



Universidad Austral de Chile

Facultad de Ciencias de la Ingeniería
Escuela de Construcción Civil

“ANÁLISIS DEL PROCESO DE INDUSTRIALIZACIÓN DE ESTRUCTURAS DE MADERA PARA VIVIENDAS DE UN SECTOR SOCIOECONÓMICO MEDIO DE LA POBLACION”

Tesis para optar al título de:
Ingeniero Constructor.

Profesor Guía:
Sr. Gustavo Lacrampe Holtheuer.
Ingeniero Constructor.
Constructor Civil, especialidad Obras Civiles

FABIÁN ALEJANDRO RUTTE GONZÁLEZ
VALDIVIA - CHILE
2008

AGRADECIMIENTOS.

Agradezco especialmente a mis padres, Alda y Alejo, quienes me han dado todas las herramientas para mi formación y educación.

DEDICATORIA.

Quiero dedicar este trabajo a Alejo y Alda, mis padres, a quienes quiero mucho. Junto a ellos quiero mencionar a Herminia, mi tía, siempre te recordare con cariño.

INDICE

CAPITULO I: GENERALIDADES DE LA INDUSTRIALIZACIÓN DE VIVIENDAS DE MADERA	1
1. INICIO DE LA INDUSTRIALIZACION	2
2. ANTECEDENTES DETERMINANTES EN LA INDUSTRIALIZACION DE VIVIENDAS DE MADERA.	4
2.1 CAPACIDAD DE LA MADERA COMO ELEMENTO ESTRUCTURAL.	4
2.2 CALIDAD DE LA MADERA.	5
2.3 EXIJENCIAS PARA MADERA ASERRADA DE PINO RADIATA.	6
2.4 RESPUESTA ANTE LOS ATAQUES	7
2.5 GLOBALIZACIÓN Y MANO DE OBRA.	7
2.6 TECNOLOGÍA.	8
2.7 COSTOS.	8
CAPITULO II: PROPIEDADES Y CARACTERÍSTICAS DE LA MADERA DE PINO RADIATA.	9
1. GENERALIDADES DE LA MADERA.	9
2. PINO RADIATA.	10
2.1 CARACTERISTICAS MACROSCOPICAS.	10
2.2 CARACTERÍSTICAS FÍSICO - MECÁNICAS	11
2.3 CARACTERÍSTICAS DEL ASERRADO	12
2.4 PROPIEDADES FISICAS.	12
2.5 PROPIEDADES MECANICAS.	13

2.5.1	Factores que Afectan las Propiedades Mecánicas	14
2.6	CLASIFICACION VISUAL PARA USO ESTRUCTURAL	16
2.7	APLICACIONES.	16
CAPITULO III	: LA MADERA EN LA CONSTRUCCIÓN	18
1.	PRODUCCION DE MADERA PARA CONSTRUCCIÓN	18
1.1	PRODUCCION NACIONAL DE MADERA ASERRADA	18
2.	LA MADERA SECA EN LA CONSTRUCCIÓN	19
2.1	SECADO TECNOLOGICO DE DE LA MADERA	20
2.2	VENTAJAS DE LA MADERA SECA	21
2.2.1	Estructura.	22
2.2.1.1	Estabilidad dimensional:	22
2.2.1.2	Mayor resistencia estructural:	22
2.2.1.3	Es compatible con revestimientos:	23
2.2.1.4	Es más liviana:	23
2.2.2	Terminaciones.	23
2.2.2.1	Se trabaja mejor:	24
2.2.2.2	Requisito para pintar o barnizar:	24
2.2.2.3	Requisito para pegar con adhesivos:	24
2.3	CUIDADOS Y MANEJO DE LA MADERA SECA EN LA OBRA.	25
2.4	COSTOS DE LA MADERA SECA	26
3.	COMBUSTIBILIDAD	26
3.1	EXPOSICIÓN AL CALOR	27
3.2	REQUISITOS ESTRUCTURALES	28

4. MADERA IMPREGNADA	30
4.1 NECESIDAD DE IMPREGNAR LA MADERA DE PINO	30
4.2 PRODUCCION DE MADERA ASERRADA DE PINO IMPREGNADO	30
5. LA MADERA, ESTRUCTURA ANTISISMICA	32
5.1 RESISTENCIA A LAS VIBRACIONES	33
5.2 DISEÑO PARA LA SEGURIDAD	34
CAPITULO IV: INDUSTRIALIZACION DE VIVIENDAS DE MADERA EN CHILE.	35
1. INDUSTRIALIZACION DE VIVIENDAS	36
DEFINICION.	36
1.1.1 Módulos Tridimensionales	36
1.1.2 Módulos Panelizados	37
2. SISTEMA CONSTRUCTIVO MODULAR INDUSTRIALIZADO (SCMI)	39
2.1 EL SISTEMA CONSTRUCTIVO.	39
2.2 CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA.	40
2.3 GARANTÍA DE CALIDAD.	41
3. LAS RAZONES DE LA INDUSTRIALIZACIÓN DE VIVIENDAS.	43
3.1 RAZONES ECONÓMICAS Y SOCIALES	43
3.2 CONDICIONES DE NATURALEZA TECNICA Y ECONOMICAS	44
4. VENTAJAS DE LA INDUSTRIALIZACION DE VIVIENDAS	46
4.1 VENTAJAS REFERIDAS A LA EMPRESA	46
4.2 VENTAJAS REFERIDAS AL CONSUMIDOR	47

5. ASPECTOS TECNICOS	48
5.1 DISTRIBUCION EN PLANTA Y PRINCIPIOS CONSTRUCTIVOS.	48
5.2 SOLUCION TECNICA Y CONSTRUCTIVA.	49
5.3 DESCRIPCIÓN DE LOS PROCESOS INDUSTRIALES.	50
6. PLANIFICACION Y PRODUCCION EN CONSTRUCCIÓN INDUSTRIALIZADA	52
6.1 PRODUCTIVIDAD EN OBRA	52
6.1.1 Conceptos asociados	52
6.1.2 Especialización de la Mano de Obra.	53
6.1.3 Factores Determinantes en la Productividad	56
7. DIFERENCIAS ENTRE LA CONSTRUCCIÓN IDUSTRIALIZADA Y TRADICIONAL	57
7.1 VELOCIDAD DE PRODUCCIÓN	57
7.2 RELACIÓN HOMBRE MAQUINA.	58
7.3 MOVILIDAD DE LAS INSTALACIONES	58
7.4 LÍNEA DE PROCESO	59
7.5 PERIODICIDAD DE LOS TRABAJOS.	59
CAPITULO V: PRODUCCIÓN DE ESTRUCTURAS DE MADERA PARA VIVIENDAS PREFABRICADAS EN SERIE.	61
1. ESTRUCTURAS DE MADERA DE UNA VIVIENDA PREFABRICADA.	61
1.1 CLASIFICACIÓN DE SISTEMAS DE ESTRUCTURAS PREFABRICABLES	62
1.1.1 Estructuras de placas:	62
1.1.2 Estructuras de entramados :	64
1.1.2.1 Sistema poste- viga	64

1.1.2.2	Sistema de paneles soportantes	65
2.	TABIQUES O ENTRAMADOS VERTICALES	66
2.1	DEFINICIÓN	66
2.1.1	Tabique Soportante	66
2.1.2	Tabique Autosoportante	67
2.1.3	Tabiques soportantes perimetrales	68
2.1.4	Tabiques soportantes interiores	68
2.1.5	Tabique autosoportante interior	69
3.	ESPECIFICACIÓN DE LA MADERA DE PINO RADIATA PARA ENTRAMADOS VERTICALES	69
3.1	TABIQUES SOPORTANTES	69
3.2	TABIQUES AUTO SOPORTANTES	72
4.	PARÁMETROS DE LA FABRICACIÓN Y MONTAJE DE ENTRAMADOS VERTICALES	74
4.1	PARÁMETROS DEL DISEÑO ARQUITECTÓNICO	75
4.1.1	Vista en elevación de tabiques	78
4.1.2	Armado y posicionamiento de piezas.	79
4.1.3	Nomenclatura básica para la fabricación, designación y ubicación de los tabiques	82
4.1.4	Dimensionamiento de paneles o tabiques a prefabricar	89
4.1.4.1	Condiciones de fabricación	89
4.1.4.2	Condiciones de la estructura	92
4.1.4.3	Condiciones de terminación	97
4.2	MONTAJE DE ELEMENTOS PREFABRICADOS.	98
4.2.1	Montaje de elementos menores	98
4.2.2	Montaje de módulos transportables	99

4.2.3	Parámetros técnicos a considerar en el montaje de elementos prefabricados.	100
4.3	TRASLADO Y TRANSPORTE	102
5.	LA FABRICA	103
5.1	FÁBRICA MÓVIL O FÁBRICA FIJA.	104
5.2	INSTALACIONES Y ELEMENTOS INVOLUCRADOS EN LA EJECUCIÓN DE PANELES.	105
5.2.1	Herramientas utilizadas en la ejecución de paneles prefabricados.	105
CAPITULO VI: COSTOS DE INDUSTRIALIZACIÓN		106
1.	GENERALIDADES	106
2.	COMPARACION DE COSTOS ENTRE PANELES PREFABRICADOS Y TRADICIONALES	107
2.1	CONSIDERACIONES	107
2.1.1	Respecto a la Vivienda	107
2.1.2	Respecto al Estudio de Costos	107
3.	PLANOS MODULACION DE PANELES VIVIENDA	109
3.1	PLANTA PANELES PRIMER NIVEL.	109
3.2	ELEVACION PANELES PRIMER NIVEL.	110
3.3	PLANTA PANELES SEGUNDO NIVEL.	112
3.4	ELEVACION PANELES SEGUNDO NIVEL.	113
3.5	CANTIDAD DE PANELES EN M2	114
4.	ESTUDIO DE LOS COSTOS DE PANELIZACION DE VIVIENDA 96.24M2	115

4.1 COSTO UNITARIO PANELES CONSTRUIDOS EN FABRICA	115
4.2 COSTO UNITARIO PANELES CONSTRUIDOS	
TRADICIONALMENTE	117
4.3 COSTO PANELIZACION DE LA VIVIENDA INDUSTRIALIZADA	119
4.4 COSTO PANELIZACION DE LA VIVIENDA TRADICIONAL	120
5. RESULTADOS DEL ESTUDIO COMPARATIVO	121
5.1 RENDIMIENTO DE LA MANO DE OBRA	121
5.1.1 En la construcción tradicional de paneles	121
5.1.2 En la construcción industrializada de paneles	121
5.2 VELOCIDAD DE CONSTRUCCIÓN	122
5.2.1 En la Construcción Tradicional de Paneles	122
5.2.2 En la Construcción Industrializada de Paneles	122
5.2.3 Comparación de sistemas.	123
5.3 COSTO DE PANELES INSTALADOS EN OBRA	124
5.3.1 En la construcción tradicional de paneles	124
5.3.2 En la construcción industrializada de paneles	124
5.3.3 Comparación de sistemas.	124
CAPITULO VII: CONCLUSIONES	125
1. RESPECTO AL SISTEMA MODULAR INDUSTRIALIZADO	125
2. RESPECTO A LA CONSTRUCCIÓN EN MADERA	126
3. RESPECTO AL APORTE DE TECNOLOGIAS FORANEAS	127
4. RESPECTO AL ESTUDIO DE COSTOS DE FABRICACION DE	
PANELES PARA VIVIENDA DE 96.24 M2	127
BIBLIOGRAFÍA	129
DOCUMENTOS ANEXOS.	131

RESUMEN

La siguiente investigación fue enfocada al proceso que se efectúa en el desarrollo de estructuras prefabricadas de madera, las que posteriormente formaran parte de una serie de viviendas de distintos modelos superficies.

Este proceso se realiza mediante la fabricación de estructuras en galpones que pueden estar situados a pie de obra o fuera de ella. Posteriormente se realiza el traslado y montaje de los elementos prefabricados que formaran parte de la estructura de la vivienda.

El resultado de esta investigación plantea las ventajas y beneficios entre el sistema prefabricado sobre el construido in situ, estableciendo un paralelo en términos de costos, calidad y eficiencia.

SUMMARY

The following investigation was focused to the process that takes effect in the development of prefabricated wood structures, and that it will be a part of a series of houses of several models surfaces.

This process comes true by means of the manufacture of structures in factory that they can be located to foot of work or out of her. At a later time the transfer comes true and set-up of the prefabricated elements that they form departs from the house's structure.

The result of this investigation presents advantages and benefits between the system prefabricated envelope the constructed in situ, establishing a parallel in terms of costs, quality and efficiency.

INTRODUCCION.

La siguiente tesis para optar al título de ingeniero constructor esta referida a la industrialización de viviendas de madera destinadas a un sector socioeconómico medio que vive en la zona sur de Chile, cuya superficie construida va de los 70 a 150 m².

Para llevar a cabo dicha industrialización, el sector de la construcción ha desarrollado un avance tecnológico que, garantiza calidad en las viviendas, aumentando la productividad y disminuyendo los costos operacionales.

El sistema de industrialización permite montar rápidamente sus piezas, tal como un mecano. Hablamos de casas construidas con sistemas no tradicionales o más bien de materiales distintos a la albañilería y el hormigón, que entre sus cualidades cuentan una notable velocidad de construcción y reducidas cuadrillas para su elaboración.

En la industria de la construcción de viviendas, cada vez es más común encontrar gigantescos depósitos emplazados en los terrenos de una obra, mini industrias que actúan como una segunda construcción. En efecto, la industrialización puede desarrollarse en planta o en terreno por medio de galpones acondicionados especialmente para generar una línea de producción de viviendas en serie.

Para realizar de mejor forma esta investigación se tomara la experiencia vivida en obra y visitas a terreno, realizadas a empresas que utilizan dicho sistema como son Fourcade, Martabid, Felmer y Borquez.

OBJETIVOS.

Objetivo general.

Analizar el proceso de industrialización de estructuras en madera para viviendas, planteando una solución constructiva diferente al hormigón y albañilería, destacando sus propiedades y accesibilidad de este material en Chile, destacando los diversos métodos extranjeros implantados en el país a raíz de su capacidad de producción maderera; detectando las ventajas de edificar viviendas de madera en serie, para estandarizar los procesos constructivos, obteniendo mayor eficiencia en la producción, a diferencia de un sistema tradicional.

Objetivos específicos.

- Exponer una alternativa de construcción no tradicional con madera, que con el transcurso del tiempo se potencia con las empresas que se dedican a industrializar la estructura de la vivienda.
- Definir los procesos de industrialización de estructuras de madera.
- Distinguir las estructuras factibles de prefabricar en las faenas de construcción.
- Explicar el por qué del ingreso de la construcción industrializada en madera a Chile y su progreso con los años.
- Ver el aporte extranjero en la prefabricación de viviendas en madera
- Establecer las ventajas de industrialización en madera, respecto a costos.

CAPITULO I : GENERALIDADES DE LA INDUSTRIALIZACION DE VIVIENDAS DE MADERA

Las altas exigencias de habitabilidad y la necesidad de aumentar la competitividad por parte de las empresas constructoras, han generado la introducción de nuevos sistemas constructivos ampliamente utilizados en países desarrollados. Este es el caso de la industrialización de viviendas en madera.

Países como Estados Unidos, Canadá y europeos como España, con los más altos ingresos per cápita del mundo, y que a la vez han desarrollado numerosos avances tecnológicos, ya hace muchos años que optaron por sistemas constructivos basados en estructuras de madera, revestidos exteriormente por tableros estructurales e interiormente con yeso cartón.

Se estima que alrededor del 95% de las viviendas se construyen con estos sistemas, dado su menor costo, mayor rapidez de construcción, excelentes características de habitabilidad y resistencia a las variaciones de temperatura que enfrentan en esas latitudes. Utilizándose, incluso, para edificaciones de más de dos pisos.

Chile no ha estado ajeno a estos avances, ya que hoy en día existen empresas que edifican viviendas de estilo americano o canadiense. En la actualidad es posible ver construcciones en serie, cuya estructura es madera de pino y revestidas con OSB y siding vinílico, es por esto que muchas empresas constructoras han incorporado alternativas distintas al cemento, ladrillos o bloques, motivados principalmente por tres razones:

- El aumento de exigencias de habitabilidad que se han incorporando a las viviendas.
- La llegada al país de inversiones que fomentan este tipo de construcciones, incorporando productos con tecnología y buena disponibilidad de estos en el mercado.
- La mayor productividad y menores costos, colocan en una mejor posición de competitividad a las constructoras que innovan en sus métodos constructivos.

A estas tres razones hay que agregar, y considerar como factor importante el innegable potencial forestal que posee nuestro país, con cerca de 16 millones de hectáreas de bosques y de los cuales alrededor de 13,5% se destinan a la producción maderera, algunos empresarios, siguiendo el ejemplo de países más desarrollados, han apostado por incentivar el consumo de este producto, especialmente pino radiata, como una alternativa a los materiales de construcción.

1. INICIO DE LA INDUSTRIALIZACION

En los años cincuenta, algunas empresas replicaron conceptos de industrialización, principalmente de los sistemas constructivos usados en Estados

Unidos, Canadá y países Escandinavos. Es así como inicia de forma incipiente la industria de la construcción en madera.

De esta forma se implementaron empresas que atendían muchas necesidades como: bodegas, ampliaciones, cabañas y posteriormente viviendas.

En los sesenta, el concepto de vivienda prefabricada se hizo mayormente conocido en Chile, donde el número de empresas crecía implementando este sistema. Las consecuencias de esta industria provocaron la necesidad de las empresas de agruparse en una institución que los representara y les permitiera acceder a nuevas tecnologías y nuevos mercados. Es así como en 1968 se forma ASINCO (asociación de industriales de la construcción)

El gobierno de la época, conciente de la realidad de la industrialización, creó la secretaria técnica y de coordinación, entidad dependiente del Ministerio de la Vivienda, cuya finalidad fue “inscribir en un sistema único todos los sistemas constructivos industrializados de modo de facilitar los tramites de construcción y tutelar por el correcto cumplimiento de ellos respecto de las Normas y Ordenanzas que rigen la construcción”.

Luego de participar en proyectos innovadores para la vivienda social, en 1978 ocurre un hecho trascendente, el gobierno venezolano realiza una licitación internacional, donde cuatro empresas pertenecientes a ASINCO se adjudican la provisión de 4500 viviendas de 60 m². estas viviendas, integralmente moduladas y panelizadas en madera, fueron tratadas especialmente con procesos de impregnación vacío-presión, para efectos de termitas y humedad. Estas casas aun se

encuentran en muy buen estado de conservación en diversas ciudades de Venezuela.

La crisis de los ochenta afectó también a las empresas de viviendas industrializadas, pues estas, como en la actualidad, pensaban que solo importantes y constantes cargas de trabajo podían sustentar a la industria. Junto a esto los planes del gobierno no contemplaban la vivienda en madera debido a la conjugación de la mala imagen de la construcción en madera y la deficiente calidad de la madera producida en el país.

Sin embargo, en los noventa y en la actualidad, todos los problemas se revirtieron debido al fenómeno de la creciente producción de madera de Pino Radiata, cuyas empresas productoras y exportadoras han visto una interesante negocio en el mercado de la industrialización de viviendas.

2. ANTECEDENTES DETERMINANTES EN LA INDUSTRIALIZACION DE VIVIENDAS DE MADERA.

2.1 CAPACIDAD DE LA MADERA COMO ELEMENTO ESTRUCTURAL.

El sistema constructivo basa su estructura en madera aserrada de pino radiata, por lo cual ha tenido que lidiar con un tema cultural difícil de superar. Ancestralmente a la sociedad le cuesta aceptar que la madera sea eficiente. Es innegable el estigma provocado por hechos como, incendios donde las principales

afectadas eran las viviendas de madera. A esto se agrega el desprestigio que ha sufrido el elemento por problemas en cuanto a su adecuado uso.

En los países desarrollados, la madera funciona perfectamente, y más aún, la mayoría de las viviendas son construidas en este material, como es el caso de Estados Unidos o Canadá, donde la madera ocupa alrededor de 80% de las viviendas.

Este es un material sensible a los errores; si la madera está mal instalada se ve expuesta a un mal funcionamiento y por ende a un desprestigio. Por tanto hay que seguir las recomendaciones indicadas en manuales para no cometer errores en la producción.

Dentro del factor cultural, hay un tema de creatividad e iniciativa de los profesionales, hay que destacar que los arquitectos pueden usar la madera en forma creativa, y también los usuarios comprender que van a ocupar menos energía, menos calefacción, su casa será más cálida y hogareña. No necesariamente con madera a la vista, sino estructura de madera.

2.2 CALIDAD DE LA MADERA.

Además del inadecuado uso, también el factor calidad del material en conjunto con la dificultad para encontrar proveedores de madera dimensionada, tratada y seca, ha influido en el desprestigio de esta.

Estos problemas han ido desapareciendo en la medida que la oferta de madera de Pino radiata se ha ampliado en forma considerable y las empresas compiten con marcas propias en tiendas especializadas ofreciendo al constructor madera seca, dimensionada y de calidad estructural.

Hoy es cada vez menos probable, el peligro de que potenciales fabricantes de viviendas industrializadas, con tal de bajar sus costos, perjudiquen la imagen de la madera construyendo con material no certificado y de mala calidad.

Sin embargo, existe el interés de las empresas en hacer hincapié en la importancia de trabajar con madera de buena calidad, con una certificación muy prolija debido a que el mercado está muy sensible, y los productores de madera están siempre enfocados a exportar y el mercado nacional lo tienen considerado en segundo plano, al punto de ofrecer un producto de menor calidad. Siendo esto lo que hace el promedio de ellos, lo cual desprestigia al mercado.

2.3 EXIJENCIAS PARA MADERA ASERRADA DE PINO RADIATA.

Desde hace un tiempo, las productoras Arauco, CMPC y otras, entregan productos con los parámetros que un industrializador de viviendas necesita. Sin embargo, la normativa exige que toda la madera estructural sea impregnada. Lo lógico sería impregnar sólo lo que está en contacto con el piso y la madera que está expuesta a la intemperie. A pesar de lo anterior, los sistemas constructivos actuales construyen paneles confinados, protegidos de todo elemento exterior, lo que permite usar la madera sin tratar.

Además, el costo de impregnar la madera es un 25% del costo total del material y, de hecho, en países como Estados Unidos la obligatoriedad de impregnarla, a diferencia de Chile, es sólo a aquellas piezas que están en contacto con el suelo y hasta una determinada altura.

2.4 RESPUESTA ANTE LOS ATAQUES

El problema de las termitas y de la combustibilidad en la madera, temas sobre los cuales existe una evidente preocupación por parte de los consumidores, es perfectamente superable si se previene adecuadamente, utilizando la madera debidamente tratada y se siguen las recomendaciones técnicas respecto a los sistemas constructivos que la hacen un producto seguro.

2.5 GLOBALIZACIÓN Y MANO DE OBRA.

Otro inquietante fenómeno en la construcción industrializada de madera es la globalización, en Chile existe la visión de que esta es una amenaza para las empresas, en términos de que llegan extranjeros con innovaciones, costos, o ideas que no son los que existen aquí en la actualidad. Sin embargo, hay ventajas comparativas en Chile porque existe gran stock de madera, los precios debieran bajar y debiera tecnificarse más la producción.

Por otro lado, la mano de obra chilena está, en algunos aspectos, muy calificada; cuando un obrero se especializa aquí, pasa a ser un operario, y a un costo mucho menor que en otros países.

2.6 TECNOLOGÍA.

La tecnología también es una herramienta muy ventajosa para el mercado chileno, puesto que ha permitido mejorar la eficiencia en los procesos productivos, elevando el nivel de calidad del producto y su comportamiento, ahorrando costos. En ese sentido la aplicación de nuevas tecnologías, como el caso de las vigas “doble T”, utilizadas en empresas como Fourcade, que fueron estudiadas en laboratorios y, a través de los ensayos, se demostró su resistencia estructural.

2.7 COSTOS.

En este aspecto, la vivienda prefabricada de madera se presenta como una alternativa atractiva, tanto para el cliente como para el constructor.

Esto se manifiesta debido a la optimización de procesos constructivos, que se traduce en un aumento considerable en la velocidad de producción y por ende la disminución de gastos generales de la empresa, quien ofrecerá un producto de óptima calidad a buen precio.

Es por lo anterior que el mercado ha empezado a responder y, tanto en el segmento de viviendas sociales como en el de construcciones de alto valor, la madera tiene una creciente preferencia y ya no sólo por razones de costo. El desafío hacia el 2010 consiste pasar de un 15% a un 30% de participación de la madera en la superficie total construida

CAPITULO II : PROPIEDADES Y CARACTERÍSTICAS DE LA MADERA DE PINO RADIATA.

1. GENERALIDADES DE LA MADERA.

La madera es un material complejo, con unas propiedades y características que dependen no sólo de su composición sino de su constitución.

En primer lugar se ha de recordar que la madera no es un material de construcción, fabricado a propósito por el hombre, sino que es un material obtenido del tronco y las ramas de los árboles cuya finalidad es la de facilitar el crecimiento y supervivencia de este elemento vegetal.

Al usar cualquier especie en el diseño y construcción de estructuras de madera, no es necesario para el ingeniero conocer mucho acerca de la composición química de la madera. Sin embargo, un conocimiento de esta materia a menudo podrá auxiliarle a escoger la especie indicada bajo diversas condiciones. De mayor importancia para el ingeniero proyectista son las propiedades mecánicas de las diversas especies, los factores que afectan su resistencia, el empleo inteligente de los esfuerzos de trabajo asignados, y las características que hacen que su empleo en el diseño difiera de otros materiales estructurales.

Las principales propiedades de la madera son su resistencia, su dureza, su rigidez y su densidad. Esta última suele indicar propiedades mecánicas, ya que cuanto más densa es la madera, su composición es más fuerte y dura. Entre sus cualidades resalta su resistencia a la compresión, que puede llegar a ser superior a

la del acero a la flexión, al impacto y a las tensiones, características que la transforman en un excelente material para diversas aplicaciones, desde la construcción de viviendas hasta la manufactura de objetos muy especializados, como bates de béisbol, instrumentos musicales y palos de golf.

2. PINO RADIATA.

La madera de pino radiata posee cualidades técnicas que la hacen muy apetecida en la industria de la celulosa. Asimismo, su uso se ha difundido extensamente en la industria maderera y en la construcción de casas.

2.1 CARACTERISTICAS MACROSCOPICAS.

La madera presenta una albura blanco – amarillenta y un duramen rojizo. Anillos de crecimiento muy notorios y anchos, con paso gradual entre madera de primavera y verano. Alto porcentaje de madera tardía.

Canales resiníferos muy visibles en caras longitudinales. Textura gruesa y abundancia de nudos. Rayos medulares bien visibles y numerosos. Olor resinoso. Liviana, blanda, poco durable y de baja resistencia mecánica.

Permeable y por lo tanto fácil de secar y de impregnar. Se asierra sin inconvenientes, comportándose normalmente en los procesos de cepillado, ranurado y machihembrado. Muy susceptible al ataque de hongos provocadores de la mancha azul.

La madera de Pino radiata puede considerarse como relativamente estable al compararse con Raulí, Tapa, Laurel, etc. Las contracciones tienden a disminuir con el aumento de la edad, lo mismo con la homogeneidad de la madera. Dicho de otra

manera: Un bosque de mayor edad, en el cual se ha cumplido con las debidas prácticas de poda y raleos, proporcionará madera más estable.

El corazón de esta madera posee apreciable durabilidad natural, pero la albura, ninguna. Esta última es, por supuesto, muy vulnerable al ataque de los hongos putrefactores, especialmente cuando aquélla está en contacto con el suelo o cuando su contenido de humedad excede del 20 %. También puede ser atacada, sea en estado seco o verde, por termitas y otros insectos. Afortunadamente, tanto la albura como el duramen son permeables, por lo que pueden tratarse fácilmente con aceites o sales en solución, lo cual constituye una característica importantísima. Quiere decirse con ello que a la madera joven y de crecimiento rápido del pino insigne, que en su mayor parte es albura, puede comunicársele una gran durabilidad y propiedades adecuadas para uso al aire libre, incluso en contacto con el suelo, si se impregna debidamente, de parte a parte, o hasta una profundidad adecuada, mediante una buena sustancia protectora que no exude.

2.2 CARACTERÍSTICAS FÍSICO - MECÁNICAS

En cuanto a características físicas, cabe destacar su relativa alta densidad, si se compara con los resultados que hasta ahora se disponían y su dureza, la más alta de los pinos peninsulares.

En cuanto a sus características mecánicas, los valores absolutos de resistencia a la rotura son bajos, sin embargo, tiene buena disposición a los esfuerzos mecánicos, es resiliente, elástica, muy flexible, mediante tenaz y adherente

2.3 CARACTERÍSTICAS DEL ASERRADO

El aserrado de los troncos se debe realizar lo mas rápidamente posible dado que su disposición al ataque por los hongos, su relativa facilidad para secarse al aire y su elevada contracción volumétrica provocaría la aparición de defectos de azulado y fendas.

La mayor o menor facilidad de penetración en las herramientas de corte en la madera viene determinado por su dureza. La relativa alta dureza del pino insigne hace recomendable que para el aserrado se utilicen sierras con ángulo de ataque no muy elevado y el paso muy corto, de forma que disminuyan los esfuerzos sobre los dientes logrando una mejor calidad en el aserrado y una mayor dureza de las sierras.

2.4 PROPIEDADES FISICAS.

Son aquellas que determinan su comportamiento en el medio ambiente.

Para el pino radiata consideramos los valores de la tabla para Densidad, Contracción Normal y Contracción Total.

DENSIDAD (g/cm ³)	VERDE	SECA AL AIRE	ANHIDRA	BÁSICA
	1.04	0.48	0.45	0.39
CONTRACCIÓN NORMAL (%)	TANGENCIAL	RADIAL	VOLUMÉTRICA	T/R
	5.2	3.0	8.2	1.73
CONTRACCIÓN TOTAL (%)	7.7	4.6	12.3	1.67

fig 2 – 1: Tabla con las propiedades físicas más importantes del Pino Radiata

2.5 PROPIEDADES MECANICAS.

Son aquellas que indican la capacidad de los materiales para resistir fuerzas externas, de acuerdo a esta capacidad serán los usos a que los materiales son destinados y las secciones transversales necesarias para asegurar una adecuada estabilidad estructural en las construcciones. Conforme a la amplia gama de solicitaciones a los cuales puede estar expuesto un material durante su uso, se han definido diversas propiedades mecánicas.

- ❖ Flexión Estática
- ❖ Compresión Paralela
- ❖ Compresión Perpendicular
- ❖ Dureza
- ❖ Cizalladura
- ❖ Tenacidad
- ❖ Extracción de clavos

CONDICIÓN CH%	FLEXIÓN ESTÁTICA			COMPRESIÓN				
				PARALELA			PERPENDICULAR	
	ELP (Kg/cm ²)	MOR (Kg/cm ²)	MOEx10 ³ (Kg/cm ²)	ELP (Kg/cm ²)	MOR (Kg/cm ²)	MOEx10 ³ (Kg/cm ²)	ELP (Kg/cm ²)	MOR (Kg/cm ²)
VERDE + 30%	314	465	72.6	167	208	83.2	44	74
SECO AL AIRE 12 %	555	1780	110.2	299	434	107.8	74	136

CONDICIÓN CH%	DUREZA			CIZALLADURA Kg/cm ²		TENACIDAD Kg-m		EXTRACCIÓN DE CLAVOS Kg.	
	Lados	Extrem		Tang.	Rad.	Rad.	-----	Lateral	Extremos
VERDE +30%	240	257	-----	71	64	2.74	-----	79	48
SECO AL AIRE 12%	348	472	-----	88	81	1.58	-----	76	54

fig 2 – 2: Tabla con las propiedades mecánicas más importantes del Pino Radiata

ELP: ESFUERZO EN EL LIMITE PROPORCIONAL

MOR: MODULO DE RUPTURA

MOE: MODULO DE ELASTICIDAD

2.5.1 Factores que Afectan las Propiedades Mecánicas

En un mismo árbol el crecimiento es irregular. Existe además, diferencias en las Propiedades mecánicas, debido al tratamiento de la madera durante su elaboración. Los factores que inciden sobre la variabilidad de las propiedades mecánicas son:

a) Defectos: Recibe este nombre cualquier irregularidad física, química o físico – química de la madera, que afecta su aspecto, resistencia o durabilidad, determinando generalmente, una limitación en su uso o aplicación.

➤ Los defectos que mayormente inciden sobre las propiedades mecánicas o resistentes de la madera son: Nudos, grietas, rajaduras, granos o fibra desviada, pudrición, perforación y colapso.

➤ Otros defectos que inciden en la resistencia, pero, en menor grado, son: Bolsillo de corteza o resina, acebolladuras, alabeos, médula y canto muerto. Debido a lo anterior es que la determinación de las propiedades mecánicas se realiza en probetas libres de defectos.

b) Densidad: Aparte de los ensayos de resistencia, la densidad o peso específico de una pieza de madera, es el criterio más satisfactorio para

determinar su resistencia. Las células que constituyen finalmente la madera, están ligadas por la lignina. La pared celular está compuesta principalmente por celulosa, encontrándose además holocelulosa y lignina.

Las diferencias de composición, entre especies y dentro de ellas, es la primera causa de la variación de la densidad. El grosor de las paredes celulares y el tamaño de las porosidades también son variables, añadiendo una nueva causa de variabilidad. La densidad de la madera varía aún dentro del mismo árbol. En la Figura 2-2 se indican dos relaciones en propiedades mecánicas y densidad.

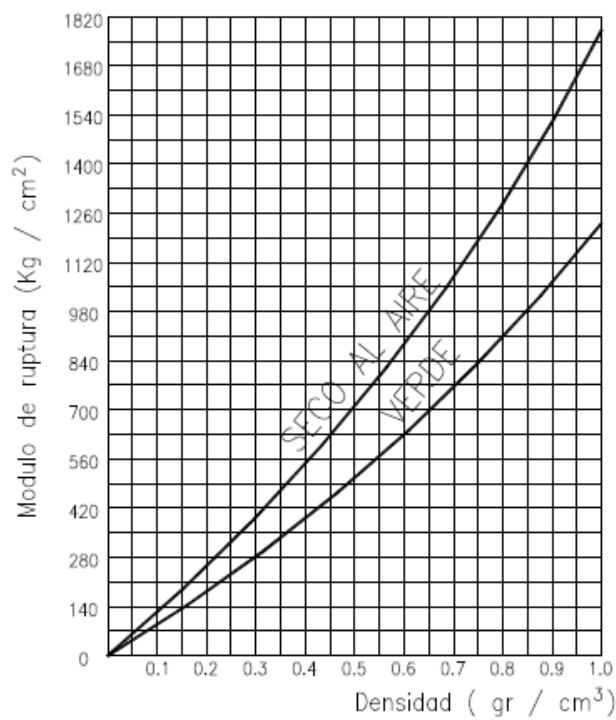


Fig. 2 – 2: Relación Densidad – Resistencia

2.6 CLASIFICACION VISUAL PARA USO ESTRUCTURAL

La norma (Nch1207) establece los requisitos que debe cumplir cada pieza de madera aserrada o cepillada, seca ($H < 20\%$) de pino radiata destinada a un uso estructural, que se clasifica con un procedimiento visual.

La norma (Nch1207) define tres grados estructurales visuales, designados como:

- ❖ Grado Estructural Selecto (GS): acepta piezas de gran capacidad resistente.
- ❖ Grado Estructural 1 (G1): comprende piezas adecuadas para ser utilizadas en topologías constructivas normales.
- ❖ Grado Estructural 2 (G2): incluye piezas de baja capacidad resistente.

2.7 APLICACIONES.

Madera especial para fabricar elementos estructurales laminados encolados. Se le usa en revestimientos tanto interiores como exteriores. En construcción de viviendas (cerchas, paneles, pisos, cielos, etc.) En postes para cerco y de transmisión.

Fabricación de embalajes y muebles. En moldajes para concreto. Se le utiliza también como materia prima para pastas celulósicas y papel.

Se considera adecuada para la fabricación de tableros de fibras y de partículas. También para maderas contrachapadas, siempre que las plantaciones hayan tenido podas a edad temprana para evitar la formación de nudos en la madera.

CAPITULO III : LA MADERA EN LA CONSTRUCCION

1. PRODUCCION DE MADERA PARA CONSTRUCCIÓN

1.1 PRODUCCION NACIONAL DE MADERA ASERRADA

La producción de madera aserrada durante el año 2006 alcanzó 8,7 millones de metros cúbicos, lo que representa un aumento del 162% en relación al año 1990, es decir 2,6 veces el valor de 1990 y un 5% de aumento en comparación a las obtenidas el año 2005.

En el año 1990, un 79% de los aserraderos correspondía a los del tipo móvil tradicional, los que con el paso de los años han sido reemplazados por maquinarias más modernas, de fácil movilidad, mejor calidad en los cortes y mayor aprovechamiento de la materia prima.

Hoy las grandes compañías cuentan con plantas integradas verticalmente que realizan todo el proceso industrial desde la extracción de materia prima hasta la elaboración de los productos terminado, por lo que su cambio ha sido notorio. La producción nacional se encuentra concentrada en 2 grandes grupos económicos, con un mayor número de plantas asociadas a ellas.

Existe disponibilidad creciente de madera de alta calidad que permite abordar el mercado de la construcción chileno. La madera aserrada ostenta, según estudios de CORMA, una participación de aproximadamente 17% en el mercado habitacional.

En el curso de la última década se han producido notables cambios en el concepto y uso de la madera en general en Chile. Hoy en día podemos encontrar en centros de distribución y en productores de madera, productos secos en cámara, estabilizados, clasificados según grado estructural e impregnados, cumpliendo con las nuevas normas chilenas, superando dificultades técnicas asociadas a una etapa de desarrollo incipiente de la industria.

Al igual que muchos productos que se generan en el país, la madera aserrada tiene dos grandes destinos, el nacional y el extranjero. Si se considera esta división, más de la mitad de la producción de la madera aserrada se queda en el país, y cerca del 30% es exportado. Sin embargo, existe una proporción importante de este consumo interno que se reprocesa y se transforma en productos elaborados, que posteriormente son exportados al exterior como productos terminados.

2. LA MADERA SECA EN LA CONSTRUCCIÓN

Uno de los problemas recurrentes en obras de construcción sucede cuando no se utilizan los materiales técnicamente especificados, los cuales tienden a fallar. Es el caso de la madera verde.

Debido al desconocimiento de los beneficios asociados a la madera seca, no siempre se valoran las ventajas de usar este producto en la construcción. Además, existe aún la idea de que no hay disponibilidad de madera seca en el mercado. En los últimos años, se ha generado una oferta creciente de madera seca y hoy está disponible en la mayoría de los distribuidores de materiales de construcción.

Es cierto que resulta más caro comprar madera seca que verde, sin embargo, se puede demostrar que se consigue un ahorro importante al usar la primera.

2.1 SECADO TECNOLÓGICO DE LA MADERA

Con el fin de evitar daños o pérdidas que puedan producirse por deformaciones o contracciones, la madera debe secarse antes de ser utilizada, idealmente a un contenido de humedad similar al de equilibrio de la zona o condición donde se usará.

Si bien la madera puede secarse en forma natural, aprovechando las condiciones atmosféricas favorables del verano, es posible bajar la humedad de la madera, sin embargo, el resultado no es parejo y no es posible conseguir en un tiempo razonable una humedad baja durante todo el año.

La alternativa es secar artificialmente la madera, empleando tecnologías que permiten un resultado uniforme.

Bajo este concepto se reconoce el producto “madera seca tecnológicamente”, que asegura estabilidad dimensional.

El secado artificial o tecnológico consiste en someter a la madera a un ambiente donde se controlan las tres variables que permiten acortar dicho proceso: temperatura, humedad y velocidad del aire.

El proceso se hace en cámaras o secadores, que son estructuras que tienen secadores normalmente alimentados por vapor, en los cuales se puede subir la temperatura hasta 50°C o sobre 100°C, según la tecnología del equipo. Además, tienen ventiladores con los que se regula la velocidad del aire y deflectores para que se distribuya de manera uniforme en todos los puntos, logrando un secado parejo.

La madera se coloca en la cámara de pilas formadas por capas de madera separadas entre sí por separadores, que permiten el secado del aire. Asimismo, en la parte superior se colocan, por lo general, bloques de hormigón como contrapeso a fin de reducir las deformaciones. Una cámara, usualmente, contiene 5.000 pulgadas de madera.

El tiempo de secado varía, según el espesor y la tecnología del equipo, desde cuatro horas a no más de tres días. El proceso es controlado por computadores que se alimentan con sensores dispuestos en el interior del equipo y que, automáticamente, van variando la combinación de temperatura y humedad hasta alcanzar el resultado esperado.

2.2 VENTAJAS DE LA MADERA SECA

La madera seca es una necesidad fundamental en construcción y en carpinterías, debido a su excelente desempeño tanto en estructura como en terminaciones. Además, hay un factor en el menor desgaste de herramientas y mayor rendimiento de la mano de obra, lo que se traduce en velocidad de producción.

A continuación se exponen las principales ventajas de este material

2.2.1 Estructura.

2.2.1.1 Estabilidad dimensional:

La madera no se deformará ni sufrirá cambios dimensionales en las aplicaciones típicas como vigas, tabiquerías y otras estructuras soportantes o no soportantes. Con esto se evitan los siguientes problemas típicos en las construcciones:

- Deformación de tabiques, muros y cielos
- Aparición de clavos en los revestimientos (tableros)
- Agrietamiento de los revestimientos por deformación de la estructura
- Rotura de los revestimientos en cajas de escala por contracción de las vigas
- Desaplomes en estructuras de muros y pisos que afectan accionamiento de puertas y ventanas.

2.2.1.2 Mayor resistencia estructural:

La resistencia de la madera aumenta al bajar el contenido de humedad. También aumenta la resistencia de las uniones clavadas.

Las diferencias son significativas entre madera verde y seca al 12%.

- El módulo de elasticidad en flexión, aumenta en un 48%
- El módulo de rotura en flexión, aumenta en un 25%

- La resistencia a la compresión paralela, aumenta en un 45%.

2.2.1.3 Es compatible con revestimientos:

La madera seca está en una condición similar a la mayoría de los productos de revestimiento. La madera verde transfiere humedad a los tableros, causando manchas, deformaciones y deterioro en estos últimos.

2.2.1.4 Es más liviana:

Las diferencias de peso entre madera seca y verde son significativas, pudiendo disminuir a la mitad el peso. Esto es importante para el transporte y manipulación del producto en obra, especialmente en escuadrías mayores.

Escuadría	Peso de una pieza en kg	
	verde	seca
2x2	7.0	3.7
2x8	28.0	11.8

2.2.2 Terminaciones.

Además de la estabilidad dimensional, la mayor resistencia, el menor peso y la compatibilidad con otros materiales complementarios se agregan las siguientes:

2.2.2.1 Se trabaja mejor:

La madera seca se trabaja mejor que la madera verde. En madera verde no es posible obtener superficies lisas y suaves por lijado y cepillado o cortes, perforaciones y calados perfectos. Además las herramientas, especialmente los elementos de corte en máquinas eléctricas, requieren más mantención.

2.2.2.2 Requisito para pintar o barnizar:

La madera seca se puede pintar o barnizar sin que se presenten los problemas típicos de los recubrimientos en madera:

- Las pinturas y barnices se soplan o sueltan en madera verde
- Las pinturas se agrietan por contracción
- La aparición de afloramientos de resina, que se reducen en madera secada a temperaturas elevadas.

2.2.2.3 Requisito para pegar con adhesivos:

La mayoría de los adhesivos de uso corriente en construcción pegan sólo en madera seca

2.3 CUIDADOS Y MANEJO DE LA MADERA SECA EN LA OBRA.

La madera seca debe ser manipulada con el mismo cuidado que se le da a otros materiales como planchas de yeso cartón, cemento, y puertas, por ejemplo.

Debe ser almacenada evitando la exposición a la humedad, de modo que no quede en contacto con el suelo y procurar que quede bajo techo o protegida de la acción de la lluvia y el sol directo.

La superficie donde se almacene tiene que ser plana y los separadores que se usen para permitir su manejo con grúa, deben estar alineados con los espaciadores que traen los paquetes.

En la construcción de la estructura, hay que revestir exteriormente para evitar que quede expuesta por un período largo al sol o sea afectada por la lluvia. En caso que la madera de la estructura se moje durante la construcción, es necesario dejar que se seque un par de días antes de revestirla por ambas caras.

La madera de terminación, debe tratarse con el acabado superficial lo más prontamente posible, para que quede protegida de la acción del sol y la lluvia. Asimismo, evitar que la madera se ensucie con polvo, barro, aceite o pisadas. Para los revestimientos al exterior, se recomienda usar fijaciones galvanizadas, de modo de evitar manchas por oxidación.

2.4 COSTOS DE LA MADERA SECA

En el mercado el precio de la madera seca es aproximadamente un 25 % mayor a la madera verde, que se explica por el mayor costo de energía y uso de infraestructura del proceso de secado tecnológico.

En una construcción en madera, el ítem madera representa menos del 15 % del costo total de la obra, participación que disminuye a un 3% a 5% en construcciones mixtas. Por ello, la incidencia es de un 0,6 a 1 % en el presupuesto total en una construcción mixta y de un 3% en una construcción intensiva en madera.

El ahorro que se consigue al usar madera verde desaparece cuando se contabilizan los costos ocultos derivados de esa decisión, el principal, las reparaciones a los problemas que comienzan a aparecer luego que los usuarios hacen uso de la construcción.

En una vivienda de cuyo costo de construcción es de 800 UF, el mayor costo en materiales puede alcanzar 6,10 UF, que representa 4 días de costo directo de mano de obra de una cuadrilla de reparación. Además, puede haber un ahorro en el diseño de una estructura que requiera menos madera.

3. COMBUSTIBILIDAD

Uno de los mayores obstáculos que limitan el uso de la madera en la construcción de viviendas lo representa su combustibilidad, factor de aparente perjuicio frente a otros materiales incombustibles y tradicionalmente usados en este sector como el concreto o ladrillo.

Actualmente, la madera tiene una participación aproximada del 17% en la construcción, principalmente debido a la baja calidad con que se ofrece la madera en el mercado nacional (bajo desarrollo tecnológico en productos, procesos y servicios.) Por otra parte, como consecuencia de lo anterior, debido al convencimiento cultural del usuario que considera la madera como un material ligero y temporal en la vivienda prefiriendo los sistemas tradicionales como albañilería y hormigón.

Para desmitificar las desventajas del uso de la madera en la construcción, es necesario plantear una innovación tecnológica que posibilite la generación de productos competitivos de alta calidad, especialmente en lo que concierne al fuego y su destrucción. Para esto se requiere la aplicación de tecnología moderna y diversos mecanismos que aseguren una respuesta favorable por parte del usuario.

3.1 EXPOSICIÓN AL CALOR

Cuando se expone a una fuente de calor suficientemente intensa, la madera arde y es conveniente evitar su uso donde el incendio o las llamas puedan ser peligrosas para la seguridad personal. La exposición por largo tiempo a temperaturas elevadas puede causar el deterioro con la consiguiente pérdida de resistencia. Por ser ésta una consideración importante en el uso de estructura, es una buena regla evitar el uso de la madera en situaciones donde la temperatura probablemente exceda de los 75°C a 100°C por largo período de tiempo.

3.2 REQUISITOS ESTRUCTURALES

La madera puede tomar una función estructural, protectora o decorativa como material de construcción en edificios y en cada categoría difieren su asociado peligro de incendio y las medidas de protección requeridas. Su comportamiento deseable en caso de incendio también depende de si se mira desde el punto de vista de la seguridad de los ocupantes o desde el de la pervivencia de la estructura e interiores.

La resistencia al fuego es una propiedad de la estructura, no de los materiales de que se compone. Su finalidad consiste en limitar el incendio o, si no se consigue esto, en asegurar que el edificio lo soporte sin llegar a derrumbarse.

Se mide en términos de

- ❖ Estabilidad: asegura la supervivencia estructural
- ❖ Integridad: impide el paso de las llamas y gases calientes a las otras partes del edificio.
- ❖ Aislamiento térmico: asegura que los materiales combustibles de la zona no se quemen por conducción de calor.

No todos estos criterios deben aplicarse en todas las ocasiones. Los elementos estructurales, como vigas y columnas, deberán responder al criterio de estabilidad; en cambio, paredes y suelos necesitan respetar los tres criterios para dar un resultado aceptable.

El grado de carbonización de la madera de construcción sujeta a condiciones normales de calor es aproximadamente de 1/40 de pulgada por minuto, para las

maderas de coníferas más frecuentemente usadas en construcción. Tiene una variación dependiendo de la especie, particularmente cuando se trata de frondosas, las cuales pueden presentar una resistencia al carbonizado considerablemente mayor.

La adición de un entarimado a las vigas aumenta su resistencia al fuego y, si se trata de tableros machihembrados, el resultado será mejor que el obtenido con juntas de canto. Un revestimiento (cielo) por debajo de las vigas aumentará también la resistencia al fuego. Puede conseguirse una resistencia mayor con la adición de planchas yeso-cartón. Los suelos dan un mayor grado de resistencia al fuego si las viguetas y plataformas se construyen con aislamiento protector.

La madera en paredes y tabiques puede proporcionar una considerable resistencia al fuego. Es apropiado que las paredes se recubran con un adecuado revestimiento como tableros machihembrados o contrachapados, de esta manera se aumenta considerablemente el tiempo de carbonización. Si se puede rellenar el interior de la pared con un aislante de fibra mineral, la resistencia al fuego puede ser aumentada hasta casi 1 hora.

El uso de la madera en elementos estructurales de una vivienda, ha experimentado el prejuicio de alta combustibilidad. Sin embargo, con diversos ensayos, un indicado tipo de madera y correcta disposición, se ha determinado que este material tiene mayor resistencia al fuego que otros, como por ejemplo el acero. Esto ratifica que la madera es una solución efectiva para la edificación de viviendas.

4. MADERA IMPREGNADA

4.1 NECESIDAD DE IMPREGNAR LA MADERA DE PINO

Las extensas plantaciones de Pino radiata han generado altos índices de crecimiento, permitiendo la expansión de diversas industrias dedicadas a su explotación y transformación. Sin embargo, presenta algunas debilidades como: falta de estabilidad dimensional frente a condiciones cambiantes de humedad ambiental; escasa durabilidad natural y características combustibles. Las falencias se acentúan debido a su baja densidad y concentración de determinados compuestos extraíbles, que le otorgan escasa resistencia frente a agentes patógenos. A su vez, la estructura, composición y densidad explican su naturaleza combustible, que limita su uso principalmente en la construcción de viviendas.

Para superar estas debilidades, tomando en cuenta que el pino radiata tiene una importancia trascendental y un uso masivo, especialmente en la edificación, se desarrollan una amplia diversidad de productos con la finalidad de incrementar su vida útil.

4.2 PRODUCCION DE MADERA ASERRADA DE PINO IMPREGNADO

En Chile, la madera aserrada de Pino radiata es la de mayor uso en el área de la construcción. Según la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones, cuerpo normativo que regula la construcción en el país, cuando esta madera es utilizada como material estructural, necesariamente debe ser preservada conforme con la NCh 819, situación dada por su condición de madera no durable (NCh 789).

La producción nacional de madera impregnada/año es de 322.000 m³, siendo un 46,5% para el mercado de la construcción. El número de empresas dedicadas al tratamiento industrial sobrepasa las 170, concentradas en su mayoría en las regiones Metropolitana, V, VII, VIII y IX.

El principal producto utilizado para la impregnación de pino radiata es el CCA (Cobre-Cromo-Arsénico), altamente eficaz para la protección de la madera contra el ataque de hongos e insectos, aunque existen reparos ambientales sobre su composición en algunos países de Europa y Estados Unidos, se ha limitado su uso. Cabe consignar que en el área de la construcción, el CCA es permitido en aplicaciones sobre y bajo el nivel del suelo.

Los preservantes alternativos al CCA disponibles en la actualidad son principalmente: ACQ (Alkaline Copper Quaternary) y CBA (formulación de cobre azole).

Estos productos son libres de arsénico y cromo, pero mantienen un nivel de toxicidad relativamente alto y su costo es considerablemente mayor.

Actualmente se exporta madera elaborada al mercado norteamericano para que sea impregnada en destino, ya que ninguno de estos productos alternativos al CCA se encuentra disponible en nuestro país y su elevado costo resulta la principal barrera de ingreso.

Chile es el mayor productor latinoamericano de madera impregnada, el que cuenta con gran potencial para el desarrollo de productos industrializados como

viviendas y muebles, por lo que debe marcar un liderazgo efectivo mediante la incorporación de tecnologías y tratamientos que agreguen valor a su oferta.

5. LA MADERA, ESTRUCTURA ANTISISMICA

Una de las ventajas de la construcción con estructuras de madera, es su excelente nivel de seguridad en los terremotos. Comparada a otros materiales de construcción, una vivienda hecha con estructuras de madera, es uno de los lugares más seguros al momento de un fuerte sismo.

Un terremoto es una descarga repentina de energía, causada por el movimiento de placas geológicas. Algunas regiones del mundo, y especialmente nuestro país, son zonas de alto riesgo. Las edificaciones de estas regiones, deben ser capaces de resistir a fuertes movimientos sísmicos. La fuerza de éstos, depende de la intensidad del terremoto, la distancia desde su epicentro, el tipo de fenómeno geológico que provocó el sismo y la conformación geológica del terreno en las inmediaciones del edificio en cuestión.

Cada estructura, con su propio conjunto de características únicas, tales como su grado de rigidez y fuerza, reacciona de manera diferente a las fuerzas sísmicas. En los terremotos, los edificios quedan expuestos a vibraciones verticales y horizontales. Las fuerzas horizontales, denominadas también fuerzas laterales o de corte, son las de mayor peligro y destrucción, siendo el verdadero desafío para el diseño antisísmico.

5.1 RESISTENCIA A LAS VIBRACIONES

El método de construcción con estructuras de madera ligera se inventó en Norteamérica a principios de los 1800. Desde entonces ha adquirido una sólida reputación, tanto por su rendimiento en la construcción como por la mano de obra que ejecuta su montaje. Es por esto que Canadá es un referente, para el mundo en construcción de viviendas en madera.

Como material estructural, la madera ofrece ciertas ventajas importantes en comparación con otros materiales para resistir a los terremotos. La madera es fuerte pero ligera, por lo cual los movimientos telúricos no generan tanta energía en edificios de madera como lo hace en los de otro material. Además, los sistemas de estructura de madera son más flexibles, por lo que absorben y disipan mejor la energía.

El estilo de estructura ligera llamada “de plataforma” o estilo occidental, hoy en día es el más utilizado. En este tipo de construcción, las vigas son delgadas, con poco espacio entre ellas. Los pisos se construyen uno por uno, de manera tal, que cada piso sirva de plataforma de construcción para el de arriba. La estructura tiene tres componentes básicos: los pies derechos o vigas verticales que forman la estructura de las paredes; las viguetas horizontales que forman la base del piso y los entramados que soportan el techo. Cuando una pared se refuerza con vigas diagonales o se recubre de paneles de madera ligeros, adquiere resistencia lateral y viene a constituir un sistema de pared cortante: Ligera, resistente y estructuralmente eficiente. La fuerza combinada de todas las piezas, permite que el edificio resista a efectos de la gravedad, del viento y de los terremotos.

5.2 DISEÑO PARA LA SEGURIDAD

A continuación se mencionan algunos rasgos claves que debe incluir un buen diseño antisísmico, ya sea para una construcción nueva o realizar mejoras en una estructura existente, destinados a satisfacer las exigencias de las normas actuales:

- ❖ Prestar especial atención a debilidades en la planta baja, como el caso de grandes aperturas en los muros perimetrales para ventanales o puertas grandes.
- ❖ Cimientos sólidos en terreno estable.
- ❖ Muros bien unidos a los cimientos, utilizando pernos de anclaje.
- ❖ Resistencia lateral en paredes importantes, incluyendo las paredes menores.
- ❖ Clavado adecuado de los otros componentes de madera a los pies derechos.

Ningún edificio tiene una resistencia antisísmica absoluta, pero un buen diseño minimizará los daños estructurales. Como lo es la vivienda construida en madera bajo normas antisísmicas, cuyas características de firmeza y flexibilidad dan fiel garantía frente a los sismos de gran intensidad y, lo más importante, salvaguardará la vida de los inquilinos durante un movimiento sísmico mayor. La mejor manera de lograr la resistencia antisísmica, es la observancia de códigos y normas actuales de construcción.

CAPITULO IV : INDUSTRIALIZACION DE VIVIENDAS DE MADERA EN CHILE.

Con el paso de los años, el mercado de las viviendas en madera ha experimentado numerosos progresos, generando mayor competencia provocado por la exigencia del cliente o futuro propietario, el cual tiene necesidades diferentes a las de años atrás. La responsabilidad de los arquitectos, proyectistas y constructores es satisfacerla. Para lograrlo debe existir un control de proyecto, usar materiales adecuados y procesos constructivos que no dependen de la buena voluntad o pericia de la mano de obra, del clima o la capacidad de los profesionales en obra. Es por esto que nace el interés de industrializar los procesos constructivos de las viviendas.

En los últimos años se han desarrollado sistemas constructivos como el SCMI o Sistema Constructivo Modular Industrializado, que está aprobado por el Ministerio de la Vivienda, y es intensivo en consumo de madera y puede certificarse, lo que facilita la fiscalización.

Este sistema de industrialización de viviendas en madera es originario de Canadá y Estados Unidos, donde la tecnología ha permitido la constante actualización de sus métodos constructivos. Procedimientos que aceleran el proceso productivo, uso de materiales que hasta hace unos años nos eran desconocidos, equipos y herramientas al alcance de pequeñas y medianas empresas, incluso incorporando el uso de computadoras.

Todo lo anterior asegura como resultado una gran competencia entre los profesionales de la industrialización, que buscan ganarse un prestigio produciendo viviendas de excelente calidad y a bajo costo.

1. INDUSTRIALIZACION DE VIVIENDAS

1.1 DEFINICION.

La industrialización del proceso constructivo consiste en montar piezas producidas en fábricas o a pie de obra, lo que reduce al máximo los accidentes, los escombros, el tiempo de ejecución y el costo de la vivienda.

Los módulos pueden ser “tridimensionales” o “panelizados”.

1.1.1 Módulos Tridimensionales

Esta línea de producción cuenta con un número de “estaciones”, que al igual que una automotriz, permite producir una vivienda completa que se traslada para su instalación en terreno, como también, pueden agruparse formando células.



Figura 1 - 1: Modulo tridimensional, producido en fábrica.

Industrialización con grandes paneles o módulos tridimensionales se caracteriza por:

- ❖ Elementos con las dimensiones de una habitación
- ❖ Ejecución necesariamente en fábrica
- ❖ Instalaciones especiales para la fabricación, transporte y montaje.

1.1.2 Módulos Panelizados

Los módulos panelizados son aquellos que van a formar parte de la vivienda como tabiques o cerchas, que posteriormente serán ensamblados en el emplazamiento definitivo de esta.

Estos módulos bidimensionales pueden ser:

- a) **Estructuras de entramados:** tienen menor grado de industrialización, solo se prefabrica la estructura de madera, sin instalaciones.
- b) **Estructuras de placa:** tiene mayor grado de industrialización, incluye todos los elementos, especialmente las placas (OSB) que brindan rigidez.



Figura 1 - 2: Módulos panelizados, listos para ser empaquetados y transportados a la obra.

Industrialización con pequeños paneles o módulos panelizados se caracteriza por:

- ❖ Elementos bidimensionales de ancho inferior a 2.5 m (ancho de transporte)
- ❖ Escaso número de ventanas, puertas y conducciones.
- ❖ La ejecución de paneles puede ser en fábrica o a pie de obra.
- ❖ Se pueden fabricar, transportar y montar casi con las mismas instalaciones que se utilizan para las construcciones industriales o de edificación, en las que es posible una rápida transformación.

2. SISTEMA CONSTRUCTIVO MODULAR INDUSTRIALIZADO (SCMI)

A partir de la experiencia en el campo de la vivienda estructurada en madera, la *Fundación Chile* desarrolló el proyecto de una fábrica modelo de viviendas modulares industrializadas, adaptando la actual tecnología de Estados Unidos, Canadá y Nueva Zelanda, a la realidad de Chile. Para ello se creó el S.C.M.I. con el cual operan las fábricas de viviendas y que fue aprobado por la División Técnica de Estudio y Fomento Habitacional (DITEC) del Ministerio de Vivienda y Urbanismo (MINVU)

2.1 EL SISTEMA CONSTRUCTIVO.

Se basa en la utilización de diseños arquitectónicos concebidos en base a una modulación definida de modo de emplear productos estandarizados, tales como: madera estructural (en piezas o en tableros contrachapados), cerchas, puertas y ventanas. Los muros, entresijos y tabiques, se forran interiormente con placas modulares resistentes al fuego. Las pérdidas y ganancias térmicas, junto con las condensaciones, son minimizadas con los correspondientes materiales aislantes, barreras de vapor y humedad.

A diferencia de los sistemas tradicionales en los que cada vivienda se construye In situ, con éste las viviendas son totalmente producidas en forma tridimensional en una fábrica, éstas son almacenadas en planta y trasladadas completamente armadas, con todas sus instalaciones incorporadas a su ubicación final, cuando se requiera.

Dependiendo del tamaño de las casas, estas se despachan en grandes camiones planos en una, dos, tres o más secciones tridimensionales, completamente armadas y terminadas. Al llegar al sitio de emplazamiento, se instalan sobre fundaciones previamente ejecutadas, las que pueden ser de hormigón corrido o poyos de concreto, se ensamblan las secciones entre sí y se acoplan las instalaciones eléctricas, de agua potable y alcantarillado, con las matrices instaladas en el terreno previamente urbanizado.

Sin duda que es esta casi completa construcción en una línea de producción, la que hace a los “módulos tridimensionales” tener ventajas en cuanto a niveles de control de calidad de materiales, proceso y producto final, frente a otros sistemas como los “panelizados”, con viviendas que siguen teniendo una importante cantidad de trabajo en el sitio de su instalación.

2.2 CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA.

El modelo de fábrica permite la industrialización de 3 distintos productos:

- ❖ Paneles industrializados para construcciones individuales especiales.
- ❖ Paneles industrializados para conjuntos de viviendas repetitivas.
- ❖ Viviendas industrializadas modulares tridimensionales.

La fábrica puede producir viviendas con superficies que varían entre 20 a 200 m² o más, dependiendo de los requerimientos del comprador. Este sistema permite, además, la fabricación de una vivienda arquitectónicamente diseñada para una gran

superficie, pero que inicialmente se instala con una superficie mínima, para las necesidades inmediatas del cliente, el cual la hará crecer armónicamente en el tiempo, de acuerdo a los planos del proyecto total y a sus necesidades futuras. Cada recinto de ampliación lo adquirirá el comprador desde la fábrica, el que se despachara completamente armado, listo para ser ensamblado a la vivienda original.

Este proceso utiliza un alto diseño tecnológico, construyendo compartimentos estancos que garantizan la protección de todas las partes de la vivienda como de sus ocupantes, de todos los agentes externos. Este panel compuesto alcanza, además, niveles de aislamiento térmico que cumplen y exceden la propuesta de reglamentación térmica para muros y pisos por zona climática del MINVU, en vías de discusión y aprobación, no alcanzables para las albañilerías y hormigones a un costo similar.

Son estas características las que otorgan al sistema de viviendas modulares la mejor relación precio-calidad del mercado.

2.3 GARANTÍA DE CALIDAD.

Todos los productos despachados por las fábricas tienen un número de serie, que garantiza su calidad de desempeño. Esto se logra mediante a la implementación de un sistema de “aseguramiento de calidad” aplicado a cada fabrica que se encuentre operativa.

Este sistema consta de dos etapas. La primera consiste al diseño e instalación y la segunda a su operación.

❖ Diseño e Instalación.

El diseño describe las características que tiene que cumplir la infraestructura, instalaciones y equipos de la fábrica, que aseguren la calidad de los procesos de fabricación. La materia prima tiene que cumplir con requerimientos de estandarización y tratamientos previamente definidos, que permitan que los procesos de fabricación se ejecuten con la mayor velocidad posible, sin alteraciones por materias primas defectuosas. Finalmente la mano de obra debe ser la idónea para ejercer los cometidos de los correspondientes procesos.

La instalación del sistema de aseguramiento de calidad, requiere de un periodo de asistencia técnica para la revisión y adecuación de la infraestructura y equipamiento de la fábrica a las necesidades de la calidad de cada fase de los distintos procesos de producción.

La instalación exige el compromiso y responsabilidad en cada persona integrante de la fábrica, de la importancia que tiene la calidad en todas las fases de producción, de manera que se sientan involucrados y orgullosos de la calidad de cada producto final despachado por la fábrica.

❖ Operación.

Una vez instalado el sistema de aseguramiento de calidad, cada producto es calificado con un número de serie, el cual indica que aquel producto reúne todos los atributos de calidad, que le aseguran el desempeño para el cual fue fabricado.

3. LAS RAZONES DE LA INDUSTRIALIZACIÓN DE VIVIENDAS.

En ningún sector de la construcción constituye la industrialización una necesidad tan imperiosa como en la construcción de viviendas, tanto por razones económicas como sociales.

3.1 RAZONES ECONÓMICAS Y SOCIALES

❖ Entre las razones económicas se pueden mencionar:

- El elevado coste de la mano de obra y la baja productividad por hora de trabajo. Estos salarios tienden a subir debido a la competencia con otras ramas de la industria que tienen mayor productividad y por tanto pueden pagar mejores jornales, lo que provoca un encarecimiento en los presupuestos que vuelven a ser superiores a otras industrias.
- La escasez de mano de obra repercute notoriamente en la construcción de viviendas en la migración de trabajadores a otras industrias debido a las condiciones salariales.
- Cada vez es mayor el número de accidentes laborales. El origen de esto debe buscarse en la inexperiencia del obrero utilizado

❖ Las razones sociales para la industrialización son:

- Las mejores condiciones de trabajo existente en los talleres de prefabricación, lo que puede ayudar a reducir la marcha de trabajadores a otras ramas de la industria.

- Puestos de trabajos permanentes que no dependen de las condiciones climáticas ni padecen de las variaciones estacionales de la demanda.

3.2 CONDICIONES DE NATURALEZA TECNICA Y ECONOMICAS

Como premisa está la fabricación en grandes series que permitan la utilización racional de maquinaria y el tener asegurada la colocación de los productos durante un periodo de tiempo suficientemente largo para la total amortización de las inversiones.

❖ Como premisas técnicas principales se pueden citar:

- La existencia de máquinas para fabricación, medios de transporte y dispositivos de montaje.

- La disponibilidad de materiales de construcción que permitan mantener una producción industrial.

Frecuentemente se ha objetado a la prefabricación de viviendas que los costes de construcción no resultan sensiblemente inferiores. Esto se debe a que las nuevas fábricas se han visto forzadas a amortizar sus inversiones bastante

rápidamente. Con una producción suficientemente elevada y de colocación inmediata, las amortizaciones por vivienda disminuyen y la construcción resulta mas barata. Un factor adicional es que se considera más elevado el porcentaje de riesgo en la construcción prefabricada por tratarse de un método nuevo.

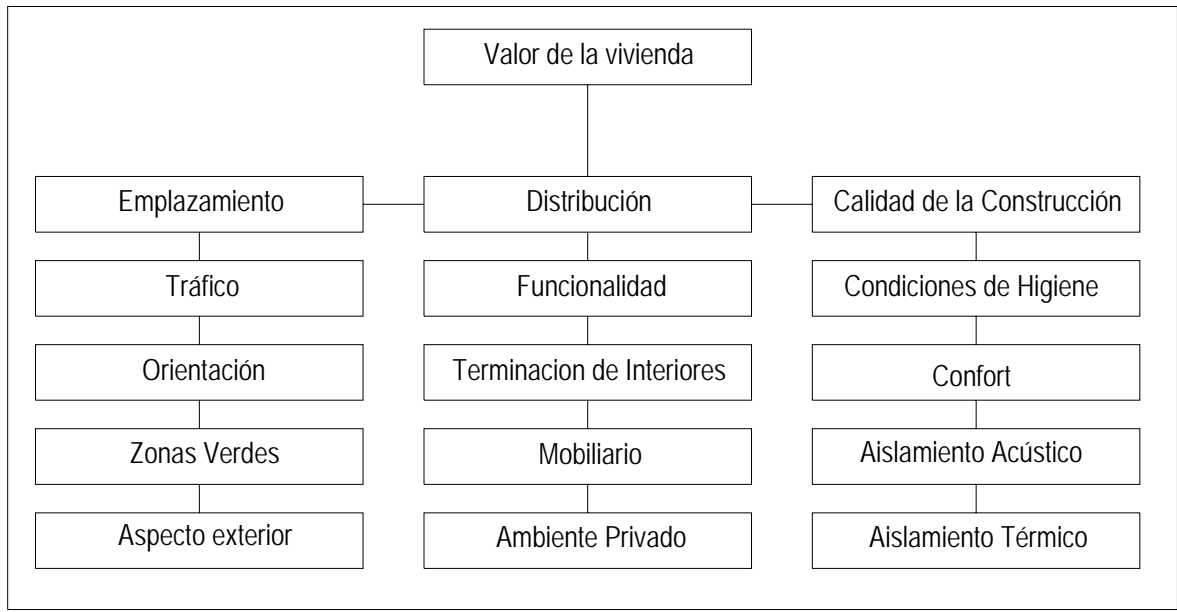


Figura 3 - 1: Factores más importantes para determinar el valor de una vivienda.

Sin embargo, a un plazo más largo, la construcción de viviendas prefabricadas abarata los costes, ya que la mano de obra se puede reducir cada vez más y se pueden incluir en la producción industrial trabajos que hasta ahora sólo se realizaban en forma tradicional.

4. VENTAJAS DE LA INDUSTRIALIZACION DE VIVIENDAS

4.1 VENTAJAS REFERIDAS A LA EMPRESA

1. Gran rotación de capital, permitiendo además la permanencia de la mano de obra, lo que implica a su vez la capacitación de aquellos.
2. Asegura un aprovechamiento integral de los insumos debido al concepto modular del sistema, lo que permite la integración en línea con los productores y proveedores en cuanto a la oportunidad de abastecimiento de materiales e insumos.
3. Existe un sistema de control y aseguramiento de la calidad; hay certificación en el proceso a través de toda la construcción de la vivienda.
4. Ahorro de costos significativos en mano de obra, desechos, post venta.
5. La única inversión inicial para las inmobiliarias es para la urbanización del terreno; las casas son a pedido.
6. Rápida Instalación de viviendas (en algunos casos sólo tarda algunas horas).
7. Variedad en la línea de producción (distintos diseños de casas), se pueden hacer viviendas de 40 a 400 m², lo que permite llegar a distintos mercados objetivos.

4.2 VENTAJAS REFERIDAS AL CONSUMIDOR

1. El propietario elige el modelo que le gusta y puede definir los detalles de acabado con más facilidad (y viéndolos) que en la casa tradicional.
2. El precio final se conoce desde el momento de la firma del contrato y se mantiene inamovible.
3. El plazo de entrega se cumple en todos los casos y tiene una duración máxima de unas pocas semanas.
4. Muy buena resistencia sísmica, porque genera menos esfuerzos, debido a su menor peso.
5. Las condiciones de seguridad, confortabilidad y ahorro energético son las mismas de las de sistema entramado, es decir, iguales o superiores a las tradicionales.
6. La casa prefabricada se hace y se mantiene siempre independiente del terreno, pueden cambiarse cualquiera de los dos si se llega al hastío por cualquier razón. Una casa de este tipo puede ser cambiada de lugar cuando se desee e instalarse en un terreno que sea propiedad de una tercera persona.

5. ASPECTOS TECNICOS

5.1 DISTRIBUCION EN PLANTA Y PRINCIPIOS CONSTRUCTIVOS.

La distribución en planta y la construcción están íntimamente relacionadas por lo que su estudio debe realizarse en conjunto.

De forma muy general las condiciones que debe aplicarse a la planta son las siguientes:

La planta en general debe:

- ❖ Constituir funcionalmente una buena vivienda que satisfaga de la mejor manera los deseos de una familia, es decir, poseer una elevada habitabilidad.
- ❖ Ser económica, es decir, poseer la máxima superficie útil posible respecto a la superficie edificada.

La economía depende directamente de:

- ❖ La cantidad de materiales utilizados
- ❖ Los gastos de fabricación, en los que influyen el plazo de ejecución y la amortización de las inversiones.
- ❖ Los gastos de montaje y transporte

- ❖ El coste de ejecución.

Y respecto a la prefabricación:

- ❖ La construcción debe poder realizarse a partir de la planta con unos pocos elementos diferentes. Las plantas de los diferentes tipos de viviendas deben corresponderse de tal forma que para varios tipos se pueden aplicar unos mismos elementos prefabricados o realizarlos en el mismo molde.(combinatoria y variabilidad)
- ❖ El proyecto debe permitir una agrupación racional de las instalaciones y una completa ejecución en fábrica.

5.2 SOLUCION TECNICA Y CONSTRUCTIVA.

La solución técnica de la prefabricación de viviendas se deduce, por una parte, de la valoración de las alternativas existentes entre las condiciones constructivas, como son:

- a) Volumen edificable, es decir, número de viviendas que se puede construir en un determinado espacio.
- b) Tamaño de viviendas y distribución porcentual de los diferentes tipos.

c) Ordenanzas municipales o servidumbres

Y las posibilidades de ejecución, por otra, como son:

a) Las instalaciones de la fabrica

b) Distancia de la obra al lugar de la fabricación; y

c) Posibilidades de montaje y condiciones de ejecución.

De esta valoración resulta finalmente un “sistema”, una solución técnica y constructiva, donde la relación entre fabricación y montaje se resume en un conjunto de elementos íntimamente concernidos, como son la estética, funcionalismo, ejecución, instalaciones y terminación, y que requieren también un tratamiento particular.

5.3 DESCRIPCIÓN DE LOS PROCESOS INDUSTRIALES.

El proceso comienza con la recepción de la materia prima, principalmente madera y tableros estandarizados de acuerdo a las especificaciones de la vivienda a fabricar. En la línea central de trabajo, la primera fase corresponde a la fabricación del piso, el que puede ser de madera o prefabricado en hormigón armado (placa de fundación en concreto armado que incluye sobrecimiento y losa nervada de radier). Terminado el piso, éste es deslizado por un sistema de rodillos o sistema similar, a la sección de colocación de los muros, tabiques, puertas y ventanas, los que han sido preparados y/o fabricados en líneas de producción colaterales. La fase siguiente

consiste en las instalaciones de las redes eléctricas, de gas, teléfono, agua potable y alcantarillado. Luego se instalan todos los artefactos correspondientes a esas redes. La fase siguiente corresponde a la instalación del cielo y techumbre, para rematar finalmente en las terminaciones interior y exterior.

Durante cada uno de los distintos procesos, se efectúan rigurosos controles de calidad, de modo que al final de la fabricación de la vivienda, ésta es sometida a una última inspección completa antes de proceder a la colocación del correspondiente número de serie. Este número indica que esa vivienda está certificada.

Finalmente la vivienda es subida con una grúa, a un camión especialmente acondicionado para su traslado al lugar de su emplazamiento final.

Además de la línea central de trabajo, existen líneas colaterales menores para la fabricación de los muros y tabiques, de los tabiques sanitarios y de gas, junto a los paneles eléctricos. En las líneas laterales también se preparan las puertas y ventanas.

La producción marginal de los sistemas planos de viviendas en base a grandes paneles y pequeños módulos, es hecha en esas líneas laterales.

6. PLANIFICACION Y PRODUCCION EN CONSTRUCCIÓN INDUSTRIALIZADA

6.1 PRODUCTIVIDAD EN OBRA

6.1.1 Conceptos asociados

❖ **Productividad:**

Definición: es la relación entre la producción obtenida y los recursos utilizados para obtenerla

$$\text{Productividad} = \frac{\text{Producción obtenida}}{\text{Recursos utilizados para obtenerla}}$$

O bien la mayor producción con el mínimo de recursos.

Y estos recursos deben ser menores tomando en cuenta todos sus factores:

- a) Diseño
- b) Terrenos y edificios
- c) Mano de obra
- d) Materiales
- e) Equipos y herramientas.

El concepto de productividad esta también íntimamente ligado con “eficiencia”. Si suponemos que la eficiencia es la obtención de una mayor producción por menor recurso aislado, o en otras palabras:

$$\text{Eficiencia} = \frac{\text{Producción}}{\text{Energía Invertida}}$$

Entonces podemos decir que: “la productividad es la eficiencia en todos los factores de la producción.

Esta eficiencia tiene a su vez los siguientes factores:

- a) Calidad
- b) Tiempo de duración del proceso
- c) Costo.

Tradicionalmente se ha dicho que la calidad se contrapone con el tiempo de duración y el costo de una obra, pero la productividad en la construcción nos debe llevar a efectuar obras de bajo costo, en un corto periodo de tiempo y con la más alta calidad compatible con los elementos usados en la construcción.

Por lo tanto una obra no será productiva si buscando la calidad y el menor plazo de ejecución, se sacrifica el costo, y viceversa.

6.1.2 Especialización de la Mano de Obra.

La Industrialización al estabilizar los procesos constructivos trae inherente la especialización de la mano de obra, que justamente es una de las fallas de que

adolece nuestro país, junto con mejorar los equipos auxiliares a fin de racionalizar los procesos.

Generalmente en construcciones existen carpinteros de obra gruesa y terminaciones, cuya diferencia además de su habilidad y conocimiento, esta en que los primeros usan herramientas elementales (martillo, serrucho, escuadra) y los segundos herramientas más especializadas, pero generalmente de acción manual.



Figura 6 - 1: Carpinteros especializados en fabricación de entramados de madera.

La especialización debe llevar a que existan carpinteros especializados en moldajes, en techumbres, en colocación de puertas y chapas, en revestimientos etc. Se ha hecho la experiencia de colocar dos cuadrillas de carpinteros durante tres años ejecutando enmaderación de techumbre en casas de piso y medio (planta baja y 2º piso en altillo), y se ha logrado obtener una mejora de rendimiento de un 50 % aproximadamente, combinando la especialización manual con un precortado de piezas en la sierra y la utilización de herramientas portátiles en terreno. Del mismo modo, un carpintero especialista en colocación de puertas llega a tener un

rendimiento entre un 80 % a un 100 % mayor que un carpintero de terminaciones que trabaja en muchas actividades.

La especialización significa pues:

- ❖ **Mayor capacidad de producción** (con los mismos hombres - días mayor rendimiento)
- ❖ **Mejora de calidad** (caso de cuadrillas concreteras que trabajando con la misma dosificación y los mismos materiales llegaron a obtener concretos de calidad constante y optima)
- ❖ **Rebaja de costos.** Los mejores rendimientos permiten ejecutar la misma producción con menos H.D. disminuyendo de este modo los beneficios anexos como séptimos, movilización, aguinaldos, etc. Además de disminuir gastos generales por tiempo de ejecución.
- ❖ **Menores desperdicios.** La especialización evita los desperdicios de materiales.
- ❖ **Mejores salarios.** El aumento de eficiencia se traduce en un alza del valor E°/H.D.

El problema de la vivienda en Chile es que existe una baja productividad, tanto en las empresas constructoras, como en muchas industrias que abastecen la construcción (ladrillos, madera, etc.) que trae como consecuencia:

- a) Bajo rendimiento en explotaciones Industriales y de Producción.
- b) Aprovechamiento deficiente de organización, programación y control de los procesos de construcción.
- c) Sistemas ineficientes de organización, programación y control de los procesos de construcción.
- d) encarecimiento de los costos de construcción que,
- e) impide suministrar viviendas a vastos sectores de la población (menos unidades realizadas a más altos costos).

6.1.3 Factores Determinantes en la Productividad

La Productividad tiene 3 factores básicos que son:



Que nos lleva a cambiar:

- ❖ **Actitudes**
- ❖ **Métodos**

❖ **Sistemas de Trabajo**

Y cuyos resultados será una baja en los costos de producción o una mejora en la calidad a igualdad de costos

Dentro de una empresa, estos tres factores están representados de la siguiente forma:

- ❖ **La Organización por la Gerencia.**
- ❖ **La Programación por la Oficina Técnica.**
- ❖ **El Control por la Obra.**

Al estudiar los procesos de la construcción podemos ver claramente como cada uno de estos factores va interviniendo en forma adecuada y coordinada para permitir el desarrollo de un determinado proyecto en forma productiva.

7. DIFERENCIAS ENTRE LA CONSTRUCCIÓN IDUSTRIALIZADA Y TRADICIONAL

7.1 VELOCIDAD DE PRODUCCIÓN

La velocidad de producción de la industria esta determinada en general, por la velocidad de los equipos y maquinarias que constituyen el proceso o por los operadores de estas.

La velocidad de producción en las obras de construcción tradicional esta fijada, fundamentalmente por la aplicación e interés de los trabajadores en el desempeño de sus funciones.

7.2 RELACIÓN HOMBRE MAQUINA.

Los trabajadores en una industria en general se limitan a proporcionar el servicio que las maquinarias requieren para asegurar un proceso continuo y sin interrupciones innecesarias. En otros términos los trabajadores se convierten en “sirvientes” de las instalaciones.

Los trabajadores de la construcción tradicional por la naturaleza de los trabajos, mas bien del tipo artesanal, deben servirse de las maquinas y herramientas para aumentar su capacidad física o su destreza. En definitiva, el trabajo de la construcción depende directamente de la creatividad de sus trabajadores.

7.3 MOVILIDAD DE LAS INSTALACIONES

Las instalaciones industriales y en especial las fábricas, se caracterizan por la utilización de equipos, maquinaria e instalaciones de tipo estático, razón por la cual la instalación industrial permanece sin variación en su movilidad por prolongados lapsos de tiempo.

En la construcción tradicional la mayor parte, por no decir la totalidad, de los equipos son móviles, y autopropulsados. Esto se debe a la necesidad de poder

cambiarlos continuamente de ubicación para poder obtener el mejor aprovechamiento de acuerdo a las circunstancias. Esto es precisamente lo que le da forma a una obra o faena, aun mas en una misma faena y con los mismos equipos, dos ingenieros pueden organizar la obra en forma distinta según la experiencia y gusto de cada uno.

7.4 LÍNEA DE PROCESO

Un cambio cualquiera en la línea de producción es motivo de un minucioso estudio de ventajas y desventajas, antes de ponerlo en práctica sin interrumpir el proceso; salvo que el cambio propuesto haya sido producido por una causa de fuerza mayor, y si esto ultimo fuera este el caso, al normalizarse la situación se reponen las condiciones del proceso inicial.

En una construcción tradicional, a pesar de que se hayan estudiado y propuesto sistemas de trabajo bien definidos, estos son susceptibles de continuos cambios motivados por las circunstancias del momento, por la necesidad de adaptarse ya sea a las condiciones imperantes o a los medios con los que en ese momento se cuenta. Esto es fácil de apreciar si se observa que en obra para hacer un mismo trabajo existen varios métodos.

7.5 PERIODICIDAD DE LOS TRABAJOS.

Los procesos industriales se basan fundamentalmente en la división sistemática del trabajo, obteniéndose en esta forma actividades que pueden ser

repetidas, varias veces, por el mismo individuo y bajo las mismas condiciones en un tiempo relativamente corto.

Desgraciadamente la construcción tradicional no cuenta con esa facilidad, cada vez que es posible realizar una actividad similar a la otra, es difícil que coincidan además las condiciones de ambiente, aunque la realicen las mismas personas y con los mismos equipos.

**CAPITULO V : PRODUCCIÓN DE ESTRUCTURAS DE MADERA
PARA VIVIENDAS PREFABRICADAS EN SERIE.**

1. ESTRUCTURAS DE MADERA DE UNA VIVIENDA PREFABRICADA.

La necesidad de reducir los plazos en la construcción y de mejorar y garantizar la calidad de terminación del producto, ha conducido a que gran parte de los elementos que conforman la estructura de la vivienda sean fabricados y armados en industrias especializadas o en talleres de las propias empresas constructoras y cuya aplicación se ha ido acentuando en la medida que aumenta la mecanización de los procesos constructivos.

Las estructuras prefabricables de una vivienda de madera son:

- ❖ Los entramados verticales, también llamados paneles o tabiques soportantes y autosoportantes

- ❖ La estructura de techumbre, frontones y cerchas

En el proceso de montaje se consideran los revestimientos necesarios para lograr la rigidez adecuada, además de considerar, a medida del avance de la obra.

En la Figura 1-1 se muestra en detalle la solución estructural del sistema de plataforma, que es el método más extendido y ventajoso para la construcción de una edificación de una vivienda de dos pisos.

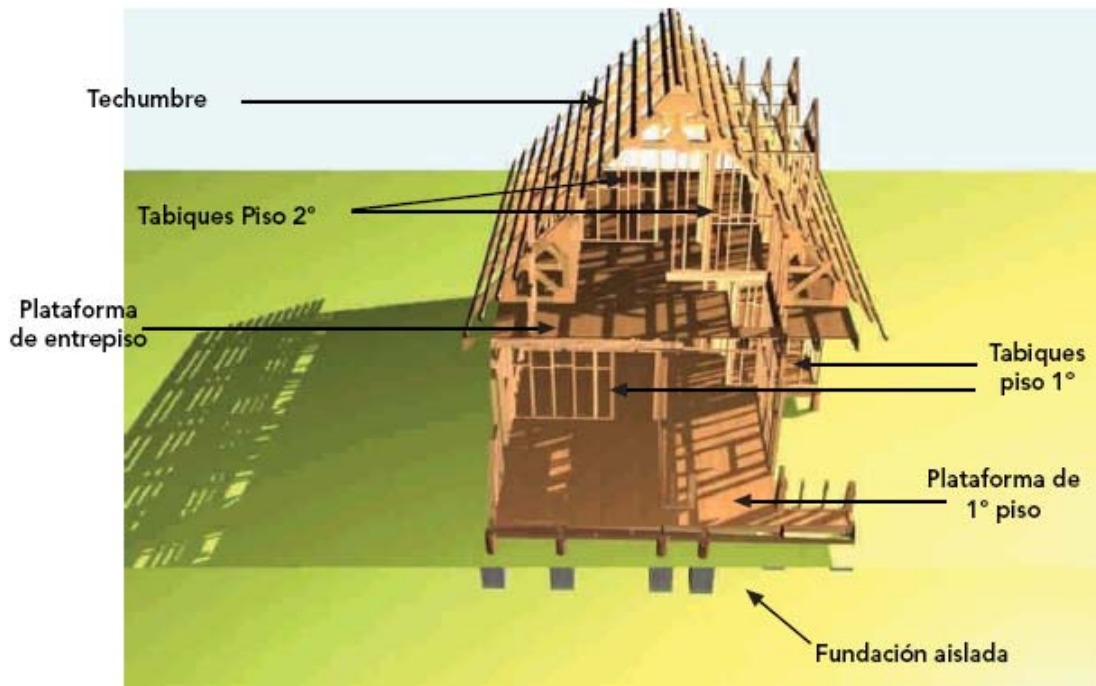


Figura 1 - 1: Corte de la vivienda especificando sus componentes estructurales principales.

1.1 CLASIFICACIÓN DE SISTEMAS DE ESTRUCTURAS PREFABRICABLES

Se subdividen en:

- ❖ Estructuras de placa
- ❖ Estructuras de entramados

1.1.1 Estructuras de placas:

Este sistema básicamente consiste en la fabricación de paneles que están conformados por bastidores de perfil de madera, provistos de revestimiento que le imprimen la rigidez y arriostramiento al conjunto.



Figura 1 - 2: Industria especializada que muestra la estación en la que se arman los tabiques y se realizan las uniones de los elementos.

A cada panel que corresponde se le incorpora la instalación eléctrica, sanitaria, aislación térmica, barreras de vapor y humedad, puertas y ventanas, para luego ejecutar en obra los anclajes a la fundación, uniones de encuentros y colocación de revestimientos.



Figura 1 - 3: El panel llega a la obra con instalaciones, recubrimientos y terminaciones.



Figura 1 - 4: Estructuras preparadas (tabiques, frontones) para ser trasladadas al lugar donde se está construyendo.

La ventaja más trascendente de este sistema constructivo es el fácil desarme de los elementos estructurales que conforman la vivienda, por lo que las soluciones de las uniones como pernos, piezas de madera, clavos y perfiles de acero deben ser de fácil acceso y simple mecanismo.

El armado de estos paneles está regido por la estructuración de construcciones de diafragmas, donde los paneles se disponen de forma que se arriostren y se obtenga la rigidez necesaria para la estructura.

1.1.2 Estructuras de entramados :

Son aquellos cuyos elementos estructurales básicos se conforman por vigas, pilares o columnas, postes y pie derecho.

Según la manera de transmitir las cargas al suelo de fundación podemos distinguir los sistemas:

1.1.2.1 Sistema poste- viga

Son aquellos en que las cargas son transmitidas por las vigas que trasladan a los postes y estos a las fundaciones.



Figura 1 - 5: Se puede observar el conjunto de vigas horizontales e inclinadas y cómo transmiten los esfuerzos a los pilares o columnas.

1.1.2.2 Sistema de paneles soportantes

Son aquellos en que las cargas de la techumbre y entrepisos son transmitidas a la fundación a través de los paneles.

En el sistema de paneles soportantes se destacan:

- ❖ Sistema continuo (no prefabricable)
- ❖ Sistema plataforma

2 TABIQUES O ENTRAMADOS VERTICALES

2.1 DEFINICIÓN

Los tabiques son elementos entramados compuestos por piezas verticales y horizontales de madera que se distribuyen de forma similar e independiente del tipo de servicio que presten, ya sea como elemento constructivo resistente o de separación entre recintos.

Según su capacidad soportante los entramados verticales se pueden clasificar en:

2.1.1 Tabique Soportante

Es todo elemento vertical (entramado de madera) que forma parte de la estructura resistente de la vivienda.

Es un tabique diseñado para soportar cargas estáticas y dinámicas. Las primeras son aquellas producidas y aportadas por:

- ❖ Estructura de techumbre con solución de cubierta
- ❖ Entramados verticales de niveles superiores
- ❖ Entramado de entrepiso
- ❖ Sobrecargas de uso
- ❖ Peso propio
- ❖ Nieve y otros

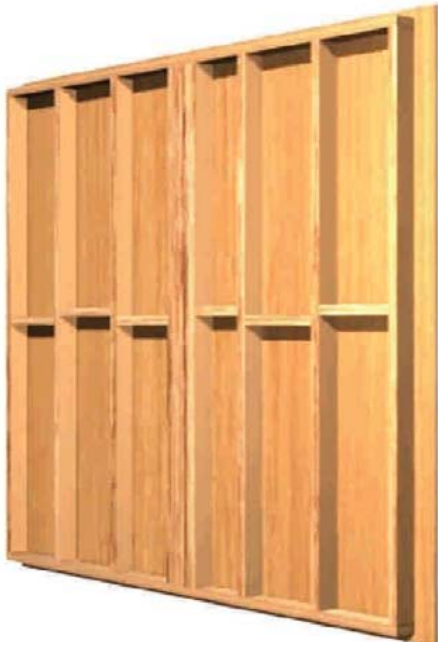


Figura 2 – 1: Elevación de un tabique soportante de madera prefabricado, cuyo diseño considera como componente arriostrante la utilización de tablero contrachapado o de hebras orientadas (OSB). Vista por el interior

2.1.2 Tabique Autosoportante

Es todo elemento vertical que cumple funciones de separación entre los recintos interiores de una vivienda y que sólo puede recibir cargas de magnitud reducida. Aún cuando no requiere de piezas arriostrantes, es recomendable incorporar aquellos componentes que ayudan a la adecuada fijación de muebles colgantes de tipo mural, soportes de clóset, artefactos, cañerías y ductos de instalaciones básicas en la vivienda.



Figura 2 - 2: Elevación de un tabique autosoportante prefabricado.

Según su ubicación los entramados verticales se pueden clasificar en:

2.1.3 Tabiques soportantes perimetrales

Son aquellos que conforman todo el perímetro exterior en forma continua y cerrada con una de sus caras expuestas a la intemperie y son parte de la estructura resistente de la vivienda.



Figura 2 – 3: Elevación exterior de un tabique soportante estructural prefabricado montado sobre su plataforma base

2.1.4 Tabiques soportantes interiores

Son aquellos que están diseñados para resistir cargas en el interior de la vivienda provenientes desde niveles superiores, y al mismo tiempo, la transmisión de esfuerzos horizontales producidos por sismo o viento y son parte de la estructura resistente.



Figura 2 - 4: Encuentro de un tabique soportante interior con tabique soportante perimetral

2.1.5 Tabique autoportante interior

En general, un tabique autoportante siempre va dispuesto en el interior de la vivienda, ya que sólo cumple funciones como elemento separador entre ambientes o recintos de la misma.

3 ESPECIFICACIÓN DE LA MADERA DE PINO RADIATA PARA ENTRAMADOS VERTICALES

3.1 TABIQUES SOPORTANTES

Complementariamente a la información que se obtiene a partir del cálculo estructural, se debe proporcionar los parámetros necesarios que delimitarán la calidad de la madera que se utilizará en la fabricación de los tabiques para fines estructurales.



Figura 3 - 1: La calidad de la madera utilizada es esencial para la prefabricación de los entramados verticales, ya que de ello depende fundamentalmente la durabilidad y estabilidad de los elementos en servicio.

Una correcta especificación debe considerar las siguientes definiciones para la madera que se utilizará:

❖ **Especie maderera:**

Tipo de madera que se utiliza, por ejemplo: Pino radiata.

❖ **Uso o destino de la madera:**

Madera para uso estructural. Por ejemplo, pie derecho.

❖ **Escuadría nominal:**

Se debe recordar que la escuadría nominal de una pieza de madera (espesor x ancho), se expresa en pulgadas. Su grado de elaboración queda establecido por las dimensiones expresadas en milímetros (norma chilena NCh 174).

Por ejemplo: si se especifica la utilización de piezas de 2"x 4", sin informar sus dimensiones normalizadas en milímetros, queda abierta la probabilidad de utilizar tres tipos posibles de calidades de madera:

- Madera dimensionada (en bruto, verde, de 48 x 98 mm), con un contenido de humedad no menor al 25%.

 - Madera dimensionada (en bruto, seca, de 45 x 95 mm), con un contenido de humedad de 13 a 15%.

 - Madera cepillada (cep/4c de 41 x 90 mm), con un contenido de humedad de 13 a 15%.
-
- ❖ **Largo comercial:** Dependiendo de la escuadría especificada para muros, el largo de una pieza se expresa en metros con dos decimales y comercialmente puede ser adquirida en 2,40; 3,20; 4,00 y 4,80 m.

 - ❖ **Contenido máximo de humedad:** La madera que se utiliza para tabiques necesariamente debe ser secada en cámara y estabilizada con un contenido máximo de humedad del 14% con una tolerancia de +-2%.

 - ❖ **Tiempo de estabilización:** La madera en el lugar donde prestará servicio debe pasar por un período de estabilización de humedad, adaptándose a las condiciones locales de temperatura, humedad relativa del aire y época del año, antes de ser utilizada en la fabricación de elementos soportantes.

 - ❖ **Grado estructural de la madera:** Por tratarse de madera para uso estructural, debe especificarse su clasificación como tal, ya sea visual (GS, G1 o G2, según NCh 1207); o mecánica (C16 o C24, según BS EN 519).

❖ **Escuadrías mínimas recomendadas:** En términos de escuadría nominal para tabiques soportantes, pueden considerarse los siguientes mínimos recomendables:

- 2" x 3" min. en muros de viviendas de 1 piso (especificadas en milímetros).
- 2" x 4" min. en muros de primer piso, en viviendas de 2 pisos (especificadas en milímetros).
- 2" x 3" min. en muros de segundo piso, en viviendas de 2 pisos (especificadas en milímetros).

3.2 TABIQUES AUTO SOPORTANTES

Los tabiques auto soportantes sólo deben responder a solicitaciones de soporte en revestimientos, muebles y artefactos (Figura 3 – 2) que pueden fijarse lateralmente a él.

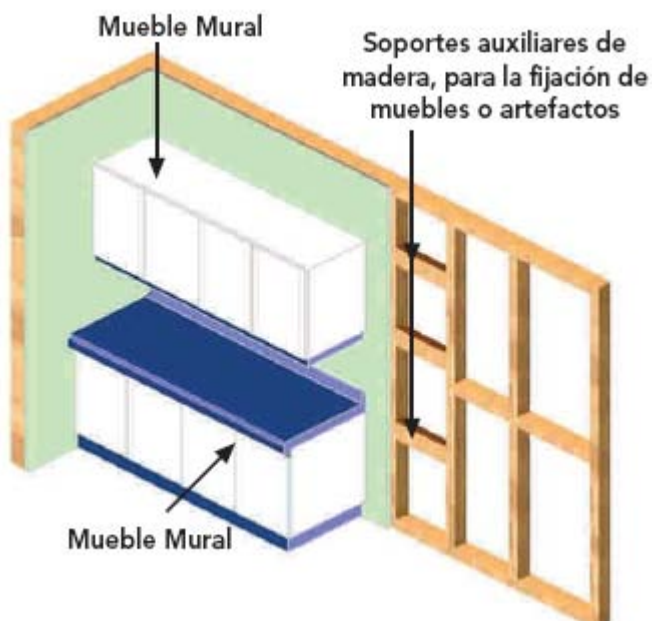


Figura 3 – 2: Componentes auxiliares para la fijación de muebles. Según sea el caso, se deben prever todas las piezas necesarias entre los pie derecho para asegurar un buen anclaje de los muebles murales.

No obstante lo anterior, es necesario especificar adecuadamente la madera que se utilizará en dichos elementos. En este sentido, los aspectos técnicos que se deben considerar son los siguientes:

- ❖ **Especie maderera:** Pino radiata.
- ❖ **Uso y destino de la madera:** Madera cepillada para tabiques.
- ❖ **Escuadría nominal:** Debe establecerse en base a los criterios que se recomiendan más adelante.
- ❖ **Largo comercial:** Dependiendo de la escuadría especificada para tabiques, el largo de una pieza se expresa en metros con dos decimales y comercialmente puede ser adquirida en 2,40 y 3,20 m.
- ❖ **Contenido máximo de humedad:** La madera utilizada para tabiques debe ser secada en cámara y especificada con un contenido máximo de humedad del 13%, con una tolerancia de +2%.
- ❖ **Tiempo de estabilización:** La madera debe pasar por un período de estabilización de humedad, con respecto a las condiciones locales de humedad, temperatura y época del año, antes de ser utilizada en la fabricación de los elementos.
- ❖ **Escuadrías mínimas aceptables para su fabricación:** Teniendo presente los aspectos de especificación anteriormente descritos, la

escuadría mínima a utilizar en este tipo de elementos debe considerarse en las siguientes secciones mínimas aceptables:

- 2" x 2" min. en tabiques de viviendas de 1 piso (especificadas en milímetros).
- 2" x 3" mín., para tabiques del primer y segundo piso (vivienda de dos pisos), exigencia por el factor de resistencia al fuego (especificada en milímetros).

4 PARÁMETROS DE LA FABRICACIÓN Y MONTAJE DE ENTRAMADOS VERTICALES

El sistema de plataforma permite la modulación de gran parte de los elementos, especialmente de los entramados verticales o tabiques lo que genera un importante incremento en la velocidad de construcción.

Para llevar a cabo la prefabricación de los tabiques en general, es necesario desarrollar los planos de fabricación y montaje a partir del proyecto de arquitectura y diseño estructural.

Existe una serie de parámetros a considerar en el diseño de tabiques soportantes y auto soportantes, que permite la información e indicaciones necesarias para el armado y montaje.

4.1 PARÁMETROS DEL DISEÑO ARQUITECTÓNICO

Luego de determinar las dimensiones definitivas de los recintos para una o más plantas de la vivienda, hay que estudiar dichas medidas para ajustarlas a la modulación que se defina para los tabiques que conformarán los cerramientos y las divisiones interiores.

Estos deben ser múltiplos de los largos comerciales de las piezas de Pino radiata, de escuadrías 2" x 3" y 2" x 4" de 2,40 m; 3,20 m o 4,80 m de largo.

Igualmente la altura de los tabiques se relaciona con los tableros estructurales de madera (terciado fenólico o el de hebras orientadas), de medidas 1,22 x 2,44 m (ancho y alto respectivamente).

A continuación se expone un ejemplo donde se muestra el plano planta de arquitectura del primer piso y el plano de modulación correspondiente, con la ubicación de los tabiques que será necesario prefabricar.

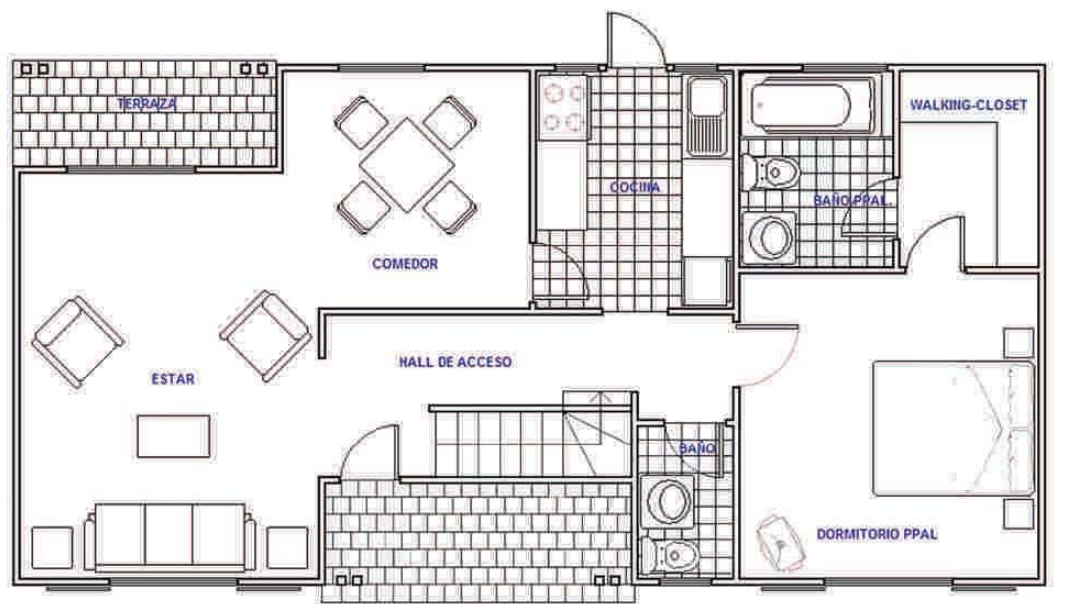


Figura 4 – 1: Plano planta de arquitectura del primer piso con distribución de recintos.

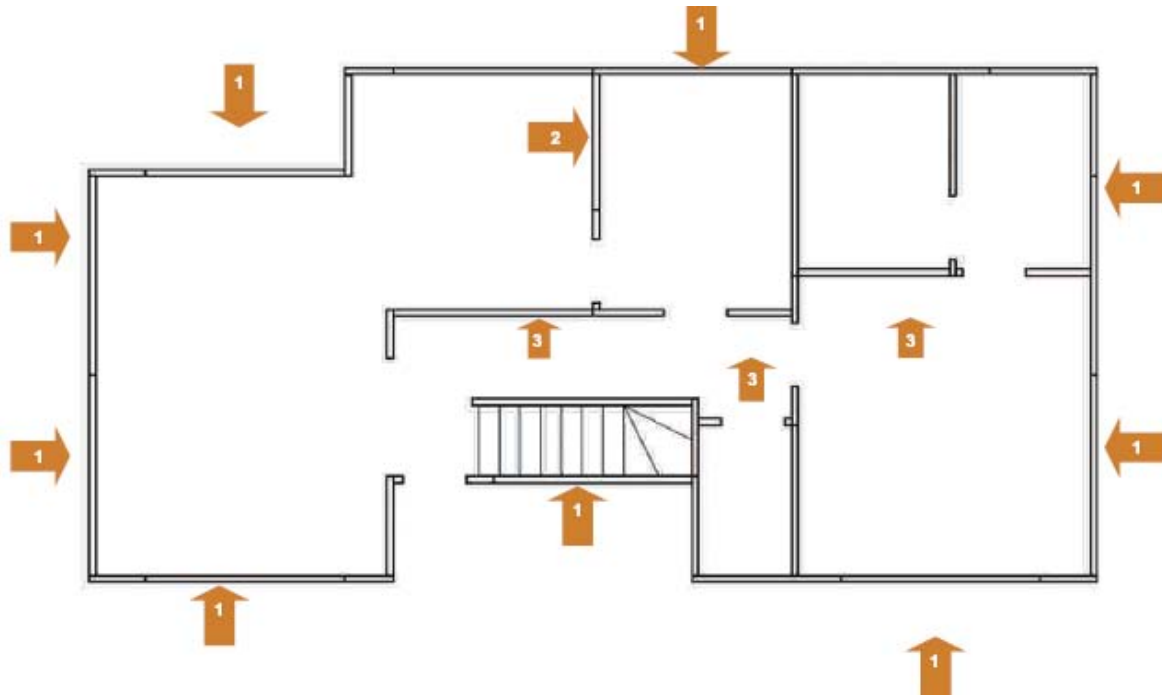


Figura 4 – 2: Plano de ubicación de los tabiques con modulación principal a 2,40m y sub-múltiplos (1,20 m; 0,60 m).

1. Vista de tabique perimetral (desde el exterior de la vivienda)
2. Vista de tabique interior vertical (de izquierda a derecha.)
3. Vista de tabique interior horizontal (de abajo hacia arriba.)

Plano de planta modulación de tabiques con ubicación exacta de cada tabique con su dimensión y características principales. Se puede observar que son mínimos los tabiques con dimensiones especiales. Por eso es necesario ajustar las medidas definitivas en el plano planta de arquitectura.

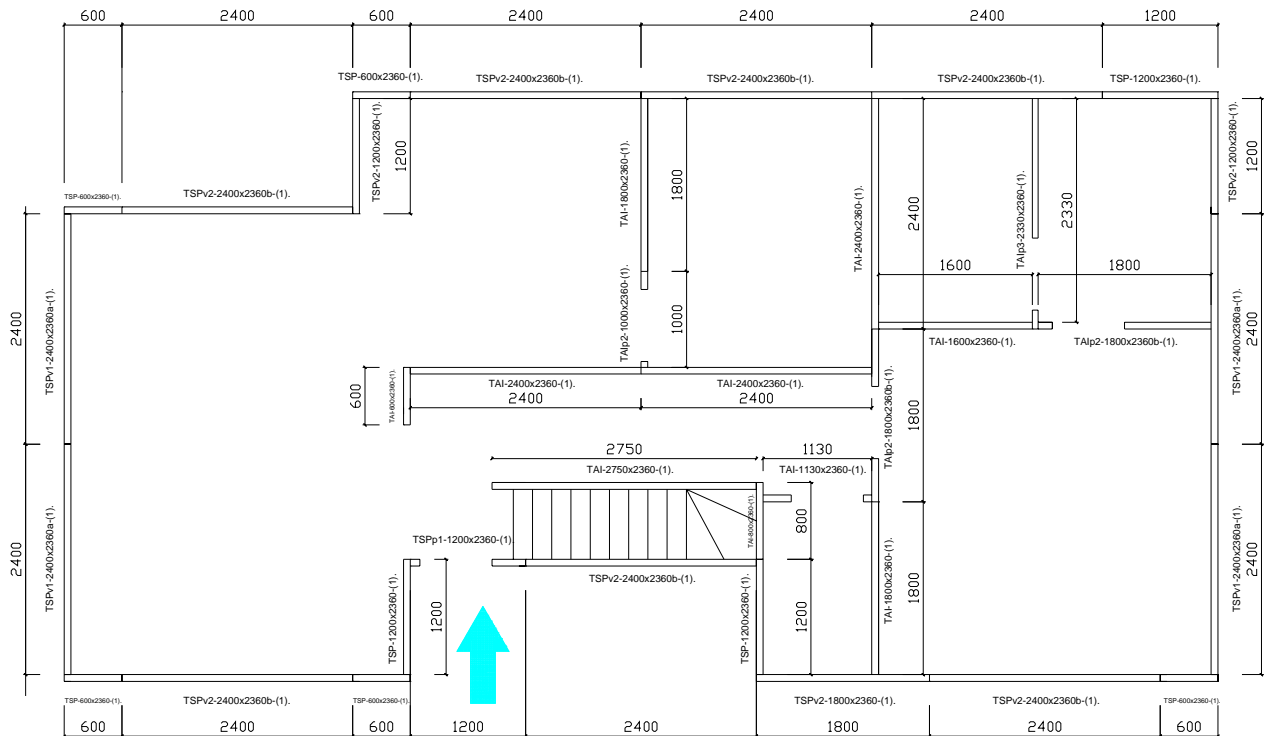


Figura 4 – 3: Plano de planta modulación de tabiques primer nivel.

Interpretación de la designación de tabiques:

Ejemplo TP -1200 -E (1)

TP = Tabique Perimetral

1200 = Ancho de tabique en milímetros

E =Estructural Cara exterior revestida con terciado Fenólico u OSB

(1) = Perteneciente al 1º piso

4.1.1 Vista en elevación de tabiques

Tal como se observa en la Figura 4 - 3, para la representación de tabiques en los planos de fabricación, su elevación debe ser interpretada según el siguiente orden de vista:

a) Tabiques soportantes perimetrales

Los tabiques soportantes perimetrales siempre se representan en los planos de fabricación y montaje en elevación, vistos desde el exterior de la vivienda, acotando el posicionamiento de cada pieza y su distribución por medio de los cortes transversales que sean necesarios para dicho fin.

Generalmente se requiere de dos cortes, uno en sección horizontal y otro en sección vertical.

De esta forma se establece que, en la cara a la vista de la elevación y va clavado o atornillado el tablero estructural especificado para la función de arriostamiento del elemento.

Por medio de trazos en línea segmentada se debe señalar los bordes de clavado y distribución del tablero, con respecto a la distribución de componentes de madera que conforman el tabique.

b) Tabiques interiores en vertical

Vistos en el plano en forma vertical, se representan en elevación, de izquierda a derecha (flechas apuntando hacia la derecha en Figura 4 - 2).

c) Tabiques interiores en horizontal

Vistos en el plano en forma horizontal, se representan en elevación, vistos de abajo hacia arriba (flechas apuntando hacia arriba en Figura 4 - 2).

4.1.2 Armado y posicionamiento de piezas.

Otro aspecto esencial que debe ser claramente definido en los planos de fabricación y montaje, son la ubicación, cantidad, distribución y acotamiento de todas y cada una de las piezas que componen el tabique.

Como se observa en la elevación de la Figura 4 - 4, a la cabeza y al pie de cada tabique señalado en los planos, se debe representar un corte transversal que define y acota la ubicación y posicionamiento de la totalidad de los componentes del elemento.

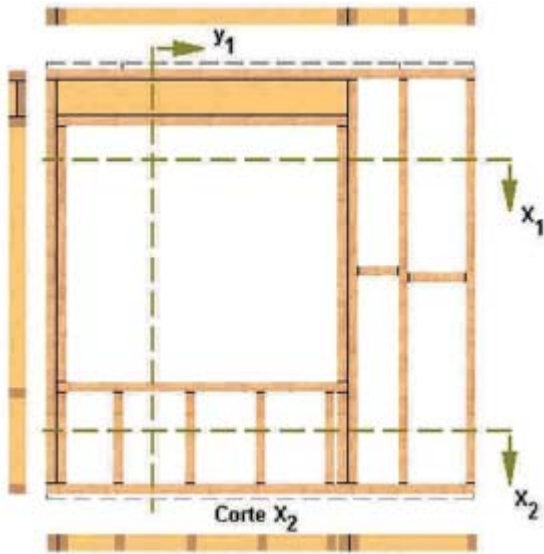


Figura 4 - 4: Elevación con información necesaria para la fabricación y montaje del tabique en obra.

❖ Corte Transversal Horizontal Superior

El corte o perfil superior que se considera pasando por el vano de puertas y/o ventana

- Finalidad: tener líneas de acotamiento (Figura 4 - 4, Corte x1) que definan el posicionamiento de los siguientes componentes:

- De las piezas requeridas para la unión del tabique con otro, ya sea en encuentro “colineal”, en “esquina”, o en “T”.
- Del vano de ventana (o puerta según corresponda), como rasgo libre en obra gruesa sin considerar centros y/o marcos.

❖ Corte Transversal Horizontal Inferior

El perfil inferior se considera pasando a media altura del tabique o por debajo de antepechos de ventanas, cuando corresponda (Figura 4 - 4, Corte x2).

- Finalidad: definir la distribución modulada de todo componente vertical (pie derecho, jambas, muchachos y puntales de dintel), que cumple con la función de componente soportante de los revestimientos.

❖ Corte Transversal Vertical

El corte o perfil vertical que se considera pasando por el vano de puertas y/o ventana (Figura 4 - 4, Corte y1)

- Finalidad: define y posiciona información relacionada con:

- Altura de fabricación del tabique
- Altura final del tabique con componentes independientes(solera basal de montaje y solera de amarre)
- Altura de dinteles de puertas y ventanas
- Altura de antepechos en ventanas
- Altura y posición de transversales cortafuego (cadenetas)
- Altura y posición de refuerzos para la fijación de muebles de cocina (base y mural) u otros
- Altura y posición de refuerzos para la fijación de artefactos sanitarios o de equipamiento
- Refuerzos para estructuración de clósets
- Refuerzos para estructuración de escalas

Otro aspecto fundamental que debe ser incorporado en los planos de fabricación y montaje, en los casos que corresponda, es la cantidad y ubicación de

pernos de anclaje lateral entre tabiques soportantes, en encuentros de tipo colineal u ortogonal.

4.1.3 Nomenclatura básica para la fabricación, designación y ubicación de los tabiques

Dependiendo del tipo de tabique, de los materiales que lo componen y del servicio que prestará, es necesario establecer una nomenclatura básica e inequívoca, que permita conocer las características de uso y destino del tabique que se está observando.

Para dar una correcta caracterización a los tabiques que conforman la vivienda, es necesario presentar parámetros orientados a evitar confusiones e indefiniciones en el proceso de armado, lo que evitará el posterior desarmado, ajuste y rearmado del elemento constructivo en obra:

- ❖ Identificar si se trata de un tabique soportante o un tabique autoportante.
- ❖ Identificar si el tabique soportante se ubica en el perímetro o en el interior de la vivienda.
- ❖ Definir y acotar su ancho y altura de fabricación.
- ❖ Identificar a qué nivel corresponde el elemento constructivo, sea soportante o no (si es de 1° o 2° piso).
- ❖ Identificar si el tabique se especifica en dos o más lugares de la vivienda.
- ❖ Identificar si el tabique se repite en otro sector de la vivienda, pero en forma invertida o abatido en 180°, sobre uno de sus ejes de simetría.

- ❖ Especificar si existe alguna condición especial en el proceso de fabricación y/o montaje.

Como una forma de establecer un ordenamiento mínimo y una caracterización resumida y precisa de un tabique en la etapa de diseño, se deberá tomar en cuenta la siguiente nomenclatura básica.

a) Nombre genérico del tabique

Si se trata de un tabique soportante o autoportante, éste deberá identificarse según el siguiente esquema:

- ❖ TS = Tabique soportante
- ❖ TA = Tabique autoportante

b) Identificación de la ubicación del elemento (interior o exterior)

Independiente del tipo de función (estructural o no), debe identificarse su ubicación o zona de servicio:

- ❖ P = Perimetral o a la intemperie
- ❖ I = Ubicación interior

c) Identificación de vano de puerta o ventana

- ❖ vn = Vano de ventana
- ❖ pn = Vano de puerta

El subíndice n debe indicar el número correlativo o tipo de ventana o puerta según corresponda.

d) Definición o medida del ancho y altura del tabique Ancho y altura del tabique expresado en milímetros.

Por ejemplo: 2.400 x 2.359 mm.

e) Subíndice por tabique similar

Consiste en incorporar un subíndice a, b, c, etc. Después de expresada su dimensión en milímetros, cuando se requiera caracterizar un tabique similar a uno anterior, pero que presenta diferencias en el posicionamiento o cantidad de piezas en el armado de uno o más de sus componentes.

f) Identificación de piso o nivel

Consiste en establecer la ubicación del elemento constructivo cuando se trate de viviendas de dos pisos o más:

- ❖ (1) = Muros o tabique de primer piso
- ❖ (2) = Muros o tabique de segundo piso

A continuación, se presentan algunos ejemplos para la identificación de tabiques de acuerdo al método descrito:

❖ **Caso 1: Tabique soportante perimetral ventana**

TSPv1– 2400x2360a-(1)

Corresponde a las siguientes características de fabricación e identificación:

- Tabique soportante perimetral (el tablero estructural especificado va fijado en la cara del elemento a la vista en la elevación respectiva): TSP
- Contiene vano de ventana tipo “v1”
- El ancho del elemento es de 2.400 mm.
- La altura del elemento es de 2.360 mm.
- El elemento es de tipo “a”
- El elemento es de primer piso (1)

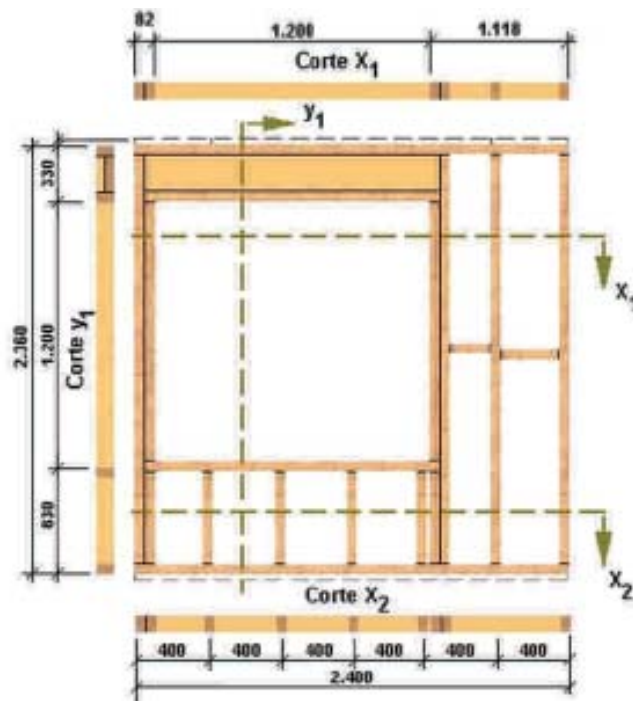


Figura 4 – 5: Elemento TSPv1 - 2400x2360a - (1)

❖ **Caso 2: Tabique soportante perimetral TSPv1-2400x2360b-(1)**

Corresponde a las siguientes características de fabricación e identificación:

- Tabique soportante perimetral (el tablero estructural especificado va fijado en la cara del elemento a la vista en la elevación respectiva): TSP.
- Contiene vano de ventana tipo “v1”
- El ancho del elemento es de 2.400 mm
- La altura del elemento es de 2.360 mm
- El elemento es de tipo “b”, ya que tiene una distribución de piezas distinta con respecto al anterior.
- El elemento es de primer piso (1)

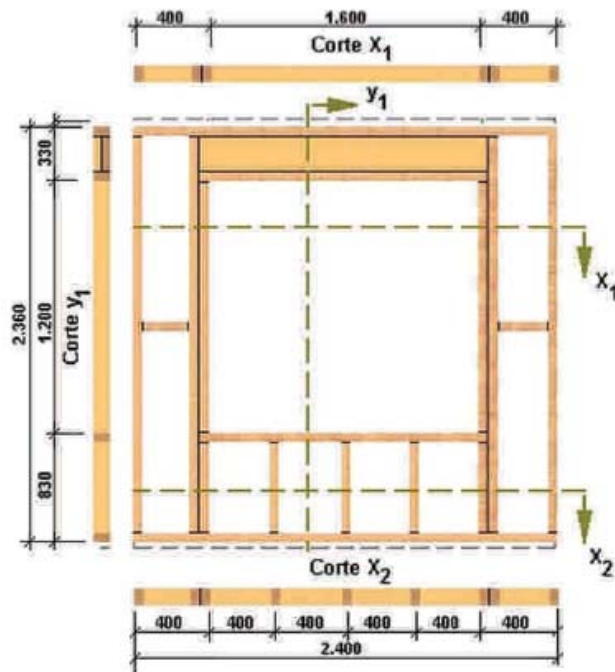


Figura 4 – 6: Tabique perimetral TSPv1 – 2400 x 2360 b – (1).

❖ **Caso 3: TSP p2 v4 – 2400 x 2360 - (1)**

Corresponde a las siguientes características de fabricación e identificación:

- Tabique soportante perimetral (el tablero estructural especificado va fijado en la cara del elemento a la vista en la elevación respectiva): TSP
- Contiene vano de puerta “p2” y vano de ventana “v4”
- El ancho del elemento es de 2.400 mm
- La altura del elemento es de 2.360 mm
- El elemento es único
- El elemento es de primer piso (1)

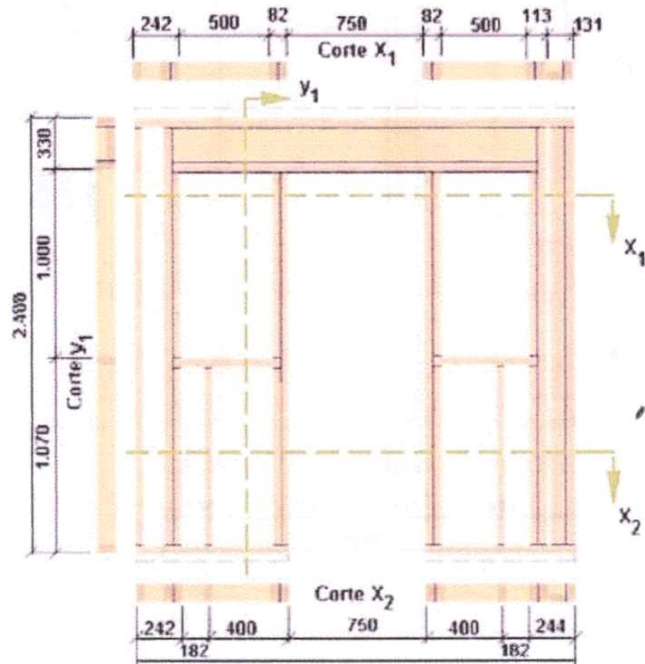


Figura 4–7: Tabique perimetral TSPp2v4 -2400x2360-(1).

❖ **Caso 4: Tabique autoportante TAI p3- 2040 x 2360-(1):**

Corresponde a las siguientes características de fabricación e identificación:

- Tabique autoportante interior: TAI
- Contiene vano de puerta tipo “p3”
- El ancho del elemento es de 2.040 mm
- La altura del elemento es de 2.360 mm
- El elemento es único
- El elemento es de primer piso (1)

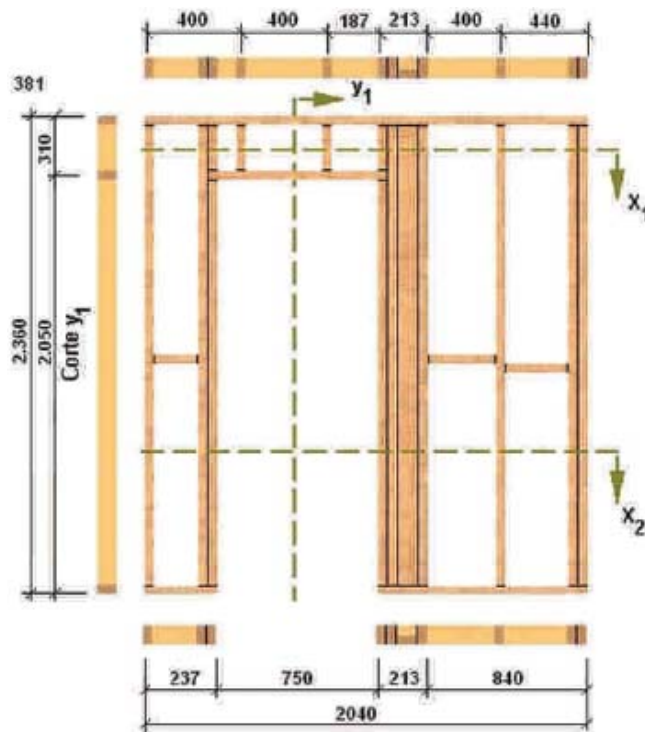


Figura 4 – 8: Tabique interior TAIp3-2040x2360-(1).

4.1.4 Dimensionamiento de paneles o tabiques a prefabricar

Una vez definidos los aspectos de calidad de materiales utilizados y las bases de cálculo estructural que se usarán, es necesario tener presente una serie de criterios de diseño relevantes y complementarios para llevar a cabo la prefabricación de tabiques o entramados verticales.

En este aspecto, la longitud de fabricación de los tabiques que conforman la estructura de la vivienda es una variable que debe analizarse.

Para determinar estas dimensiones es necesario acogerse a 3 condiciones

- ❖ Condiciones de fabricación
- ❖ Condiciones de la estructura
- ❖ Condiciones de terminación

4.1.4.1 Condiciones de fabricación

❖ Determinación del largo de paneles o tabiques a prefabricar

Consiste en establecer si la fabricación de los tabiques se realizará en una planta de prearmado o en una planta en obra (también pueden ser prefabricados directamente sobre la plataforma de madera u hormigón), para posteriormente ser montados, arriostrados y anclados en su lugar de destino.

El procedimiento que se establezca debe tener en consideración que, mientras mayor sea la distancia entre la ubicación física de la obra y la de prefabricación de los tabiques, más limitada será la longitud de fabricación de los mismos, o en su defecto, mayor deberá ser el equipamiento requerido para el carguío y traslado de tabiques de dimensiones mayores.

Por ejemplo, si se tiene que cubrir una gran distancia geográfica entre la planta de fabricación y el lugar de la obra, y no se cuenta con mano de obra y equipamiento para el montaje, la solución recomendada de prefabricación para un tramo de tabique de 7,2 m de largo, será la indicada en la Figura 4 – 9a.

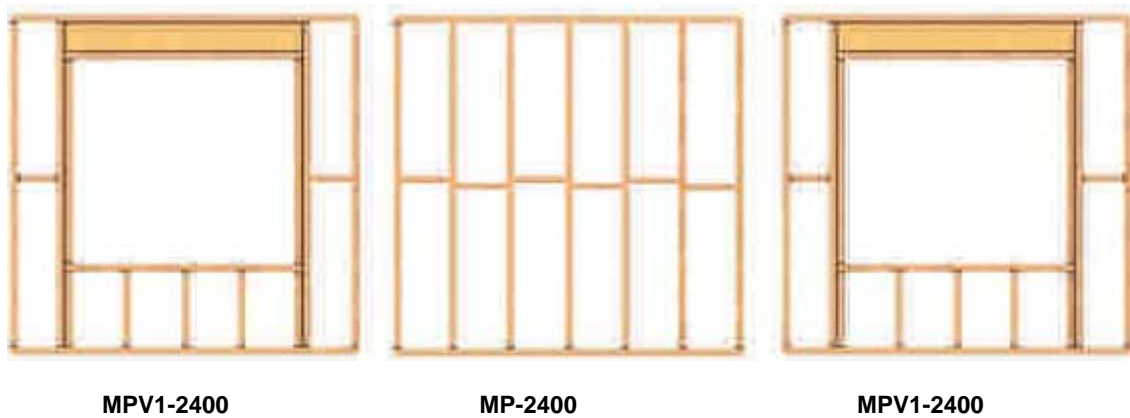


Figura 4 – 9a: Tramo estructural de 7,2 m de longitud, resuelto con la prefabricación y alineación de tres tabiques soportantes sucesivos (colindantes), de igual ancho.

En la Figura 4 – 9b, se plantea igual situación, resuelta con sólo dos tabiques colindantes de iguales características entre sí, pero con un eje de simetría en medio de ambos.

Con esta alternativa es posible prefabricar los elementos con mayor longitud y así realizar una menor cantidad de empalmes.

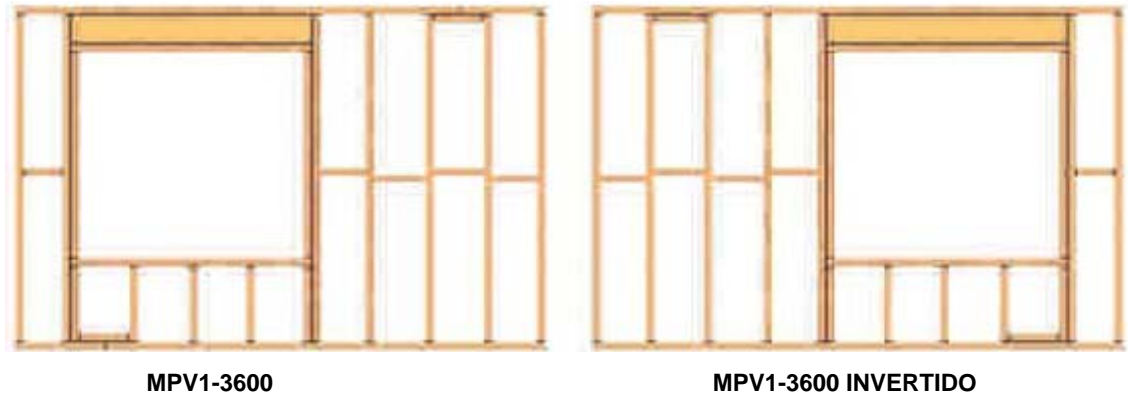


Figura 4 – 9b: Tramo estructural de 7,2 m de longitud resuelto con la prefabricación y alineación de dos tabiques soportantes sucesivos de igual ancho.

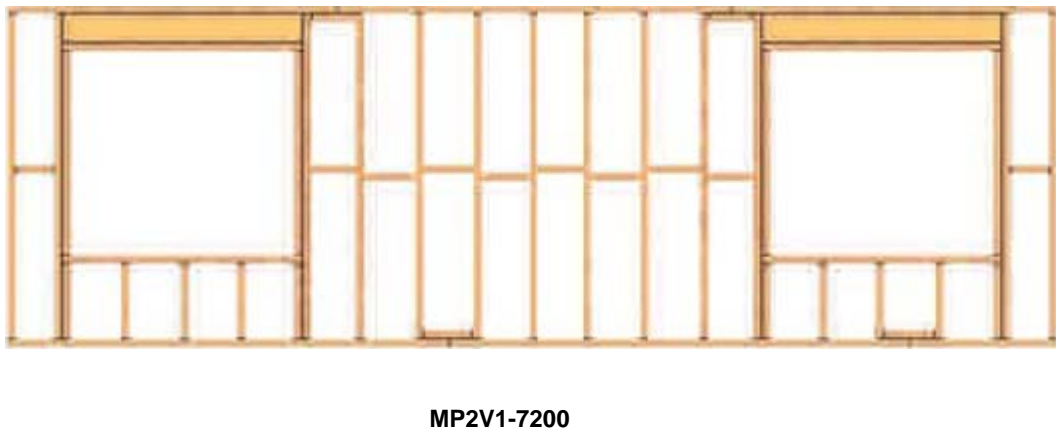


Figura 4 – 9c: Tramo estructural de 7,2 m de longitud, resuelto con la prefabricación y alineación de un tabique soportante.

Por último, la alternativa planteada en la Figura 4 – 9c, se recomienda aplicarla cuando el muro es posible prearmarlo como un solo elemento sobre la misma plataforma y levantar y montar prácticamente sobre su eje de ubicación.



Figura 4 – 10: Ejemplo de prefabricación de un tabique divisorio en mesa de armado en obra.

En general, los anchos recomendados para la fabricación de tabiques están relacionados con la modulación de revestimientos y sus dimensiones estándar.

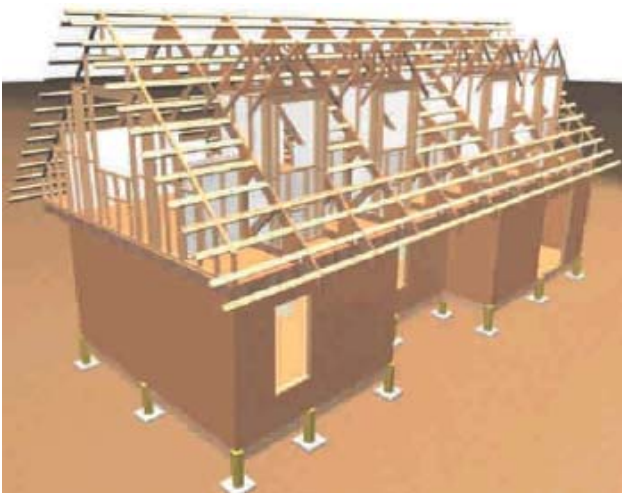


Figura 4 - 11: La totalidad de los tabiques de una vivienda, Independientemente de su superficie útil, pueden ser prefabricados y transportados

4.1.4.2 Condiciones de la estructura

En este aspecto se consideran aquellas variables que afectan a las dimensiones externas del tabique y los criterios más importantes para determinar especialmente, la altura de fabricación de los tabiques de una vivienda.

Entre las variables más importantes se destacan:

- Tipo de plataforma, es decir, si se trata de madera u hormigón
- Si la vivienda es de 1 ó 2 pisos
- Si se utiliza madera aserrada dimensionada seca o cepillada
- Tipo de revestimiento de los tabiques

❖ **Determinación de la altura de paneles o tabiques a prefabricar**

Determinar la altura estándar para la fabricación de tabiques con respecto a una altura de piso a cielo, definido en los planos de arquitectura, requiere tomar en cuenta algunas condiciones básicas en cuanto al uso y complementación de materiales existentes en el mercado nacional.

A continuación se determinará la altura de fabricación de tabiques según existencia o no de la solera basal de montaje.

a.) Sin Solera Basal de Montaje

En la Figura 4 -12 se puede observar la situación que se produce sin utilizar solera basal de montaje.

En este caso, se sugiere que al diseñar la vivienda se considere como patrón de altura el tablero estructural perimetral, ya sea contrachapado fenólico o tablero de OSB, de dimensiones 1.220 x 2.440 mm (espesor 9 a 12 mm), el cual debe cubrir en la vertical los siguientes componentes:

- **Vivienda de un piso:** Manteniendo la integridad de altura del tablero, desde el borde superior de la solera de amarre hasta 40 mm bajo el borde de la plataforma de hormigón o de madera.

Esta “pestaña” cumple la función de evitar la penetración e infiltración, a nivel de piso, de agua lluvia y humedad hacia el interior de la vivienda.

- **Vivienda de dos pisos:** Manteniendo la integridad de altura del tablero, el segundo piso se puede resolver de igual forma que el anterior. Sin embargo, para el primer piso es conveniente considerar, como mínimo, los 40 mm de “pestaña” o “cortagotera” y en el borde superior del tablero, coincidir a media altura de la solera de amarre. La franja intermedia, de aproximadamente 183 mm que se produce perimetralmente a la altura del entrepiso, debe ser cubierta con flejes de tablero de igual espesor.

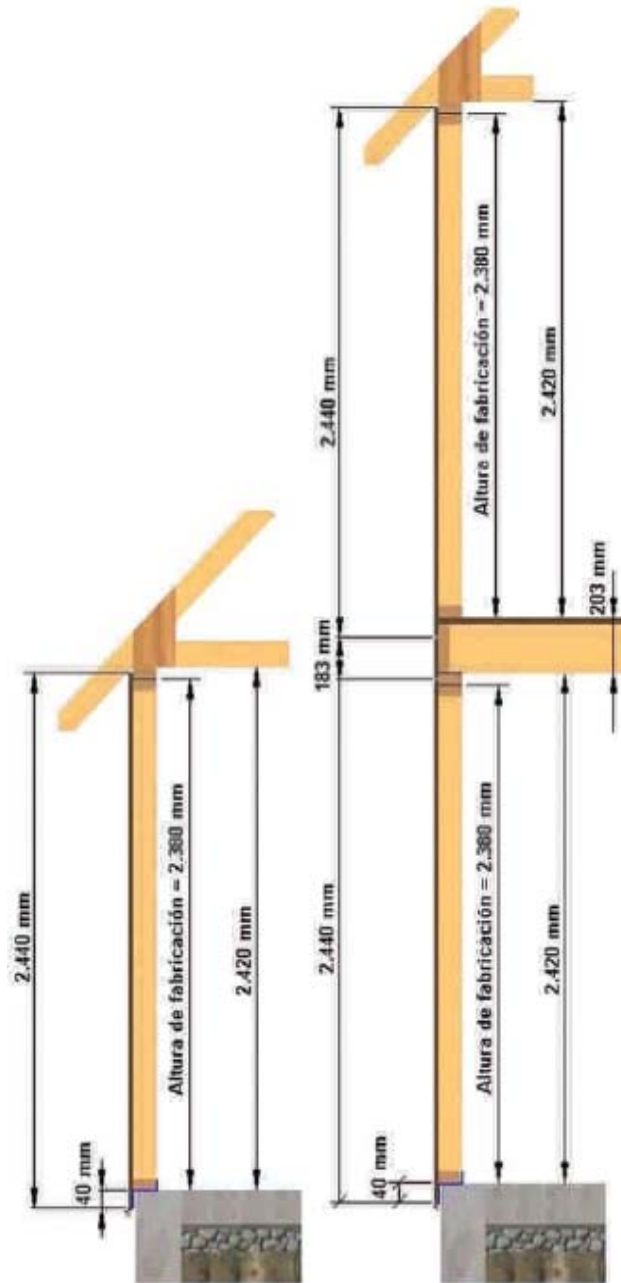


Figura 4 -12: Altura de fabricación de tabiques con madera cepillada sobre plataforma de hormigón para el caso de viviendas de 1 o 2 pisos sin considerar solera basal de montaje

b.) Con Solera Basal de Montaje

Cuando se utiliza solera basal de montaje (Figura 4 - 13 y se mantiene la integridad de tableros estructurales perimetrales, la altura final de piso a cielo puede verse disminuida hasta alcanzar 233 cm, lo que en ningún caso afecta la normalidad de viviendas destinadas a habitación.

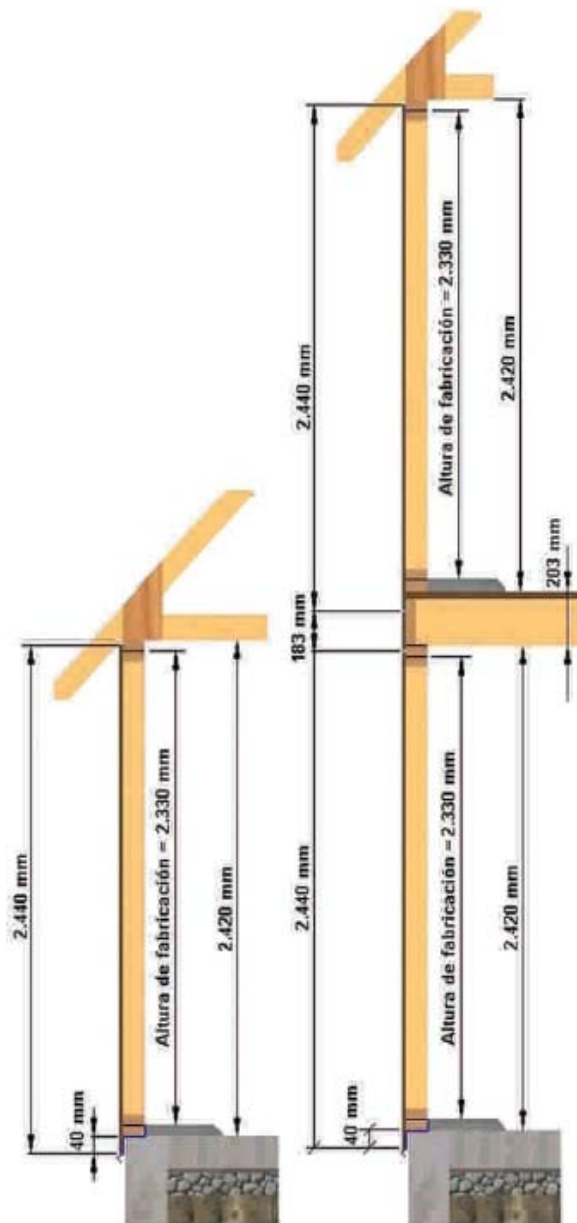


Figura 4 - 13: Altura de fabricación de tabiques con madera cepillada sobre plataforma de hormigón para el caso de viviendas de 1 ó 2 pisos,

considerando solera basal de montaje, sobrelosa afinada sobre el radier y loseta liviana acústica en 2º piso; ambas de 40 a 50 mm de espesor.

4.1.4.3 Condiciones de terminación

Para evitar un entorpecimiento en la ejecución, o modificaciones que aumenten los costos y retrasen la ejecución de las actividades posteriores, se deben considerar una serie de variables que afectan la estructura interna del tabique soportante.

Entre los aspectos más importantes se puede destacar:

- ❖ Dimensión de puertas y ventanas especificadas
- ❖ Espesor de marcos y centros de puertas y ventanas
- ❖ Espesor del recubrimiento de piso
- ❖ Estructura y espesor de cielo raso de la vivienda

Dependiendo de las condiciones anteriormente señaladas, la longitud de fabricación de un tabique puede ser variable:

- ❖ Ancho mínimo recomendado: 60 cm
- ❖ Ancho máximo recomendado: 480 cm

Con ello, no sólo se busca responder a requerimientos del lugar de prearmado o del medio de transporte utilizado, sino que también a condiciones de:

- ❖ Uso y aprovechamiento de largos comerciales de las piezas o perfiles de madera especificada
- ❖ Uso y aprovechamiento de tableros estructurales y placas de revestimiento interior

4.2 MONTAJE DE ELEMENTOS PREFABRICADOS.

El montaje de los elementos prefabricados debe planificarse desde dos puntos de vista:

4.2.1 Montaje de elementos menores

Cuando los elementos constructivos que se montan son tabiques de poca longitud (máximo 4,80 m), puede realizarse manualmente por el personal de la obra, con las debidas precauciones de seguridad que deben adoptarse para dicha situación.



Figura 4 – 26: Etapa de montaje de muros prefabricados en obra directamente sobre la plataforma



Figura 4 - 27: Traslado manual del elemento prefabricado en obra, de dimensiones 3,20 m de ancho por 2,40 m de alto



Figura 4 - 28: El elemento finalmente es levantado, anclado y fijado sobre su eje de ubicación de forma rápida y expedita

4.2.2 Montaje de módulos transportables

El sistema de prefabricación contempla el transporte de módulos completos o tridimensionales, los cuales pueden encontrarse parcial o completamente terminados, el montaje debe realizarse mecanizadamente, es decir, con la incorporación de maquinas y equipos que permitan realizar dicha faena con alta seguridad, con conocimiento absoluto de los procedimientos a seguir y con la precisión que se requiere.



Figura 4 - 29: Modulo tridimensional, listo para ser transportado y montado.

4.2.3 Parámetros técnicos a considerar en el montaje de elementos prefabricados.

A través de la información proporcionada por los planos de montaje, que complementaria y coordinadamente con los planos de arquitectura y estructura, deben proporcionar la información necesaria para ejecutar los trabajos de manera secuencial y lógica.

Por esta razón, los planos de montaje forman parte de la gestión de calidad de la edificación y la metodología de su confección debe basarse en los parámetros técnicos que a continuación se describen:

- ❖ Cantidad y ubicación de componentes verticales (pie derecho u otros) necesarios para la fijación entre tabiques, en encuentros colindantes, en esquina, en “T” o en cruz.
- ❖ La plataforma de madera u hormigón debe corresponder, en dimensiones parciales y totales, con el trazado y ubicación de los tabiques.
- ❖ Los tabiques deben ser verificados en cuanto a sus medidas de ancho y posicionamiento de piezas que conforman vanos de puertas y ventanas,

de manera que los elementos verticales coincidan con el trazado en planta y encuentros destinados a su lugar de servicio.

- ❖ Perforaciones para el paso de pernos de anclaje, tubos, ductos y cañerías de instalaciones básicas y de equipamiento deben ser rectificadas, correctamente ejecutados y protegidos de posibles daños, golpes y roturas durante el montaje y colocación de los revestimientos.

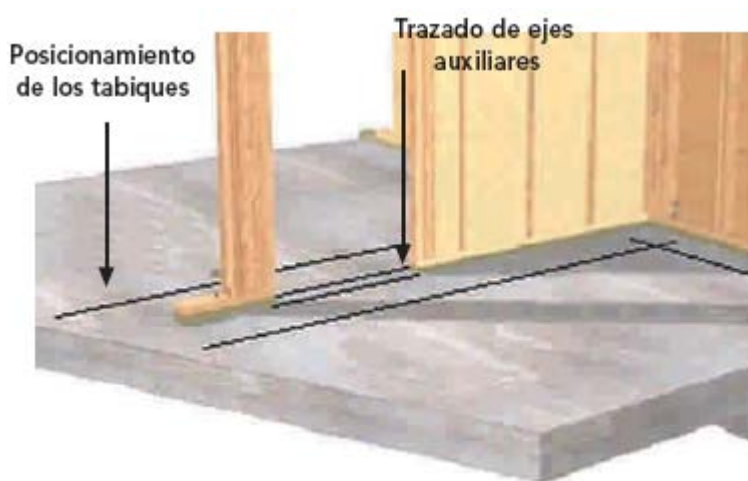


Figura 4 - 30: Tabique posicionado en su lugar de servicio, según el trazado sobre plataforma de hormigón, con encuentro con un tabique interior.

Con el objeto de cumplir con los requerimientos anteriormente descritos, se debe establecer un criterio común para la presentación de la información relevante que se proporcionará en los planos de fabricación y montaje de los entramados verticales de la vivienda.

Los planos de fabricación de paneles o tabiques de madera deben indicar con exactitud la ubicación de ellos con respecto del ancho total del elemento y al mismo tiempo, la ubicación con respecto al recinto completo donde éste presta servicio.

4.3 TRASLADO Y TRANSPORTE

En general, el transporte de los tabiques, módulos tridimensionales u otros elementos prefabricados de madera sólo está condicionado o limitado por el volumen a transportar, por las condiciones climáticas y topográficas del trayecto y del lugar, y no por magnitud de carga trasladada (peso máximo por eje).

En general los factores que deben ser considerados para establecer la forma más adecuada de transportar los elementos prefabricados son:

- 1)** Factibilidad de proteger debidamente los tabiques, por medio de láminas o lonas impermeables resistentes a condiciones severas de velocidad, temperatura, humedad del ambiente, lluvia, exceso de exposición al sol y tiempo de transporte, entre otros, para evitar deformaciones en los tabiques ya prefabricados o a la madera paletizada que se traslada para ejecutar la prefabricación en obra.

- 2)** La factibilidad de acceder al lugar de la obra con el medio de transporte de carga seleccionado, ya sea por el estado del camino, curvas y pendientes de la ruta, por lo que es aconsejable efectuar un reconocimiento del terreno previamente.

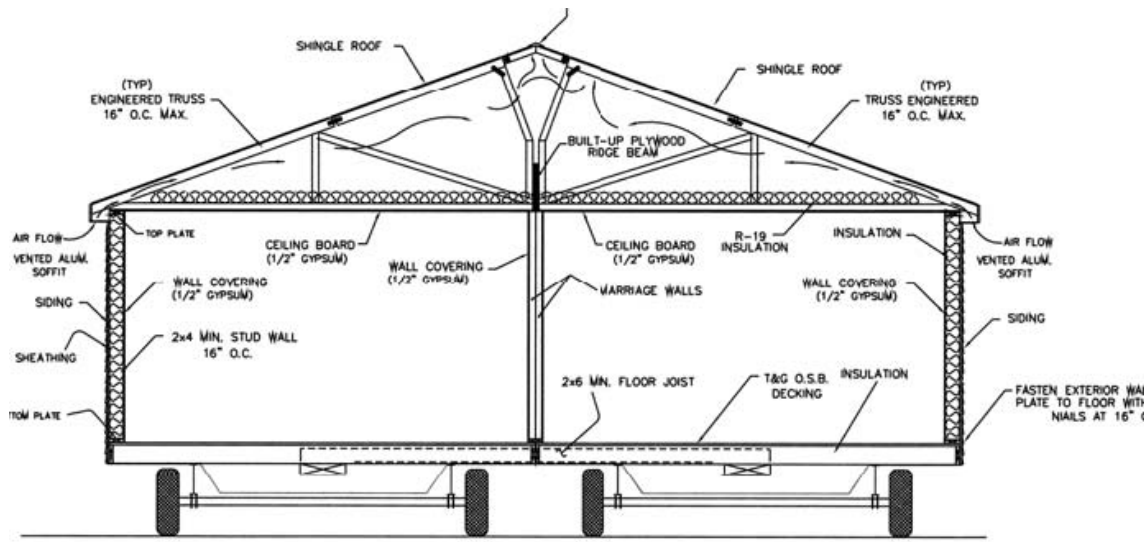


Figura 4 - 31: Esquema transporte modulo tridimensional de un piso, cuyas cerchas son fijas y van en su posición definitiva desde la fábrica

5 LA FABRICA

Las instalaciones necesarias para la fabricación influyen decisivamente en la construcción modular tridimensional. Cuanto mayor es la capacidad de la fábrica y mejores y más elevadas las inversiones, tanto más ventajosa es la fabricación. Fundamentalmente se puede distinguir entre una fabricación a pie de obra (fabrica móvil) y una fabricación en instalación fija.

5.1 FÁBRICA MÓVIL O FÁBRICA FIJA.

La fabricación a pie de obra, que prácticamente requiere las mismas instalaciones que una fábrica fija, solamente esta indicada para cierto número de viviendas, con lo que los costes de montar y desmontar las instalaciones son menores que la reducción conseguida en los costes de transporte, que en la fabricación a pie de obra resultan naturalmente mucho menores.



Figura 5 - 1: Fábrica de entramados de madera, puede denominarse “fábrica fija”

El radio de acción de una planta de fabricación depende de numerosas condiciones locales, por ejemplo, mientras mayor sea la distancia entre la ubicación física de la obra y la de prefabricación de los tabiques, afectará directamente en el grado de industrialización de éstos, o en su defecto, mayor deberá ser el equipamiento requerido para el carguío y traslado de tabiques de dimensiones mayores. Por ello no es posible responder correctamente a esta cuestión.

Sin embargo, en la mayoría de los países el coste del transporte para distancias de 50 a 60 km. No sobrecarga el precio del elemento en más del 10 %. Si se tiene en cuenta que también en la fabricación a pie de obra hay que realizar transportes, la diferencia puede no ser superior al 50 % de los costes de transporte si existe la posibilidad de montar los elementos directamente a partir del vehículo.

5.2 INSTALACIONES Y ELEMENTOS INVOLUCRADOS EN LA EJECUCIÓN DE PANELES.

Se debe tener presente que la prefabricación de muros y tabiques es una actividad que requiere eficiencia, tanto en el uso de los materiales como en la ejecución. Para ello se debe contar con el espacio físico necesario y con las herramientas adecuadas.

5.2.1 Herramientas utilizadas en la ejecución de paneles prefabricados.

- ❖ Instrumentos de medición como cintas métricas y metro del carpintero
- ❖ Instrumentos de control como plomadas mecánicas, nivel de mano (de 0.80 m de largo como mínimo)
- ❖ Martillos balanceados
- ❖ Sierras de precisión
- ❖ Clavadoras de aire comprimido
- ❖ Bancos de armado con guías a escuadra
- ❖ Xilohigrómetros, etc

CAPITULO VI : COSTOS DE INDUSTRIALIZACIÓN

1 GENERALIDADES

Los precios de las viviendas industrializadas en madera varían según diferentes situaciones.

- ❖ Tipo de vivienda según tipo de subsidio;
- ❖ Región Geográfica;
- ❖ superficie;
- ❖ otras.

Dependiendo del sistema y grado de industrialización de cada empresa, es posible disminuir los costos considerablemente respecto de la construcción tradicional con iguales estándares de confort habitacional.

A continuación se expondrá la comparación de los costos de fabricación de los paneles de una vivienda

2 COMPARACION DE COSTOS ENTRE PANELES PREFABRICADOS Y TRADICIONALES

2.1 CONSIDERACIONES

2.1.1 Respecto a la Vivienda

- ❖ La vivienda es panelizada y estructurada en madera de pino radiata

- ❖ Tiene dos niveles, los cuales conforman una superficie construida de 96,24 m²

- ❖ Formará parte de un conjunto de viviendas repetitivas a edificar en distintas etapas y en diferentes ciudades del sur de Chile.

2.1.2 Respecto al Estudio de Costos

- ❖ El estudio se desarrollo en base a una investigación realizada a empresas constructoras de viviendas en serie, las cuales utilizan el sistema de industrialización de éstas mediante la prefabricación de elementos de madera.

- ❖ El análisis corresponde a los costos en los que incurre una empresa, solo en la fabricación y montaje de paneles interiores y exteriores

- ❖ Debido a que el sistema industrializado tiene la capacidad de solicitar a sus proveedores gran cantidad de materiales, los precios de los distintos materiales incluidos en la construcción de paneles prefabricados, será un 15 % inferior a los utilizados para construir los paneles de forma tradicional

- ❖ Los costos son extraídos del manual ONDAC 2005

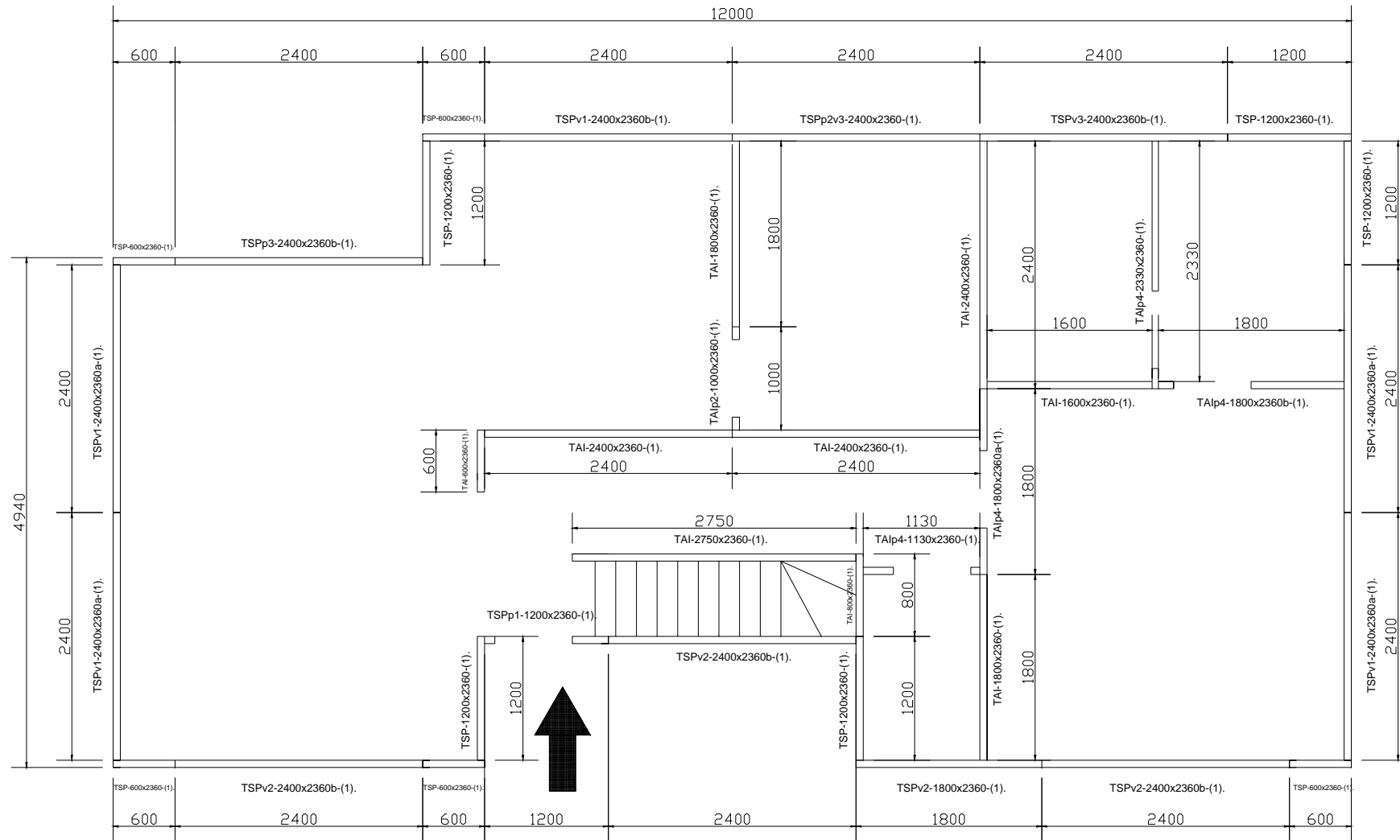
- ❖ Los rendimientos de carpinteros en construcción tradicional son extraídos del manual ONDAC 2005

- ❖ Los rendimientos de carpinteros en construcción industrializada, son extraídos mediante la investigación realizada por el autor del presente estudio.

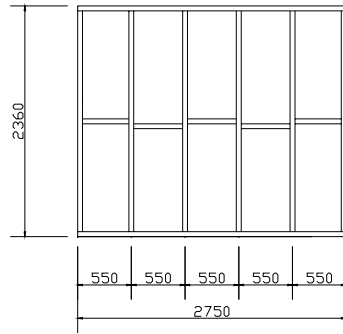
- ❖ Los costos están expresados en U.F. al día 09/01/2008

3 PLANOS MODULACION DE PANELES VIVIENDA

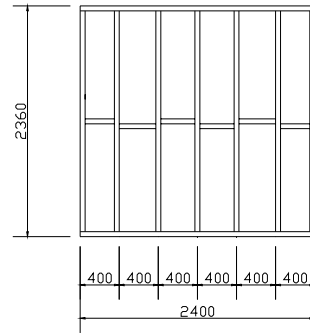
3.1 PLANTA PANELES PRIMER NIVEL.



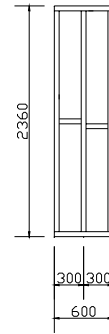
3.2 ELEVACION PANELES PRIMER NIVEL.



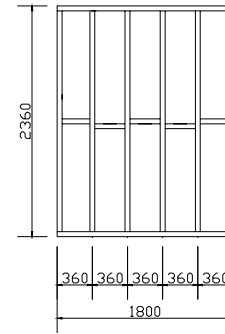
TAI-2750x2360-(1)
CANTIDAD: 1



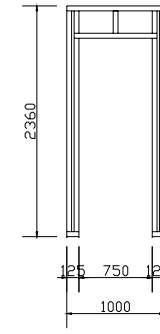
TAI-2400x2360-(1)
CANTIDAD: 3



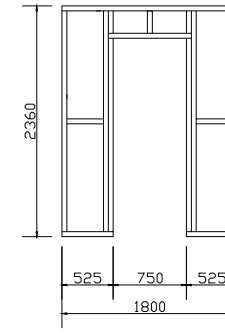
TAI-600x2360-(1)
CANTIDAD: 1



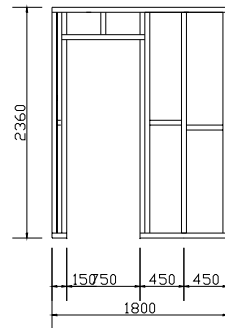
TAI-1800x2360-(1)
CANTIDAD: 2



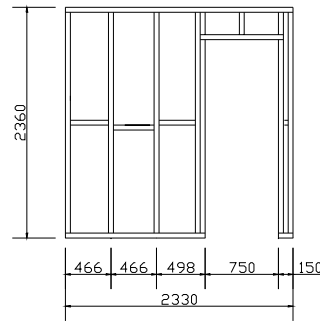
TAI_{P4}-1000x2360-(1)
CANTIDAD: 1



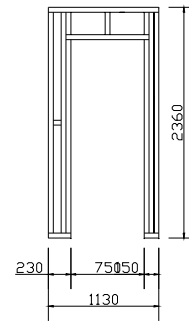
TAI_{P4}-1800x2360a-(1)
CANTIDAD: 1



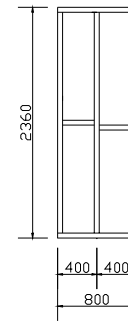
TAI_{P4}-1800x2360b-(1)
CANTIDAD: 1



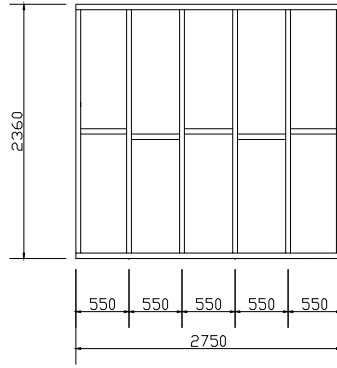
TAIP4-2330x2360-(1)
CANTIDAD: 1



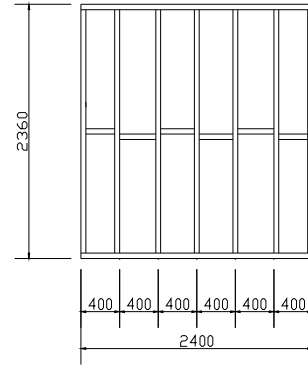
TAI_{P4}-1130x2360-(1)
CANTIDAD: 1



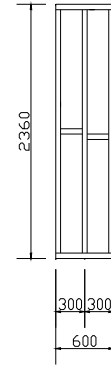
TAI-800x2360-(1)
CANTIDAD: 1



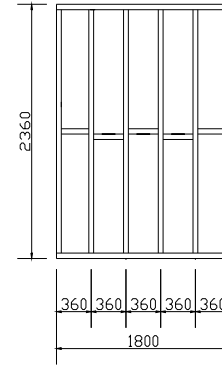
TAI-2750x2360-(1)
CANTIDAD: 1



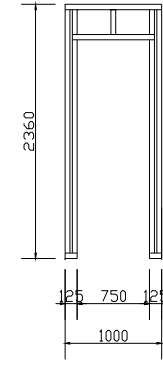
TAI-2400x2360-(1)
CANTIDAD: 3



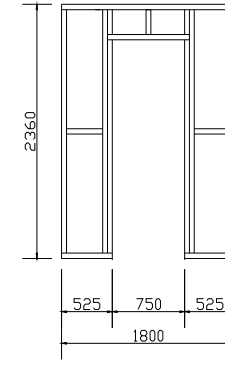
TAI-600x2360-(1)
CANTIDAD: 1



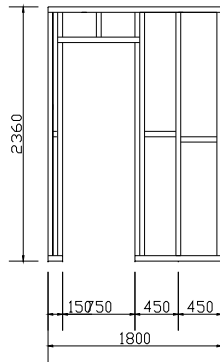
TAI-1800x2360-(1)
CANTIDAD: 2



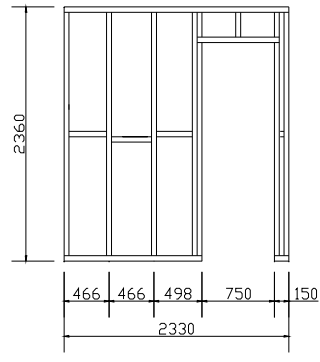
TAI_{ra}-1000x2360-(1)
CANTIDAD: 1



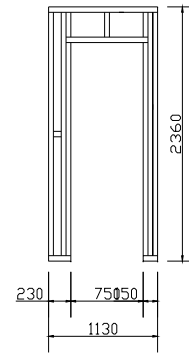
TAI_{ra}-1800x2360a-(1)
CANTIDAD: 1



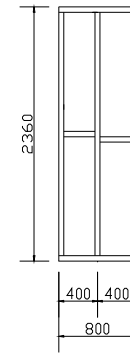
TAI_{ra}-1800x2360b-(1)
CANTIDAD: 1



TAIP4-2330x2360-(1)
CANTIDAD: 1

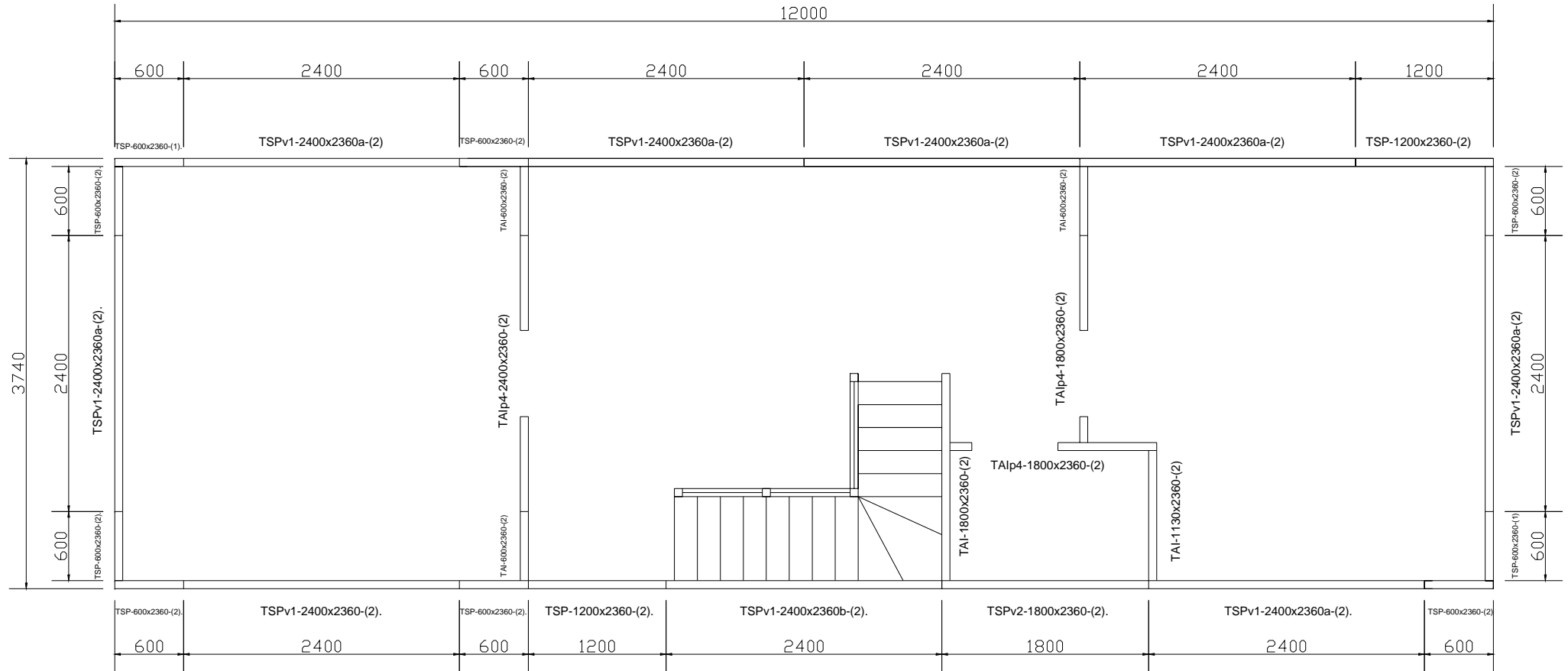


TAI_{ra}-1130x2360-(1)
CANTIDAD: 1

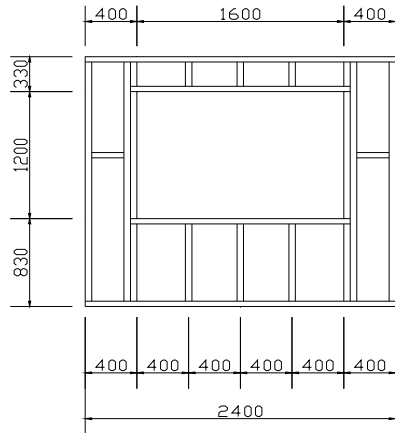


TAI-800x2360-(1)
CANTIDAD: 1

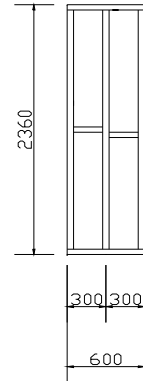
3.3 PLANTA PANELES SEGUNDO NIVEL.



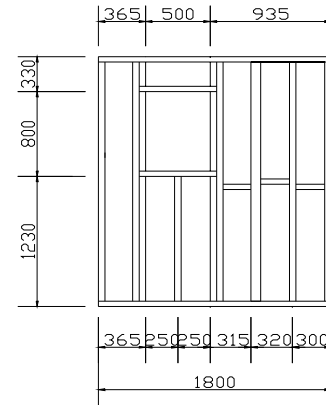
3.4 ELEVACION PANELES SEGUNDO NIVEL.



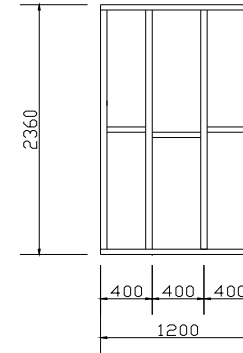
TSPv₁-2400x2360a-(2)
CANTIDAD: 9



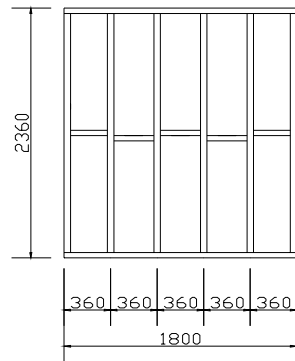
TSP-600x2360-(2)
CANTIDAD: 9



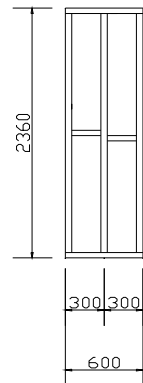
TSPv₂-1800x2360-(2)
CANTIDAD: 1



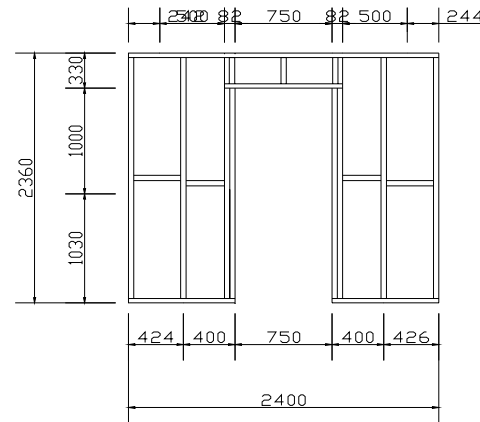
TSP-1200x2360-(2)
CANTIDAD: 2



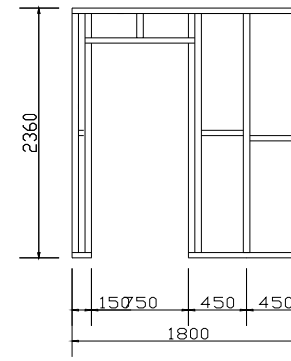
TAI-1800x2360-(2)
CANTIDAD: 1



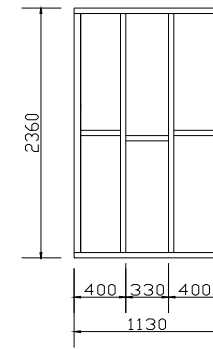
TAI-600x2360-(2)
CANTIDAD: 3



TAI_{p4}-2400x2360-(2)
CANTIDAD: 1



TAI_{p4}-1800x2360b-(2)
CANTIDAD: 2



TAI-1130x2360-(2)
CANTIDAD: 1

3.5 CANTIDAD DE PANELES EN M2

PANEL	CANTIDAD	ANCHO	ALTO	DESCUENTO ELEMENTO		M2 C/PANEL	TOTAL M2
				ANCHO	ALTO		
TSPv1-2400x2360a-(1)	5,00	2,40	2,36	1,60	1,20	3,74	18,72
TSPv1-2400x2360b-(1)	1,00	2,40	2,36	1,60	1,20	3,74	3,74
TSP-2400x2360-(1)	2,00	2,40	2,36	-	-	5,66	11,33
TSP-600x2360-(1)	5,00	0,60	2,36	-	-	1,42	7,08
TSP-1200x2360-(1)	5,00	1,20	2,36	-	-	2,83	14,16
TSP1-1200x2360-(1).	1,00	1,20	2,36	0,75	2,03	1,31	1,31
TSPV2-1800x2360-(1).	1,00	1,80	2,36	0,50	0,80	3,85	3,85
TSPV3-2400x2360-(1).	1,00	2,40	2,36	1,00	0,50	5,16	5,16
TSP2V3-2400x2360-(1).	1,00	2,40	2,36	2,52	1,00	3,14	3,14
TSP3-2400x2360-(1).	1,00	2,40	2,36	1,50	2,03	2,62	2,62
TAI-2750x2360-(1).	1,00	2,75	2,36	-	-	6,49	6,49
TAI-2400x2360-(1)	3,00	2,40	2,36	-	-	5,66	16,99
TAI-800x2360-(1)	1,00	0,80	2,36	-	-	1,89	1,89
TAI-600x2360-(1)	1,00	0,60	2,36	-	-	1,42	1,42
TAI-1800x2360-(1)	2,00	1,80	2,36	-	-	4,25	8,50
TAIP4-1000x2360-(1)	1,00	1,00	2,36	0,75	2,03	0,84	0,84
TAIP4-1800x2360a-(1)	1,00	1,80	2,36	0,75	2,03	2,73	2,73
TAIP4-1800x2360b-(1)	1,00	1,80	2,36	0,75	2,03	2,73	2,73
TAIP4-2330x2360-(1)	1,00	2,33	2,36	-	-	5,50	5,50
TAIP4-1130x2360-(1).	1,00	1,13	2,36	0,75	2,03	1,14	1,14
Primer Piso	36,00						119,33

TSPv1-2400x2360a-(2)	9,00	2,40	2,36	1,60	1,20	3,74	33,70
TSPv2-1800x2360-(2)	1,00	1,80	2,36	0,50	0,80	3,85	3,85
TSP-600x2360-(2)	9,00	0,60	2,36	-	-	1,42	12,74
TSP-1200x2360-(2)	2,00	1,20	2,36	-	-	2,83	5,66
TAI-600x2360-(2)	3,00	0,60	2,36	-	-	1,42	4,25
TAI-1800x2360-(2)	1,00	1,80	2,36	-	-	4,25	4,25
TAI-1130x2360-(2)	1,00	1,13	2,36	-	-	2,67	2,67
TAIP4-1800x2360b-(2)	2,00	1,80	2,36	0,75	2,03	2,73	5,45
TAIP4-2400x2360b-(2)	1,00	2,40	2,36	0,75	2,03	4,14	4,14
Segundo Piso	29,00						76,71

TOTAL M2 PANEL PREFABRICADO	196,03
------------------------------------	---------------

4 ESTUDIO DE LOS COSTOS DE PANELIZACION DE VIVIENDA 96.24M2

4.1 COSTO UNITARIO PANELES CONSTRUIDOS EN FABRICA

PANEL EXTERIOR

M2

Especificación	Unidad	Cant.	Precio Unit.	Total
Componentes del Tabique				
Rev. Exterior Superboard Siding Veta made	tir.	2,30	1.840	4.233
Superboard Estándar 1,2x2,4	uni.	0,35	7.098	2.484
Pino IPV 2"x 3"	uni.	1,10	850	935
Lana mineral Aislante ST. 5cm	m2	1,05	785	825
Papel fieltro	rol	0,03	12.750	344
Clavo corriente 2"x12	kg	0,13	586	76
Corta gotera base	uni.	0,27	956	258
Corta gotera ventana	uni.	0,04	956	38
perdidas	%	1,00		92
Transporte y Montaje	m2	1,00	53	53
			Sub total	9.338
Mano de Obra				
Carpintero + 1 ayud.	día	0,02	25000	417
Leyes sociales	%	29,00		121
			Sub total	538
			Total	9.876
			Total UF	0,50

PANEL INTERIOR

M2

Especificación	Unidad	Cant.	Precio Unit.	Total
Componentes del Tabique				
Pino IPV 2"x 3"	uni.	1,10	850	935
Lana mineral Aislante ST. 5cm	m2	1,05	785	825
Clavo corriente 2"x12	kg	0,13	586	76
perdidas	%	1,00		18
Transporte y Montaje	m2	1,00	53	53
			Sub total	1.907
Mano de Obra				
Carpintero + 1 ayud.	día	0,01	25000	260
Leyes sociales	%	29,00		76
			Sub total	336
			Total	2.243
			Total UF	0,11

COSTO UNITARIO PUERTAS Y VENTANAS				
Especificación	Unidad	Cant.	Precio Unit.	Elemento
Puerta Pino Radiata Mod. Ibiza	uni	1,00	2,21	P1
Puerta de Aluminio	uni	1,00	3,50	P2
Puerta HDF Prepintado	uni	1,00	0,56	P4
Puerta HDF Prepintada 6 luces c/ vidrios.	uni	1,00	1,36	P3
Ventana PVC1 HM, 160x120cm Veka	uni	1,00	1,83	V1
Ventana PVC1 HM, 80x50cm Veka	uni	1,00	0,38	V2
Ventana PVC1 HM, 50x100cm Veka	uni	1,00	0,48	V3

4.2 COSTO UNITARIO PANELES CONSTRUIDOS TRADICIONALMENTE

PANEL EXTERIOR

M2

Especificación	Unidad	Cant.	Precio Unit.	Total
Componentes del Tabique				
Rev. Exterior Superboard Siding Veta made	tir.	2,30	2.165	4.980
Superboard Estándar 1,2x2,4	uni.	0,35	8.350	2.923
Pino IPV 2"x 3"	uni.	1,10	1.000	1.100
Lana mineral Aislante ST. 5cm	m2	1,05	924	970
Papel fieltro	rol	0,03	15.000	405
Clavo corriente 2"x12	kg	0,13	689	90
Corta gotera base	uni.	0,27	1.125	304
Corta gotera ventana	uni.	0,04	1.125	45
perdidas	%	7,00		757
			Sub total	11.573
Mano de Obra				
Carpintero + 1 ayud.	dia	0,12	19000	2.280
Leyes sociales	%	29,00		661
			Sub total	2.941
			Total	14.514
			Total UF	0,74

PANEL INTERIOR

M2

Especificación	Unidad	Cant.	Precio Unit.	Total
Componentes del Tabique				
Pino IPV 2"x 3"	uni.	1,10	1.000	1.100
Lana mineral Aislante ST. 5cm	m2	1,05	924	970
Clavo corriente 2"x12	kg	0,13	689	90
perdidas	%	7,00		151
			Sub total	2.311
Mano de Obra				
Carpintero + 1 ayud.	dia	0,05	19000	950
Leyes sociales	%	29,00		276
			Sub total	1.226
			Total	3.536
			Total UF	0,18

COSTO UNITARIO PUERTAS Y VENTANAS				
Especificación	Unidad	Cant.	Precio Unit.	Elemento
Puerta Pino Radiata Mod. Ibiza	uni	1,00	2,59	P1
Puerta de Aluminio	uni	1,00	4,12	P2
Puerta HDF Prepintado	uni	1,00	0,66	P4
Puerta HDF Prepintada 6 luces c/ vidrios.	uni	1,00	1,61	P3
Ventana PVC1 HM, 160x120cm Veka	uni	1,00	2,15	V1
Ventana PVC1 HM, 80x50cm Veka	uni	1,00	0,45	V2
Ventana PVC1 HM, 50x100cm Veka	uni	1,00	0,56	V3

4.3 COSTO PANELIZACION DE LA VIVIENDA INDUSTRIALIZADA

PANEL	CANTIDAD	M2 C/PANEL	PRECIO / M2	ELEMENTO ADICIONAL	PRECIO C/ELEMENTO	PRECIO C/PANEL	TOTAL M2
TSPv1-2400x2360a-(1)	5,00	3,74	0,50	v1	1,83	3,71	18,55
TSPv1-2400x2360b-(1)	1,00	3,74	0,50	v1	1,83	3,71	3,71
TSP-2400x2360-(1)	2,00	5,66	0,50			2,84	5,69
TSP-600x2360-(1)	5,00	1,42	0,50			0,71	3,56
TSP-1200x2360-(1)	5,00	2,83	0,50			1,42	7,11
TSPp1-1200x2360-(1)	1,00	1,31	0,50	p1	2,21	2,86	2,86
TSPV2-1800x2360-(1)	1,00	3,85	0,50	v2	0,38	2,31	2,31
TSPV3-2400x2360-(1)	1,00	5,16	0,50	v3	0,48	3,07	3,07
TSPp2V3-2400x2360-(1)	1,00	5,66	0,50	p2 v3	3,98	6,82	6,82
TSPp3-2400x2360-(1)	1,00	2,62	0,50	p3	1,36	2,68	2,68
TAI-2750x2360-(1)	1,00	6,49	0,11			0,74	0,74
TAI-2400x2360-(1)	3,00	5,66	0,11			0,65	1,94
TAI-800x2360-(1)	1,00	1,89	0,11			0,22	0,22
TAI-600x2360-(1)	1,00	1,42	0,11			0,16	0,16
TAI-1800x2360-(1)	2,00	4,25	0,11			0,48	0,97
TAIP4-1000x2360-(1)	1,00	0,84	0,11	p4	0,56	0,66	0,66
TAIP4-1800x2360a-(1)	1,00	2,73	0,11	p4	0,56	0,87	0,87
TAIP4-1800x2360b-(1)	1,00	2,73	0,11	p4	0,56	0,87	0,87
TAIP4-2330x2360-(1)	1,00	5,50	0,11	p4	0,56	1,19	1,19
TAIP4-1130x2360-(1)	1,00	1,14	0,11	p4	0,56	0,69	0,69
Primer Piso	36,00						64,66
TSPv1-2400x2360a-(2)	9,00	3,74	0,50	v1	1,83	3,71	33,40
TSPv2-1800x2360-(2)	1,00	3,85	0,50	v2	0,38	2,31	2,31
TSP-600x2360-(2)	9,00	1,42	0,50			0,71	6,40
TSP-1200x2360-(2)	2,00	2,83	0,50			1,42	2,84
TAI-600x2360-(2)	3,00	1,42	0,11			0,16	0,48
TAI-1800x2360-(2)	1,00	4,25	0,11			0,48	0,48
TAI-1130x2360-(2)	1,00	2,67	0,11			0,30	0,30
TAIP4-1800x2360b-(2)	2,00	2,73	0,11	p4	0,56	0,87	1,74
TAIP4-2400x2360b-(2)	1,00	4,14	0,11	p4	0,56	1,03	1,03
Segundo Piso	29,00						49,00
						TOTAL	113,66
TOTAL PANELIZADO DE VIVIENDA 96,24 M2							113,66 UF

4.4 COSTO PANELIZACION DE LA VIVIENDA TRADICIONAL

PANEL	CANTIDAD	M2 C/PANEL	PRECIO / M2	ELEMENTO ADICIONAL	PRECIO C/ELEMENTO	PRECIO C/PANEL	TOTAL M2
TSPv1-2400x2360a-(1)	5,00	3,74	0,74	v1	2,15	4,92	24,58
TSPv1-2400x2360b-(1)	1,00	3,74	0,74	v1	2,15	4,92	4,92
TSP-2400x2360-(1)	2,00	5,66	0,74			4,18	8,36
TSP-600x2360-(1)	5,00	1,42	0,74			1,04	5,22
TSP-1200x2360-(1)	5,00	2,83	0,74			2,09	10,45
TSPP1-1200x2360-(1)	1,00	1,31	0,74	p1	2,59	3,56	3,56
TSPV2-1800x2360-(1)	1,00	3,85	0,74	v2	0,45	3,29	3,29
TSPV3-2400x2360-(1)	1,00	5,16	0,74	v3	0,56	4,37	4,37
TSPP2V3-2400x2360-(1)	1,00	5,66	0,74	p2 v3	4,68	8,86	8,86
TSPP3-2400x2360-(1)	1,00	2,62	0,74	p3	1,61	3,54	3,54
TAI-2750x2360-(1)	1,00	6,49	0,18			1,17	1,17
TAI-2400x2360-(1)	3,00	5,66	0,18			1,02	3,05
TAI-800x2360-(1)	1,00	1,89	0,18			0,34	0,34
TAI-600x2360-(1)	1,00	1,42	0,18			0,25	0,25
TAI-1800x2360-(1)	2,00	4,25	0,18			0,76	1,53
TAIP4-1000x2360-(1)	1,00	0,84	0,18	p4	0,66	0,81	0,81
TAIP4-1800x2360a-(1)	1,00	2,73	0,18	p4	0,66	1,15	1,15
TAIP4-1800x2360b-(1)	1,00	2,73	0,18	p4	0,66	1,15	1,15
TAIP4-2330x2360-(1)	1,00	5,50	0,18	p4	0,66	1,65	1,65
TAIP4-1130x2360-(1)	1,00	1,14	0,18	p4	0,66	0,86	0,86
Primer Piso	36,00						89,11

TSPv1-2400x2360a-(2)	9,00	3,74	0,74	v1	2,15	4,92	44,25
TSPv2-1800x2360-(2)	1,00	3,85	0,74	v2	0,45	3,29	3,29
TSP-600x2360-(2)	9,00	1,42	0,74			1,04	9,40
TSP-1200x2360-(2)	2,00	2,83	0,74			2,09	4,18
TAI-600x2360-(2)	3,00	1,42	0,18			0,25	0,76
TAI-1800x2360-(2)	1,00	4,25	0,18			0,76	0,76
TAI-1130x2360-(2)	1,00	2,67	0,18			0,48	0,48
TAIP4-1800x2360b-(2)	2,00	2,73	0,18	p4	0,66	1,15	2,30
TAIP4-2400x2360b-(2)	1,00	4,14	0,18	p4	0,66	1,40	1,40
Segundo Piso	29,00						66,83

TOTAL	155,94
--------------	---------------

TOTAL PANELIZADO DE VIVIENDA 96,24 M2

155,94 UF

5 RESULTADOS DEL ESTUDIO COMPARATIVO

De la comparación de costos realizada a los sistemas “tradicional” e “industrializado”, se pueden extraer los siguientes datos:

- ❖ La vivienda se compone de :
 - 127,07 m² de paneles exteriores
 - 68,97 m² de paneles interiores

Completando el total de 196,03 m² de paneles que conformaran la estructura de madera de la vivienda en estudio.

5.1 RENDIMIENTO DE LA MANO DE OBRA

5.1.1 En la construcción tradicional de paneles

- ❖ Según el rendimiento por día, una cuadrilla de carpinteros puede construir:
 - 33,33 m² de paneles exteriores
 - 80,00 m² de paneles interiores

Tardando 4,67 días en levantar los paneles de la vivienda

5.1.2 En la construcción industrializada de paneles

- ❖ Según el rendimiento por día, una cuadrilla de carpinteros pueden construir:

- 240 m2 de paneles exteriores
- 384 m2 de paneles interiores

Tardando 0,71 días en levantar los paneles de la vivienda

5.2 VELOCIDAD DE CONSTRUCCIÓN

5.2.1 En la Construcción Tradicional de Paneles

La siguiente tabla expresa la cantidad de viviendas y su respectiva cantidad de días que demora construir y levantar la totalidad de sus paneles

Cantidad de Viviendas	Cantidad de Días
10	47
30	140
50	234
70	327
90	420
110	514
130	607
150	701
170	794
190	887
210	981
230	1.074
250	1.168

Tabla 5 - 1: velocidad de construcción de paneles en sistema tradicional.

5.2.2 En la Construcción Industrializada de Paneles

La siguiente tabla expresa la cantidad de viviendas y su respectiva cantidad de días que demora construir, transportar y montar la totalidad de sus paneles

Cantidad de Viviendas	Cantidad de Días
10	7
30	21
50	36
70	50
90	64
110	78
130	92
150	107
170	121
190	135
210	149
230	163
250	178

Tabla 5 - 2: velocidad de construcción de paneles en sistema industrializado.

5.2.3 Comparación de sistemas.

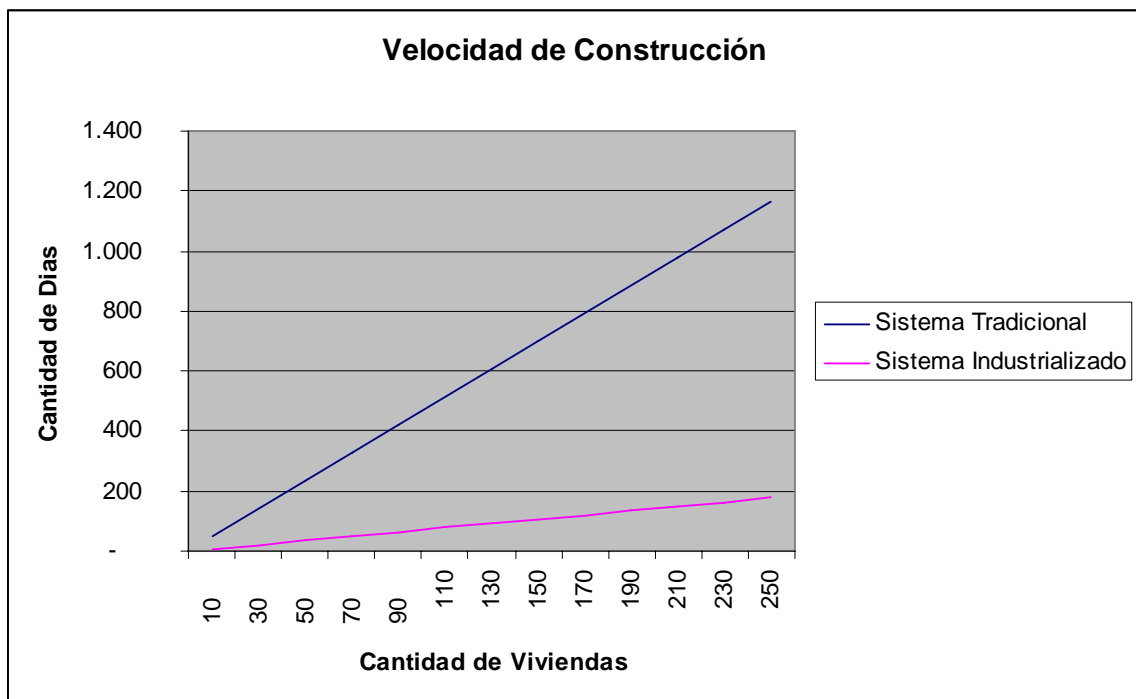


Figura 5 - 3: Grafico Comparativo "Velocidad de Construcción"

En referencia a la velocidad de construcción se puede concluir que el sistema industrializado es 6,28 veces más rápido que el tradicional.

5.3 COSTO DE PANELES INSTALADOS EN OBRA

5.3.1 En la construcción tradicional de paneles

Según el estudio de costos, la fabricación en obra de los paneles para las viviendas asciende a 155,94 U.F.

5.3.2 En la construcción industrializada de paneles

Según el estudio de costos, la prefabricación, traslado y montaje en obra de los paneles para las viviendas asciende a 113,66 U.F.

5.3.3 Comparación de sistemas.

En referencia al costo de construcción, se puede concluir que el sistema industrializado es un 37.20 % más barato que el tradicional.

CAPITULO VII : CONCLUSIONES

1 RESPECTO AL SISTEMA MODULAR INDUSTRIALIZADO

Durante la investigación realizada para desarrollar esta tesis, se contó con el apoyo de material bibliográfico, pero hubiese sido imposible su conclusión sin las experiencias en las distintas empresas visitadas como Fourcade, Martabid, Felmer y Borquez.

Del análisis del proceso de industrialización de estructuras de madera para viviendas en serie, se puede decir que precisamente el sistema de producir con el formato de industria, es el factor trascendental, por la capacidad de mecanizar los procesos de producción, reduciendo al máximo la intervención de factores externos.

Un producto industrial, garantiza una mano de obra especializada en cada línea de los procesos de fabricación, generando una alta velocidad de producción, respaldada por una muy buena calidad de terminación de las estructuras, las que son controladas antes del despacho a obra.

El sistema de estructuras prefabricadas, facilita la construcción de las viviendas, asegurando la entrega de un producto final exactamente igual al proyectado y dentro de los plazos estipulados, ya que las faenas se desarrollan en fábrica lo que garantiza una construcción seca, o sea la fabricación de estructuras de madera se lleva a cabo sin que intervenga el factor climático. Adicionalmente, una vivienda industrializada facilita eventuales ampliaciones posteriores, con mínimas molestias para sus habitantes.

Por otra parte, permite un mayor aprovechamiento de los recursos, por sus características de construcción modular, reduciendo las pérdidas y por ende menor

retiro de material para desecho, convirtiéndose en un sistema constructivo más limpio.

Todo lo anterior, debe ser respaldado con la adecuada programación y planificación, de manera que exista un ordenamiento en todas las líneas del proceso, para así producir con eficiencia, calidad y bajo costo, para la empresa y el cliente. De esta forma se logra la competitividad, principal característica que debe tener un constructor de viviendas industrializadas.

2 RESPECTO A LA CONSTRUCCIÓN EN MADERA

Las construcciones en madera no sólo sobresalen por su belleza, también por su resistencia sísmica, capacidades térmicas, y su sorprendente resistencia a la acción del fuego, si esta tiene un adecuado tratamiento y uso.

La madera ofrece múltiples beneficios desde el punto de vista de la habitabilidad. Otorga gran calidez a la vivienda, permitiendo su fácil calefacción durante los meses de frío y en verano, posibilita mantener los ambientes frescos.

Según lo anterior, se logra la optimización del uso de energía, al asegurar mínimas pérdidas térmicas, que se traduce en menores costos para el morador.

Frente al gran potencial forestal de Chile, es posible que en el corto plazo la madera sea tan o más importante de lo que fue el salitre y de lo que es el cobre para el país, con dos ventajas el producto es renovable y su producción no contamina.

3 RESPECTO AL APORTE DE TECNOLOGIAS FORANEAS

Sin duda que la tecnología aplicada, principalmente, al uso industrial de la madera y el desarrollo de innovadores sistemas constructivos, es el aporte de Canadá al sector de la construcción en Chile, siendo un relevante socio comercial para nuestro país.

Es muy importante el intercambio tecnológico para nuestro país, ya que gracias a empresas y distintas entidades como la Embajada y la Cámara de Comercio además de misiones tecnológicas, generan capacitación de trabajadores chilenos y conocimiento de nuevas técnicas de industrialización en cuanto a producción y tecnología.

4 RESPECTO AL ESTUDIO DE COSTOS DE FABRICACION DE PANELES PARA VIVIENDA DE 96.24 M2

En la fabricación de estructuras de madera para muros de la vivienda en cuestión, se realizó la comparación de, cuánto más rentable y efectivo puede llegar a ser el método prefabricado, que el tradicional. Sin embargo, para realizar el estudio se han tenido que imponer ciertas consideraciones, que hagan el estudio lo más representativo posible.

Según los resultados obtenidos, se ha ratificado la rentabilidad y eficiencia del sistema prefabricado, en desmedro del tradicional, básicamente por los rendimientos y la velocidad de construcción, donde se demostró que el sistema prefabricado es un 85 % más veloz que el tradicional.

En cuanto a la rentabilidad de los paneles prefabricados, pasa por tres razones fundamentales; la posibilidad de conseguir el material de construcción un 15 % más económico; las pérdidas son mínimas; y aun cuando en el ítem de Mano de

obra, se paga un 31,6 % más que en el sistema tradicional, este valor sigue siendo inferior, gracias al alto rendimiento de las cuadrillas de trabajadores.

En referencia a rendimiento de mano de obra y los costos que significa esto, se puede apreciar que:

- El rendimiento es superior, ya que cada trabajador de las cuadrillas es un especialista en la actividad que realiza, a diferencia de una cuadrilla tradicional donde los trabajadores desarrollan más de una actividad por jornada laboral.
- El trabajador se siente más cómodo y seguro trabajando en un lugar limpio, seco y menor probabilidad de accidentes.
- El sistema prefabricado permite pagar un salario superior a trabajadores, ya que por características del sistema, la mano de obra es menor respecto al sistema tradicional.

BIBLIOGRAFÍA

Koncz, T. 1978. Manual de la construcción prefabricada; 2 ed. Madrid, Blume. Vol.3

Azocar, G. 1976. Planificación de Obras; planeamiento y programación. Universidad de Chile, facultad de ciencias físicas y matemáticas. Santiago

Alemaný, A. Productividad en Obras de Contracción; ICC N°11, Escuela de Ingeniería Universidad Católica de Chile. Santiago

CORMA, Manual de Construcción de Viviendas en Madera

CAMARA CHILENA DE LA CONSTRUCCIÓN

Revista BIT

- ❖ La petrificación de la madera, Paola Navarrete, julio 2004
- ❖ Seminario de Construcción Industrializada en Madera, Francisca Valdivia.
N° 32 Septiembre 2003
- ❖ Vivienda Antisísmica Construida en Madera, Embajada de Canadá
Colaboración. N° 23 septiembre 2001
- ❖ Especial, Calidad de la Madera, Secado Tecnológico de la Madera, Enrique Mc-Manus. N° 17 marzo 2000

INFOR, 15 de noviembre de 2007

http://www.infor.cl/centro_documentacion/noticias_infor/noviembre_2007/161107_maderaaserrada_469.htm

CORMA, publicaciones / Mailing Ejecutivo / Construcción en Madera: Crecimiento sobre Bases Sólidas (año 8, n°1)

http://www.corma.cl/portal/menu/publicaciones/mailling_ejecutivo/contruccion_madera

ENGINEERING WOOD PRODUCTS ASSOCIATIONS

<http://www.ewpa.com/definitions.php>

FAO

Unasyva - Revista de Silvicultura y Productos Forestales.

- ❖ El pino de Monterrey en Chile, Vol. 8, No. 4

<http://www.fao.org/docrep/x5373s/x5373s04.htm>

- ❖ Empleo de madera para vivienda. Vol 25, No. 101-102-103

<http://www.fao.org/docrep/c3848s/c3848s00.HTM>

Pino Insigne

<http://www.maderas.com/pino-in-car.htm>

DOCUMENTOS ANEXOS.

Montaje de estructuras de madera sobre solera de montaje



Paneles soportantes, autoportantes y cerchas en pleno levante

