



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA



“Proceso constructivo de una casa modelo de madera con control térmico en el interior”

ELABORADO POR:

SR. LUIS FERNANDO GODOY CAMPOS
EGRESADO

DIRIGIDO POR:

ING. ERNESTO PRO
DIRECTOR

CONTENIDO:

- ❑ Capítulo I: Antecedentes
- ❑ Capítulo II: Marco Teórico
- ❑ Capítulo III: Diseño de la casa modelo de madera
- ❑ Capítulo IV: Proceso constructivo de la casa modelo de estructura de madera
- ❑ Capítulo V: Análisis de costos
- ❑ Capítulo VI: Conclusiones y recomendaciones

Una de las grandes ventajas de las casas de madera es su alto nivel de aislamiento térmico y acústico. Comúnmente utilizado en sitios con temperaturas bajas, por ello se lo relaciona a este tipo de viviendas con el calor. (AFCCM, 2008).

Además, de la utilización de la madera existen algunas opciones para el mejor y efectivo Aislamiento térmico (D.G.I.E.M., 2012).

Impulsar un mayor consumo de madera en la construcción de viviendas, y revertir la falta de una cultura de uso de este material, así como promover la existencia de productos de calidad garantizada. (CORMA, 2011).

Objetivo General del proyecto

El desarrollo de este proyecto tiene como finalidad plantear el proceso constructivo de una casa modelo con estructura de madera que permita mantener la temperatura interior.

Objetivos Específicos del proyecto

- Plantear el tratamiento necesario y los requerimientos mínimos de la madera que se utilizaría para la construcción de la casa modelo.
- Diseñar una casa modelo de estructura de madera
- Plantear el proceso constructivo de una casa modelo de madera con aislación térmica.
- Realizar un análisis de costos de los elementos estructurales de madera que se emplearían en la casa modelo diseñada.

CONDUCTIVIDAD TÉRMICA

La conductividad térmica de la madera es directamente proporcional al contenido de humedad y a la densidad. La conductividad de la madera es solo una fracción de la conductividad de los otros materiales. La madera es por lo tanto un material aislante por excelencia debido a su naturaleza porosa. (PADT-REPORT, 1984).

Material	Conductividad en Kcal/hora-m-°C
Aire	0.216
Lana Mineral	0.3
Madera anhidra (DA=0.4)	0.03
Madera anhidra (DA=0.8)	0.12
Corcho	0.06
Mortero de Yeso	0.3
Ladrillo	0.50-0.80
Concreto	1.15- 1.40
Acero	35.00-50.00
Cobre	350

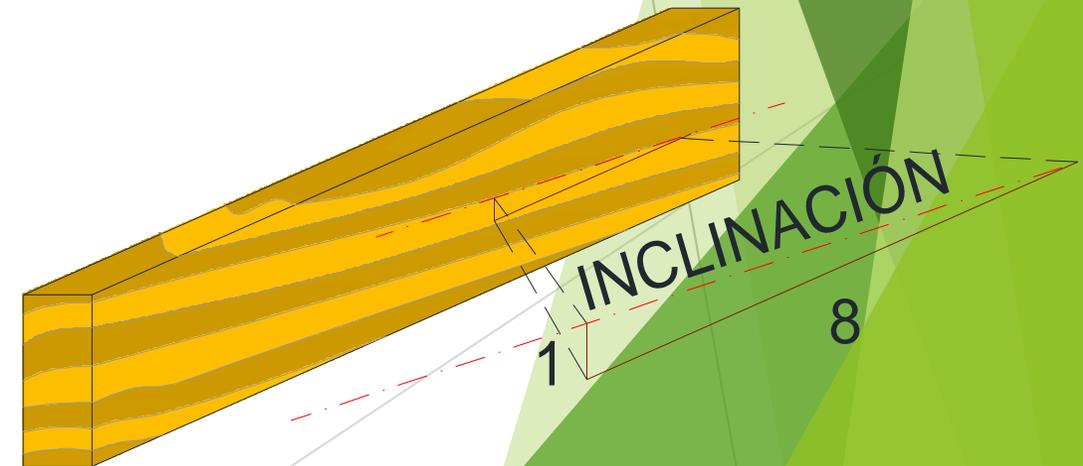
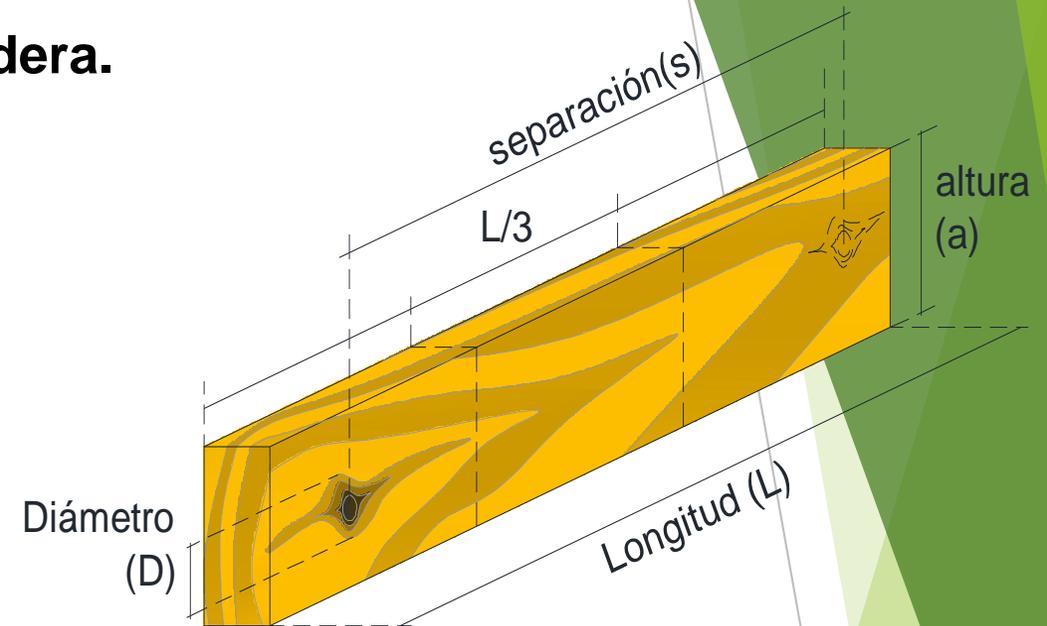
Reconocimiento de Fallos Generales en la Madera.

NUDOS	Nudo Sano	Nudo Hueco	Nudo Arracimado
Reconocimiento	Porción de Rama entrecruzada	Hueco de rama arrancada	Dos o más nudos
Tolerancia	<ul style="list-style-type: none"> • $D < a/4$ • $D < 4\text{cm}$ • $s > 100\text{cm}$ • nunca en $L/3$ central 	<ul style="list-style-type: none"> • $D < a/8$ • $D < 2\text{cm}$ • Evitarlos para tracción • nunca en $L/3$ central 	no se permiten

Fuente: (PADT-REPORT, 1984).

INCLINACIÓN DEL GRANO	
Reconocimiento	Desviación angular del grano respecto del eje longitudinal de la pieza.
Tolerancia	En cara y canto: Inclinación $< 1/8$

Fuente: (PADT-REPORT, 1984).



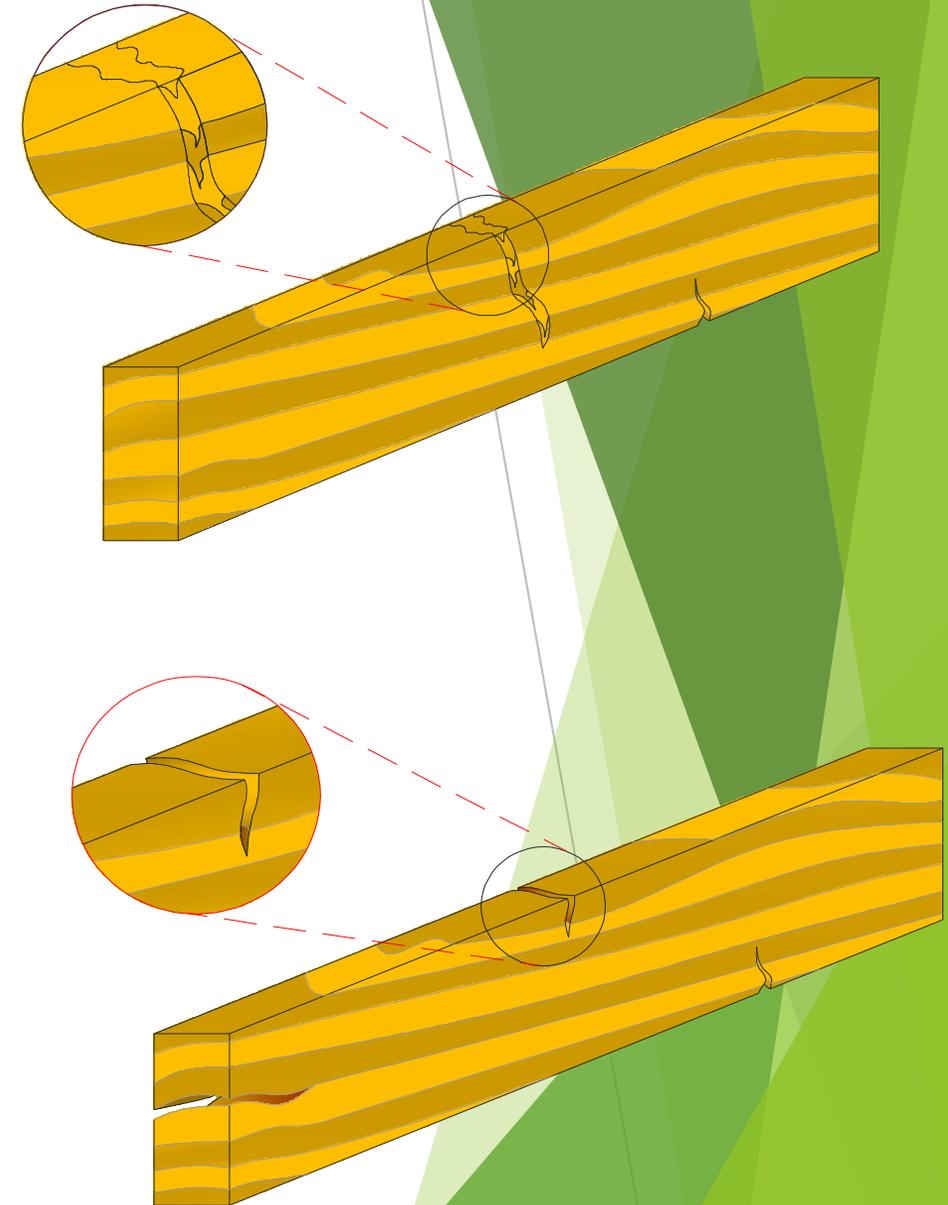
Reconocimiento de Fallos Generales en la Madera.

FALLAS DE COMPRESIÓN	
Reconocimiento	Arrugas finas perpendiculares al grano.
Tolerancia	No se permiten

Fuente: (PADT-REPORT, 1984).

GRIETAS	
Reconocimiento	Separaciones discontinuas y superficiales de aproximadamente un milímetro de separación y 2 a 3 mm de profundidad. Producido en el secado.
Tolerancia	La suma de sus profundidades en ambos lados < 1/4 del espesor de la pieza

Fuente: (PADT-REPORT, 1984).



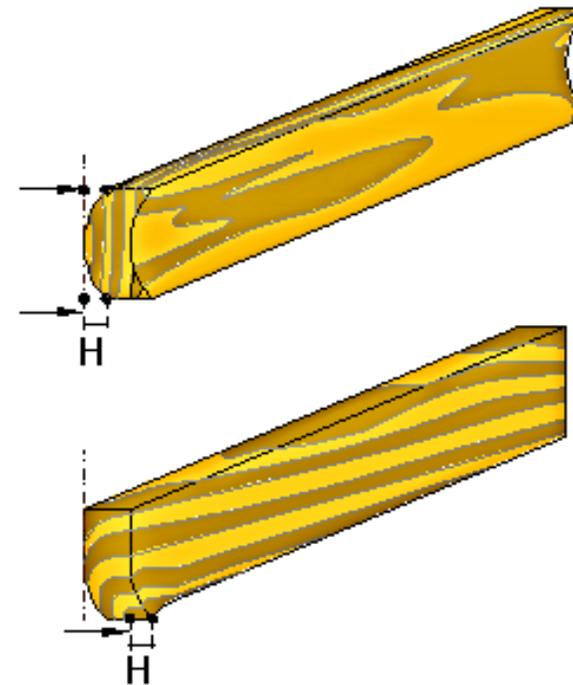
Reconocimiento de Fallos Generales en la Madera.

ALABEO	Abarquillado	Arqueadura	Encorvadura	Torcedura
Para reconocer	Nivel de Aristas diferente al nivel de zona central	Curvatura a lo largo de la cara de la pieza	Curvatura a lo largo del canto de la pieza	Esquinas en diferentes planos
Tolerancia	$H < a/100$	$H/L < 0.33$	$H/L < 0.33$	$H/L < 0.33$

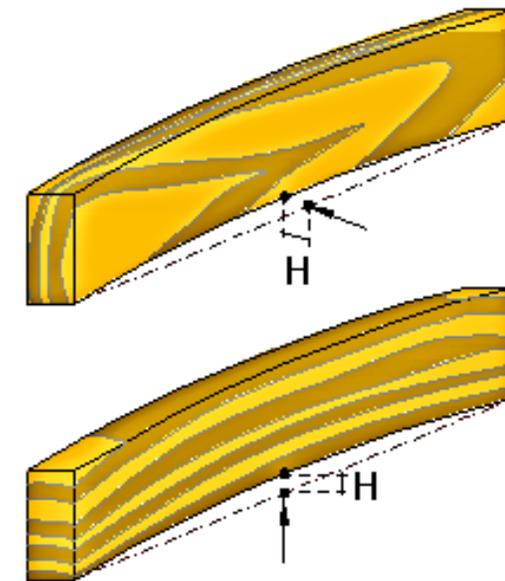
Fuente: (PADT-REPORT, 1984).

a) Abarquillado

d) Encorvadura



b) Arqueadura



c) Torcedura

Normativas y Códigos de Resistencia de materiales y Construcción.

- CEC2001 (Código Ecuatoriano de la Construcción)
- NEC 2015 (Norma Ecuatoriana de la Construcción)
- Manual de diseño para maderas del Grupo Andino

Además, se han tomado como referencia los códigos internacionales:

- IRC – 2015, (International Residence Code)
- IBC – 2015, (International Building Code)
- ASCE – 05, (Cargas mínimas para el diseño de estructuras)
- ACI 318 – 99 (Normas de Concreto Estructural para Edificios).

Levantamiento de Información

Tratamientos de la madera:

- Arsénico Inorgánico
- Pentaclorofenol
- Arseniato de cobre cromatado
- Secado 110° F-200° F



Requerimientos mínimos de la madera de construcción

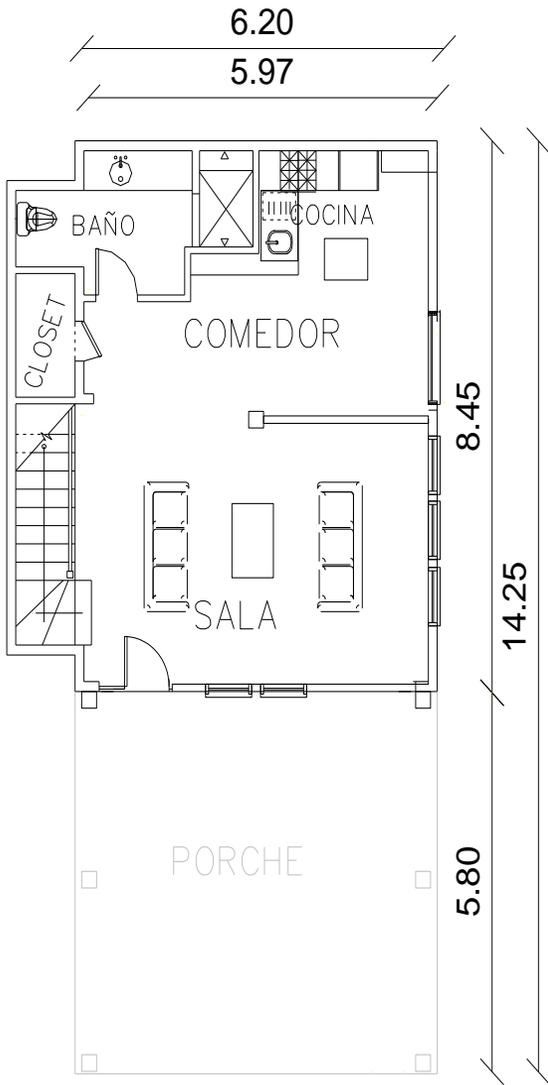
Proveedor calificado

Frecuentes chequeos de sus productos

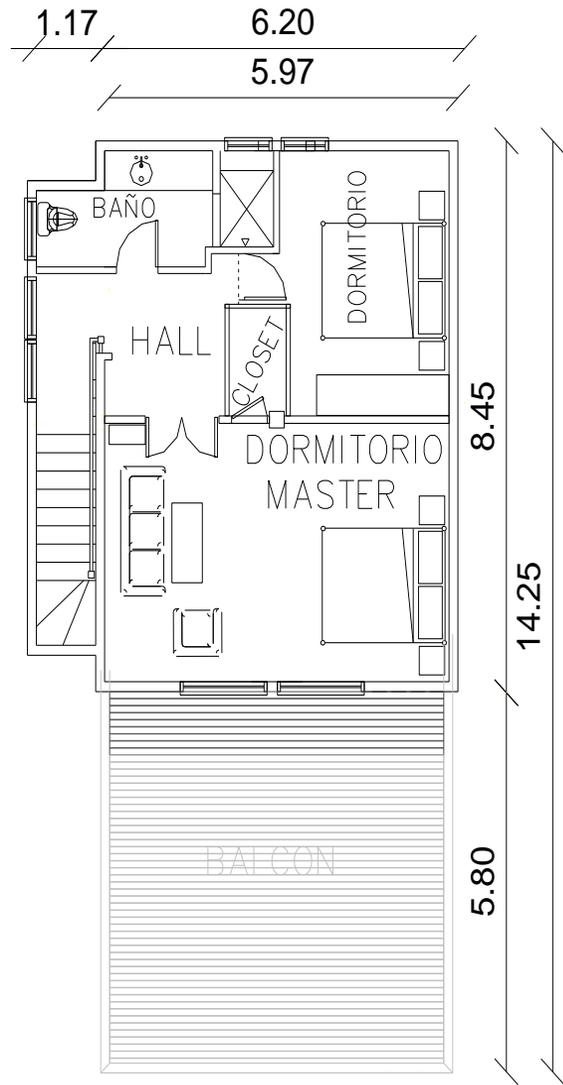
Inspección y clasificación visual

Dimensiones nominales semejantes a las finales.

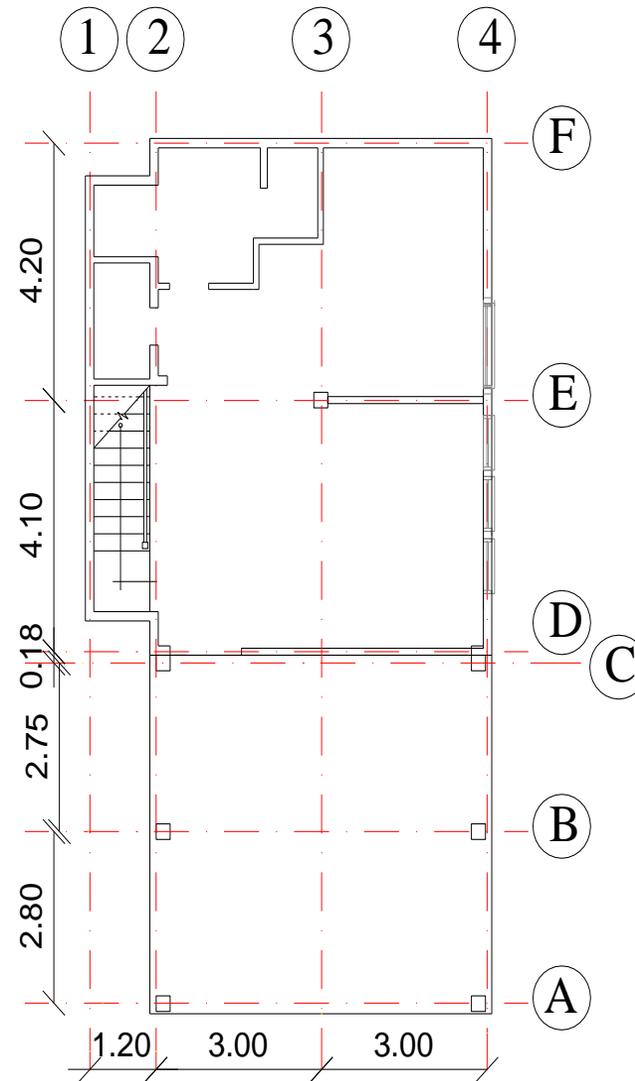
Mejor desempeño estructural



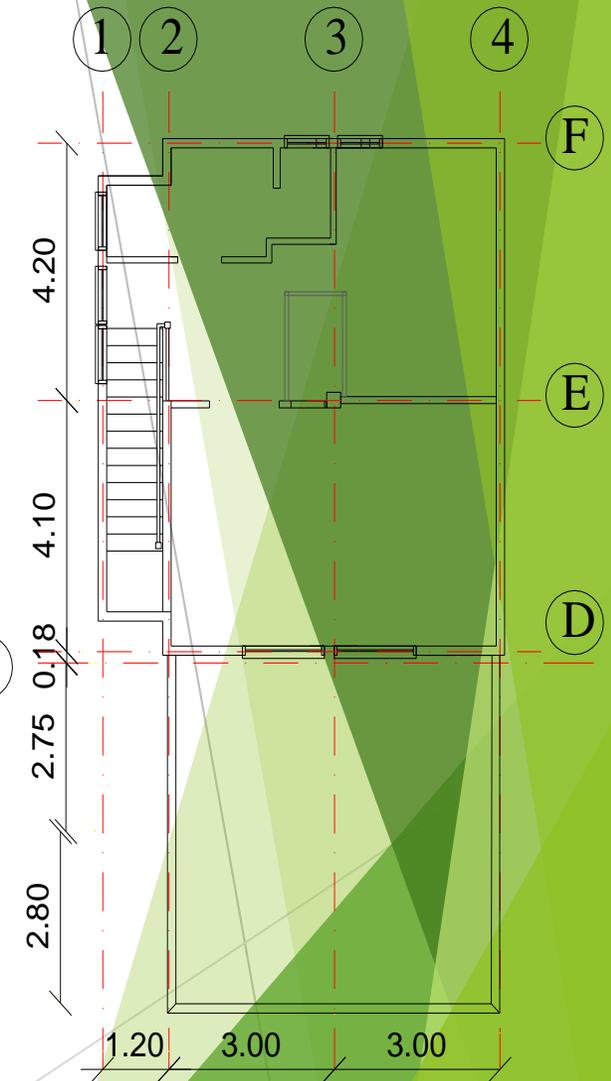
Primer piso



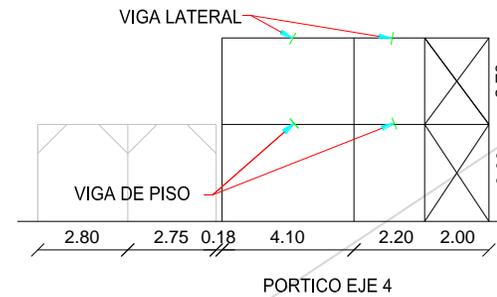
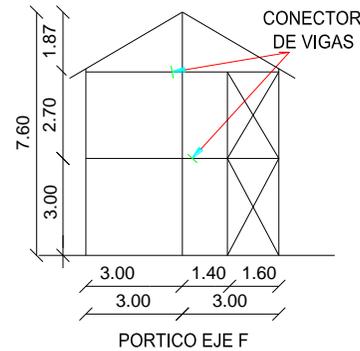
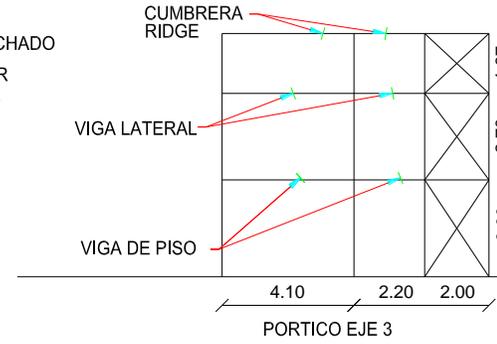
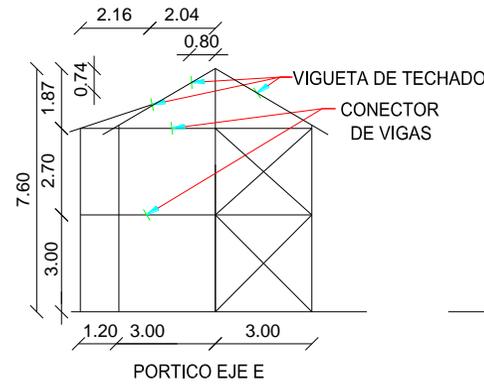
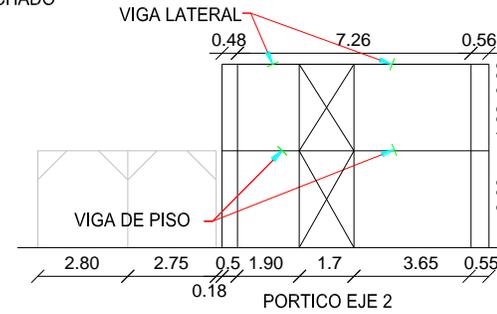
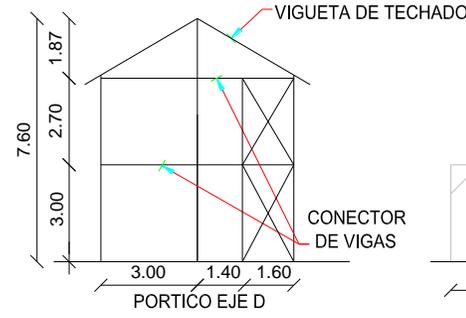
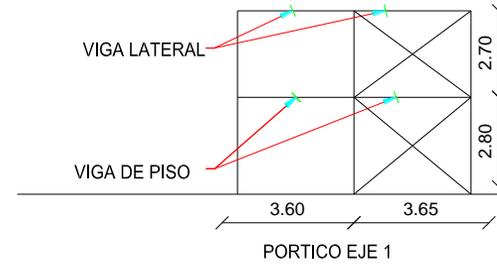
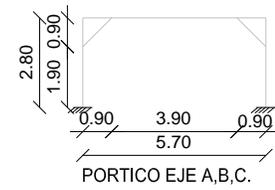
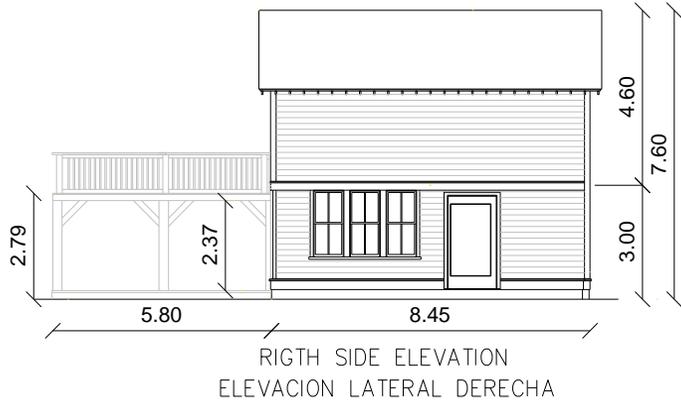
Segundo piso



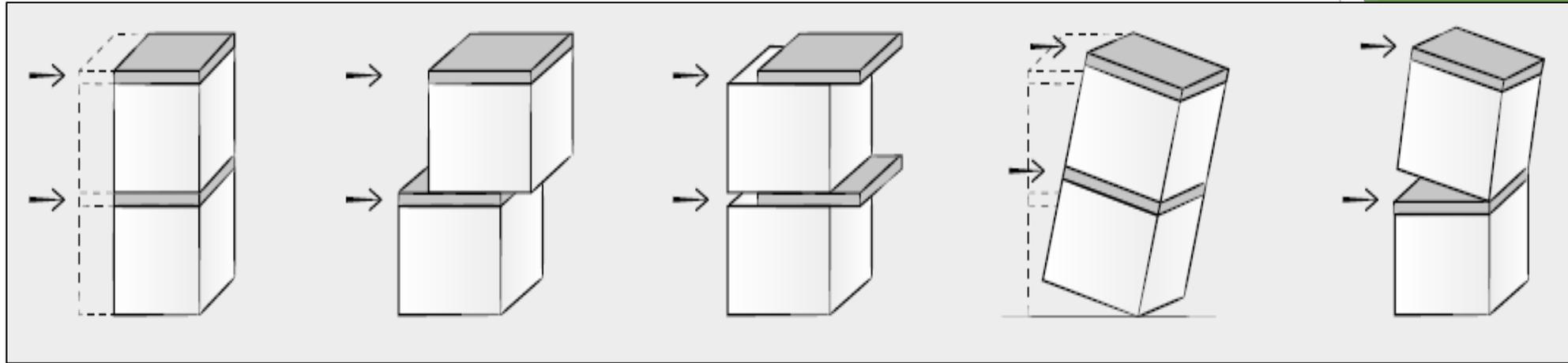
Primer piso



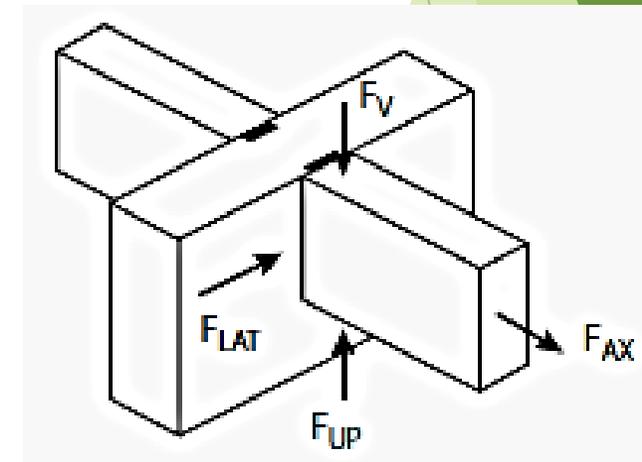
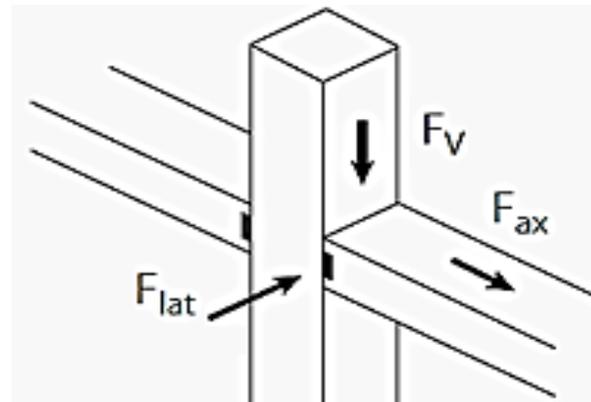
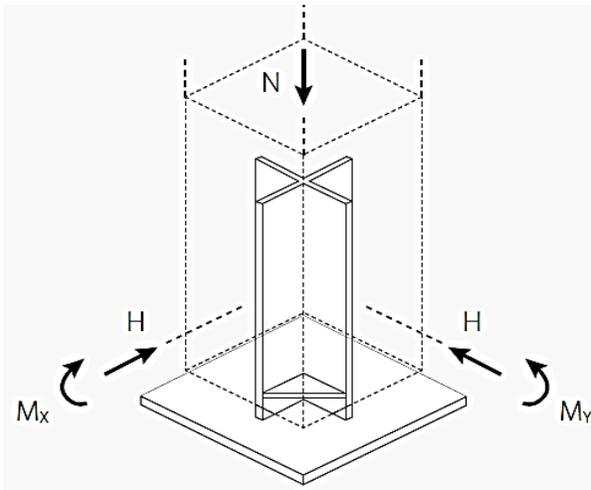
Segundo piso



Diseño estructural



Tipos de rotura de la estructura por cargas laterales



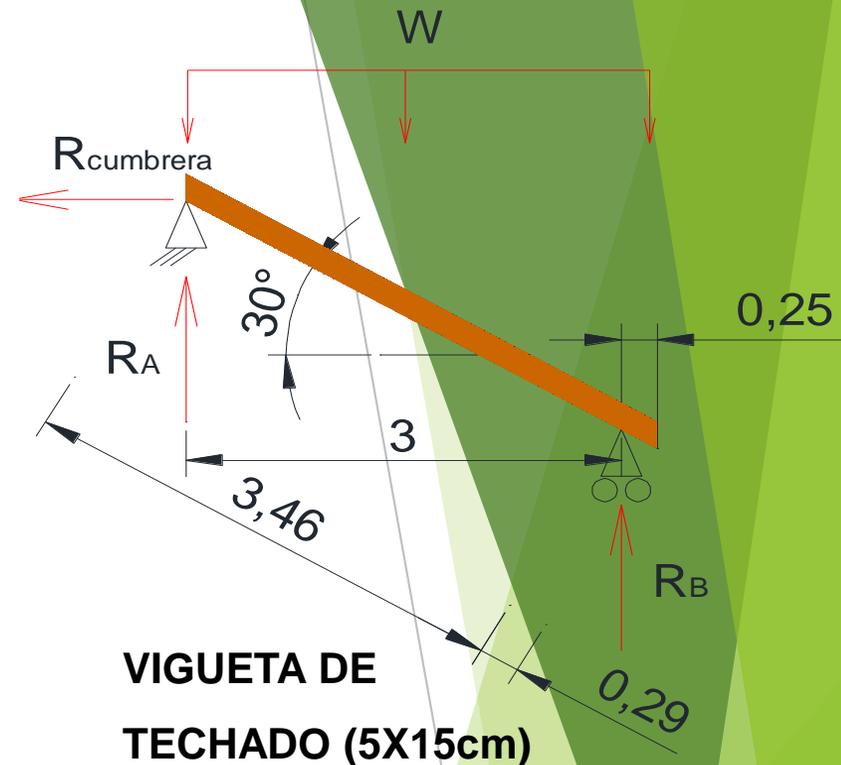
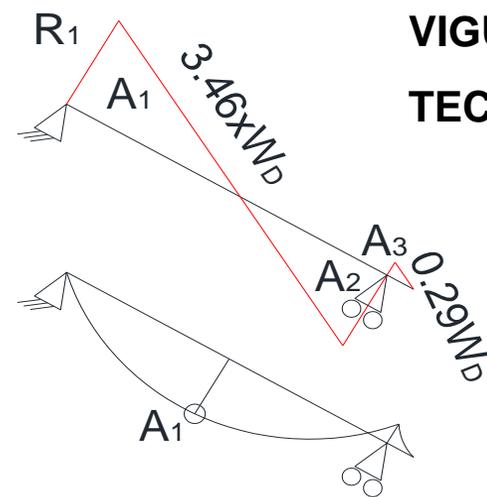
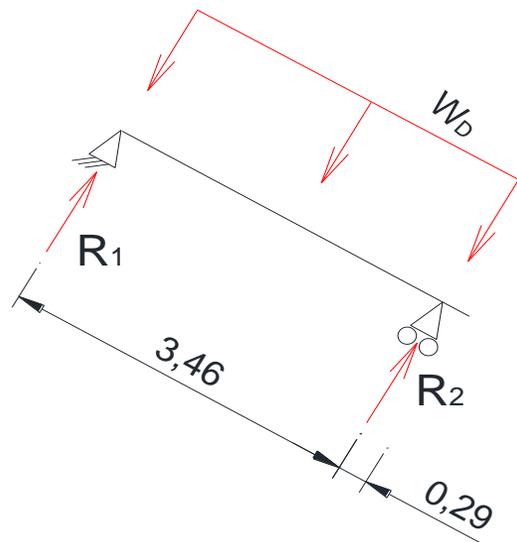
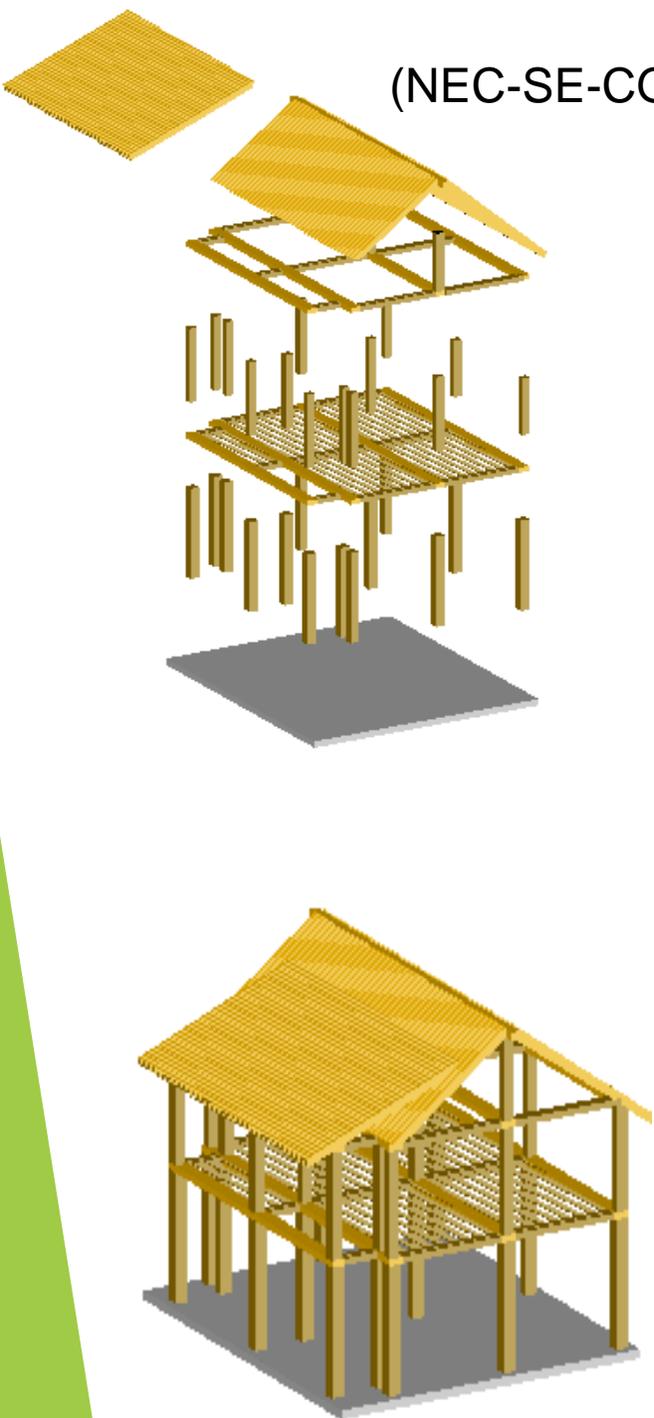
(NEC-SE-CG, 2015).

$$CM = 71.0 \text{ Kg/m}^2,$$

$$CV = 100.0 \text{ Kg/m}^2$$

$$P = 0.88 \text{ Kg/m}^2$$

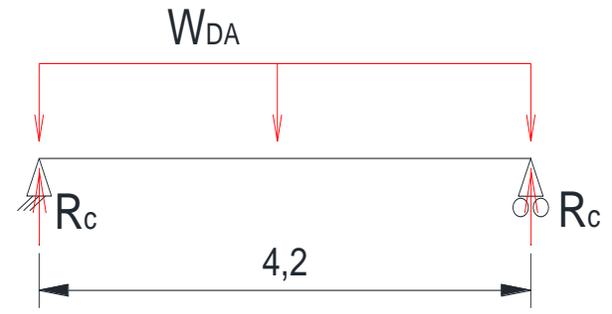
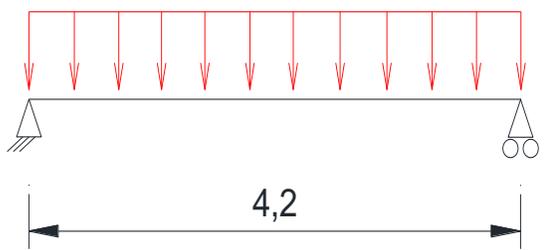
$$W = CM + CV + P$$



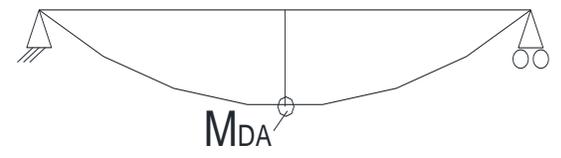
**VIGUETA DE
TECHADO (5X15cm)**

$$\text{VERIFICACION : } \frac{\sigma_{\text{TRACCION}}}{\sigma_{\text{ADM A TRACCION}}} + \frac{\sigma_{\text{FLEXION}}}{\sigma_{\text{ADM A FLEXION}}} \leq 1$$

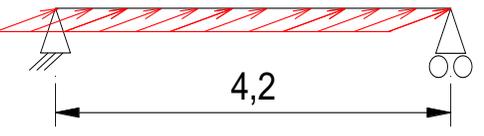
2RA @ 40cm



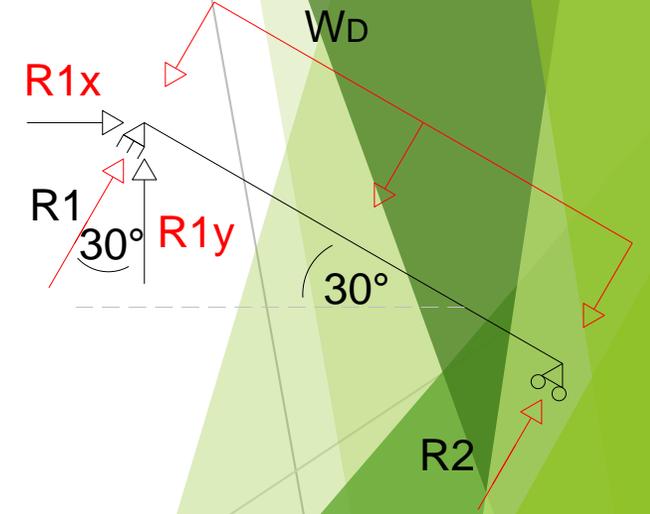
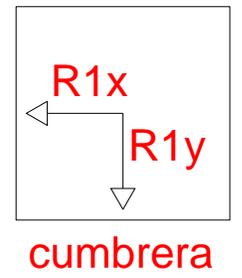
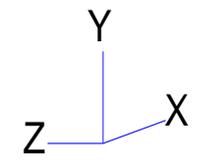
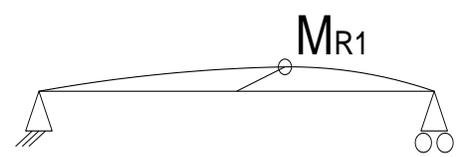
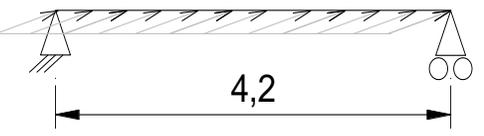
**VIGA CUMBRERA
(20x20cm)**



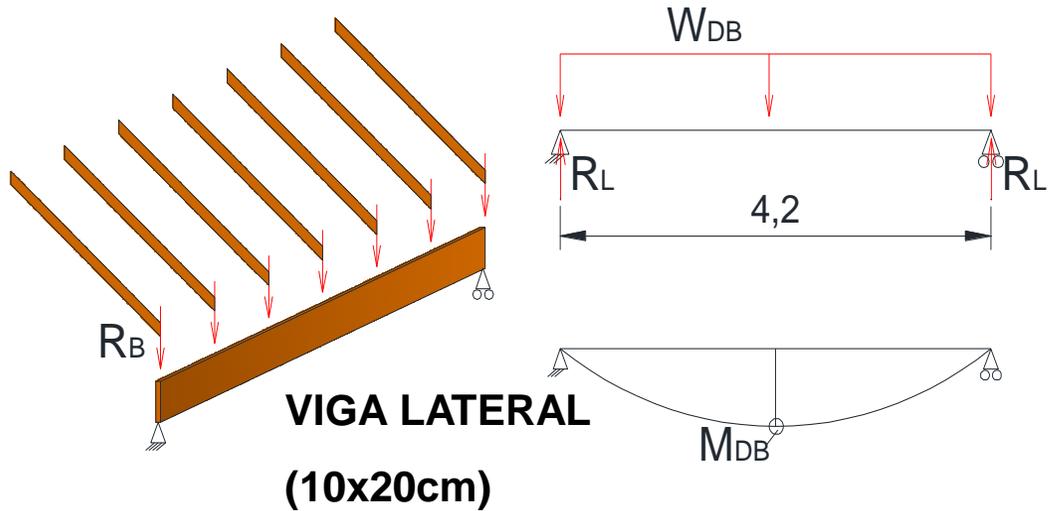
R1x @ 40cm



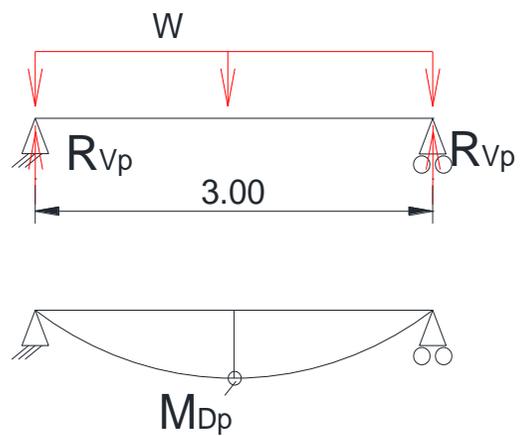
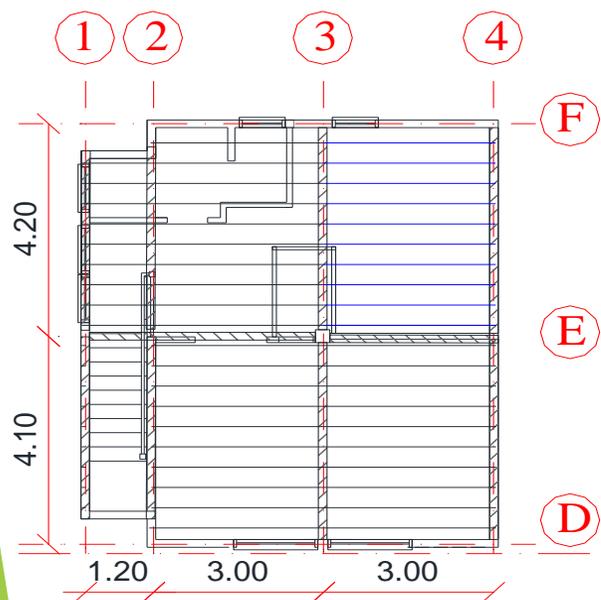
WR1



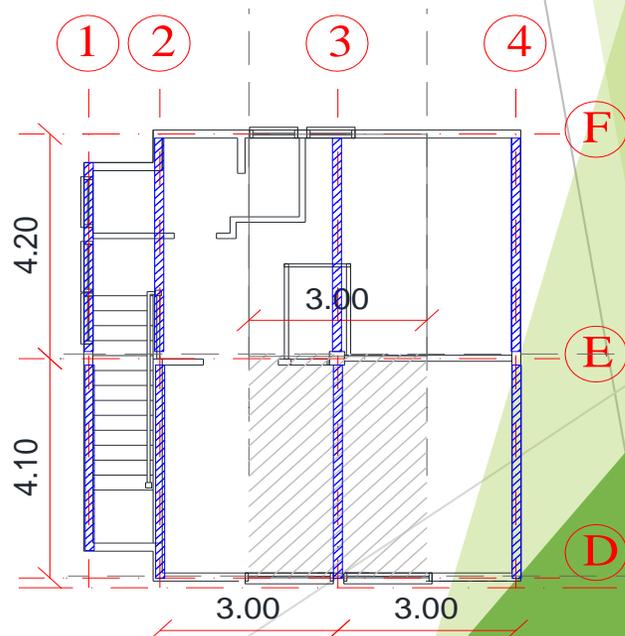
VERIFICACION: $\frac{\sigma_{\text{VERTICAL}}}{\sigma_{\text{ADM A FLEXION}}} + \frac{\sigma_{\text{HORIZONTAL}}}{\sigma_{\text{ADM A FLEXION}}} \leq 1$



$CM = 161.8 \text{ Kg/m}^2$,
 $CV = 200 \text{ Kg/m}^2$



VIGUETA DE PISO
(5x25cm)



Análisis de cargas laterales

$Z=0.35$

$F_a=1.25$

$F_d=1.28$

$F_s=1.19$

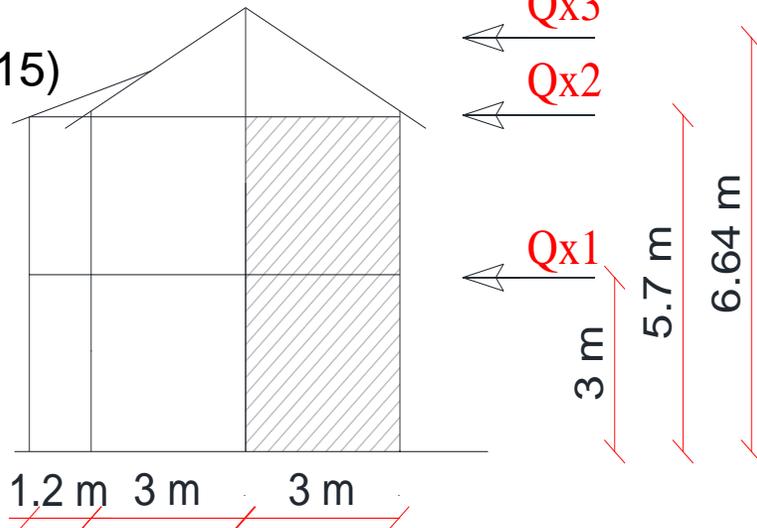
$I=1.0$

$\Phi_P=1$

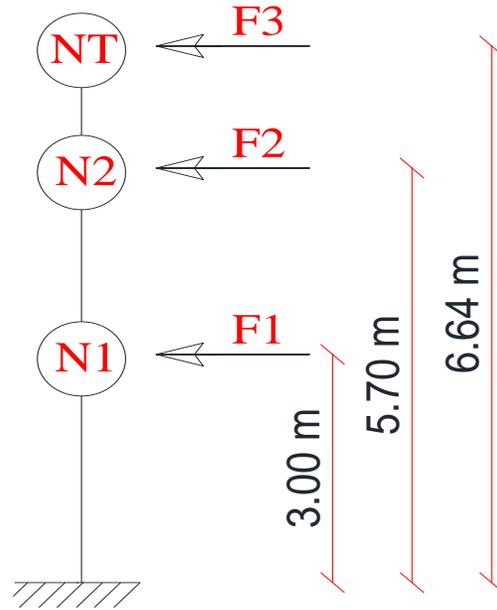
$\Phi_E=0.9$

$R=3$

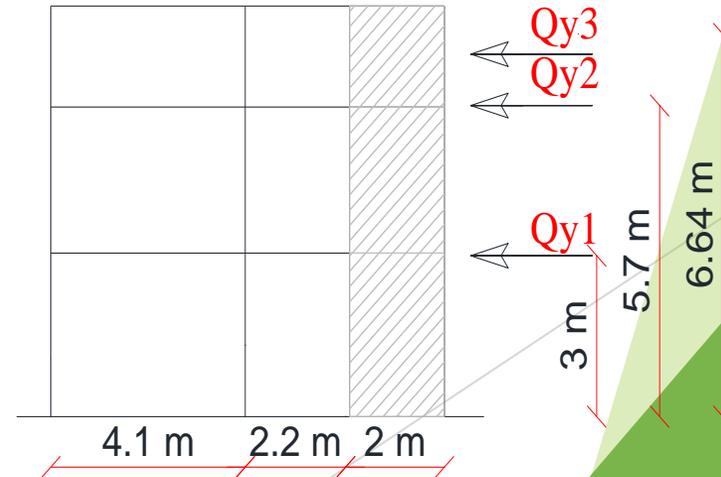
(NEC-SE-DS.2015)



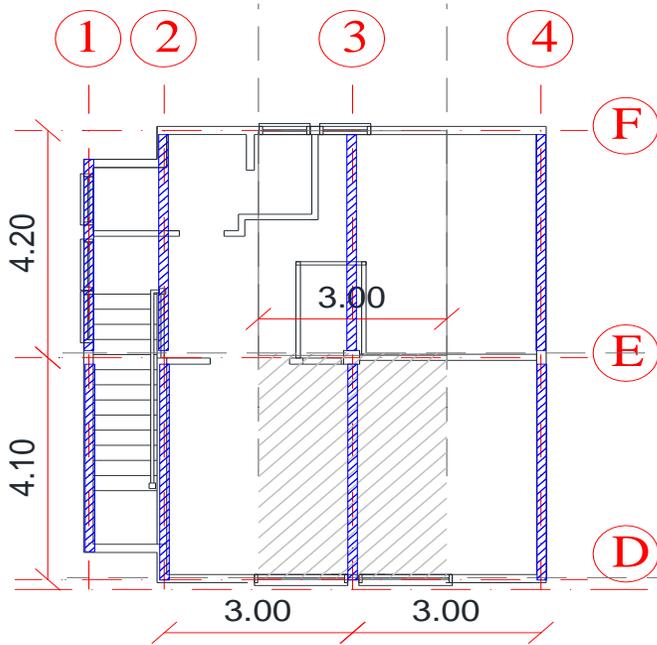
PORTICO E



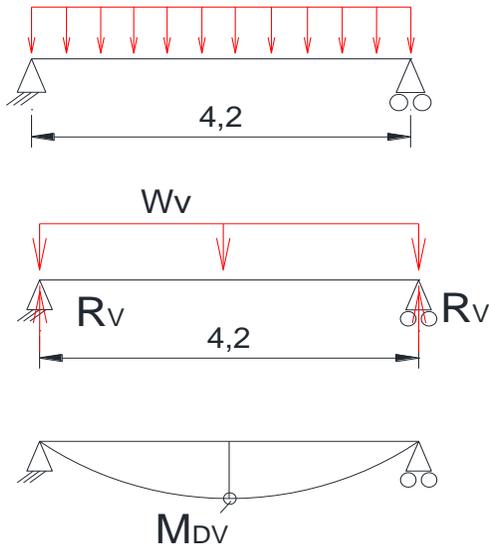
EC-SE-DS.2015



VIGUETA DE PISO (15x30cm)



2RVP @ 40cm



COLUMNA (25x25cm)

$$N_c = 69.3 \text{ kN}, N_c \text{ asumido} = 7070 \text{ Kgf}$$

$$L_{ef} = K.L = 1.5 \times 3.00 = 4.50 \text{ m}$$

$$\lambda = \frac{L_{ef}}{d} = \frac{4.50 \text{ m}}{0.25 \text{ m}} = 18.0$$

Para columnas de maderas del grupo B, el valor de C_k es de 18.34, (PADT-REFORT, 1984)

$\lambda < C_k$, entonces se trata de una columna intermedia.

$$N_{adm} = f_c \left(1 - \frac{1}{3} \left(\frac{\lambda}{C_k} \right)^4 \right) A$$

$$N_{adm} = 47486 \text{ kgf}$$

Conectores de Vigas (10x15cm)

Carga axial: 0.1 kN, Ncv asumido = 10.2 Kgf

$$Lef = K.L = 1.0 \times (3.00 - 2(0.15)) = 2.7 \text{ m}$$

$$\lambda = \frac{Lef}{d} = \frac{2.7\text{m}}{0.10\text{m}} = 27$$

$$Nadm = 0.329 \left(\frac{EA}{(\lambda)^2} \right)$$

$$Nadm = 0.329 \left(\frac{75000 \text{Kgf/cm}^2 (10\text{cm} \times 15\text{cm})}{(27)^2} \right)$$

$$Nadm = 5077.2 \text{ kgf}$$

Entonces: Ncv < Nadm

Diagonales de muros (10x10cm)

Carga axial: 34.4 kN, Ncv asumido = 3507 Kgf

$$Lef = K.L = 1.0 \times (2.1 - 2(0.1)) = 1.9 \text{ m}$$

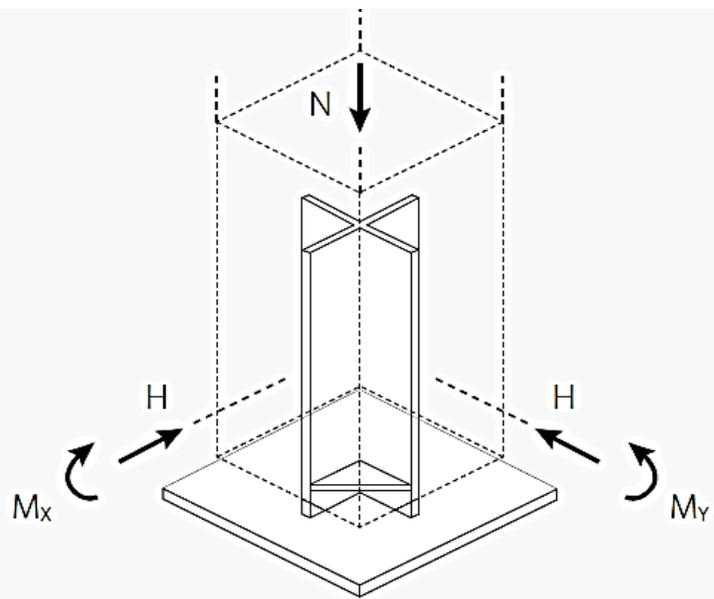
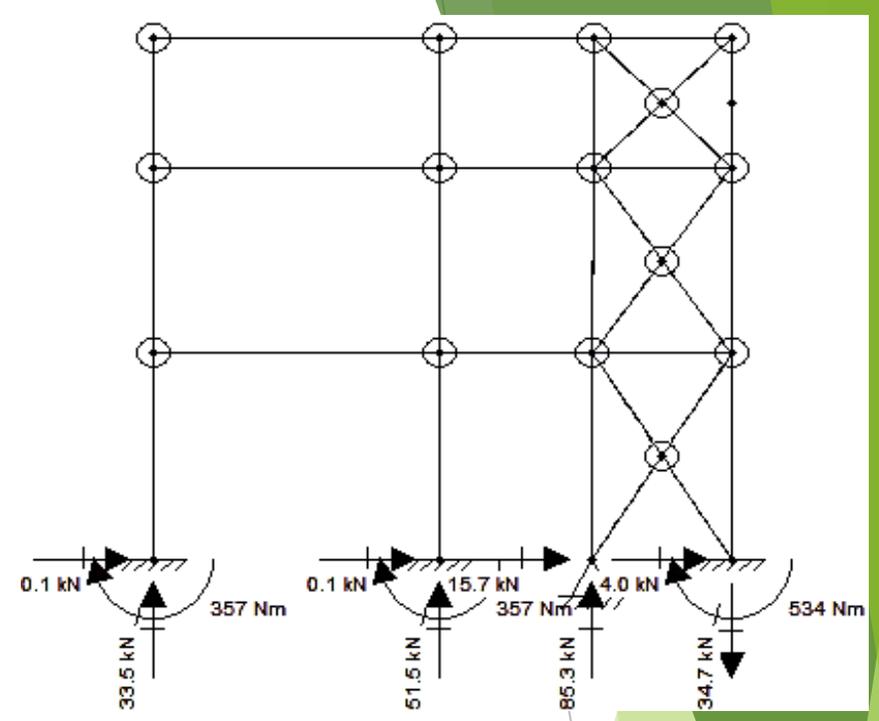
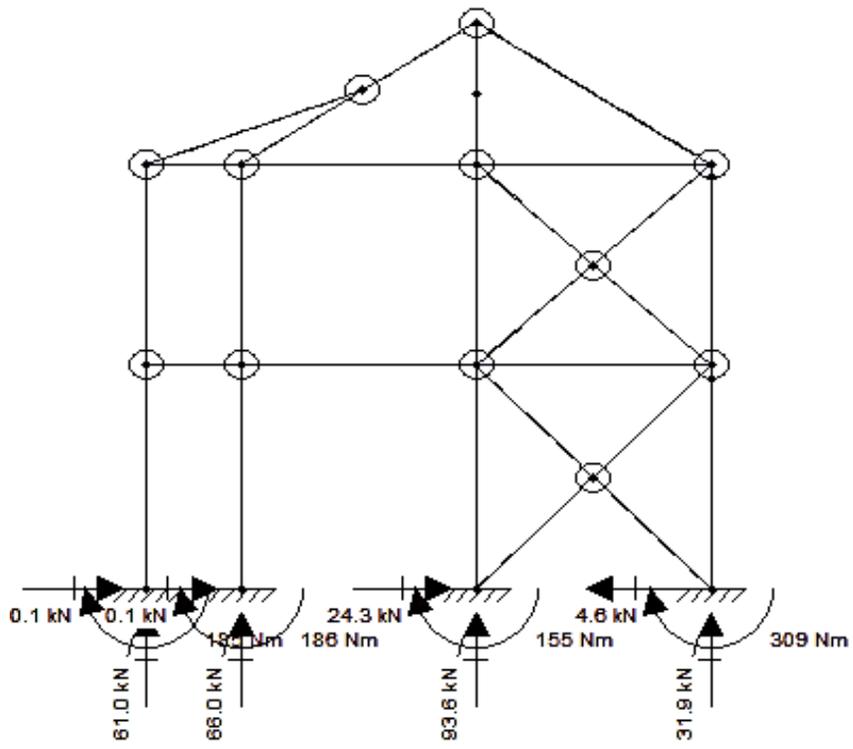
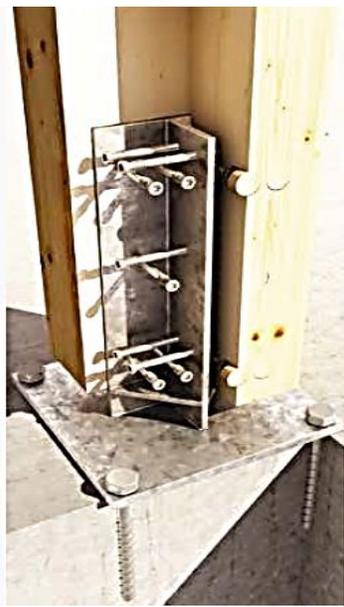
$$\lambda = \frac{Lef}{d} = \frac{1.9\text{m}}{0.10\text{m}} = 19$$

$$Nadm = fc \left(1 - \frac{1}{3} \left(\frac{\lambda}{ck} \right)^4 \right) A$$

$$Nadm = 110 \left(1 - \frac{1}{3} \left(\frac{18.0}{18.34} \right)^4 \right) A$$

$$Nadm = 6776.35 \text{ kgf}$$

Entonces: Nc < Nadm



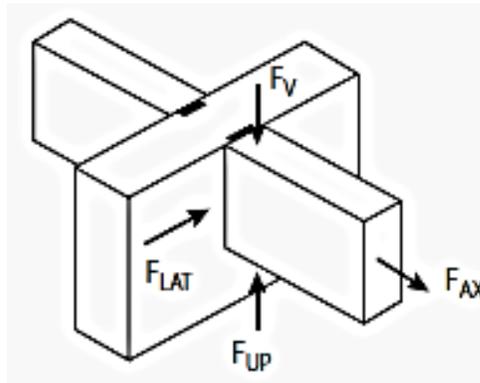
	COMPRESIÓN	CORTE	MOMENTO X	MOMENTO Y
configuración	N_k [kN]	H_k [kN]	$M_{x,k}$ [kNm]	$M_{y,k}$ [kNm]
S1	127,00	10,10	2,28	2,28
S2	127,00	13,80	4,39	4,39
S3	127,00	13,80	5,53	5,53
S4	127,00	13,80	2,94	2,94

Fuente: Catálogo ROTHOBLAAS, "Placas y Conectores para Madera"



Resistencia al corte

RICON B x H [mm]	viga principal $B_{H,min}$ [mm]	viga secundaria $b_{J,min}$ $h_{J,min}$ [mm] [mm]		MADERA $R_{V1,k}$ ↓ [kN]
40 x 60	60	50	80	6,32
40 x 80	60	50	100	10,30
40 x 100	60	50	120	15,40
40 x 120	60	50	140	19,75
40 x 140	60	50	160	24,11
40 x 160	60	50	180	28,46



Resistencia a la tracción

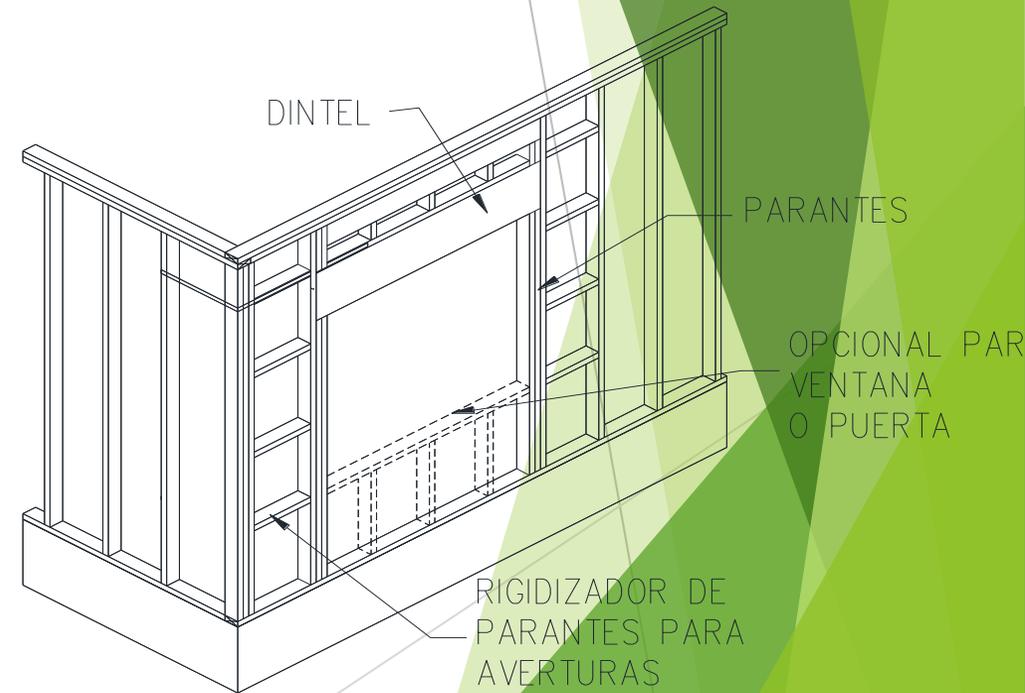
RICON B x H [mm]	viga principal $B_{H,min}$ [mm]	viga secundaria $b_{J,min}$ $h_{J,min}$ [mm] [mm]		MADERA $R_{ax1,k}$ → [kN]
40 x 60	60	50	80	8,36
40 x 80	60	50	100	
40 x 100	60	50	120	
40 x 120	60	50	140	
40 x 140	60	50	160	
40 x 160	60	50	180	



Viguetas de piso y tablero contrachapado



Enmarcado de paredes exteriores e interiores



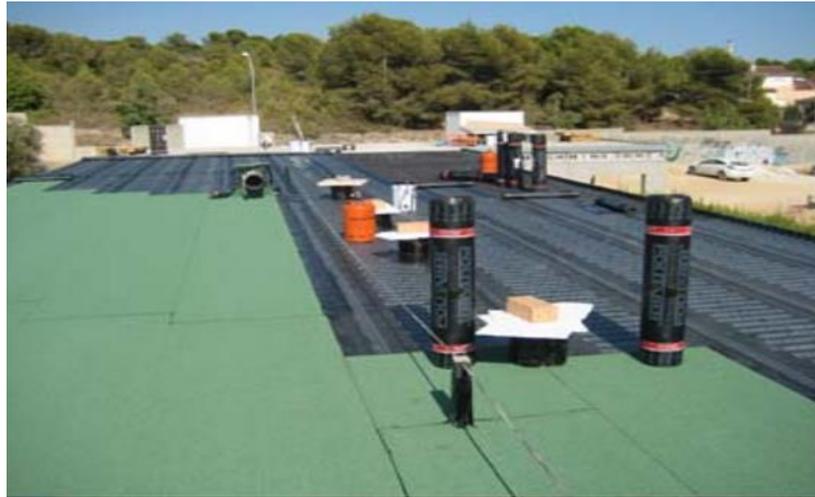
Enmarcado tipo de puerta o ventana.



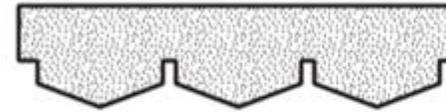
Colocación de vigas de techado



Entramando del Techado



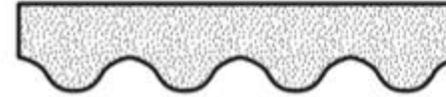
Ranchera



Hexagonal



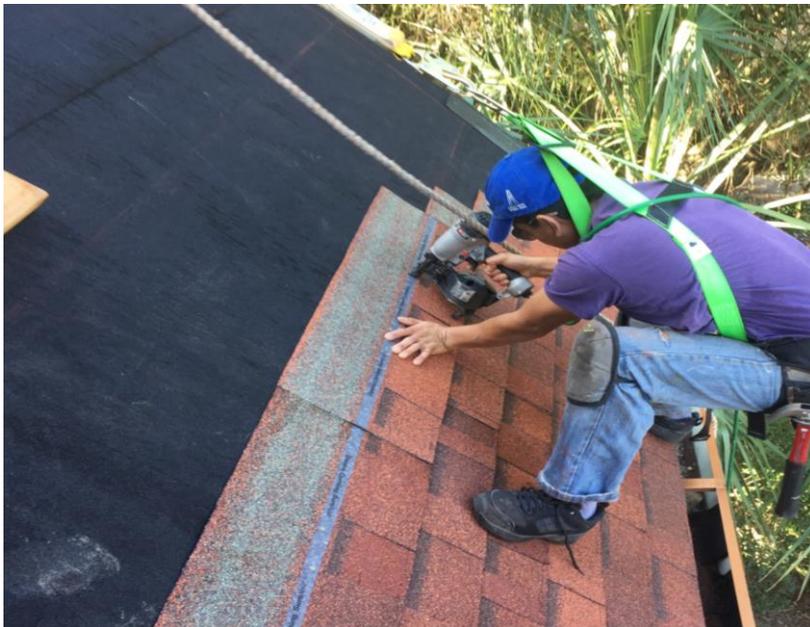
Oval



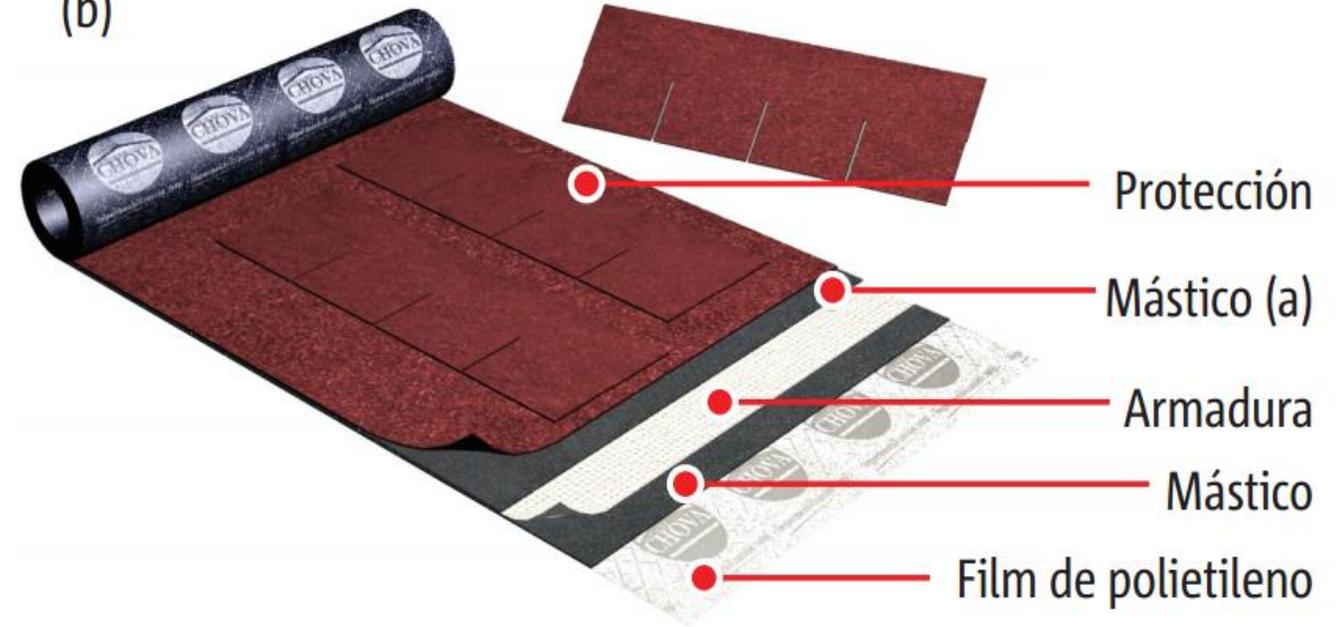
Rectangular



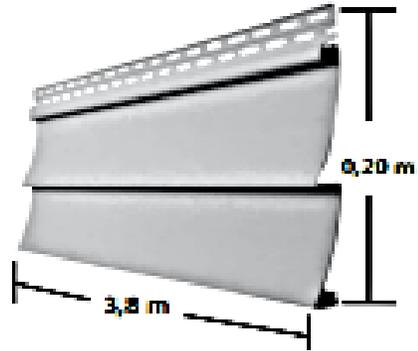
Lámina sintética en paredes y Lámina asfáltica en techos



(b)



Fuente: Catálogo de productos CHOVA DEL ECUADOR SA



Recubrimiento de Siding para el exterior de la casa modelo

Fuente: (Catálogo de productos DVP ECUADOR).



Colocación de Puertas y ventanas.



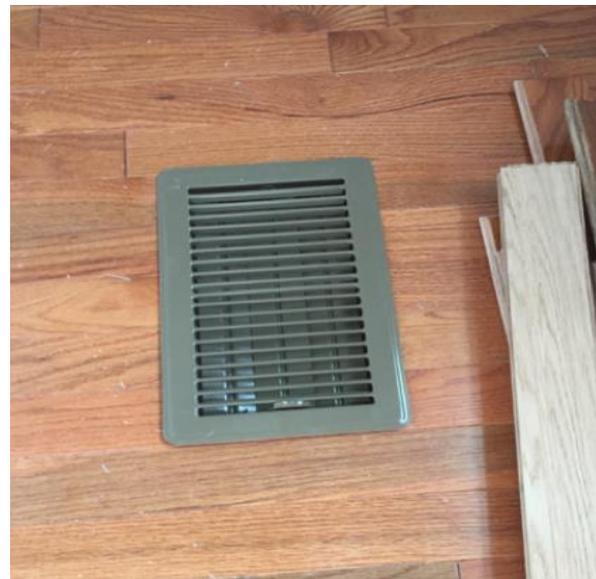
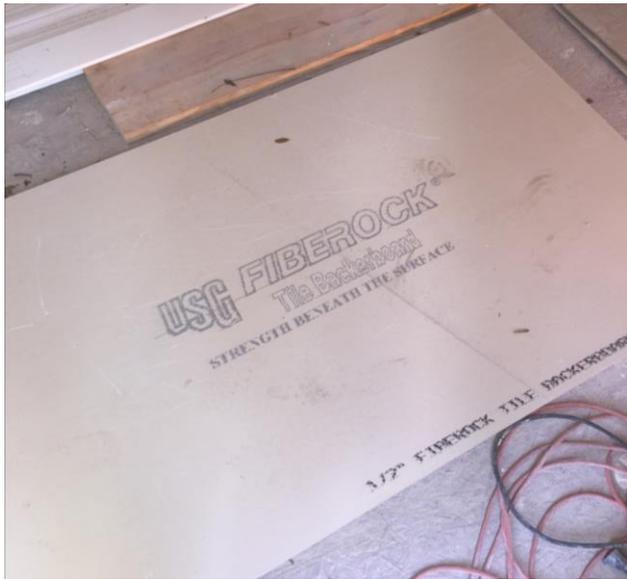
Instalaciones eléctricas, aire acondicionado y plomería



Insolación colocada en paredes, piso y techado.



Pared cubierta con gypsum



	ELEMENTO	b	h	L	CANT.	PVP X METRO	TOT PI PROD.	PRECIO FINAL
		cm	cm	m		(DOLAR)	(DOLAR)	(DOLAR)
TECHO	Vigueta de Techado	5	20	4,25	67	5	21,25	\$ 1.423,75
	Viga Cumbreira	20	20	4,20	2	8,5	35,70	\$ 71,40
	Viga Lateral	10	20	4,20	8	7,25	30,45	\$ 243,60
	Conector de Vigas	10	15	1,20	6	7,25	8,70	\$ 52,20
	Conector de Vigas	10	15	3,00	20	7,25	21,75	\$ 435,00
PISO	Vigueta de piso	5	25	4,20	11	8,5	35,70	\$ 392,70
	Vigueta de piso	5	25	4,20	43	8,5	35,70	\$ 1.535,10
VIGA	Viga Principal	15	30	4,10	4	8,5	34,85	\$ 139,40
		15	30	4,20	4	8,5	35,70	\$ 142,80
COLUMNA	Segundo Piso	25	25	2,70	3	15	40,50	\$ 121,50
	Segundo Piso	25	25	2,70	7	15	40,50	\$ 283,50
	Primer piso	25	25	2,70	12	15	40,50	\$ 486,00
	Diagonales	10	10	5,00	10	7,25	36,25	\$ 362,50
TOTAL								\$ 5.689,45

CONCLUSIONES

Recalcar la importancia de una buena clasificación de los materiales que serán empleados en la construcción de la casa modelo. La madera tratada aporta en gran medida a la durabilidad de la estructura, garantizando una permanencia de las propiedades y características.

Las juntas de anclajes metálicos entre elementos de madera permiten una sujeción de estos que no es resistente a momento, pero con alta resistencia a tracción y corte, y para anclar la estructura al piso los anclajes resistentes a momentos resultan ser efectivos para estructuras livianas de madera.

Se deberá utilizar madera tratada para todo elemento que tenga una clara explosión o incluso una posible exposición con el medio ambiente húmedo, agua lluvia, o zonas de alto riesgo de ataque de insectos. Se trata a la madera antes durante y después de la colocación.

Todo material que presente una alta resistencia a la transferencia de temperatura representa un material apto para el encapsulamiento y recubrimiento interior de las paredes y techado, además, las ventanas y puertas deben poseer un recubrimiento de doble vidrio para mejorar la eficiencia energética de la casa modelo de madera.

