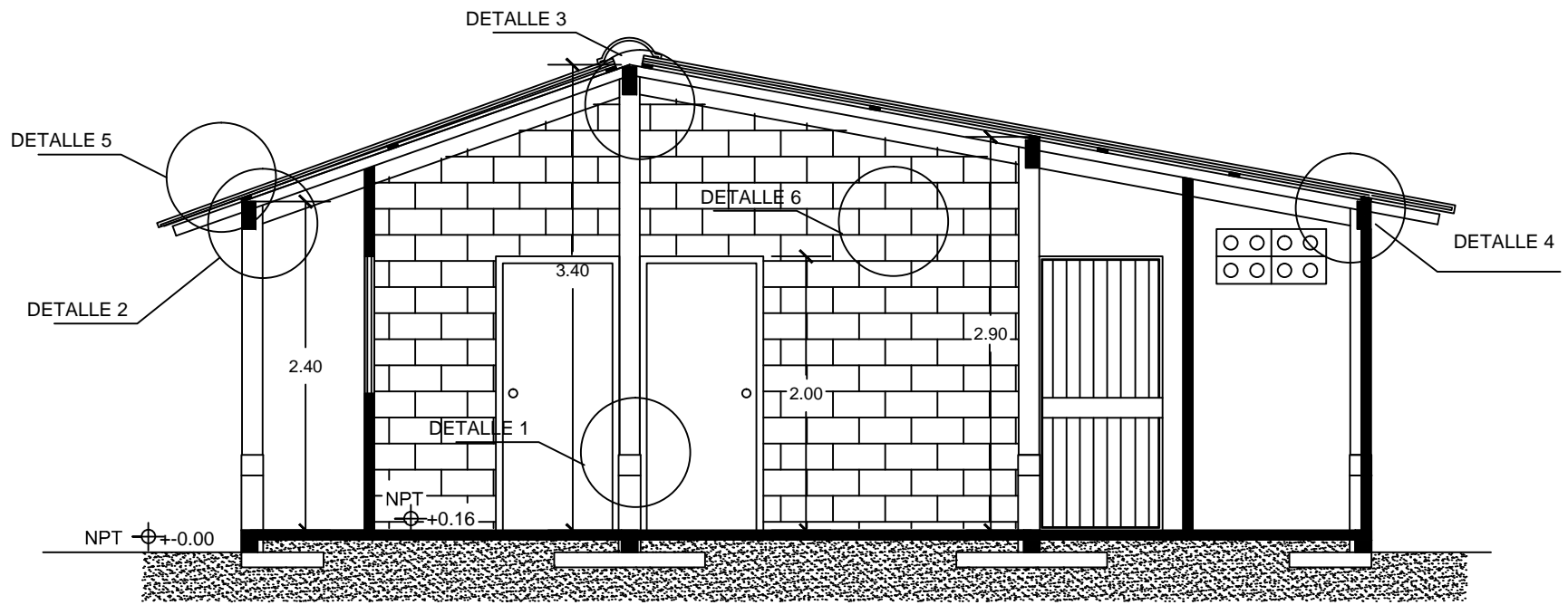
FECHA:
OCTUBRE / 2014
ESCALA:
1:50

L-15

SIMBOLOGÍA ELÉCTRICA

	TABLERO DE MEDIDORES
	PANEL DE DISTRIBUCIÓN
	PUNTO DE LUZ 100W 120 V
	TOMACORRIENTE DOBLE 15A. 120V. H= 0.40
	INTERRUPTOR SIMPLE 15A. 120 V.
	TUBERÍA DE PVC 1/2" PARA ALUMBRADO POR PARED
	TUBERÍA DE PVC 1/2" PARA TOMACORRIENTE POR PISO O PARED





AUTOR:

VICTOR SALAZAR ALVARADO

TEMA:

VIVIENDA CON ESTRUCTURA DE MADERA

CONTIENE:

CORTE B B'

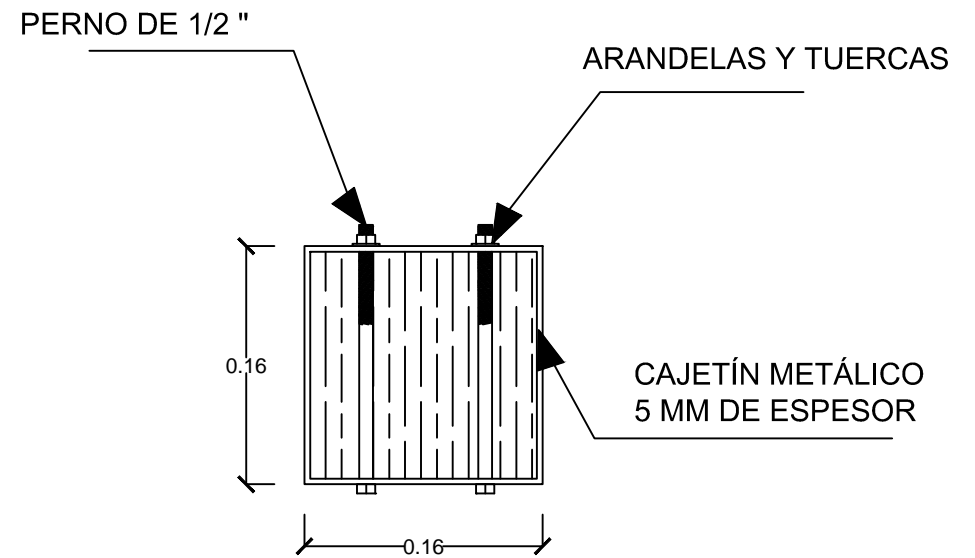
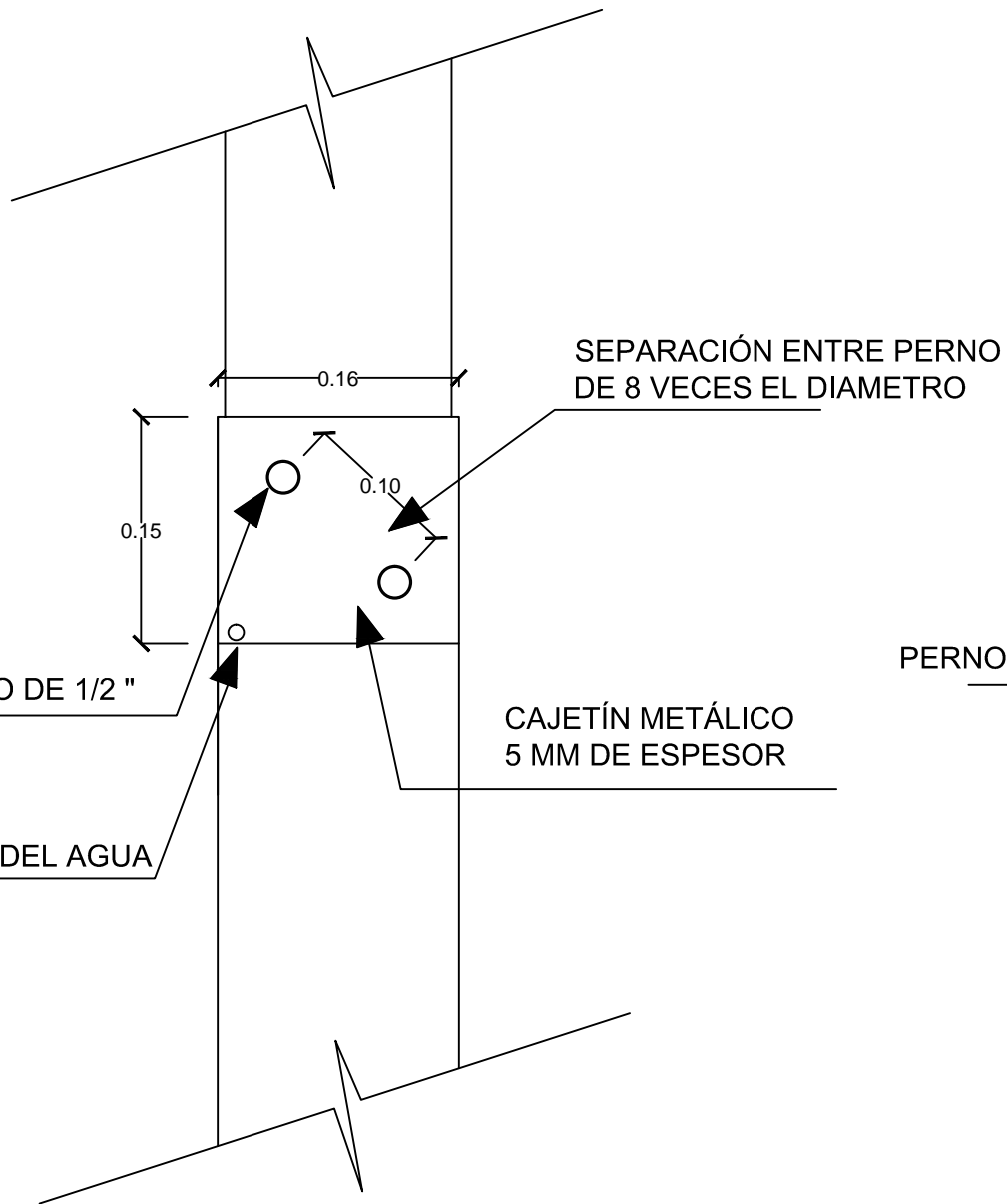
FECHA:

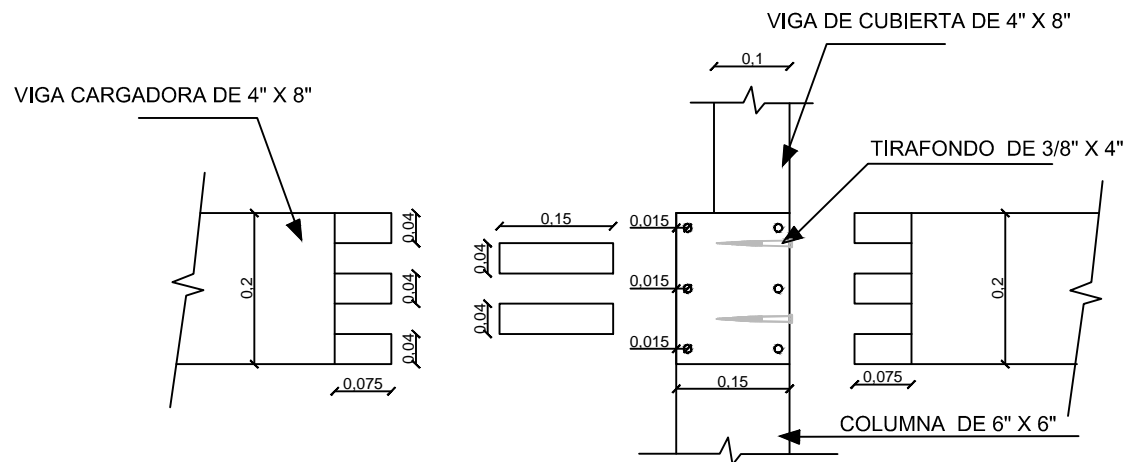
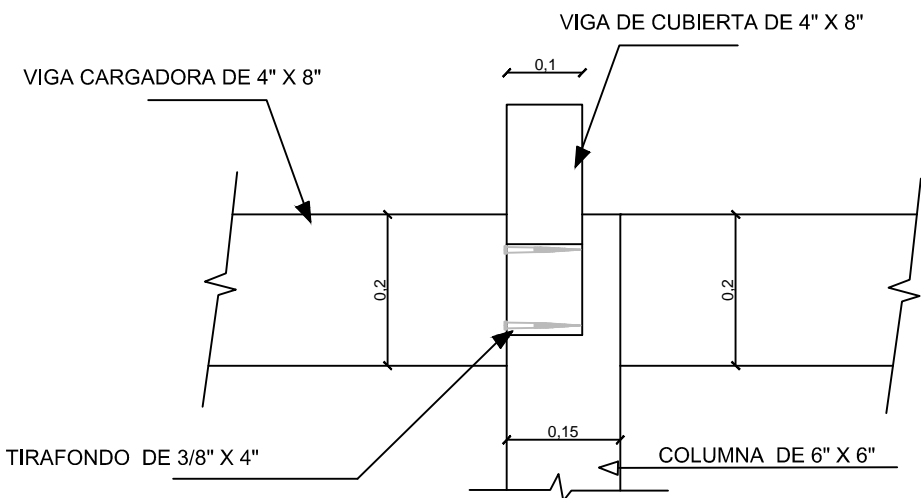
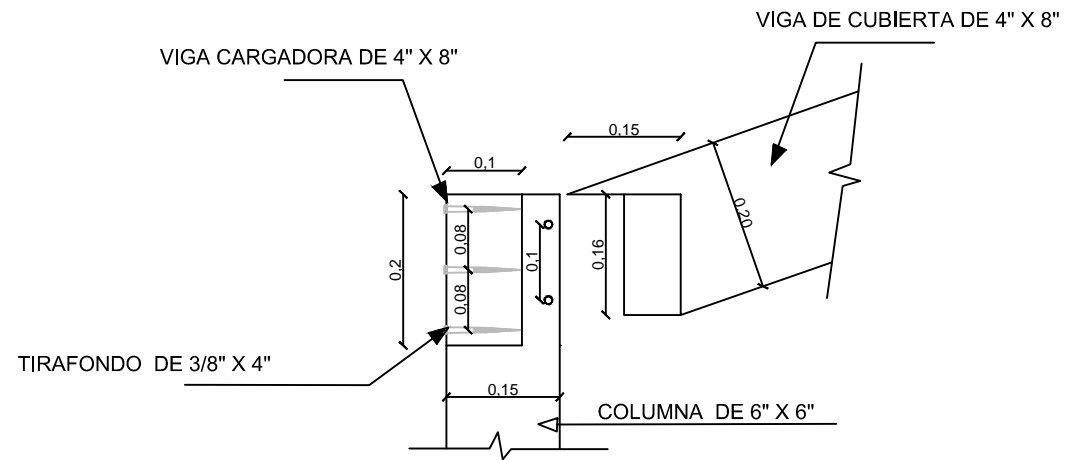
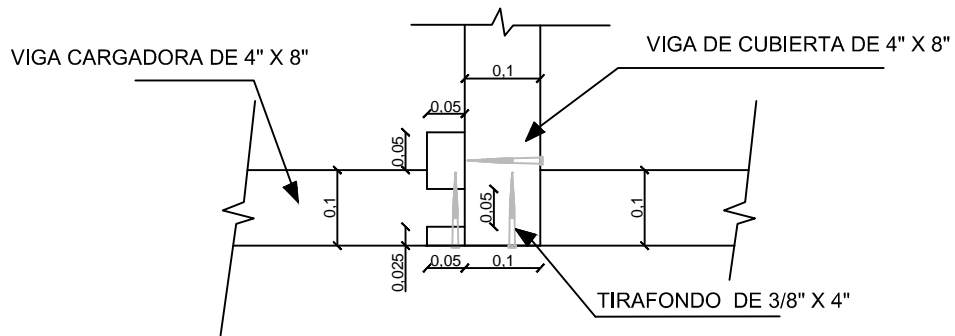
OCTUBRE/2014

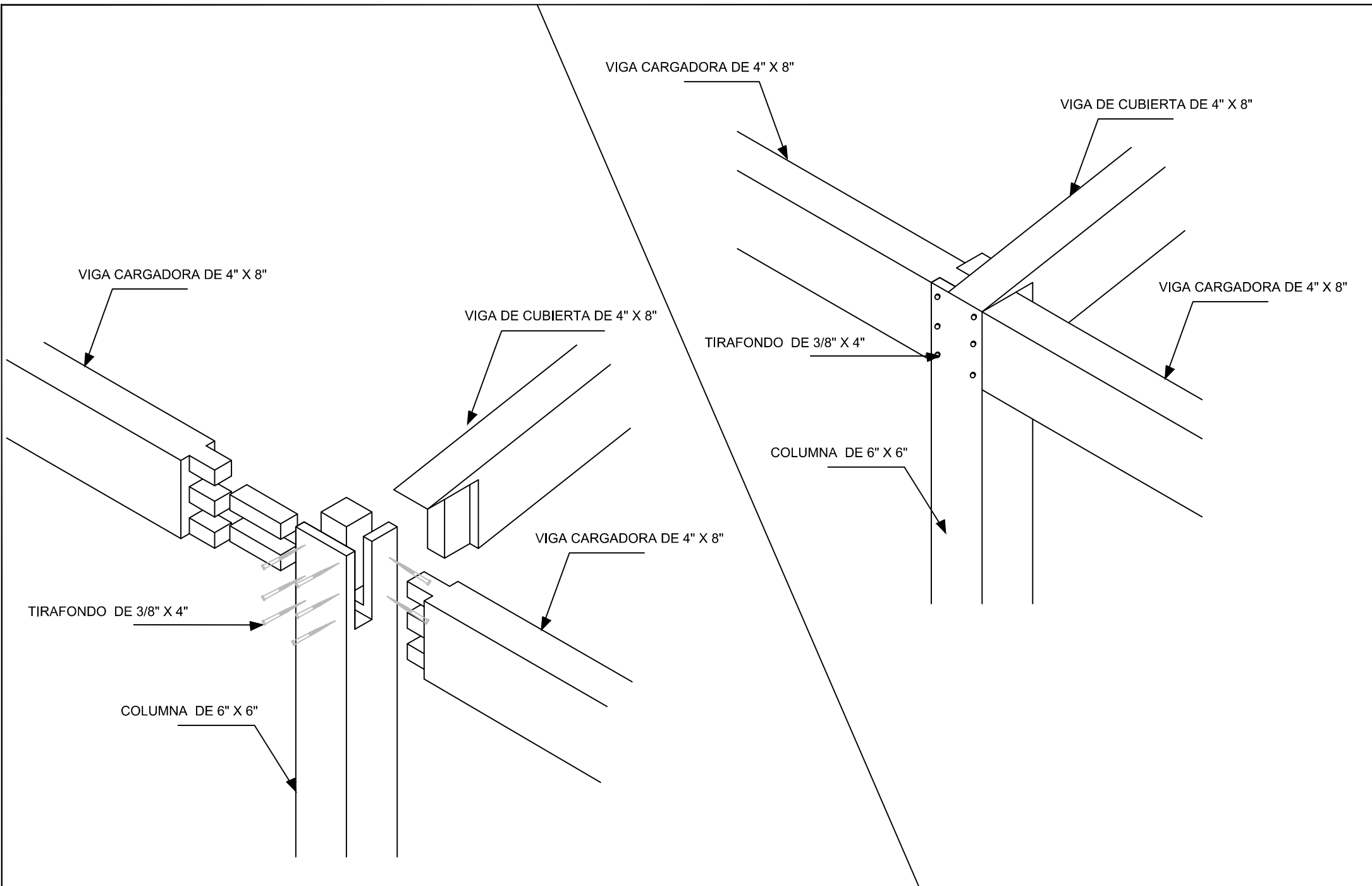
ESCALA:

1:50

L-8







AUTOR:

VICTOR SALAZAR ALVARADO

TEMA:

VIVIENDA CON ESTRUCTURA DE MADERA

CONTIENE:

DETALLE 2 ENSAMBLE DE ESTRUCTURA

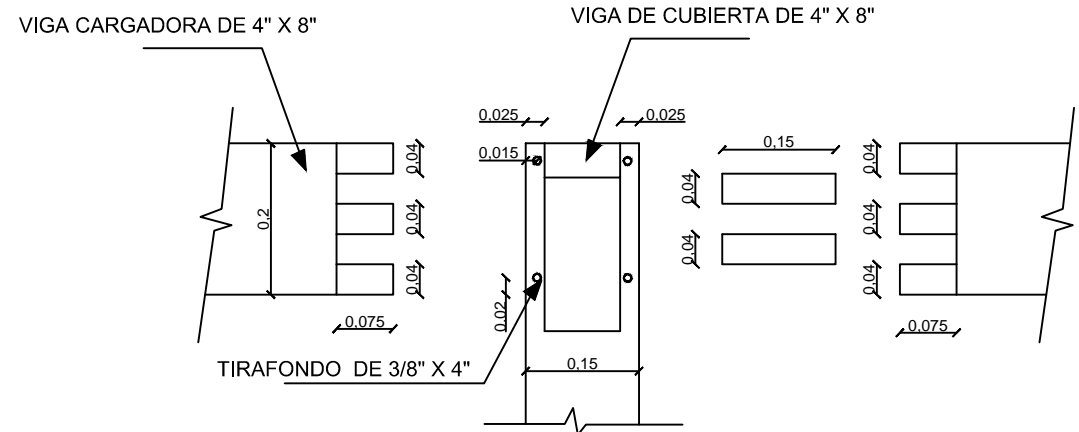
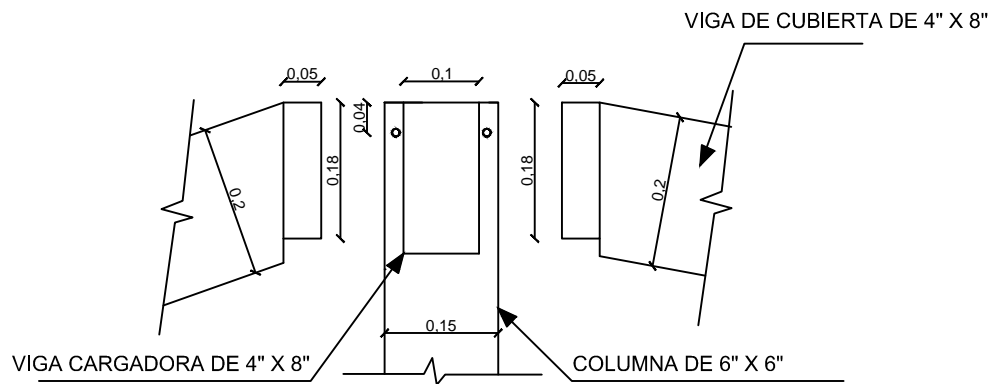
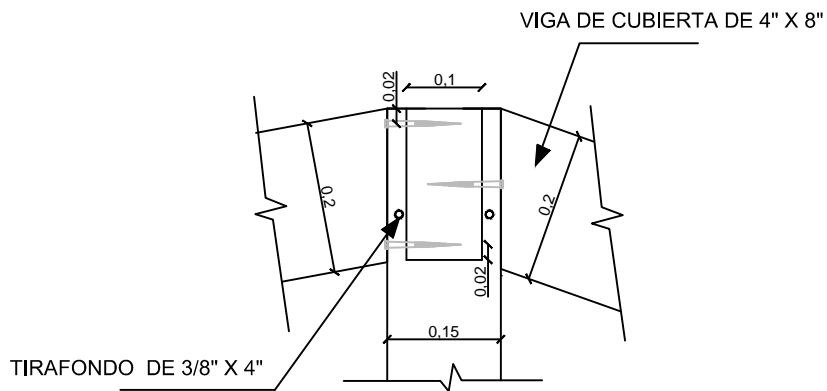
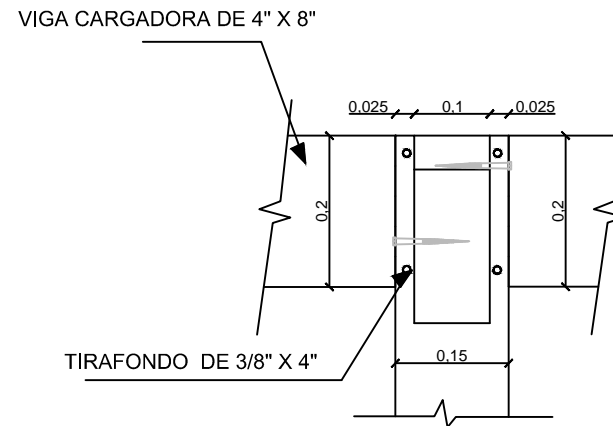
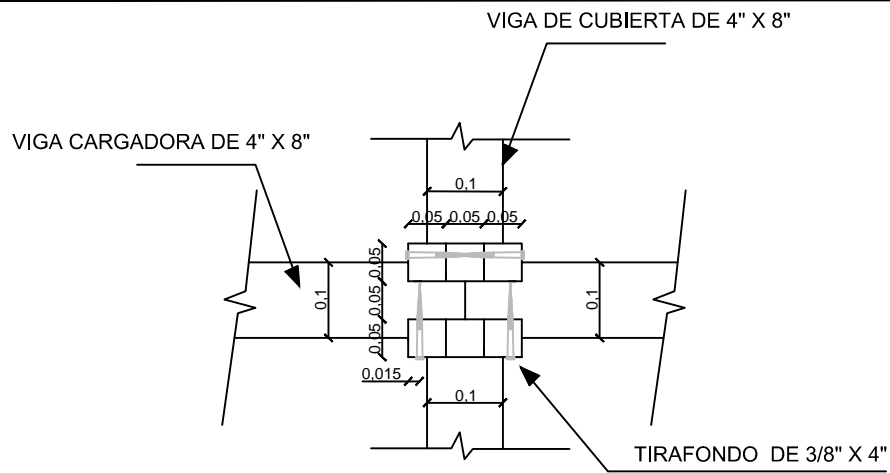
FECHA:

OCTUBRE / 2014

ESCALA:

1:10

L-19



AUTOR:
VICTOR SALAZAR ALVARADO

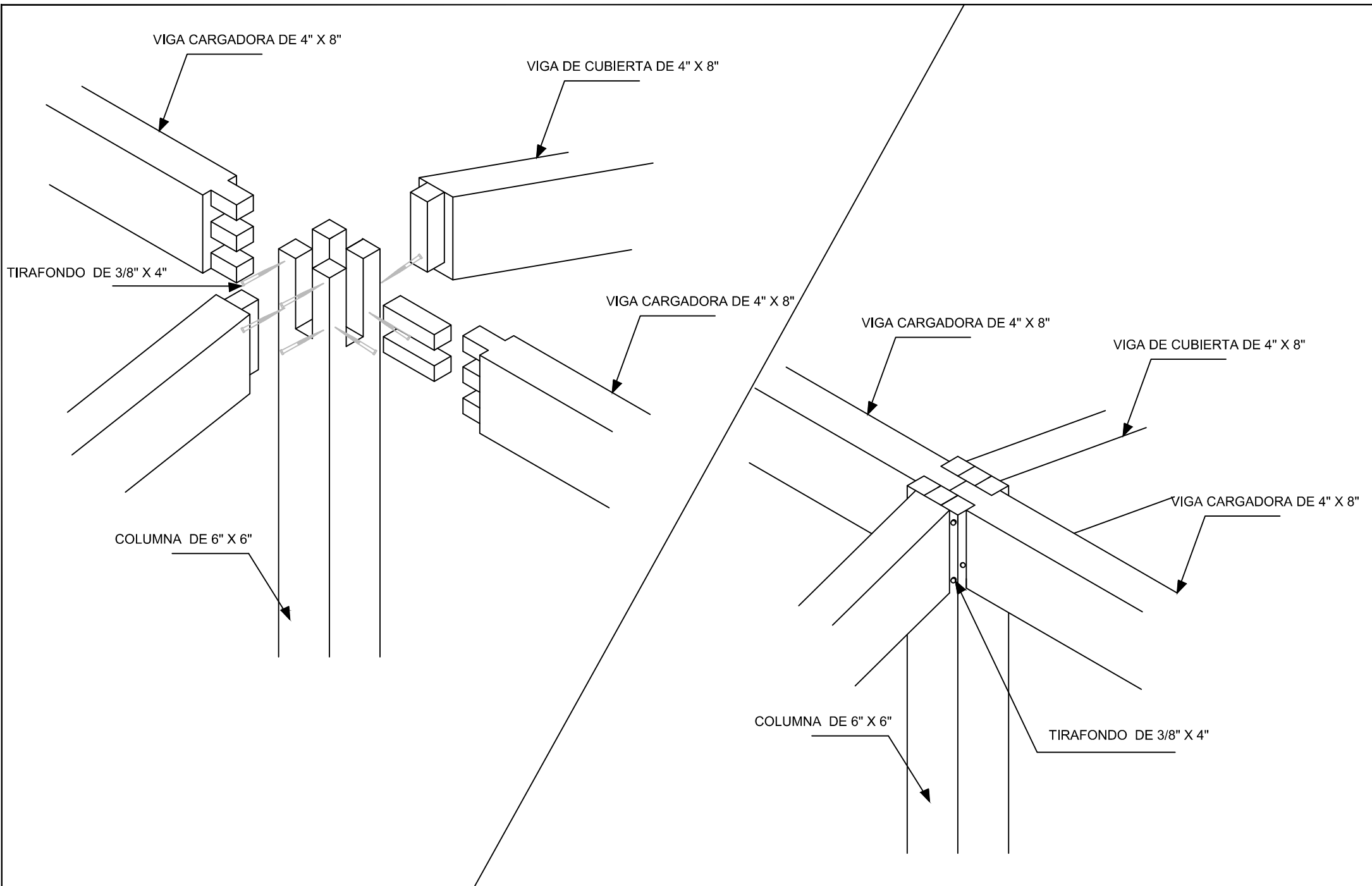
TEMA:
VIVIENDA CON ESTRUCTURA DE MADERA

CONTIENE:
DETALLE 3 ENSAMBLE DE ESTRUCTURA

FECHA:
OCTUBRE / 2014

ESCALA:
1:10

L-20



AUTOR:

VICTOR SALAZAR ALVARADO

TEMA:

VIVIENDA CON ESTRUCTURA DE MADERA

CONTIENE:

DETALLE 3 ENSAMBLE DE ESTRUCTURA

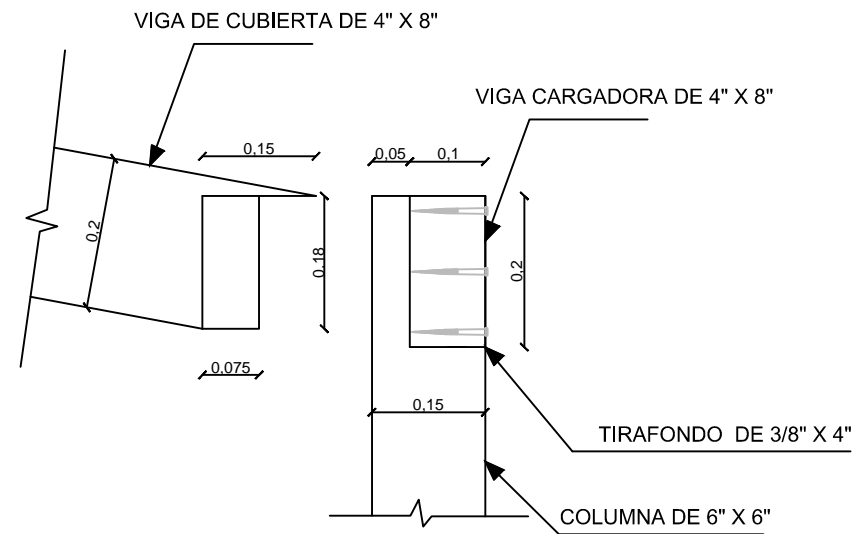
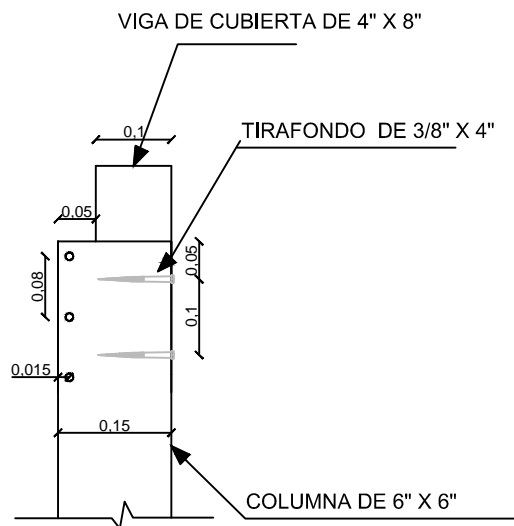
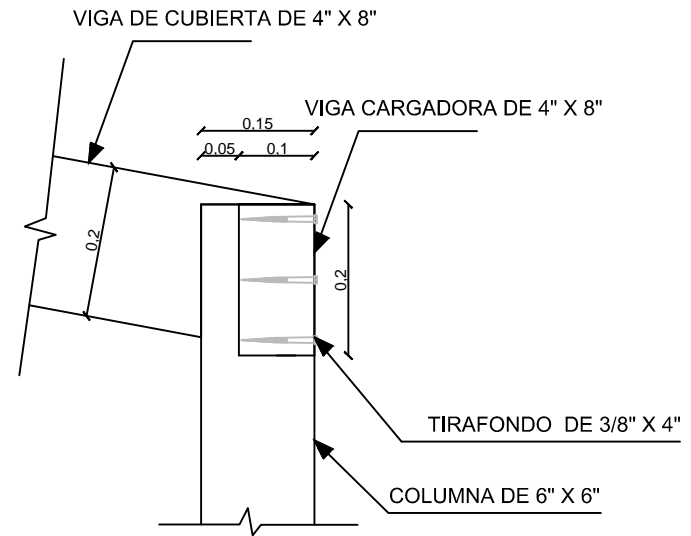
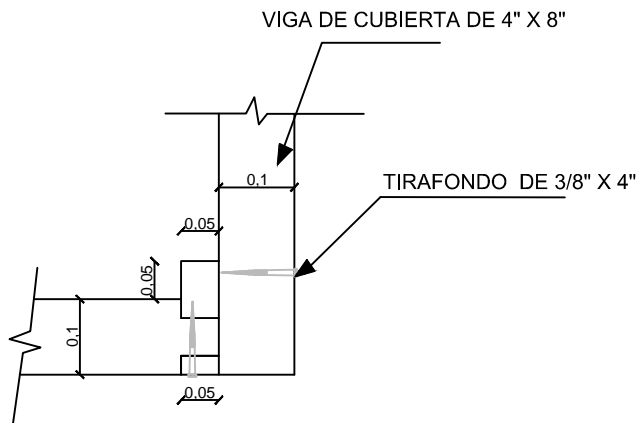
FECHA:

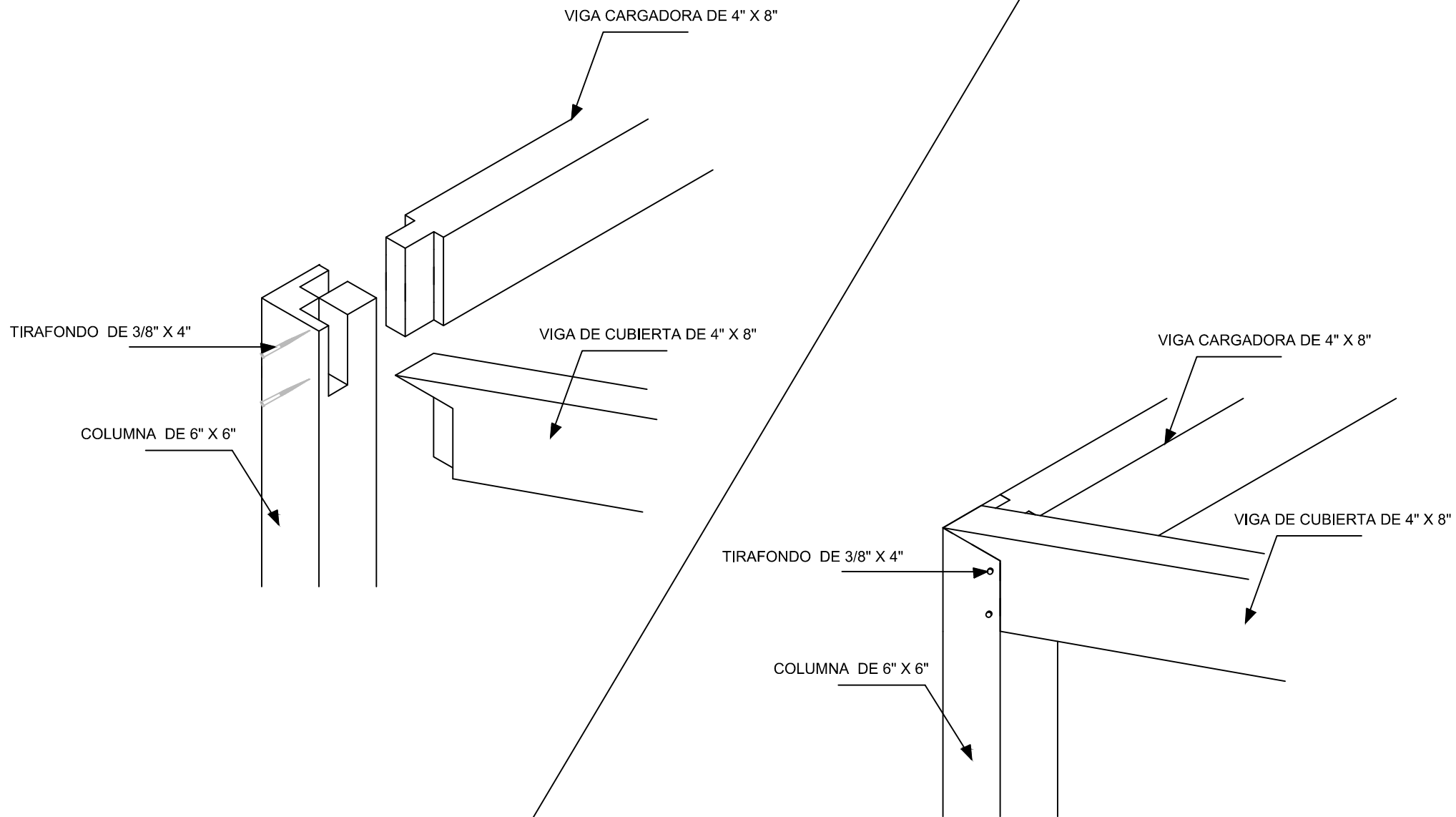
OCTUBRE / 2014

ESCALA:

1:10

L-21





AUTOR:

VICTOR SALAZAR ALVARADO

TEMA:

VIVIENDA CON ESTRUCTURA DE MADERA

CONTIENE:

DETALLE 4 ENSAMBLE DE ESTRUCTURA

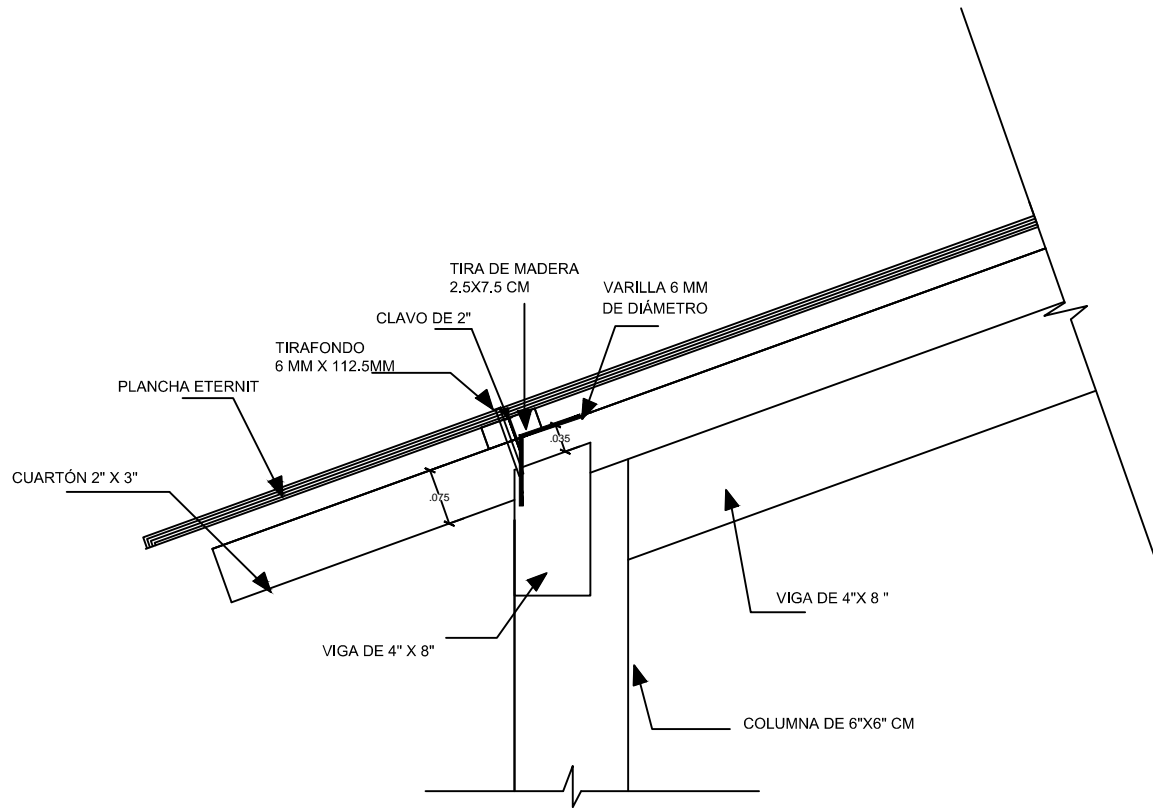
FECHA:

OCTUBRE / 2014

ESCALA:

1:10

L-23



AUTOR:

VICTOR SALAZAR ALVARADO

TEMA:

VIVIENDA CON ESTRUCTURA DE MADERA

CONTIENE:

DETALLE 5

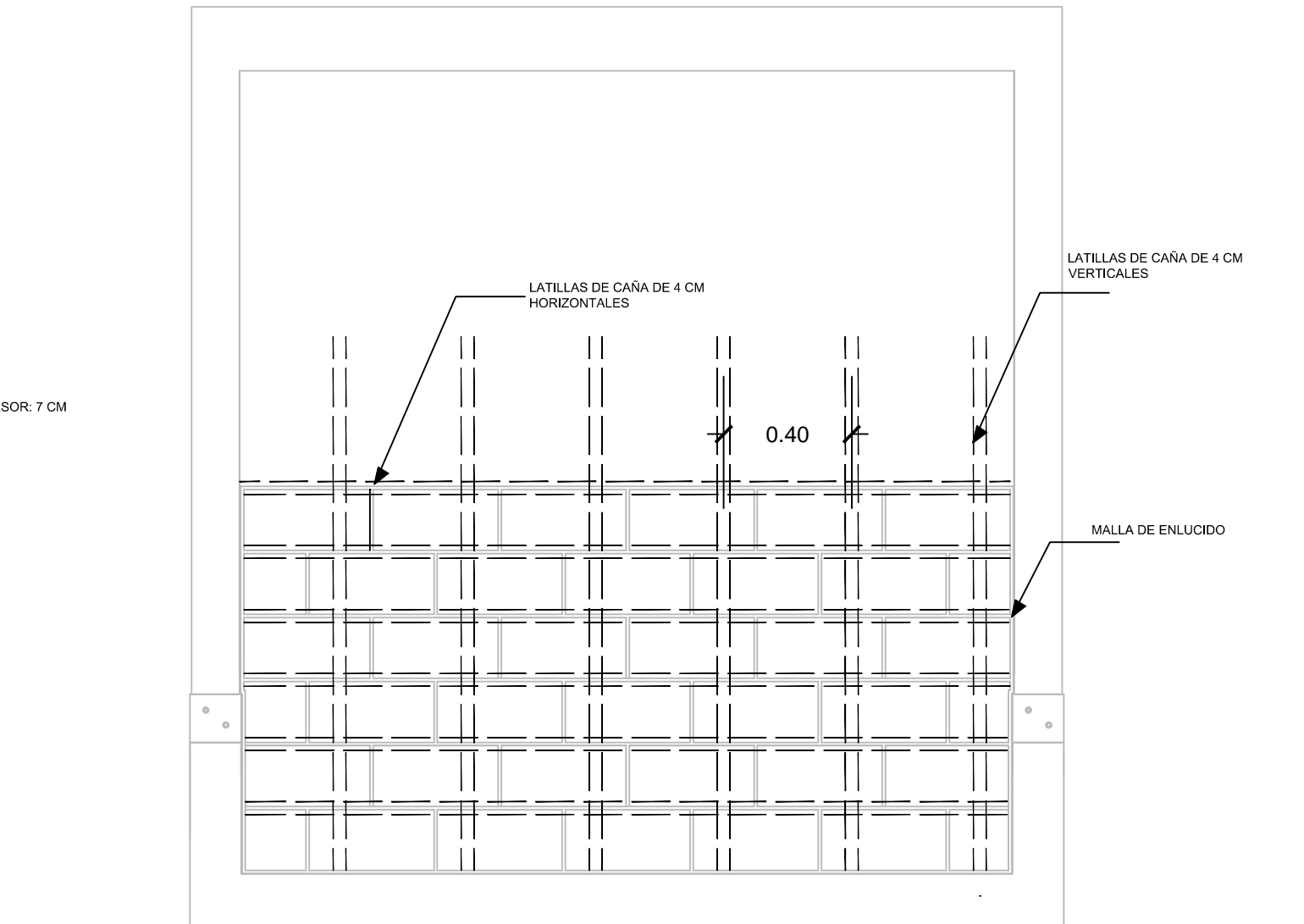
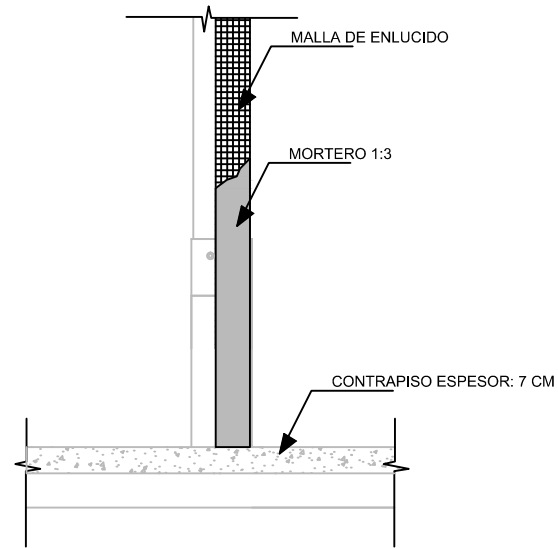
FECHA:

OCTUBRE / 2014

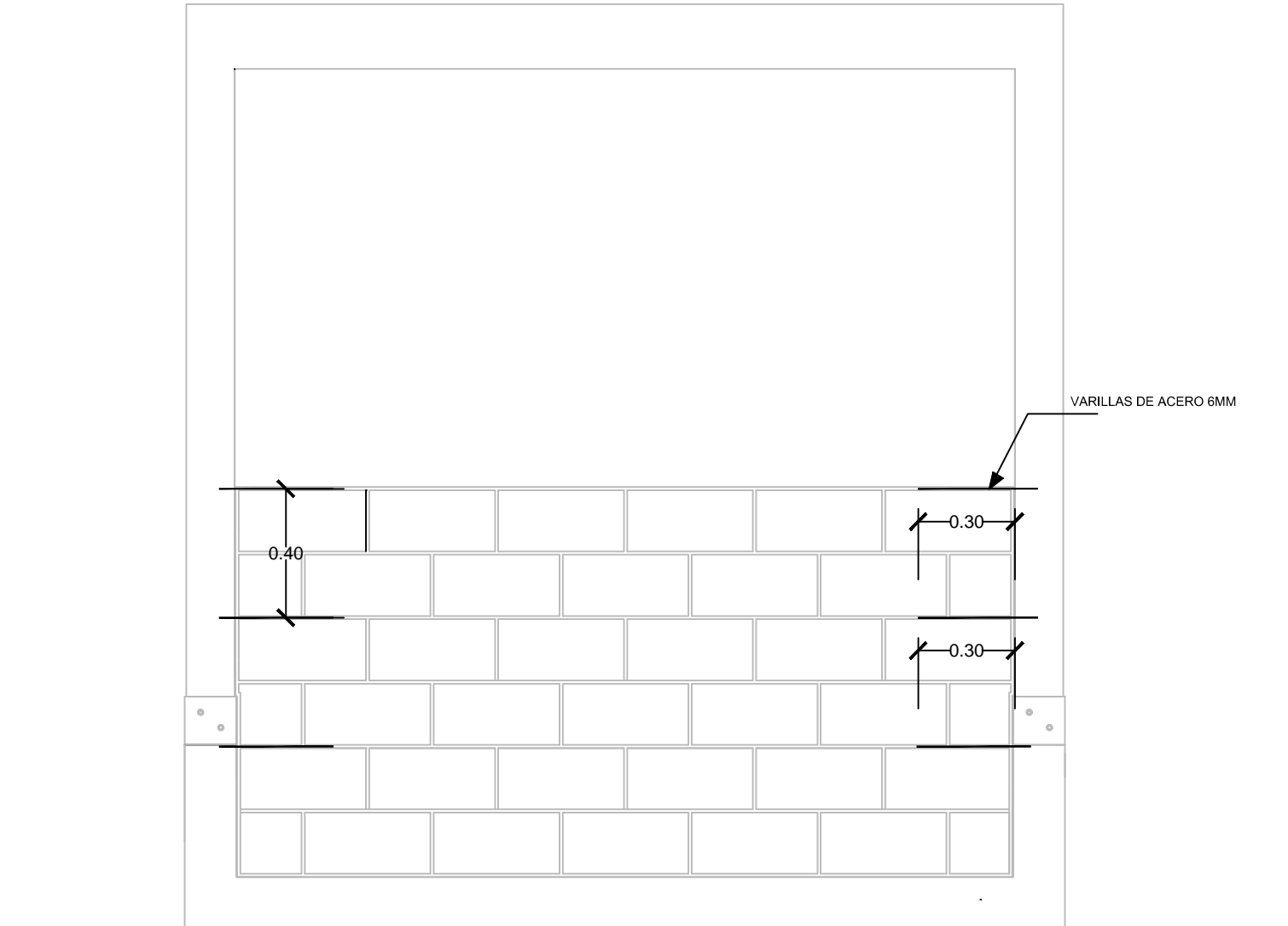
ESCALA:

1:10

L-24



PAREDES DE MAMPOSTERIA ARMADA



PAREDES DE MAMPOSTERIA ARMADA



AUTOR:

VICTOR SALAZAR ALVARADO

TEMA:

VIVIENDA CON ESTRUCTURA DE MADERA

CONTIENE:

PERSPECTIVA

FECHA:

OCTUBRE / 2014

ESCALA:

L-27

CAPÍTULO 6
ANÁLISIS ECONÓMICO:
VIVIENDA DE INTERÉS SOCIAL
CON ESTRUCTURA DE MADERA

6.1 INTRODUCCIÓN

Continuando con el desarrollo de la metodología propuesta para demostrar la factibilidad de la construcción de una vivienda con estructura de madera, se procede a la elaboración de un presupuesto que cuantifique monetariamente el costo de la edificación proyectada.

Esta etapa de la metodología pretender otorgar resultados cuantificables que se puedan contrastar con el valor presupuestado para una vivienda con estructura de hormigón armado, la misma que tradicionalmente se construye en la ciudad. Para ello como ya se ha descrito se ha utilizado una tipología arquitectónica desarrollada por el ministerio de desarrollo urbano y vivienda del Ecuador, con la

variación que en lugar de utilizar la estructura de hormigón armado se utilizará elementos de madera, esta premisa determina que existan cambios en las cantidades de ciertos rubros en comparación con el presupuesto de la vivienda de hormigón armado, y en otros significará cambios de cantidad y además en los precios unitario.

Los rubros como vigas, columnas, cubierta, mampostería armada serán elaborados a partir de un análisis de precios unitarios, estos rubros representan el cambio o variación sustancial entre los dos presupuestos. Los demás rubros cambiarán en cantidad pero el precio unitario será el mismo ya que se pretende trabajar con los valores asumidos como aprobados por parte del ministerio y que se ajustan a la realidad con que se compete en la actualidad.

6.2 PRESUPUESTO APROBADO POR MIDUVI PARA LA CONSTRUCCIÓN DE CASAS DE HORMIGÓN ARMADO.

TABLA DE CANTIDADES Y PRECIOS

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UNID.	CANTI.	PRECIO UNITAR.	SUB TOTAL
1.- PRELIMINARES					
1.1	Replanteo y Trazado	m2	38.35	0.68	26.08
1.2	Excavación a pulso	m3	1.47	4.40	6.47
1.3	Relleno Compactado	m3	3.57	12.72	45.41
SUB TOTAL					77.96
2.- CIMENTACIÓN					
2.1	Plintos	m3	0.58	191.80	111.24
2.2	Riostras	m3	1.09	262.74	286.39
SUB TOTAL					397.63
3.- ESTRUCTURA					
3.1	Columnas	m3	1.24	371.11	460.18
3.2	Vigas	m3	0.39	309.57	120.73
3.3	Antepechos y Dinteles	m3	0.08	270.83	21.67
SUB TOTAL					602.58
4.- CUBIERTA					
4.1	Cubierta	m2	45.38	17.92	813.21
4.2	remate de paredes a cubierta	glb	1.00	54.96	54.96
SUB TOTAL					868.17
5.- MAMPOSTERIA					
5.1	Paredes bloque de hormigón 7x19x39cm	m2	82.32	9.54	785.33
5.2	Paredes de bloque ornamental	m2	0.32	21.61	6.92
5.3	meson de cocina incluye patas y losa	ml	1.00	42.74	42.74
SUB TOTAL					834.99
6.- ENLUCIDOS					
6.1	Enlucido exterior fachada frontal	m2	21.53	5.35	115.19
6.2	Enlucido interior	m2	17.40	5.35	93.09
6.3	Cuadrada de boquetes	ml	38.10	3.52	134.11
SUB TOTAL					342.39

7.- INSTALACIÓN ELÉCTRICA

7.1	Punto de Luz	Pto	5.00	26.92	134.60
7.2	Tomacorriente 110 v.	Pto	5.00	23.01	115.05
7.3	Caja de breakers y medidor	U	1.00	114.97	114.97
SUB TOTAL					364.62

8.- INSTALACIÓN SANITARIA

8.1	Punto de Agua Potable	Pto	4.00	19.58	78.32
8.2	Punto de Agua Servida	Pto	4.00	22.21	88.84
8.3	Tubería AAPP 1/2"	ml	12.00	3.48	41.76
8.4	Tubería AASS 4"	ml	4.35	8.68	37.76
SUB TOTAL					246.68

9.- PIEZAS SANITARIAS

9.1	Inodoro	U	1.00	69.81	69.81
9.2	Lavatorio	U	1.00	34.97	34.97
9.3	Lavadero de cocina	U	1.00	32.48	32.48
9.4	Ducha y rejilla de piso	U	1.00	20.20	20.20
SUB TOTAL					157.46

10.- PISOS

10.1	Contrapiso paleteado	m2	35.15	10.40	365.56
SUB TOTAL					365.56

11.- CARPINTERIA

11.1	Puertas Exteriores	U	2.00	99.83	199.66
11.2	Puertas Interiores	U	3.00	77.47	232.41
SUB TOTAL					432.07

12.- ALUMINIO Y VIDRO

12.1	Ventanas	m2	4.32	42.61	184.08
SUB TOTAL					184.08

13.- ACABADOS

13.1	Cerámica 30x30 cm	m2	44.77	14.34	642.00
13.2	Champeado natural	m2	101.77	2.91	296.15
13.3	Plaquetas de arcilla 7x 20 cm	m2	1.69	20.96	35.42
13.4	Pintura exterior	m2	19.84	3.82	75.79
SUB TOTAL					1049.36

TOTAL **5923.55**

6.3 PRESUPUESTO DE VIVIENDA CON ESTRUCTURA DE MADERA

TABLA DE CANTIDADES Y PRECIOS

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UNID.	CANTI.	PRECIO UNITAR.	SUB TOTAL
1.- PRELIMINARES					
1.1	Replanteo y Trazado	m2	38.43	0.68	26.13
1.2	Excavación a pulso	m3	1.47	4.40	6.47
1.3	Relleno Compactado	m3	3.57	12.72	45.41
SUB TOTAL					78.01
2.- CIMENTACIÓN					
2.1	Plintos	m3	0.58	191.80	111.24
2.2	Riostras	m3	1.12	262.74	294.27
SUB TOTAL					405.51
3.- ESTRUCTURA					
3.1	Columnas	ml	26.50	12.22	323.83
3.2	Vigas	ml	42.00	9.74	409.08
3.3	Base de hormigón armado	m3	0.11	143.23	15.76
3.3	Antepechos y Dinteles	m3	0.08	270.83	21.67
SUB TOTAL					770.34
4.- CUBIERTA					
4.1	Cubierta	m2	46.93	14.51	680.95
4.2	remate de paredes a cubierta	glb	1.00	54.96	54.96
SUB TOTAL					735.91
5.- MAMPOSTERIA					
5.1	Paredes de mamposteria armada	m2	82.33	9.99	822.48
5.2	Paredes de bloque ornamental	m2	0.32	21.61	6.92
5.3	meson de cocina incluye patas y losa	ml	1.00	42.74	42.74
SUB TOTAL					872.14
6.- ENLUCIDOS					
6.1	Enlucido exterior fachada frontal	m2	15.69	5.35	83.94
6.2	Enlucido interior	m2	15.12	5.35	80.89
6.3	Cuadrada de boquetes	ml	38.10	3.52	134.11
SUB TOTAL					298.94
7.- INSTALACIÓN ELÉCTRICA					
7.1	Punto de Luz	Pto	5.00	26.92	134.60
7.2	Tomacorriente 110 v.	Pto	5.00	23.01	115.05
7.3	Caja de breakers y medidor	U	1.00	114.97	114.97
SUB TOTAL					364.62

8.- INSTALACIÓN SANITARIA

8.1	Punto de Agua Potable	Pto	4.00	19.58	78.32
8.2	Punto de Agua Servida	Pto	4.00	22.21	88.84
8.3	Tubería AAPP 1/2"	ml	12.00	3.48	41.76
8.4	Tubería AASS 4"	ml	4.35	8.68	37.76
SUB TOTAL					246.68

9.- PIEZAS SANITARIAS

9.1	Inodoro	U	1.00	69.81	69.81
9.2	Lavatorio	U	1.00	34.97	34.97
9.3	Lavadero de cocina	U	1.00	32.48	32.48
9.4	Ducha y rejilla de piso	U	1.00	20.20	20.20
SUB TOTAL					157.46

10.- PISOS

10.1	Contrapiso paleteado	m2	35.15	10.40	365.56
SUB TOTAL					365.56

11.- CARPINTERIA

11.1	Puertas Exteriores	U	2.00	99.83	199.66
11.2	Puertas Interiores	U	3.00	77.47	232.41
SUB TOTAL					432.07

12.- ALUMINIO Y VIDRO

12.1	Ventanas	m2	4.32	42.61	184.08
SUB TOTAL					184.08

13.- ACABADOS

13.1	Cerámica 30x30 cm	m2	44.53	14.34	638.56
13.2	Champeado natural	m2	102.95	2.91	299.58
13.3	Plaquetas de arcilla 7x 20 cm	m2	1.44	20.96	30.18
13.4	Pintura exterior fachada frontal	m2	14.25	3.82	54.44
SUB TOTAL					1022.76

TOTAL**5934.08****SON: CINCO MIL NOVECIENTOS TREINTA Y CUATRO DÓLARES CON 8 CENTAVOS**

6.4 ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

A continuación se presentan los análisis de precios unitarios de columnas, vigas, bases de hormigón, cubierta y mampostería armada, estos rubros cambiaron con la inclusión de una estructura de madera.

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO: 3.1
 DETALLE: **COLUMNAS**

UNIDAD: **ML**

EQUIPOS					
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
HERRAMIENTA MENOR 4% MANO DE OBRA	0.04				0.05
SUBTOTAL					0.05
MANO DE OBRA					
DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL/HR.	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
PEON	1.00	2.44	2.44	0.25	0.61
CARPINTERO	1.00	2.47	2.47	0.25	0.62
FACTOR MAESTRO 10%					0.12
SUBTOTAL					1.35
MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO	
COLUMNAS DE CHANUL 6" X 6"	ML	1.00	7.40	7.40	
PERNOS DE 1/2" CON ARANDELA Y TUERCA	KG	0.83	1.20	1.00	
CAJON METÁLICO DE 15X15X15	U	0.41	2.00	0.82	
BARNIZ	GL	0.01	18.00	0.18	
SUBTOTAL					9.40
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					10.80
INDIRECTOS Y UTILIDADES				10.40%	1.12
COSTO TOTAL DEL RUBRO					11.92

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO: 3.2

DETALLE: **VIGAS****UNIDAD: ML**

EQUIPOS					
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
HERRAMIENTA MENOR 4% MANO DE OBRA	0.04				0.05
SUBTOTAL					0.05
MANO DE OBRA					
DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL/HR.	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
PEON	1.00	2.44	2.44	0.25	0.61
CARPINTERO	1.00	2.47	2.47	0.25	0.62
FACTOR MAESTRO					0.12
SUBTOTAL					1.35
MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO	
VIGA DE CHANUL 4" X 8"	ML	1.00	7.00	7.00	
TIRAFONDOS DE 3/8" X 4"	U	1.00	0.14	0.14	
BARNIZ	GL	0.01	18.00	0.18	
SUBTOTAL					7.14
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					8.54
INDIRECTOS Y UTILIDADES				10.40%	0.89
COSTO TOTAL DEL RUBRO					9.43

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO: 3.3

DETALLE: BASE DE HORMIGÓN ARMADO

UNIDAD: M3

EQUIPOS					
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
HERRAMIENTA MENOR 4% MANO DE OBRA	0.04				0.74
CONCRETERA	1.00	2.50	2.50	1.71	4.28
VIBRADOR	1.00	2.00	2.00	1.71	3.42
SUBTOTAL					8.44
MANO DE OBRA					
DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL/HR.	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
PEON	1.00	2.44	2.44	1.70	4.15
ALBAÑIL	1.00	2.47	2.47	1.70	4.20
OPERADOR	1.00	2.47	2.47	1.70	4.20
FIERRERO	1.00	2.47	2.47	1.70	4.20
FACTOR MAESTRO 10%					1.68
SUBTOTAL					18.43
MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO	
ARENA GRUESA	M3	0.60	10.75	6.45	
PIEDRA 3/4"	M3	0.89	8.78	7.81	
AGUA	M3	0.20	1.20	0.24	
CEMENTO PORTLAND 50KG	SACO	8.09	7.09	57.36	
ACERO DE REFUERZO	KG	27.50	1.10	30.25	
ALAMBRE RECOCIDO	KG	0.55	1.39	0.76	
SUBTOTAL				102.88	
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					129.74
INDIRECTOS Y UTILIDADES				10.40%	13.49
COSTO TOTAL DEL RUBRO					143.23

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO: 4.1
 DETALLE: **CUBIERTA**

UNIDAD: **M3**

EQUIPOS					
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
HERRAMIENTA MENOR 4% MANO DE OBRA	0.04				0.05
SUBTOTAL					0.05
MANO DE OBRA					
DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL/HR.	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
PEON	1.00	2.44	2.44	0.17	0.41
AYUDANTE	1.00	2.44	2.44	0.17	0.41
CARPINTERO	1.00	2.47	2.47	0.17	0.42
FACTOR MAESTRO					0.12
SUBTOTAL					1.36
MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO	
VARILLA DE 5.5 MM X 0,40 CM	KG	0.03	1.10	0.03	
PLANCHA ONDULADA DE 8" ETERNIT	U	0.06	12.20	0.73	
PLANCHA ONDULADA DE 6" ETERNIT	U	0.47	10.20	4.79	
CUARTONES DE MADERA DE 2" X 3"	M	1.82	2.21	4.02	
TIRAS DE MADERA DE 1" X 3"	M	0.81	1.65	1.34	
CUMBRERO	U	0.04	12.50	0.50	
GANCHOS AUTOPERFORANTES	U	1.11	0.15	0.17	
CLAVOS 2 1/2''	KG	0.01	1.86	0.02	
PINTURA ANTICORROSIVA	GL	0.01	13.80	0.14	
SUBTOTAL					11.74
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					13.15
INDIRECTOS Y UTILIDADES				10.40%	1.37
COSTO TOTAL DEL RUBRO					14.52

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO: 5.1

DETALLE: PAREDES MAMPOSTERIA ARMADA(BLOQUE 7X 19X 39 CM)

UNIDAD: M2

EQUIPOS					
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
HERRAMIENTA MENOR 4% MANO DE OBRA	0.04				0.08
SUBTOTAL					0.08
MANO DE OBRA					
DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL/HR.	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
PEÓN	1.00	2.44	2.44	0.36	0.88
ALBAÑIL	1.00	2.47	2.47	0.36	0.89
FACTOR MAESTRO 10%					0.18
SUBTOTAL					1.95
MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO	
BLOQUE HUECO DE HORMIGÓN	U	12.50	0.29	3.63	
ARENA CORRIENTE	M3	0.02	10.75	0.22	
CEMENTO PORTLANT TIPO 1, 50 KG	SACO	0.18	7.09	1.28	
PIEDRA CHISPA	M3	0.02	9.00	0.18	
AGUA	M3	0.04	1.20	0.05	
VARILLA DE ACERO 5.5 MM	KG	0.12	1.10	0.13	
CAÑA GUADUA (LATILLAS)	U	0.94	1.50	1.41	
MALLA DE ENLUCIDO	M2	0.35	0.70	0.25	
SUBTOTAL					7.13
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					9.16
INDIRECTOS Y UTILIDADES				10.40%	0.95
COSTO TOTAL DEL RUBRO					10.11

6.5 CRONOGRAMA VALORADO

CRONOGRAMA VALORADO
VIVIENDA POPULAR CON ESTRUCTURA DE MADERA

CÓDIGO	DESCRIPCION	SUB TOTALES	% Del Rubro	TIEMPO EN SEMANAS					
				SEMANA 1	SEMANA 2	SEMANA 3	SEMANA 4	SEMANA 5	SEMANA 6
1.-	PRELIMINARES	78,01	1,32%						
				78,01					
2.-	CIMENTACIÓN	397,63	6,72%						
				278,35	119,28				
3.-	ESTRUCTURA	749,37	12,67%						
					524,56	224,81			
4.-	CUBIERTA	736,38	12,45%						
						736,38			
5.-	MAMPOSTERIA	882,02	14,91%						
						617,42	264,61		
6.-	ENLUCIDO	298,94	5,05%						
							298,94		
7.-	INSTALACIÓN ELÉCTRICA	364,62	6,16%						
				145,85			218,76		
8.-	INSTALACIÓN SANITARIA	246,68	4,17%						
				98,67			148,01		
9.-	PIEZAS SANITARIAS	157,46	2,66%						
									157,46
10.-	PISOS	365,56	6,18%						
					365,56				
11.-	CARPINTERIA	432,07	7,30%						
								432,07	
12.-	ALUMINIO Y VIDRIO	184,08	3,11%						
								184,08	
13.-	ACABADOS	1.022,76	17,29%						
								306,83	715,93
TOTAL		5.915,58	100,00%						
FECHA	ago-14	MONTO	PARCIAL	600,88	1.009,40	1.578,61	930,32	922,98	873,39
			ACUMULADO	600,88	1.610,28	3.188,89	4.119,21	5.042,19	5.915,58
		PORCENTAJE	PARCIAL	10,16%	17,06%	26,69%	15,73%	15,60%	14,76%
			ACUMULADO	10,16%	27,22%	53,91%	69,63%	85,24%	100,00%
Victor Salazar Alvarado PROPONENTE									

6.6 ANÁLISIS DE COSTOS

Una vez que tenemos los 2 presupuestos podemos realizar comparaciones de costos:

RUBRO	VIVIENDA CON ESTRUCTURA DE HORMIGÓN ARMADO	VIVIENDA CON ESTRUCTURA DE MADERA	DIFERENCIA %
PRELIMINARES	77,96	78,01	-0,1%
CIMENTACIÓN	397,63	397,63	0%
ESTRUCTURA	602,58	749,37	-24%
CUBIERTA	868,17	736,38	15%
MAMPOSTERIA	834,99	882,02	-5,6%
ENLUCIDO	342,39	298,94	12,7%
INSTALACIÓN ELÉCTRICA	364,62	364,62	0%
INSTALACIÓN SANITARIA	246,68	246,68	0%
PIEZAS SANITARIAS	157,46	157,46	0%
PISOS	365,56	365,56	0%
CARPINTERIA	432,07	432,07	0%
ALUMINIO Y VIDRIO	184,08	184,08	0%
ACABADOS	1049,36	1022,76	2,5%
COSTO TOTAL	5923,55	5915,58	0,15%
COSTO TOTAL POR M2	154,46	153,93	0,3%

Tabla 34 Comparación de rubros entre dos presupuestos
Cantidades en dólares.
Fuente: Victor Salazar, 2014

En la tabla 34 se puede apreciar rubros que varían en costos y otros que se mantienen iguales, aquellos que divergen se debe a que los precios unitarios que lo componen han cambiado por el uso de materiales diferentes en la edificación, mientras que otros han cambiado en su cantidad como respuesta a cierto cambio de superficie debido

ASPECTO	VIVIENDA CON ESTRUCTURA DE HORMIGÓN ARMADO	VIVIENDA CON ESTRUCTURA DE MADERA	DIFERENCIA
COSTO DEL RUBRO COLUMNA	460.18	315.88	144.3
COSTO DEL RUBRO VIGA	120.73	396.06	-275.33
COSTO DE BASES DE HORMIGÓN	0	15.76	-15.76
COSTO DE ANTEPECHOS Y DINTELES	21.67	21.67	0
TOTAL ESTRUCTURA	602.58	749.37	-146.79

Tabla 35 Comparación entre los rubros de estructura.
Fuente: Victor salazar

a la inclusión de la madera en la estructura y un diseño acorde al material y su tamaño de comercialización.

La tabla 35 muestra las diferencias de costo entre la estructura de madera y de hormigón armado se puede obtener como resultado que la estructura de madera es aproximadamente un 24% más costosa, este porcentaje puede reducirse en el caso de las viviendas de interés social ya que estas se construyen en grandes cantidades, de modo que por el volumen de material requerido su costo se reduciría.

Los rubros de mampostería y preliminares son más costosos en una vivienda de madera, mientras que los rubros de cubierta, enlucidos y acabados son menos costosos, esto es debido a que mientras a los rubros más costosos se están añadiendo más materiales para su composición como en la fabricación de la mampostería armada, en los otros rubros se disminuye la cantidad debido a que se utiliza menos material ya que los elementos de madera (vigas y columnas) no llevan recubrimiento como si se lo realiza en la vivienda de hormigón armado. ver tabla 36

ASPECTO	VIVIENDA CON ESTRUCTURA DE HORMIGÓN ARMADO	VIVIENDA CON ESTRUCTURA DE MADERA	DIFERENCIA
COSTO DE PRELIMINARES	77.96	78.01	-0.05
COSTO DEL CUBIERTA	868.17	736.38	131.79
COSTO DE MAMPOSTERIA	834.99	882.02	-47.03
COSTO DE ENLUCIDOS	342.39	298.94	43.45
COSTO DE ACABADOS	1049.36	1022.76	26.6
TOTAL DE COSTOS	3172.87	3018.11	154.76

Tabla 36 Comparación entre rubros que varían.(cantidades en dólares)
Fuente: Victor Salazar. 2014

ASPECTO	VIVIENDA CON ESTRUCTURA DE HORMIGÓN ARMADO	VIVIENDA CON ESTRUCTURA DE MADERA	DIFERENCIA
TOTAL	5923.55	5915.58	7.97
TOTAL X METRO CUADRADO	154.46	153.93	0.53

Tabla 37 Comparación entre costos totales.(cantidades en dólares)
Fuente: Victor Salazar. 2014

El costo total de la vivienda con estructura de madera es inferior a la de estructura de hormigón, sin embargo como el análisis económico lo demuestra, la estructura de madera debe estar complementada de un diseño que favorezca la disminución de cantidades en rubros diferente a la estructura, de modo que se puede aseverar que una vivienda con estructura de madera debe ser concebida desde su diseño como afectación directa a su costo, no solo en la estructura sino cómo el diseño afecta a otros rubros.

6.6 CONCLUSIONES

Luego de haber realizado el presupuesto de la vivienda con estructura de madera, se puede concluir que la nueva edificación es más económica.

Se ha podido constatar que el costo de la estructura de madera es mayor al costo de la estructura de hormigón, sin embargo la estructura de madera al ser un elemento que se puede prefabricar requiere menos tiempo en la puesta en pie de la estructura; es decir se puede preparar la estructura con los cortes y rebajes según los planos previo a la llegada de los elementos estructurales a la obra. Y una vez que estos lleguen tan solo se tendrían que ensamblar y asegurar las uniones. Todo este proceso puede darse con una correcta planificación lo que genere menos gastos en cuanto al personal encargado de la obra. Los tiempos de ejecución son menores como se muestra en el cronograma valorado una vivienda con estructura de madera puede estar lista en 6 semanas mientras que para una vivienda de hormigón armado se otorga un plazo de 8 a 10 semanas según lo indica el Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, de esta manera al poder construir una vivienda en menos tiempo se pueden generar mejores rendimientos de la mano de obra y por lo tanto menos costos.

Es importante aclarar que el costo de la vivienda con estructura de madera, es el efecto del diseño planificado y modular que minimiza la cantidad de madera desperdiciada; por ello se tiene como resultado una vivienda que tiene un costo menor a la de hormigón armado, se concluye que para que la madera pueda competir en el mercado habitacional no solo basta con el uso del material en las estructuras,

sino mas bien que este se complemente con un diseño modular, que evite el desperdicio.

La solución de mampostería armada con caña guadua económicamente no se desvirtúa como una respuesta efectiva frente al costo de la mampostería no estructural, ya que si bien el incremento del rubro es mayor, este valor no excede en demasía al costo inicial, su incremento porcentual es del 6 %, esto gracias a la implementación de la caña en sustitución del acero que es un material más costoso.

Es importante aclarar que el rubro de cimentación no ha sido modificado para efectos de maximizar el valor estimado de costo, sin embargo según la tabla presentada en el capítulo 5 que permite el pre dimensionamiento claramente se denota que las cimentaciones de estructuras de madera son de menor volumen que las de hormigón armado, esto al ser la madera un material más liviano que el hormigón.

CAPÍTULO 7

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1 FACTIBILIDAD COMERCIAL

Para que exista una actividad comercial que permita la construcción de viviendas con estructuras de madera deben existir los recursos que avalen esta actividad y además que cumplan con los requisitos que favorezcan la construcción de vivienda de este tipo.

A continuación se presentan los aspectos resultantes que se obtienen luego del proceso metodológico.

Guayaquil cuenta con depósitos donde se puede conseguir el material para la construcción de viviendas, estos depósitos según la investigación realizada cuentan con personal conocedor de las características del material y las especificaciones de uso según la especie de madera que se requiera, sin embargo la información del producto de madera que se adquiere en los depósitos no es completa y específica como lo dictaminan que sea la Norma Ecuatoriana de Construcción en su capítulo 7; Construcción con Madera. Este factor de información sesgada se produce por falta de conocimiento de la norma por parte de sector distribuidor de madera estructural en la ciudad. Este será el aspecto de mayor y urgente cambio de modo exista una factibilidad mayor de la construcción adecuada de estructuras con madera.

Otros factores que favorecen a la construcción con madera es que los depósitos ofrecen una gran variedad de secciones de elementos estructurales, las longitudes de los elementos estructurales pueden ser de hasta ocho metros, medida adecuada considerando el tamaño usual de los elementos estructurales de una vivienda. Si bien la cantidad de especies de madera estructural que se pueden conseguir en los depósitos no es muy diversa, ya que son alrededor de seis

las especies de mayor comercialización, estas especies poseen muy buenas características estructurales y una diversidad estética entre ellas. Los elementos de madera que se comercializan en los depósitos pueden pasar por un proceso de clasificación visual que permite asegurar que la pieza es apta para el uso estructural, esta verificación se puede realizar a todos los elementos estructurales como vigas, columnas, cuarterones, tiras y tablonés. Es importante mencionar que contar con el material y la variedad de secciones y especies son factores favorables que pueden mejorar, siempre y cuando se construya con madera, es decir que exista una demanda suficiente, para que permita una mayor diversidad del material.

La construcción con madera se puede adaptar a los requerimientos actuales de los diseños arquitectónicos de vivienda social, esta conclusión nace en resultado de la segunda etapa de la investigación, donde se reconfiguró una vivienda con estructura de hormigón armado a una con estructura de madera .

7.2 FACTIBILIDAD TÉCNICA CONSTRUCTIVA

Para que exista una factibilidad técnica constructiva es necesario contar con las herramientas cognoscitivas debidamente normadas en las instancias correspondientes, y con herramientas tecnológicas adecuadas para facilitar el proceso de trabajar correctamente con el material.

Una vez realizado el procedimiento de reconfigurar la vivienda de hormigón armado por una estructura de madera, obtenemos las siguientes conclusiones:

a. Existe la información necesaria para el diseño y ejecución apropiada de viviendas con estructura de madera La Norma Ecuatoriana de la Construcción en su capítulo siete: “Construcción con Madera”, aporta al conocimiento de los arquitectos e ingenieros, normas apropiadas para la correcta construcción con madera.

b. La estructura de madera puede ofrecer las mismas condiciones espaciales que la de hormigón armado, las superficies de los ambientes de las viviendas son muy similares, con esto podemos decir que la madera como material en estructuras de viviendas, puede ser utilizada con la misma configuración espacial que el hormigón armado. Cabe decir que las distancias de los elementos están relacionados con la longitud comercial de los elementos.

c. Al ser la madera un material que permite la prefabricación de los componentes de la estructura de la vivienda, el proceso constructivo en obra se reduce. El armado de la estructura en cuanto a sistema estructural y ensambles se debe programar desde la etapa de diseño, esto permite al arquitecto trabajar íntegramente con la estructura.

d. Las herramientas que se requieren para ensamblar y cortar la madera se encuentran con facilidad en el mercado, al igual que los elementos de fijación como pernos, tirafondos, clavos, tornillos o placas metálicas, esto evidencia que la tecnología para la ejecución de obras arquitectónicas con madera es suficiente en la ciudad.

e. La madera es un material liviano en comparación con el hormigón y el acero, esto genera reducción de los efectos de un sismo en la construcción, ya que el sismo genera fuerzas que actúan sobre la estructura de la vivienda, estas fuerzas son directamente proporcio-

nal a la masa de la vivienda, por lo tanto la madera al ser más ligera que otros materiales disminuye las cargas que actúan en el caso de un sismo y por tanto sus efectos.

f. La utilización de los materiales en una vivienda es una decisión libre del arquitecto, la combinación de materiales como la madera y el hormigón no es muy adecuada según los datos obtenidos por el proyecto RADIUS realizado para la ciudad de Guayaquil, donde se indica que las viviendas de constitución mixta son las de mayor riesgo de desplome en caso de un sismo, sin embargo como se ha descrito durante el proceso metodológico existen sistemas constructivos como la mampostería armada que permiten combinar los dos materiales, la madera en la estructura y el hormigón en la mampostería, este factor permite aseverar que no se debe limitar las construcciones mixtas de viviendas, sino más bien planificarlas y elaborar soluciones que permitan construir con ambos materiales en una misma obra.

g. Existen sistemas válidos para la construcción de viviendas sociales de constitución mixta, donde el ahorro económico es preponderante, más no el ahorro de calidad, así se puede concluir que utilizar la caña guadua como alternativa a la implementación del acero en el sistema de mampostería armada, es apropiado y promueve el ahorro en costos, sin ser una solución de menor eficacia.

7.3 FACTIBILIDAD ECONÓMICA

Se puede aseverar que la vivienda con estructura de madera puede competir económicamente con la vivienda de hormigón armado, su precio final es inferior, más aun siendo que su valor por metro cuadrado es menor, la definición de este factor es importante, ya

que es fundamental poder construir una vivienda accesible al público desde el punto de vista económico, para que pueda ser parte de un proyecto similar al que hoy en día desarrolla el Gobierno Nacional.

Si bien los costos unitarios de los rubros que constituyen la estructura de la vivienda de madera son superiores a la de estructura de hormigón, esto se revierte considerando los tiempos de ejecución en obra, los que son menores en una estructura de madera, lo que influirá en el costo indirecto, reduciéndolo y por lo tanto equilibrando los presupuestos finales de las dos alternativas.

El rendimiento de la mano de obra que trabaja con estructura de madera es superior al rendimiento de la mano de obra que trabaja en la fundición de los elementos estructurales de hormigón armado, se atribuye a esto el efecto de que al ser elementos sólidos que pueden ser tratados y cortados con antelación, es decir, que son prefabricados y sean sólo ensamblados en obra, la mano de obra puede armar la estructura con mayor rapidez.

El costo de la cimentación en una vivienda con estructura de madera se reduce, al ser una estructura ligera la que compone dicha vivienda; el área de la cimentación se reduce y esto genera una disminución en la cantidad del material utilizado en este rubro de la obra.

El precio de los elementos de madera puede reducirse si consideramos que los precios que se fijaron para la elaboración del presupuesto de este trabajo son valores estimados para la construcción de una sola vivienda, pero sin embargo el tipo de vivienda que elegimos evaluar es parte de un complejo habitacional, su construcción se realiza en grandes cantidades, lo que genera una compra de material en grandes volúmenes que permite reducir el costo de los elementos de madera que serán utilizados.

7.4 FACTIBILIDAD ECOLÓGICA

Es importante destacar las ventajas ambientales que posee la madera y su industrialización con respecto al hormigón y al acero, materiales usualmente utilizados en la estructura de las edificaciones.

El proceso de obtención de la madera desde su cultivo hasta su implementación en la construcción, produce menos emisiones de CO₂, debido a que a diferencia de otros materiales la madera durante su proceso de crecimiento produce el efecto contrario, absorbe CO₂ y brinda el oxígeno necesario para la vida del planeta.

La madera es un material biodegradable, su degradación se produce por efecto de agentes naturales, es un material que se puede reciclar y producir papel, cartón o tableros prefabricados.

El factor sobresaliente sobre los demás es que es un recurso renovable, su correcta administración puede otorgarle al ser humano una fuente inagotable de material apto para construir, siempre y cuando exista un control, regulador del aprovechamiento y cultivo de las especies madereras.

Para el desarrollo sustentable el gobierno actual por medio del Plan de Desarrollo Nacional, ha dispuesto desarrollar y ejecutar un sistema de control y manejo forestal de los bosques, para ello el control de especies aprovechadas se lo debe realizar en el bosque y no en las carreteras como se lo había realizado en el pasado.

El uso de la madera por parte de una industria puede generar temor por tratarse de recurso natural, por ello es vital conocer que junto a los planes de incentivos y cualquier proyecto a desarrollarse con los bosques de la nación, tanto los organismos creados para financiar

proyectos como la Corporación Financiera Nacional y Ministerio del Ambiente solicitan un plan de proyecto sostenible que se revisa previo a su realización y durante el proceso se generan controles de cumplimiento.

7.5 FACTIBILIDAD POLÍTICA

En Ecuador se llevan a cabo políticas que benefician al medio ambiente y al sector económico que usa el recurso natural, como consecuencia al apoyo del cambio de la matriz productiva del país, esto quiere decir que se pretende diversificar los sector productivos de la nación y a su vez fortaleciéndolos con incentivos que permitan el crecimiento industrial, tal como se evidencia en los planes que el Gobierno Nacional de turno emprende como el plan Socio Bosque, las normativas reguladoras para la explotación de especies en peligro de extinción, el proyecto madera PRO-Ecuador entre otros.

El aprovechamiento de especies de madera es factible debido a que existen políticas que facultan desde el año 2006 al Ministerio del Ambiente a regular a través de la dirección nacional forestal el aprovechamiento de los bosques nativos, así mismo desde el año 2000 el MAE en conjunto con las fuerzas armadas y la policía nacional se encargan de la supervisión y control del transporte de madera entre el bosque y los puntos de comercialización. Estos factores evidencian el profundo interés político en la preservación de bosques mediante la productividad de los mismos, ya que no puede mencionarse que exista una industria maderera integral sino se aprovecha de manera sostenible los recursos, impidiendo generar fuentes de empleo

en el caso de conservar y perdiendo la riqueza natural en el caso de explotación desmedida.

7.6 CONCLUSIÓN GENERAL

Se concluye que la hipótesis planteada es válida, argumentando su veracidad en la determinación favorable y concluyente de los resultados del método aplicado, basando la competitividad de una vivienda en factores que benefician y permiten la construcción con estructura de madera en la ciudad de Guayaquil.

Todos los aspectos presentados en cada una de sus áreas pertinentes permiten concluir en general que la vivienda con estructura de madera es factible en la ciudad de Guayaquil.

7.7 RECOMENDACIONES

El Gobierno Nacional ejecuta planes para la reforestación de hectáreas aptas para el aprovechamiento, en estos planes se puede incluir un enfoque directo al incentivo de la producción de elementos estructurales por parte de la industria maderera en conjunto con los profesionales dedicados a la construcción de viviendas, de manera que el uso de elementos estructurales de madera sea exitoso porque existirían industrias que lo produzcan y arquitectos que los propongan en sus proyectos.

El Gobierno Nacional debe crear planes habitacionales de la “primera vivienda” con estructura de madera, tal como lo hace en la

actualidad con el Plan Socio Vivienda, creando un ámbito idóneo para el desarrollo de la industria de piezas estructurales de madera, los volúmenes requeridos para la construcción de vivienda de interés social son grandes esto, generará no solo ganancias al sector productivo de la materia prima, sino al sector de la construcción, ya que construye en serie con piezas que pueden prefabricarse, lo que ahorraría tiempo de ejecución y costos.

El incentivo para el sector maderero es crucial para el desarrollo de la industria de madera estructural ya que se abastece de los aserraderos por ello es fundamental que existan facilidades para la adquisición de maquinaria que permita a los aserraderos aprovechar eficientemente los troncos de madera y no generar tanto desperdicio.

Se debe incrementar el control del cumplimiento de la entrega de la información requerida por el comprador de elementos estructurales de madera en los depósitos de la ciudad como lo indica la NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCIÓN (NEC) 2011, con el fin de que el constructor pueda acceder a toda las características acerca del material que va a utilizar, así mismo esta información debe ser exigida por los compradores para ello se debe acercar el conocimiento de la madera y sus características a los profesionales en las universidades.

Promover el manejo sustentable de los bosques nativos que hoy representan el 90% de la madera aprovechada y fomentar el cultivo de plantaciones forestales y su consumo. Además fomentar el respeto al ordenamiento territorial en cuanto a la prohibición de extracción de madera en zonas protegidas.

La investigación científica de nuevos procesos de construcción y metodologías de la madera estructural son esenciales para el desarrollo de un sector económico de la construcción con madera, a partir de la identificación de factores que validan la construcción de vivienda con estructura de madera se debe experimentar con nuevas metodologías que incluyan la madera como material estructural.

BIBLIOGRAFÍA

- Disalla, D. D. *Elaboración de manual de detalles constructivos en viviendas de madera*. Tesis de Licenciatura de Ingeniería Civil, Universidad Politécnica Nacional, Quito, Ecuador.
- Durán, D. *La madera como aislante térmico*. Trabajo de Grado, Universidad de Cuenca.
- Durán, D. *Uniones un reto para construir con madera*. Trabajo de Grado, Universidad de Cuenca.
- Durán, D. *Estructuras de madera, diseño y cálculo*. Trabajo de Grado, Universidad de Cuenca.
- Durán, D. *Propiedades físicas y mecánicas de la madera de pinus radiata con uniones tipo finger-joint*. Tesis de Licenciatura de Ingeniería Civil, Universidad Politécnica Nacional, Quito, Ecuador.
- Durán, D. *Propiedades físico – mecánicas de la madera tipo A: Guayacán Pechiche, Colorado, Sande y Mascarey y aplicación al diseño de paradero en el IASA II*. Tesis de Licenciatura de Ingeniería Civil, Universidad Politécnica Nacional, Quito, Ecuador.
- Asociación de investigación técnica de la industria de la madera *Casas de madera*. Trabajo de Grado, Universidad de Cuenca.
- Asociación de investigación técnica de las industrias de la madera. *Madera Generalidades*. Recuperado de http://www.infomadera.net/uploads/productos/informacion_general_2_Maderageneral.pdf
- Beer, F. *Mecánica de materiales*. Colombia: McGraw-Hill.
- Borrás, D. *Breve historia de la madera como material de construcción*. Trabajo de Grado.
- Carrazo, J. *Estudios de los sistemas constructivos tradicionales en madera*. Tesis de Licenciatura de Ingeniería Civil, Universidad de Cuenca, Ecuador.
- Carrasco, J. Crespo, J. *Cárteras, Catálogo de productos maderables y empresas certificadas en el Ecuador*. Trabajo, Ecuador. Quito, Ecuador.
- Centro de transferencia tecnológica. (2003). *Compendio de directrices para enseñanza en ingeniería*. Santiago, Chile.
- Coello, J. *Diseño de un sistema de preservación aplicable para la especie sande "brosimum utile" en la empresa Eco madera verde S.A*. Tesis de Licenciatura de Ingeniería Civil, Universidad Politécnica Nacional, Quito, Ecuador.
- Correa, J. *Arquitectos de Guayaquil*. Trabajo de Grado, Ecuador.
- Corporación Chilena de la Madera. *Manual de construcción de viviendas en madera*. Santiago, Chile: CORMA
- Correa, C. *La vivienda social en Ecuador*. Tesis de Licenciatura de Ingeniería Civil, Universidad Politécnica Nacional, Ecuador.
- Criollo, J. *Ensayo de conexiones especiales de madera sometida a carga axial*. Tesis de Licenciatura de Ingeniería Civil, Universidad Politécnica Nacional, Ecuador.
- Cruz, J. *Manual para la protección contra el deterioro de la madera*. México, México.
- Ecuador forestal. (2007). *Planificación estratégica plantaciones forestales en el Ecuador*. Trabajo, Ecuador.
- Espinosa, D. D. *Propiedades físico – mecánicas de uniones clavadas y empernadas sometidas a compresión, con madera tipo A, tipo B, Tipo C: Guayacán, Eucalipto y Fernán Sánchez, para el proyecto casa Montufar 623 (Fonsal)*. Tesis de Licenciatura de Ingeniería Civil, Universidad Politécnica Nacional, Ecuador.

- <http://www.malecon2000.org>
- Gatter, M. y Romero, R. (2005). *Análisis económico de la cadena de aprovechamiento, transformación y comercialización de madera aserrada, provenientes de bosques nativos en la región centro sur de la amazonia ecuatorial*. Tacacas, Ecuador.
- González, P. *Patologías bióticas de las maderas de los bosques templados de Chile a la selva atlántica de Misiones*. Tesis de maestría no publicada. Universidad del Bío Bío, Concepción, Chile.
- González, I.; Cerón, M y Solís, E. (2004). *Esfuerzo cortante y de tensión paralelo a las fibras en madera tropical de crecimiento rápido*. México, México.
- Instituto de Estudios Regionales y Urbanos. (2010). *El ABC de conservación de viviendas tradicionales*. Caracas, Venezuela.
- Instituto de Promoción de Exportaciones e Inversiones. *Madera Pro Ecuador*. Recuperado de <http://www.proecuador.gob.ec/exportadores/sectores/madera/>
- Itto, T. (1997). *Vista del domo de madera laminada*. Parcelona, España.
- Leclercq, P. y Leclercq, P. *Maderas tropicales como material de construcción en los países del grupo andino de América del sur*. Ottawa, Canadá: Centro internacional de investigaciones para el desarrollo CIID.
- Leclercq A. Seutin E. 1989: *Les Ennenis Naturels du Bois D'Oeuvre*. Bélgica, París.
- Logosol. *Sierra de bastidor*. Recuperado de <http://www.logosol.es/aserraderos-de-cinta/>
- Maldonado, P. y Maldonado, P. *Composición florística, estructura y valor de uso etnobotánico en dos remanentes del bosque archiral cantón Céllica provincia de Loja*. Tesis de grado no publicada. Universidad Técnica Particular de Loja, Loja, Ecuador.
- Martínez, I. (1994). *Viviendas sociales de madera en Alemania*. España, España.
- Ministerio de Agricultura, Pesca, y Acuicultura de Ecuador. *Noticias del día 2013/30042013/MAGAP%20%20Incentivos%20forestales,%20Fines%20Comerciales.pdf*
- Ministerio del Biotopo del Ecuador. *Programa Socio Bosque*. Recuperado de <http://www.ambiente.gob.ec/tag/socio-bosque/>
- Ministerio del Biotopo del Ecuador. *Aprovechamiento de los recursos forestales 2007-2009*. Loja, Ecuador.
- Ministerio del Biotopo del Ecuador. *Descripción de las cadenas productivas de madera en el Ecuador*. Loja, Ecuador.
- Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda. *Construcción con Madera*. En comité ejecutivo de la norma ecuatoriana de la construcción 2009. Norma ecuatoriana de la construcción. Loja, Ecuador.
- Peira, P. *Estudio y propuesta de detalles constructivos en madera "iglesia de todos los santos"*. Tesis de grado no publicada. Universidad de Cuenca, Cuenca, Ecuador.
- Pineda, P. *Manual de buenas prácticas de manufactura para la preservación de la madera aserrada acorde a los estándares expresados en las propuestas de normas*. Loja, Ecuador.
- Pineda, P. *Relaciones de conversión entre la densidad básica y la densidad seca de madera*. Ciencia y Tecnología, Loja, Ecuador.

- Ochoa, F. (2013). *Arquitectura ecuatoriana del siglo XX*. Recuperado de <http://www.slideshare.net/ArquitectoPiesConVenus/arquitectura-ecuatoriana-siglo-xx>
- Oxford University Press España. (2013). *La madera y sus derivados*. Recuperado de http://www.oupe.es/es/Secundaria/Tecnologias/proyadarvemotriztecnologiasnacional/Galeria%20documentos/TECNO_1_interiores.pdf
- PADT-REFORT/JUNAC. (1984). *Manual de diseño para maderas del grupo andino*. Lima, Perú.
- PADT-REFORT/JUNAC. (1988). *Manual del grupo andino para la preservación de la madera*. Lima, Perú.
- PADT-REFORT/JUNAC. (1980). *Cartilla de construcción con madera*. Lima, Perú.
- Peraza, P. (2000). *Protección preventiva de la madera*. Lima, Perú.
- Pérez, P. (2000). *La preservación de la madera y su importancia*. Recuperado de <http://www.bse.com.uy/almanaque/Almanaque%201994/pdf/0%20-%20049.pdf>
- Peiró, J. Ojales, J. J. Jare, J. J. Jilla, C. Calle, J. J. J. *Conceptos básicos de la construcción con madera*. Madrid, España: Cofemadera.
- Peña, P. (2000). *Degradación de la madera por los organismos xilófagos vegetales*. Lima, Perú.
- Pérez, P. (2000). *ACUERDO N° 131*. Lima, Perú.
- Pizarro, P. (2000). *El chanú suplica protección*. Lima, Perú.
- Rossi, J. (2000). *Desarrollo y competitividad del sector forestal-maderero*. Recuperado de http://cieplan.lemongroup.cl/media/publicaciones/archivos/31/Capitulo_4.pdf
- Salazar, P. (2000). *Diseño interior de un modelo de vivienda popular en Tumbaco*. Tesis de Grado de Publicación. Universidad Tecnológica del Ecuador, Lima, Perú.
- Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo. (2000). *Agenda zonal para el buen vivir*. Lima, Perú.
- Torres, P. (2000). *Países de la América*. Recuperado de <http://www.cismadeira.es/galego/downloads/3.1.pdf>
- Universidad Nacional de Ingeniería. (2000). *Tecnologías de la madera aplicadas al diseño de estructuras*. Recuperado de <http://www.upnfm.edu.hn/bibliod/images/stories/tindustrial/Libros.pdf>
- Utrilla, P. (2000). *Técnicas para la preservación de maderas*. Lima, Perú.
- Vargas, P. (2000). *La madera clasificación y propiedades*. Lima, Perú.
- Vásquez, P. (2000). *La industria forestal del Ecuador*. Lima, Perú.
- Villalba, P. (2000). *Ficha técnica N° 10*. Recuperado de <http://ecuadorforestal.org/fichas-tecnicas-de-especies-forestales/ficha-tecnica-no-10-eucalipto/>
- Villalba, P. (2000). *Materiales de uso técnico, la madera*. Recuperado de http://iesvillalbahervastecnologia.files.wordpress.com/2013/02/materiales_madera.pdf

VÍCTOR HUGO SALAZAR ALVARADO
2014

VIVIENDA CON
ESTRUCTURA DE
MADERA EN LA
CIUDAD DE
GUAYAQUIL

